

## **DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA DE VIGILANCIA AMBIENTAL CIUDADANA BASADA EN MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN LA CUENCA DEL JEQUETEPEQUE (CAJAMARCA, PERÚ)**

### **DEVELOPMENT OF AN ENVIRONMENTAL SURVEILLANCE CITIZEN TOOL BASED ON BENTHIC MACROINVERTEBRATES IN THE JEQUETEPEQUE BASIN (CAJAMARCA, PERU)**

Diana Flores Rojas<sup>1</sup> y Ana Huamantínco Araujo<sup>2</sup>

#### **Resumen**

La cuenca de Jequetepeque está amenazada por la contaminación minera y ésta es una de las principales causas de los conflictos socioambientales. La vigilancia ciudadana de sus cuerpos de agua, con macroinvertebrados bentónicos, puede generar alertas tempranas de contaminación y acciones pertinentes de conservación. Atendiendo a esta importancia, el presente estudio tuvo como objetivo desarrollar y evaluar la efectividad de una herramienta de vigilancia ambiental ciudadana para zonas con riesgo de contaminación minera. Metodológicamente, se inició por obtener, a partir de la bibliografía existente, una lista de taxones para la zona que sirvió de base para elaborar una Guía de Vigilancia Ambiental con macroinvertebrados bentónicos. La guía fue validada en un río con riesgo de impacto minero (San Pablo, San Pablo, Cajamarca) en un taller con ciudadanos(as) de 16 organizaciones vinculadas a la gestión del agua. Asimismo, se comparó los resultados de la evaluación ciudadana con una evaluación científica realizada por un profesional. Ambas evaluaciones obtuvieron los mismos cuatro órdenes de Insecta y similar cantidad de familias: 11 y 14 respectivamente; así también calificaciones similares respecto a calidad de agua: “Buena” y “Aceptable” en los índices ABI y BMWP/Col. Las familias más fácilmente identificadas por los ciudadanos fueron las de mayor tamaño (Leptophlebiidae), abundancia (Chironomidae) y con características particulares (Elmidae). Se concluyó que con la metodología aplicada y validada es posible realizar vigilancia ambiental ciudadana de la calidad del agua en zonas mineras, a la vez que la propuesta puede alcanzar mayor eficiencia bajo una capacitación completa.

**Palabras clave:** vigilancia ambiental ciudadana, monitoreo comunitario, calidad del agua, contaminación minera, macroinvertebrados bentónicos.

#### **Abstract**

The Jequetepeque river basin is threatened by mining pollution and this is one of the main causes of socio-environmental conflicts. Citizen surveillance of water bodies using Benthic Macroinvertebrates can generate early warnings of pollution and relevant conservation actions. Addressing this important issue, the aim of the present study was to develop and to evaluate a citizen environmental tool for water quality surveillance for basins located in areas of mining pollution risk. Methodologically the first step was to obtain a list of taxa in the zone using the existing bibliography. This served as a basis to develop a Guide for Environmental Surveillance using Benthic Macroinvertebrates. This Guide was validated in a workshop held at a river at risk of mining impact with citizens from sixteen water related organizations. Also, the results from the citizen evaluation were compared with the ones from a scientific evaluation realized by a professional biologist. Both evaluations obtained the same four Insecta Orders and a similar number of families: eleven and fourteen respectively; as well as similar water quality calcifications: “good” and “acceptable” at the ABI and BMWP/Col indexes. Families that were more easily identified were the ones with bigger size (Leptophlebiidae), greater abundance (Chironomidae) and particular characteristics (Elmidae). It was concluded that, using the methodology that was applied and validated in this study, it is possible to perform citizen environmental surveillance of water quality in mining zones. The proposal can achieve greater efficiency after complete training.

**Key words:** citizen environmental surveillance, community monitoring, water quality, mining pollution, benthic macro invertebrates.

---

### Introducción.

La degradación de los ecosistemas acuáticos en nuestro país es alarmante. El Ministerio de Energía y Minas ha registrado cerca de 7 000 pasivos mineros (MINEM, 2015). Estos pasivos vienen impactando ríos y quebradas desde hace muchos años (Yupari, 2003). Asimismo, la mayor cantidad de conflictos sociales – con comunidades campesinas– ocurren en el marco de actividades mineras (Defensoría del Pueblo, 2016). Por otro lado, el cambio climático disminuirá gravemente la cantidad de agua disponible en nuestro país (Ministerio del Ambiente, 2016).

La vigilancia ambiental ciudadana implica acciones planificadas de observación continua de un territorio por parte de los ciudadanos(as), con la finalidad de identificar alteraciones y/o perturbaciones, analizar sus posibles causas, solicitar la presencia de las autoridades competentes y/o promover acciones de mitigación y conservación. Es así, que la Ley General del Ambiente (art. 134) (Congreso de la República, 2005) la reconoce como una forma de fiscalización y control a través de mediciones, muestreo o vigilancia ambiental (2005). Este ejercicio amerita fortalecer las capacidades de sus protagonistas y facilitar su acceso a herramientas útiles para estos fines, como la GVAM (Guía de Vigilancia Ambiental Ciudadana con Macroinvertebrados Bentónicos) que aquí se presenta.

Se define a los macroinvertebrados bentónicos (MIB) como “todos los invertebrados que habitan el fondo de los ecosistemas acuáticos, al menos en algunas etapas de su ciclo de vida y que son retenidos en redes con una abertura de poro igual o menor a las 500  $\mu\text{m}$ ” (Hauer & Resh, 1996). Son sensibles a las perturbaciones en su hábitat, ya sean permanentes o momentáneas; dado que su estructura y funcionamiento se altera a partir de éstas (Segnini, 2003). La comunidad biótica manifiesta los efectos de una perturbación por más tiempo, incluso después de que los valores de los parámetros físico-químicos hayan regresado a la normalidad. Recientemente se comparó los protocolos de muestreo empleados para evaluar la integridad de los ríos con macroinvertebrados, éste fue un estudio que incluyó varias agencias estatales a nivel global (Alonso & Camargo, 2005; Buss *et al.*, 2015).

La pertinencia de los MIB como indicadores biológicos se debe a que: a) viven y se alimentan sobre los sedimentos donde tienden a acumularse las toxinas (incluyéndose a las cadenas tróficas a través de ellos), b) su amplia distribución geográfica los hace capaces de responder a diferentes alteraciones, c) pueden ser muestreados de forma sencilla y barata, d) su huida puede indicar contaminación, y e) sus periodos cortos y largos de vida detectan los efectos de la contaminación en el tiempo (Segnini, 2003; Domínguez & Fernández, 2009).

Asimismo, los MIB son adecuados para detectar contaminación minera. Yacoub (2013), en una

investigación en nuestra zona de estudio, concluyó que “el uso de los bioindicadores para determinar la calidad de las aguas [sí] es efectivo para determinar la afectación del medio por metales pesados”. Lo mismo indica estudios de Argentina, Bolivia, España y Estados Unidos de Norteamérica (USA) (Maret *et al.*, 2003; Winner *et al.*, 1980). En Argentina, por ejemplo, se halló Ephemeroptera únicamente en el sitio referencia en contraste con la mayor densidad de Chironomidae y Oligochaeta en los sitios impactados (Zilli & Gagneten, 2005). En Bolivia la relación EPT/ Chironomidae se mostró fuertemente sensible a la contaminación minera (Oller & Goitia, 2005; Hamel, 1999). A la vez, se ha demostrado la aplicabilidad de los índices BMWP/Col y ABI (García-Criado *et al.*, 1999, Gerhardt *et al.*, 2004, Acosta *et al.*, 2009, Blanca Ríos-Touma *et al.*, 2014) para este fin.

Asimismo, la vigilancia ciudadana de la calidad del agua con MIB presenta a lo largo de varios estudios experiencias exitosas en EE.UU. (Fore *et al.*, 2001), Costa Rica (Itzep, 2008) e incluso Perú (AMAS, 2010). Los aspectos comunes a estas iniciativas son: voluntarios capacitados, respaldo de instituciones u organizaciones y objetivos consensuados.

Considerando estos antecedentes y el contexto expuesto, se justifica la importancia de garantizar acciones de conservación de los cuerpos de agua por parte del Estado, el sector privado y la ciudadanía organizada. De este modo, en el presente estudio el objetivo general es desarrollar una herramienta de vigilancia ambiental ciudadana de la calidad del agua en cuencas con influencia minera utilizando Macroinvertebrados Bentónicos (MIB) como indicadores biológicos.

Se busca poner en manos de la ciudadanía organizada una herramienta que le permita aproximarse al estado ecológico de sus ríos con influencia minera a partir de la colecta e interpretación de la presencia/ausencia de ciertas familias de MIB en la zona; y si se diera el caso, generar alertas tempranas de contaminación que deriven en análisis profesionales estatales y/o académicos, así como en acciones de mitigación y conservación de los cuerpos de agua. Éstas, podrían anticipar conflictos y evitar mayores perturbaciones socioambientales.

La hipótesis de investigación ha considerado que es factible realizar vigilancia ciudadana de la calidad del agua, valiéndose de una guía de monitoreo con MIB para ser usado por ciudadanos(as) en la Cuenca Jequetepeque del departamento de Cajamarca, Perú.

Para verificar la hipótesis, se establecieron dos objetivos específicos: 1) generar una metodología de vigilancia ambiental ciudadana con MIB, mediante la elaboración de la GVAM, en la Provincia de San Pablo, Cajamarca y 2) validar la metodología propuesta en un taller de evaluación ciudadana de la calidad del agua. A la par con el taller, realizar una evaluación profesional

de la calidad del agua, para luego comparar los resultados de ambas evaluaciones.

**Materiales y métodos.**

El estudio se realizó en la cuenca del Jequetepeque, departamento de Cajamarca. Esta cuenca tiene una extensión de 4 372.5 km<sup>2</sup> y se encuentra en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes (Peña *et al.*, 2015).

La evaluación ciudadana se llevó a cabo en el río Yaminchad (7°7'17.63"S, 78°48'44.04"O) a 2 365 m de altitud y a poco más de un kilómetro del puente del mismo nombre en el distrito de San Pablo, provincia San Pablo, Cajamarca. La evaluación científica, por su parte, se realizó 20 metros corriente abajo, en el mismo trecho de río que la evaluación ciudadana (Figura 1).

Se realizó un trabajo de campo para la consecución de ambos objetivos, que consistió en visitas de reconocimiento, recopilación de estudios con MIB en la zona, coordinación con autoridades regionales y locales, y alianzas de trabajo con ONGs y docentes universitarios.

Para lograr el primer objetivo, se elaboró una primera propuesta de GVAM. El primer paso consistió en generar una lista de taxas a partir de revisión bibliográfica y contacto con investigadores nacionales e internacionales con estudios en la zona (Bonet, 2011; Sánchez *et al.*, 2013; Yacoub, 2013). En un segundo momento, dado que en el país se utiliza red *surber* para los estudios de impacto ambiental, se consideró

elaborar una propuesta detallada sobre cómo confeccionar una red *surber* artesanal con materiales locales accesibles (organza, tela usada en la fabricación de quesos, tubos de agua de PVC y otros materiales posibles de conseguir en ferreterías).

Con los datos anteriores y bibliografía adecuada (EPA, 1997; Carrera & Fierro, 2001; Associació Hàbitats, 2007; Merritt *et al.*, 2008; AMAS, 2010; Encalada *et al.*, 2011) se elaboraron los criterios pedagógicos de la guía.

Respecto al segundo objetivo, la eficacia de la metodología de la GVAM se validó mediante la comparación de los resultados obtenidos entre una evaluación profesional (02 de junio de 2014) y una evaluación ciudadana (03 de junio de 2014), ambas colectadas con la red *surber* artesanal (30x30 cm) construida para la ocasión y en el mismo trecho de río Yaminchad. Se eligió la época de seca para realizar la validación con el fin de observar la mayor cantidad y diversidad de MIB. Sin embargo, en la GVAM se recomendó realizar entre dos y tres evaluaciones anuales para evaluar con mayor precisión los ecosistemas monitoreados. Asimismo, el trecho del río seleccionado cubría las principales características de los ríos andinos: pedregosos y con rápidos debido a lo accidentado de su recorrido. Los sustratos de tipo arenoso o zonas de pozas, son muchos menores y muestran generalmente una diversidad muy baja, por lo que no fueron priorizados. La estandarización, en este caso, lo constituye el área de muestreo, siendo

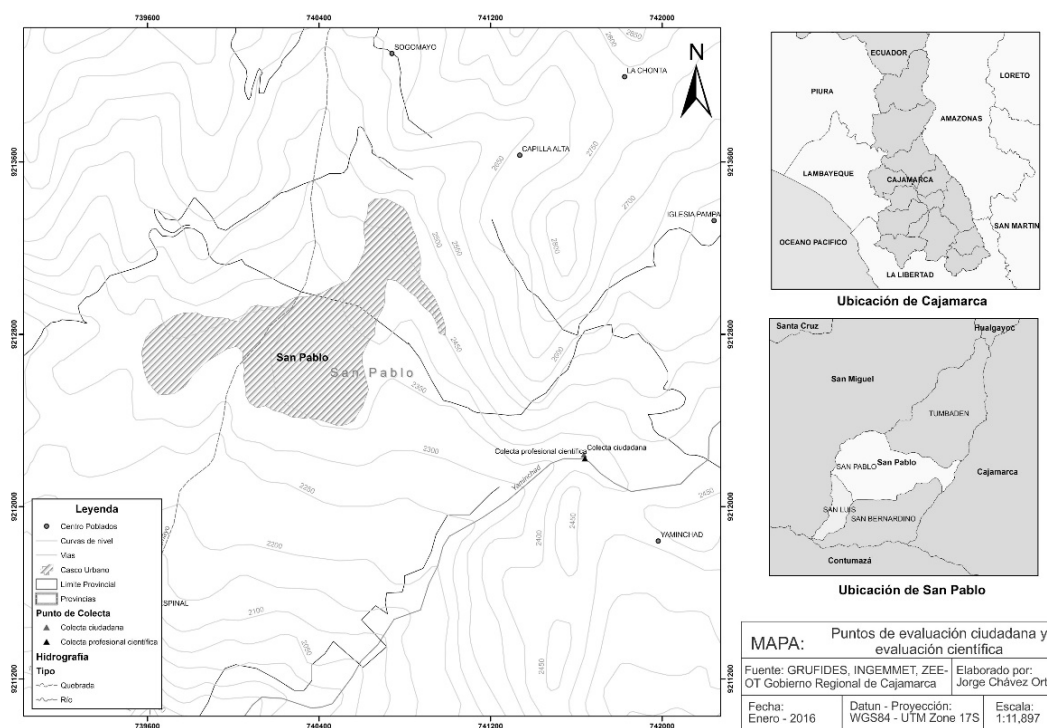


Figura 1. Río Yaminchad, Provincia de San Pablo, Cajamarca.

**Tabla 1.** MIB colectados en la evaluación profesional y ciudadana, río Yaminchad (Cajamarca), 2014.

Categoría taxonómica	Familia	Medida (en mm)	C. Profesional c/malla <i>surber</i> estándar			C. Profesional c/malla <i>surber</i> artesanal			C. Ciudadana
			Submuestras			Submuestras			Submuestra
			1	2	3	1	2	3	
Orden Díptera	Blephariceridae	6.5	5	3	3	2	1	3	
	Ceratopogonidae	5	2	2	1	3	1	0	2
	Chironomidae	3.8	295	420	282	348	169	420	30
	Empidae	1	7	3	4	2	2	3	2
	Psychodidae	2	3	0	0	0	0	0	
	Simuliidae	4.25	30	27	7	30	33	14	
	Tabanidae	30	0	0	0	1	0	0	
Orden Coleóptera	Tipulidae	61.5	0	2	0	1	0	0	
	Elmidae	3.8	28	44	21	44	33	14	6
	Hydraenidae	2	0	0	1	0	0	0	
	Psephenidae	3.5	3	0	1	2	0	0	
Orden Ephemeroptera	Staphilinidae	2	2	3	0	0	0	0	
	Baetidae	5	0	0	0	0	0	1	
	Leptohiphidae	5.2	1	0	1	1	1	0	5
Orden Trichoptera	Leptophlebiidae	4.5	54	5	24	36	35	25	2
	Oligoneuridae	6.5	0	0	0	0	0	0	5
	Calamoceratidae	12.6	0	4	0	0	0	0	2
	Glossosomatidae	4.5	1	1	3	0	0	1	
	Helicopsychidae	2	1	0	1	1	0	1	2
	Hydrobiosidae	5.5	4	1	5	7	2	3	2
Collembola	Hydropsychidae	6.1	17	7	6	6	7	3	
	Hydroptilidae	2.1	1	0	3	0	0	0	
	Leptoceridae	6.4	22	12	59	16	11	3	11
	Collembola fam.	1	0	0	0	1	0	0	
Hidracarina	Hidracarina fam.	2.5	0	0	0	0	0	0	
Phylum Annelida	Oligochaeta	6	10	1	2	0	1		
Phylum Mollusca	Hyalellidae	5	0	1	0	1	1	0	
Gastero-poda	Physidae	5	0	0	0	0	0	0	2
	Riqueza Taxa	28	18	16	17	17	13	13	12
	Abundancia	-	486	536	424	502	297	492	71
	Cálculo ABI	-	MB			MB	MB	MB	B
	Cálculo BMWP	-	B			B	A	A	A

**Leyenda:** Muy buena: MB; Buena: B; Aceptable: A.

determinante la adecuada remoción y lavado del sustrato. Finalmente, vale precisar que se han trabajado con tres submuestras en todas las evaluaciones realizadas para obtener una media que permita su comparación.

Para validar la eficacia de la red *surber* artesanal se comparó la abundancia y riqueza de MIB obtenidos con una red *surber* artesanal y una red *surber* estándar (30x30 cm, 250 µm) en un trecho del río Yaminchad de sustrato pedregoso y zona de rápidos. Lo colectado fue lavado, separado, identificado (Dominguez &

Fernández, 2009), contado y medido en el laboratorio de Invertebrados Acuáticos de la Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM. Se usó el análisis ANOVA y el paquete estadístico Statistica para Windows.

Por su parte, la evaluación ciudadana, se realizó en el marco de un taller participativo, que inició con una capacitación sobre la vigilancia y el reconocimiento de las familias de MIB. La práctica en campo se efectuó en el mismo trecho de río Yaminchad donde se realizó la evaluación profesional un día antes. Se enseñó de forma práctica la elección de los sitios y forma de

muestreo. Los participantes fueron organizados en tres grupos con un facilitador para orientar en el uso de la guía, además se les entregó un *kit* (bandeja blanca, lupas, pinzas, lápiz y el borrador de la GVAM) para el ejercicio. Un representante de todos los participantes hizo la colecta de MIB con una red *surber* artesanal y repartió lo colectado de manera equitativa entre los tres grupos, constituyéndose en una sola muestra (Figura 2). En cada grupo se llenó la ficha n° 2 de la GVAM: “Cálculo de calidad del agua con índices”. El taller culminó con el llenado de una encuesta semi abierta (ocho preguntas) para recabar opiniones sobre la actividad realizada.

Luego, para conocer la eficacia de la GVAM se comparó cada réplica de la evaluación profesional hecha con la red *surber* artesanal versus el consolidado de los tres grupos de la evaluación ciudadana; usándose el *software Excel* para calcular los índices: *Andean Biotic Index* (ABI) y *Biological Monitoring Working Party* adaptado para Colombia (BMWP/Col) (Tabla 1). Asimismo, se comparó las medias de la abundancia y la riqueza de los resultados obtenidos por la evaluación profesional realizada con la red *surber* estándar versus artesanal.

Finalmente, el error estándar de todas las medias calculadas se obtuvo mediante el programa estadístico Past versión 2.17c.

### Resultados.

De la bibliografía consultada, tres estudios (Bonet, 2011, Yacoub, 2013 y Sánchez *et al.*, 2013) fueron importantes para obtener una lista de familias de MIB de la zona. Estos trabajos cubrieron seis subcuencas representativas del área: El Rejo, Llapa, Quebrada Honda, San Juan, San Miguel y Tumbadén. Sus colectas fueron de tipo multihábitat hasta en 22



Figura 2. Evaluación ciudadana de MIB. Cajamarca, Perú.

estaciones de muestreo tanto en época seca y húmeda entre el 2010 y 2012. La lista de taxones de MIB que se obtuvo comprendió cuatro phyla: Arthropoda, Annelida, Mollusca y Platyhelminthes. De los mencionados, el phylum Arthropoda destacó por su mayor diversidad presentando cuatro clases: Insecta, Collembola, Malacostraca y Arachnida. La clase Insecta mostró la mayor diversidad: cinco órdenes con 31 familias. Destaca que 15 de las familias de Insecta son parte del índice Ephemeroptera Plecoptera Trichoptera (EPT), índice usado a nivel mundial que incluye a las familias más sensibles a la contaminación.

La GVAM, en su primera propuesta, se organizó en tres capítulos: “Agua y territorio”, “Guardianes del Agua” y “Bichitos para conocer el río”. Obteniéndose un total de 53 infografías que conjugan párrafos explicativos con ilustraciones, fotografías de la zona y/o mapas. El primer capítulo reseña las características de la jalca cajamarquina, de las cuencas y microcuencas, de un río saludable y se define qué es la contaminación. El segundo, puntualiza los pasos de la vigilancia ambiental ciudadana, la técnica de colecta y de elaboración de la malla *surber* artesanal. El tercer capítulo orienta en la identificación y las características de los MIB, con 36 fichas que incluyen una fotografía grande y a color del organismo, información de su importancia ambiental y puntajes de las familias en los índices (BMWP/Col, ABI, IBF). La segunda versión, y final, de la GVAM fue muy similar. Se incorporó información sobre los parámetros físico-químicos, la valoración de los MIB en el Protocolo CERA-S y su importancia ecosistémica en su etapa adulta fuera de los ríos (Figura 3).

El taller participativo contó principalmente con el apoyo de dos organismos no gubernamentales (ONGs): el Grupo de Formación e Intervención para el Desarrollo Sostenible (GRUFIDES) e Ingeniería Sin Fronteras (ISF), quienes facilitaron social, logística y financieramente la realización de la actividad. En el taller participaron 16 organizaciones vinculadas a la gestión del agua, entre las principales estuvieron:

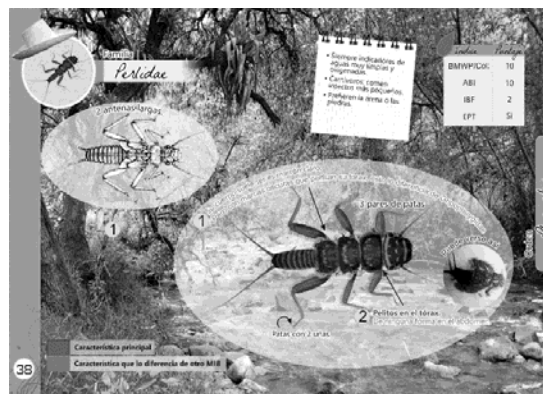


Figura 3. Lámina ejemplo de explicación de características de las familias de MIB. GVAM.

Juntas de Regantes de Canales, de Usuarios, de Juntas Administradoras de Servicio y Saneamiento (JASS). Asistieron también representantes del Gobierno Regional de Cajamarca, Universidad Privada del Norte y Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), representantes de GRUFIDES y de ISF. Duró alrededor de seis horas y participaron 29 personas, permitiendo evidenciar el compromiso y capacidad de aprensión de la metodología a la vez que las debilidades de ésta. Al final del taller se obtuvieron tres fichas con la identificación y conteo de los organismos. Asimismo, se aplicó una encuesta a 18 participantes, obteniéndose los siguientes resultados (Anexo 1): la GVAM fue considerada mayoritariamente útil para conocer la calidad del agua y monitorear (93%), al mismo tiempo que sencilla (73%). A la vez, aunque algunas pocas personas no la consideraron sencilla, sí la consideraron útil (6.7%): “difícil pero útil” (Figura 4 y 5).

El análisis de las sub muestras colectadas por el profesional con red *surber* estándar y red *surber* artesanal tuvieron una media de abundancia parecida: 482 (error estándar de 32.393) y 430 (error estándar de 66.720) individuos. Asimismo, la media de la riqueza fue de 17 (error estándar de 0.577) y 14.3 (error estándar de 1.33) taxa respectivamente. Asimismo, aplicando el análisis ANOVA no hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en riqueza y abundancia de familias obtenidas entre los dos tipos de redes.

La comparación de la media de abundancia de las evaluaciones profesionales con red *surber* artesanal (que tiene tres submuestras) versus la evaluación ciudadana (con una sola submuestra) mostró una gran diferencia. La media de la primera es de 430 individuos (error estándar de 66.720), mientras la segunda tuvo una media de 71 individuos. Respecto a la riqueza, sin embargo, se obtuvieron similar cantidad de taxa: 15 en la evaluación profesional (error estándar de 1.333) y 12 en la ciudadana, y los mismos cuatro órdenes de Insecta. El diagnóstico de la calidad del agua en las tres submuestras de la evaluación profesional con red *surber* artesanal fue “Muy buena” para ABI. “Buena” y “Aceptable” para BMWP/Col. En el caso de la

evaluación ciudadana, fue “Buena” según ABI y “Aceptable” según BMWP/Col (Tabla 1).

El resultado de la evaluación de la calidad del agua tanto profesional como ciudadana, fue corroborado por los ensayos químicos y microbiológicos: fosfatos 0.3 mg/L, nitratos 1.67 mg/L, coliformes fecales 33x10 NMP/100 mL y 32 metales cuyas concentraciones no fueron superiores a lo permitido por el estándar nacional (MINAM, 2008).

### Discusión.

Nuestro estudio demuestra que es factible realizar vigilancia ciudadana de la calidad del agua, valiéndose de una guía con MIB para ser usado por ciudadanos(as) en la Cuenca Jequetepeque del departamento de Cajamarca, Perú. Dado que la diversidad de MIB registrada es adecuada para la vigilancia ambiental ciudadana porque: a) sus individuos tienen el tamaño apropiado para poder apreciar sus características a simple vista o con el uso de una lupa escolar, b) pueden ser colectados en sus mayores tamaños en seca, época de mayor estabilidad ambiental (Merrit *et al.*, 2008; Buss *et al.*, 2015), c) las familias presentes tienen características particulares, lo que facilita diferenciar una de otra, d) su presencia/ausencia es interpretable por índices y protocolos de evaluación adecuados.

Sobre la red a usar en la evaluación ciudadana, algunos programas de vigilancia proporcionan la tela para la fabricación de la red (Associació Hàbitats, 2007); pero la mayor parte señala de forma genérica que deben tener agujeros muy pequeños (AMAS, 2010; Carrera & Fierro, 2001; Estado Plurinacional de Bolivia, 2011). La investigación optó por desarrollar una propuesta artesanal que al compararse con la estándar, como muestran los resultados, no tuvo diferencias en su efectividad y que se puede construir con materiales locales. Este aspecto es muy importante dado que no contar con una red con suficiente capacidad de retener a los MIB y dejar pasar el flujo del agua al mismo tiempo, puede invalidar el monitoreo. El costo de esta propuesta artesanal no supera los 40 soles mientras que el costo de la malla *surber* estándar es diez veces mayor. Los pasos a seguir para elaborar la red



**Figura 4.** Taller participativo, previo a realizar la evaluación ciudadana. Cajamarca, Perú.



**Figura 5.** Evaluación Ciudadana, en el marco del taller participativo. Cajamarca, Perú.

*surber* artesanal se encuentran detallados en la GVAM de forma didáctica.

Los resultados de la evaluación profesional versus la ciudadana fueron bastante semejantes excepto en el número de individuos colectados e identificados. A pesar que el tiempo de capacitación fue corto, el desempeño de los participantes con la GVAM fue óptimo dado que los índices calculados (ABI y BMWP/Col) no consideran la abundancia, solamente presencia/ausencia. Respecto a la gran diferencia en abundancia, observando la Tabla 1 se verifica que la mayor parte de los individuos de la evaluación profesional son larvas de Chironomidae que dado su pequeño tamaño (4mm) y gran abundancia son difíciles de contar en vivo. No obstante, dentro de lo poco colectado en la evaluación ciudadana fueron también lo que más se colectó e identificó.

Asimismo, es de resaltar que la evaluación ciudadana logró identificar principalmente las familias (o grupos taxonómicos) de mayor tamaño y características particulares (forma y visualización de filamentos terminales, antenas, branquias, placas quitinizadas, etc.), como: Calamoceratidae, Leptophlebiidae, Leptohyphidae, Hydrobiosidae y Elmidae. Así pues, el tamaño de los MIB fue apropiado para su reconocimiento en campo. Por ejemplo, los individuos del orden Ephemeroptera midieron en promedio 5.3 mm, del orden Trichoptera 5.3 mm y del orden Díptera 3.75 mm, excluyendo a Tabanidae y Tipulidae que tienen grandes tamaños (Tabla 1). O abundancia (Leptophlebiidae, Hydrobiosidae y Leptoceridae), o incluso algunos pequeños y abundantes pero con formas reconocibles (Chironomidae, Ceratopogonidae, Elmidae). Vale decir que la abundancia de un individuo permite el aprendizaje por repetición. Otro factor que influyó fue que los MIB tuvieran una morfología muy característica, como es el caso de Helicopsychidae, que es semejante a un caracol.

Estos resultados constituyen un logro considerando que aunque los participantes de la validación de la GVAM pertenecían a organizaciones preocupadas por la gestión del agua, nunca antes habían realizado una evaluación de MIB. Se muestra, más bien, el potencial de la capacitación para llegar a niveles de eficiencia aún mayores. Al respecto, en la encuesta realizada la mayor parte de los participantes señaló que “se entendió todo” y algunos pocos dijeron que les “quedaron algunas dudas”.

Dos factores coadyuvaron al logro del objetivo. En primer lugar, el entusiasmo y compromiso de los(as) ciudadanos(as) cuando observaban los MIB que viven en el río. Este aspecto es favorable al proceso de aprendizaje y apropiación de la técnica, como lo concluyó la Asociación Marianista de Acción Social (AMAS) de Trujillo (Perú) que viene realizando más de 10 años monitoreos con comunidades campesinas a

través de la aprobación de las acciones de vigilancia en las asambleas comunales.

El segundo aspecto determinante fue el papel cumplido por los biólogos facilitadores(as) de la evaluación ciudadana: su orientación para la observación cuidadosa de las estructuras agilizó la identificación. Luego, es importante aclarar que como parte del objetivo de validación de la GVAM, los facilitadores también confirmaron la identificación taxonómica para que los resultados de la evaluación ciudadana puedan ser comparables con la evaluación profesional. Este rol, sin embargo, suponiendo un proceso de entrenamiento ciudadano sólido y validado periódicamente, no sería indispensable. Varias experiencias reafirman este potencial, como lo indica Fore *et al.*, (2001), en EE.UU., cuando son debidamente entrenados los voluntarios ciudadanos pueden colectar datos confiables y hacer evaluaciones de cuenca comparables a las profesionales, e incluso grupos de voluntarios organizados pueden cubrir áreas a donde el estado no llega. Asimismo, Itzep *et al.* (2008), en Costa Rica, concluyó que su trabajo de monitoreo de MIB implementado con escolares se mostró accesible y útil. Por su parte, la Asociación ANAI, en este mismo país, logró obtener un diagnóstico de varios territorios a partir de bioindicadores (Lynch, 2005). En estos casos específicos debemos resaltar, también, que el respaldo de las instituciones educativas e incorporación del ejercicio de monitoreo en la carga académica permitieron la obtención de resultados más rigurosos y sostenidos.

Nuestra investigación y las experiencias reseñadas evidencian que el respaldo de una instancia gubernamental o no gubernamental puede marcar la diferencia entre la consolidación de la motivación ciudadana como un ejercicio de vigilancia ambiental o la no consolidación. Estas instancias pueden respaldar técnica, logística y socialmente la iniciativa. En nuestro caso, la convocatoria al taller de validación de la GVAM fue posible en el marco de las capacitaciones que el Gobierno Regional de Cajamarca venía impulsando sobre temas similares; y el actual uso ciudadano que se hace de la GVAM se ha mantenido gracias al impulso que GRUFIDES e ISF le otorga a esta labor.

Por otro lado, sobre dónde canalizar los datos obtenidos (Conrad & Hilchey, 2011) sugerimos la vinculación con los organismos académicos y estatales relacionados a la gestión del agua (ANA, DIGESA y las Gerencias de Recursos Naturales de los gobiernos municipales y regionales). Destacamos a las Comisiones Ambientales Municipales (CAM), que por su naturaleza articuladora, pueden establecer redes de alianza y ejecución, y a la vez buscar el reconocimiento estatal por ser parte del organigrama de vigilancia ciudadana que establece la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (Ley 28245).

Consideramos, asimismo, que los centros educativos y universidades tienen potenciales condiciones para promover la vigilancia con MIB, por su vocación de enseñanza, cercanía con variedad de territorios y acompañamiento docente.

Los comités de vigilancia pueden constituirse como aliados muy importantes dado que es imposible que las instancias del Estado encargadas de la fiscalización ambiental estén de forma permanente en todos los territorios. Debemos mencionar también que conocer de forma anticipada un riesgo de contaminación permite que las autoridades puedan encargarse ambiental y socialmente del hecho, evitando la acumulación de tensiones que suelen derivar en conflictos socioambientales difíciles de remediar.

### Conclusiones.

La metodología propuesta a nivel biológico y educativo tiene posibilidades de eficiencia muy altas a partir de un proceso de capacitación más completa. A pesar de haberse realizado una sola sesión de enseñanza de la colecta e identificación de MIB, los(as) participantes lograron identificar 11 familias pertenecientes a cuatro órdenes diferentes de insectos acuáticos, y similar calificación de calidad de agua buena/aceptable que la evaluación profesional. Asimismo, se evidenció la disposición ciudadana, lo que facilitó la aplicación de la metodología propuesta en la GVAM.

La diversidad de los MIB de la Cuenca del Jequetepeque, Cajamarca es grande y adecuada para realizar vigilancia ambiental ciudadana. Es pertinente en la indicación de contaminación minera, sus características morfológicas son apropiadas para ser reconocidas con facilidad, y sus valores de tolerancia están considerados en los índices más usados de la calidad de agua (BMWP/Col, ABI).

### Agradecimientos.

A los(as) cajamarquinos(as) que con entusiasmo hicieron posible la validación de la GVAM. A GRUFIDES e ISF por su apoyo en diseñar e imprimir 500 ejemplares de la Guía resultado de este estudio. A Cristina Yacoub, Miquel Bonet, Marco Sánchez y Consuelo Plasencia por permitirnos continuar su trabajo en la Cuenca del Jequetepeque.

### Literatura citada.

Acosta R., Ríos B., Rieradevall M. & Prat N. 2009. Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28 (1): 35-64.

Alonso A. & Camargo J. 2005. Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales Españoles. *Ecosistemas* 14 (003): 1-12.

Asociación Marianista de Acción Social (AMAS). 2010. Manual de Monitoreo de la Biota. AMAS, Lima.

Associació Hàbitats. 2007. Manual de Inspección Básica de Ríos. Un manual para participar en la conservación y mejora de nuestros ríos a través del voluntariado ambiental. Asociación Territorios Vivos - Proyecto Ríos. Associació Hàbitats, Madrid.

Bonet M. 2011. Propuesta de un protocolo de evaluación de calidad ecológica en la zona minera de la Cuenca del Jequetepeque, Perú. Tesis, Master Departament d'Enginyeria Química. Universitat Politècnica de Catalunya, Catalunya.

Buss D., Carlisle D., Chon T., Culp J., Harding J., Keizer-Vlek H., Robinson W., Strachan S., Thirion T. & Hughes R. 2015. Stream biomonitoring using macroinvertebrates around the globe: a comparison of large-scale programs. *Environmental Monitoring and Assessment* (2015) 187: 4132. Consultado el 18 de julio de 2016. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10661-014-4132-8>.

Carrera C. & Fierro K. 2001. Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. *EcoCiencia*, Quito.

Congreso de la República. 2005. Ley General del Ambiente. Ley 28611. En: *El Peruano*, Lima 15 de octubre de 2005. Año XXII N° 9252, p: 302291-302310.

Conrad, C. & Hilchey K. 2011. A review of citizen science and community-based environmental monitoring: issues and opportunities. *Environ Monit Assess.* 176: 273–291.

Defensoría del Pueblo. 2016. Reporte de Conflictos Sociales N° 150. Agosto 2016. Consulta: 23 de agosto de 2016. Consultado el 14 de julio de 2017. Disponible en: <http://bit.ly/2cwthNG>.

Domínguez E. & Fernández H. 2009. Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. *Sistemática y Biología*. Fundación Miguel Lillo, Tucumán.

Encalada A., Rieradevall M., Ríos-Touma B., García N. & Prat N. 2011. Protocolo Simplificado y Guía de Evaluación de Calidad Ecológica de Ríos Andinos (CERA-S). Proyecto FUCARA, Quito.

Estado Plurinacional de Bolivia. 2011. Guía para la Evaluación de la Calidad Acuática Mediante el Índice BMWP/Bol. Ministerio de Medio Ambiente y Agua, La Paz.

Fore L., Paulsen K. & O'Laughlin K. 2001. Assessing the performance of volunteers in monitoring streams. *Freshwater Biology*. 46: 109–123.

García-Criado F., Tomé A., Vega F.J. & Antolin C. 1999. Performance of some diversity and biotic indices in rivers affected by coal mining in northwestern Spain. *Hydrobiologia* 394: 209.

Gerhardt A., Janssens de Bisthoven L. & Soares A.M.V.M. 2004. Macroinvertebrate response to acid mine drainage: community metrics and on-line behavioural toxicity bioassay. *Environmental Pollution*. 130 (2): 263- 274.

Hamel A. 1999. Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Metales Pesados en Ríos de Zonas Mineras en los Andes Bolivianos. Tesis para obtener el Grado de Licenciada en Biología. Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba.

Hauer R. & Resh V. 1996. Macroinvertebrates. Pp. 435-464 en Hauer, Richard & Gary Lamberti (ed): *Methods in Stream Ecology*. Segunda edición. Academy Press, California.

Itzep J., Solis R.; Kohlmann B. & Russo R. 2008. Manejo de bioindicadores de calidad de aguas en comunidades rurales. *Tierra Tropical*. 5: 55-66.



- Lynch D. 2005. Biomonitoring participativo en microcuencas de Costa Rica y Panamá. Informativo PRODOMA (5): 1.
- Maret T., Cain D., Maccoy D. & Short T. 2003. Response of benthic invertebrate assemblages to metal exposure and bioaccumulation associated with hard-rock mining in northwestern streams. USA. The North American Benthological Society. 22(4) 598–620.
- Merritt R. W., Cummins K. W. & Berg M. (eds). 2008. An introduction to the aquatic insects of North America. Cuarta edición. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2008. Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. En: El Peruano, Lima 31 de julio de 2008. Año XXV – N° 10311, pp: 377222-377227.
- MINEM. 2015. Pasivos Ambientales Mineros. Ministerio de Energía y Minas. Lima. Consulta: 23 de octubre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/1GGv9ke>.
- Oller C. & Goitia E. 2005. Macroinvertebrados bentónicos y metales pesados en el río Pilcomayo (Tarija, Bolivia). Revista Boliviana Ecología. 18: 17-32.
- Peña F., Carpio J. & Vargas V. 2015. Hidrogeología de la cuenca de los ríos Jequetepeque (13774) y Chamán (137752). Regiones Cajamarca, La Libertad y Lambayeque. INGEMMET. Boletín, Serie H: Hidrogeología, N° 4.
- Ríos-Touma B., Acosta R. & Prat N. 2014. The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. Revista de Biología Tropical. 62 (Suppl. 2): 249-273.
- Sánchez M., Plasencia C., Azabache L. & Uriol R. 2013. Desarrollo de un sistema participativo sobre la calidad ecológica de los ríos en la región de Cajamarca. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, Cajamarca.
- Segnini S. 2003. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. Ecotrópicos. 16: 45-63.
- United States Environmental Protection Agency (EPA). 1997. Volunteer Stream Monitoring: A Methods Manual. United States Environmental Protection Agency. Consultado el 06 de junio de 2016. Disponible en: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100MRC3.PDF?Dockey=P100MRC3.PDF>.
- Winner R., Boessel M. & Farrel M. 1980. Insect community structure as an index of heavy metal pollution in lotic ecosystems. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 37: 647-655.
- Yacoub C. 2013. Developing tools to evaluate the environmental status of Andean basins with mining activities. PhD Thesis. Universidad Politècnica de Catalunya, Catalunya.
- Yupari A. 2003. Informe Pasivos ambientales mineros en sudamérica. Informe elaborado para la CEPAL, el Instituto Federal d Geociencias y Recursos Naturales, BGR, y el Servicio Nacional de Geología y Minería, SERNAGEOMIN. Consultado el 3 de agosto de 2017. Disponible en: <http://bit.ly/2kYI78C>.
- Zilli F. & Gagneten A. M. 2005. Efectos de la contaminación por metales pesados sobre la comunidad bentónica de la cuenca del arroyo cululú (río Salado del Norte, Argentina). Interciencia. 30 (3): 159 - 165.

**Anexo 1.** Encuesta para participantes del Taller de validación de la GVAM.

**ENCUESTA PARA MEJORAR NUESTRA GUÍA DE VIGILANCIA AMBIENTAL CON MIB**  
*Gracias por compartirnos su sincera opinión.*

**1. ¿Por qué vinieron al Taller?**

- .....
- .....

**2. ¿Cuánto ayudó las fotos y dibujos de los MIB a identificarlos?**  
a) Mucho                      b) Poco c) Nada

**3. ¿Cuánto ayudó la descripción de los MIB a identificarlos?**  
a) Mucho                      b) Poco c) Nada  
d) Qué podría mejorarse:  
.....

**4. ¿Qué te pareció la metodología del Taller?**  
a) Muy buena, se entendió todo. c) Buena, entendimos la mayoría.  
b) Más o menos, me quedaron varias dudas. d) Mala, no entendí casi nada.  
Comentarios  
.....

**5. ¿Se entendieron los ÍNDICES de la Guía?**  
a) Sí, me parecen útiles.  
b) Más o menos, me quedan dudas.  
c) No se entendió nada.

**6. ¿La herramienta es útil para saber cómo está la calidad del agua y tomar decisiones?**  
a) Sí, porque .....- b) Más o menos, porque .....
- c) No, porque .....

**7. Aplicar la herramienta de vigilancia ambiental con MIB te parece...**  
a) Sencilla y útil c) Sencilla pero no es muy útil  
b) Difícil pero útil d) Difícil pero tampoco le vemos utilidad.

**8. El diseño de la GUÍA te parece... (puedes marcar varias opciones).**  
a) Letra grande b) Me gustó el diseño                      c) Tamaño es adecuado  
d) Otro: .....

SI quieres hacer otra sugerencia : .....

---

<sup>1</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Av. Venezuela Cuadra, 34 Cercado de Lima. Lima, Perú. flores.diana@pucp.edu.pe.

<sup>2</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Av. Venezuela Cuadra, 34 Cercado de Lima. Lima, Perú. ahumantincol@unmsm.edu.pe.