

## BIOINDICADORES DULCEACUICOLAS EN FUENTES DE AGUA CON VEGETACIÓN RIPARIA AL RÍO LA VILLA, 2015 <sup>1</sup>

*Sugey Y. Bustamante* <sup>2</sup>; *David Urriola* <sup>3</sup>; *Luis C. Díaz* <sup>4</sup>; *Gladys Pimentel* <sup>5</sup>

### RESUMEN

Este estudio se realizó en la parte media de la cuenca del río La Villa que tiene una superficie de 1295,45 km<sup>2</sup> con actividades económica, agropecuaria e industrial, afectando la vegetación riparia y calidad de agua del río. El estudio contempló el monitoreo de macro invertebrados bentónicos (marzo a mayo, 2015) en dos fincas ubicadas en Calabacito y Las Lomas, con vegetación riparia al río la villa. Los resultados obtenidos en la finca Calabacito, indican mayor dominancia del orden Ephemeroptera (39,4%), Trichoptera (21%) y Odonata (9,84%). En contraste, la finca de Las Lomas, predominó el orden Ephemeroptera (30%), Odonata (16%), Coleóptera (15%) y Trichoptera (13%). En la finca Calabacito, se muestra un índice de riqueza (BMWP), promedio de 132, donde resultaron aguas de excelente calidad, tanto para la parte inicial, media y final, con 164, 102 y 131, respectivamente. La finca en Las Lomas obtuvo una puntuación total de 128, clasificada clase I: aguas de excelente calidad. El orden de mayor dominancia, Decapoda, con la familia Palaemonidae. Se concluye que la actividad ganadera que se desarrolla en ambas fincas, no afecta la calidad de las aguas y la vegetación riparia sirve como filtro ante la entrada de sedimento y otras posibles sustancias contaminantes al cauce del río. La utilización de monitoreo de macro invertebrados dulceacuícolas, es un método que ofrece información precisa a bajo costo.

**PALABRAS CLAVES:** Cuenca Hidrográfica, calidad de agua, macroinvertebrados bentónicos, fincas ganaderas.

---

<sup>1</sup>Recepción: 9 de junio de 2017. Aceptación: 27 de noviembre de 2017.

<sup>2</sup>M.Sc. en Manejo y Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Centro de Investigación Agropecuaria Azuero (CIAA). e-mail: sugbust29@hotmail.com

<sup>3</sup>M.Sc. en Sistemas Agroforestales. IDIAP. CIAA. e-mail: urriolaescudero4@hotmail.com

<sup>4</sup>Agr. IDIAP. CIAA. e-mail: luiscdiaz17@hotmail.com

<sup>5</sup>Estudiante de tesis. Universidad Santa María La Antigua. e-mail: ilmararoblesdebatista@hotmail.com

## FRESHWATER BIOINDICATORS IN WATER SOURCES WITH RIPARIAN VEGETATION TO THE LA VILLA RIVER, 2015

### ABSTRACT

The study was carried out in the middle part of the La Villa river basin, which has an area of 1295,45 km<sup>2</sup> with economic, agricultural and industrial activities, affecting the riparian vegetation and water quality of the river. The study contemplated the monitoring of benthic macro invertebrates (March to May, 2015) in two farms located in Calabacito and Las Lomas, with riparian vegetation to the river La Villa. The results obtained in the Calabacito farm indicate greater dominance of the order Ephemeroptera (39,4%), Trichoptera (21%) and Odonata (9,84%). In contrast, on the Las Lomas farm, the order Ephemeroptera (30%), Odonata (16%), Coleoptera (15%) and Trichoptera (13%) predominated. In the Calabacito farm, an index of biological monitoring working party (BMWP), average 132, which resulted in excellent quality waters, for the initial, middle and final part, with 164, 102 and 131, respectively. The farm in Las Lomas obtained a total score of 128, classified class I: waters of excellent quality. The order of greatest dominance was Decapoda, with the Palaemonidae family. It is concluded that the livestock activity that develops in both farms, does not affect the quality of the waters and the riparian vegetation serves as a filter before the entrance of sediment and other possible contaminants into the riverbed. The use of freshwater macro invertebrate monitoring is a method that provides accurate information at low cost.

**KEY WORDS:** Hydrographic basin, water quality, benthic macroinvertebrates, cattle farms.

### INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas los ecosistemas loticos han sufrido grandes impactos causados por las actividades humanas, que han llevado a una reducción sustancial de la biota acuática o incluso su desaparición (Lara *et al.* 2008). Una de las principales perturbaciones antrópicas sobre los ecosistemas dulceacuícolas es la contención y regulación de los cursos de agua, entre ellas la construcción de represas, las cuales ocasionan

cambios en la magnitud de los caudales, en la periodicidad de las variaciones de los mismos (Hurtado *et al.* 2005). Estas variaciones afectan también la composición, riqueza y abundancia de la biota acuática y consecuentemente pueden provocar el desequilibrio del ecosistema (Hurtado *et al.* 2005). Actualmente, las comunidades biológicas de los macroinvertebrados acuáticos, han sido destacadas como indicadoras de la salud de los ecosistemas, ya que

su presencia refleja las condiciones que prevalecen en el ambiente donde viven (Roldán 1999), como las condiciones físicas, químicas y bióticas, además de las diferentes presiones sobre los ecosistemas naturales (Barbour *et al.* 1999). Algunos de dichos bioindicadores utilizados en la historia han sido, las algas, los protozoos, las bacterias, los peces, las macrófitas, los hongos y los macroinvertebrados acuáticos (Roldán 2003).

La cuenca hidrográfica del río La Villa posee una superficie total de 1295,45 km<sup>2</sup>, alberga actividad económica, agrícola, pecuaria e industrial. Este estudio se suscribe a la parte media de la cuenca del río La Villa donde predomina la actividad ganadera, la construcción de represas, entre otras actividades.

En los últimos años, los macroinvertebrados acuáticos han ganado protagonismo como indicadores biológicos de la calidad del agua, funcionando como una importante herramienta para monitoreo de los recursos hídricos (Hurtado *et al.* 2005, González y García 1995, Rosenberg y Resh 1993).

Esto se debe a que tales organismos responden rápidamente a variaciones ambientales y son fundamentales para el entendimiento de la estructura trófica

y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos (Lampert y Sommer 2007).

Dado el papel fundamental que desempeñan los macroinvertebrados en los sistemas dulceacuícolas, este estudio tuvo como objetivo determinar la calidad de agua utilizando el índice Biológico del grupo de trabajo de vigilancia, conocido en inglés como Biological Monitoring Working Party (BMWP), en las dos fincas con vegetación riparia, parte media del río La Villa, en Calabacito y Las Lomas ubicadas en Los Pozos, provincia de Herrera. Este índice biológico debido a su versatilidad es muy útil para la gestión de la calidad del agua; una vez sea adaptado y modificado para determinado cuerpo de agua lotico ya que permite una evaluación riparia y acertada, esto basado en ponderaciones de sensibilidad a los rangos de tolerancia ambiental de los macroinvertebrados acuáticos.

La interpretación del BMWP modificado y adaptado para determinado cuerpo de agua es clara y sencilla. El índice particularmente no está sesgado por el gradiente altitudinal debido a que se produce la evaluación según el patrón de ponderaciones de sensibilidad de los grupos poblacionales característicos en diferentes zonas de vida y no en la composición de la estructura de las comunidades (Roldán 2003).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en fincas ganaderas, con vegetación riparia, en las localidades de Calabacito y Las Lomas de Los Pozos, corregimientos ubicados en la parte media de la Cuenca Hidrográfica del río La Villa (N° 126), priorizada por la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), dentro de las 52 cuencas más importantes de Panamá y de la cual existe un plan de ordenamiento Territorial Ambiental realizado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (PRONAT- ANAM-CATIE 2008).

La cuenca media del río La Villa, geográficamente se encuentra ubicada en la península de Azuero entre las provincias de Herrera y Los Santos, con las coordenadas 7° 30' y 8° 00' de latitud Norte y 80° 12' y 80° 50' de longitud Oeste.

### Características morfométricas

El área de drenaje total de la cuenca es de 1284,3 km<sup>2</sup>, hasta la desembocadura al mar. Nace en el cerro Gato ubicado en la Peña, Cordillera de El Montuoso, extendiéndose unos 117 km hasta su desembocadura al mar en la Bahía de Arena al noreste de la ciudad de Chitré. Es el límite de las provincias de Herrera y Los Santos.

La elevación media de la cuenca es de 135 msnm y el punto más alto se

encuentra en cerro El Manguillo, ubicado al suroeste de la cuenca, con una elevación máxima de 918 msnm.

### Muestreo

Los muestreos se realizaron durante la estación seca (marzo y finalizaron en mayo del 2015). Se marcó como referencia, el área colindante a la finca y se definieron tres transeptos: El primero a la entrada - inicio, el segundo en centro - mitad y el tercero al final del trayecto del río. Se ubicaron los puntos de muestreo a una distancia recorrida (transeptos) mínima de 500 m y máxima de 1000 m.

En cada punto de muestreo se midieron 10 m en la orilla por la parte más ancha del río, cuya vegetación riparia predominante la conforman pastizales y asociados entre árboles frutales y nativos, algo de parches dispersos y discontinuos. Dentro de esta área se tomaron tres tipos de sustratos: roca corriente, hojarasca y roca removida, por cada muestra se colectaron tres submuestras con una red D, la cual es la más utilizada por su capacidad de controlar el área muestreada, se sumergió en el río y luego se

removió manualmente para depositar el contenido en botellas dosificadoras de 250 ml (Figura 1).

### Laboratorio

Se depuraron las muestras y se observaron al estereoscopio para clasificar los macroinvertebrados dulceacuícolas, utilizando la metodología descrita por Cornejo 2013, para posteriormente, depositarse en recipientes (tubos de ensayo) y preservarlas en alcohol al 95%.

Posteriormente a las colectadas las especies de macroinvertebrados dulceacuícolas y de ser clasificados, según orden y familia, se aplicó el índice BMWP-PAN, descrito por Roldán 2003, para determinar la calidad de agua de las fincas muestreadas, para cada punto en ambas fincas con vegetación riparia parte inicial, media y final. Finalmente,

se estableció el promedio general para cada una de las fincas y así determinar de manera global la calidad de agua.

Para calcular el número de muestras (puntos de muestreos), se utilizó el muestreo sistemático en transepto, descrito por Scheaffer *et al.* (1986), el cual hace referencia a “una muestra obtenida al seleccionar aleatoriamente un elemento de los primeros (k) en el marco (puntos de muestreo) y después de cada k-ésimo elemento se denomina muestra sistemática de 1-en-k.” Este muestreo es en función de la longitud del río y diámetro del cuadrante.

En general, para una muestra sistemática de n elementos de una población de tamaño N, k debe ser menor o igual que N/n (esto es,  $\leq N/n$ ).



**Figura 1. Área de muestreo (a) y el método para la recolección de macroinvertebrados dulceacuícolas (b).**

Aplicando la fórmula del muestreo sistemático:

$N$  = longitud del río 1500 m.

$n$  = punto de muestreo cada 500 m.

$k$  = tamaño de la muestra.

$N/n = (1500/500) =$  tres puntos de muestreo ubicados en la parte baja, media y alta, en la longitud del río por fincas y localidades estudiadas. Por lo tanto, corresponde a una muestra sistemática de 1-en-3.

La estimación de la media poblacional ( $\mu$ ) usando la media ( $\bar{Y}$ ) de una muestra sistemática, se obtuvo a través de la ecuación:

$\mu = \bar{Y}_{sy} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}$ , donde el sub índice  $sy$ , significa que uso el muestreo sistemático

La varianza estimada de

$$\bar{Y}_{sy}: V(\bar{Y}_{sy}) = \frac{s^2}{n} (N - n/N)$$

El análisis se realizó con estadística descriptiva:  $X \pm \sigma$ ; (media, moda, mediana, desviación estándar, coeficiente de variación y límites de confianza), para determinar la confiabilidad de la distribución normal de los datos. Además, se usaron histogramas de frecuencias real (%) para el análisis descriptivo de la base de datos.

Para el análisis de la riqueza, se utilizó el índice de dominancia de Simpson (Patil *et al.* 1982):

$$I = \frac{-\sum ni (ni-1)}{N (N-1)}$$

Donde:

- Índice de Simpson
- $n_i$  = número de individuos de especies diferentes
- $N$  es el total de organismos presentes (o unidades cuadradas)
- $n$  es el número de ejemplares por especie

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Finca Calabacito

En esta finca se colectaron un total 163 individuos, los cuales clasificados según el protocolo BMWP – CR, resultaron 10 órdenes y 25 familias; resultando con mayor dominancia los órdenes (Ephemeroptera (39,34%), Trichoptera (21%), Odonata (9,84%) (Figura 2a).

### Finca Las Lomas

En este sitio se colectaron 294 individuos en total, posteriormente según el protocolo BMWP – CR, resultaron, con nueve órdenes y 20 familias; donde los órdenes Ephemeroptera (30%), Odonata (16%), Coleóptera (15%), Trichoptera (13%), resultaron con mayor dominancia dentro del área de muestreo (Figura 2b).

### Determinación de riqueza

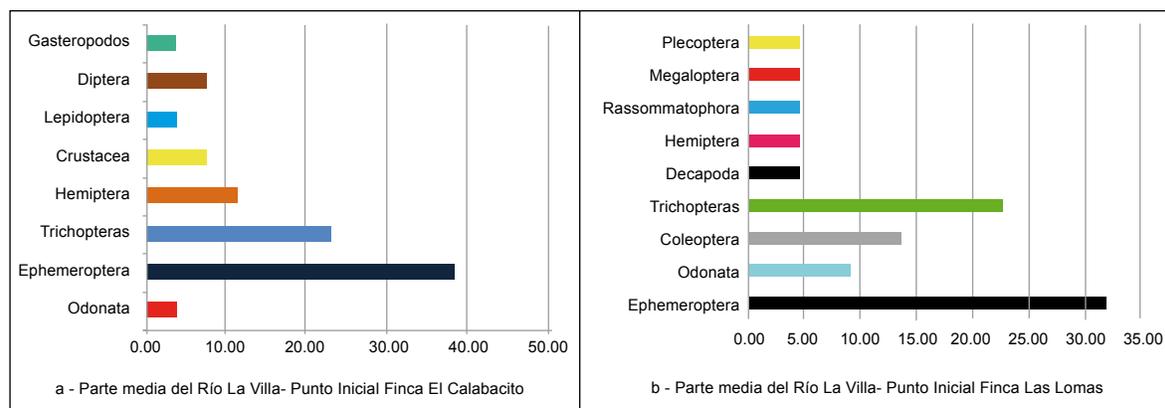
A través del índice de dominancia de Simpson, (Simpson 1960), que mide la probabilidad de que dos individuos de la población extraídos al azar sean de la misma especie; valores altos indican

dominancia de alguna especie. Para el muestreo ubicado en Calabacito, con respecto a Las Lomas (Cuadro 1), refiere a mayor dominancia en los puntos Inicial y final; y para el caso de la finca Las Lomas, resultaron con mayor dominancia en el punto medio. Esto podría ser consecuencia de la vegetación riparia y la cobertura boscosa, debido a que dichas zonas presentaban deforestación provocando mayores aberturas de la vegetación que permitieron un aumento de pastizales y mayores entradas del sol, lo cual podría conllevar a un alto crecimiento del perifiton, que sirve como alimento para los macroinvertebrados acuáticos. Las

altas temperaturas del agua favorecen la actividad microbiana para el crecimiento del perifiton, lo cual contribuye a la rápida descomposición de los materiales trayendo como consecuencia mayores abundancias de individuos (Sánchez-Argüello *et al.* 2010).

### Finca en Calabacito

Las puntuaciones obtenidas para las partes Inicial, media y final oscilaron entre 164, 102 y 131, respectivamente (Cuadro 2). Estos valores indican que en la parte alta de la finca las aguas son de excelente calidad, en el punto medio aguas limpias, y al final de la finca aguas de excelente



**Figura 2. Abundancia biondicadores dulceacuícolas (%), por órdenes (a) punto inicial en la finca El Calabacito y (b) punto inicial en la finca Las Lomas, marzo a mayo del año 2015.**

**CUADRO 1. ÍNDICE DE SIMPSON PARA DETERMINAR LA RIQUEZA EN LA PARTE ALTA, MEDIA Y BAJA DE LAS FINCAS RIPARIAS (CALABACITO Y LAS LOMAS), DE LA PARTE MEDIA DEL RÍO LA VILLA.**

Índices	El Calabacito			Las Lomas		
	Parte					
	Inicio	Medio	Final	Inicio	media	Final
Índice de Simpson	25,67	13,97	25,68	2,19	9,95	4,44

calidad de acuerdo con la escala publicada por Roldán 1999. El promedio, para esta finca es de 132, la cual indica que la calidad de agua de esta finca es excelente, clase I.

### Finca Las Lomas

Según el índice BMWP, que se muestra en el Cuadro 2, en la parte inicial de la finca una puntuación total de 128, según la tabla propuesta por Roldán 1999. Indica aguas de calidad excelente, clase I, en donde el orden de mayor dominancia fue Decápoda, con la familia Palaemonidae, de igual manera en el punto medio el puntaje corresponde a 175, con aguas de excelente calidad.

Sin embargo, en la parte final del río, el índice BMWP fue 59, aguas de mala calidad, contaminada, clase IV. Lo que muestra que existe algún factor que altera la calidad del agua en este punto a diferencia de los anteriores que son de clase I.

El promedio de los valores obtenidos en el índice para cada punto corresponde a 120, indicando aguas de calidad excelente.

La abundancia de macroinvertebrados, arrojados por el estudio, para el caso de la finca las Lomas, fue mayor que los encontrados en finca Calabacito, lo que pudiese atribuirse a la presencia de tensores ambientales de origen natural, como el caudal del río, el cual modifica la disponibilidad y diversidad de hábitat (Alba-Tercedor 1992, Alba-Tercedor 1996).

En el caso de riqueza para finca Calabacito, el índice de dominancia de Simpson resultó mayor a Las Lomas, probablemente a los factores que influyen sobre la presencia de determinadas especies en dicho sitio, por lo tanto, imposibilita el desarrollo de las mismas, y disminuye la probabilidad de encontrar al azar organismos de la misma especie en una misma área, tal como lo establece el índice de Simpson (Simpson 1960).

El índice BMWP, refleja en el sitio del Calabacito, en la parte alta calidad de aguas excelentes, clase I, se puede ver influenciada por la baja perturbación que existe en el hábitat, además de poseer una amplia vegetación de especies

**CUADRO 2. ÍNDICE BMWP, PARA LOS PUNTOS (TRANSEPTOS), UBICADOS EN LAS DOS FINCAS GANADERAS.**

Finca	Punto Inicial	Punto Medio	Punto Final	Total
El Calabacito	164	102	131	132
Las Lomas	128	175	59	120

mayores. Según Towns 1981, Ramírez y Pringle 2001, Kasangaki *et al.* 2008, en las áreas de mayor vegetación hay mayor disposición de recursos alimenticios de origen terrestre (especialmente paquetes de hojarasca) causando arreglos bióticos diferentes.

En la parte media del río en el sitio en Calabacito, las aguas son de calidad buena, clase II, las cuales en comparación con el punto anterior disminuye la calidad del agua, probablemente a que este punto se ve influenciado por actividades ganaderas, ya que los animales obtienen el agua de este punto. Según Trimble y Mendel 1995, el ganado es un importante factor de evolución geomorfológica de los ríos, por el pastoreo en los pastos alrededor de los ríos o en su cuenca o por el pisoteo el cual erosiona y desgasta las riberas, aumentando la turbulencia del agua y a su vez la erosión de las riberas y puede ocurrir una perturbación en el hábitat, y así disminuir la presencia de estos bioindicadores.

En el punto final de la cuenca, la vegetación es abundante y se puede ver reflejado en la calidad del agua que es excelente. Según Hanson *et al.* 2010, algunos macroinvertebrados viven en las partes sumergidas de las plantas acuáticas como libélulas (Odonata).

Según el índice BMWP en el sitio de las Lomas, en la parte alta-media de la finca la calidad de agua es excelente, clase I, en donde las condiciones que rodean al río son favorables ya que la vegetación es amplia y contribuye al desarrollo de diversas especies ya que puede proporcionar alimento, hábitats y proporciona sombra las cuales necesitan algunos estadios de diferentes familias.

En la parte baja o final de la finca según el índice BMWP, se refleja aguas de mala calidad, contaminada, clase IV, las cuales pueden estar influenciadas por actividades agrícolas y ganaderas, como la siembra de caña muy cerca del río y el bebedero de animales, que afectan la calidad, la vegetación de la ribera, lo que refleja cambios en la calidad del agua como riqueza y composición de individuos en las aguas (Cao *et al.* 1997).

### CONCLUSIONES

- La finca Las Lomas, en la parte final, indica aguas de mala calidad, debido a la influencia de la vegetación riparia y las actividades que se realizan en fincas colindantes, como factores externos al área de muestreo.
- La riqueza y la abundancia de macroinvertebrados están influenciada por factores como caudal, condiciones

ambientales como temperatura, considerando que estos individuos, poseen requerimientos determinados como el hábitat y alimentación, para su desarrollo.

- Las posibles fuentes de contaminación como uso de agroquímicos, erosión y malas prácticas de ganadería influyen de manera significativa, sobre la calidad del agua, lo que sugiere conservar la vegetación riparia al río, para que pueda filtrar la entrada de sedimento y sustancias que puedan incidir sobre la calidad de la fuente, caso que evidencia la discrepancia según la calidad de agua hacia la parte final.

### BIBLIOGRAFÍA

- Alba-Tercedor, J. 1992. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. *In* Memorias del IV Simposio el agua en Andalucía. Siaga, Almería, 2:202-213.
- Alba-Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. *In* Memorias del IV Simposio el agua en Andalucía. Siaga, Almería, 2:200-211.
- Barbour, MT; Gerritsen, J; BD Snyder, BD; Stribling, JD. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish. US EPA, Office of Water: Washington DC, USA.
- Cao, Y; Bark, AW; Williams, W. 1997. Analysing benthic macroinvertebrate community changes along a pollution gradient; a framework for the development of biotic indices. *Water Research* 31(4):884-892.
- Cornejo R, A. 2013. Macroinvertebrados acuáticos bioindicadores de calidad de agua en Panamá: Propuesta de índice BMWP/PAN, Resumen especial: Macroinvertebrados dulceacuáticos en Mesoamérica (MADMESO), Villa hermosa, Tabasco, MX.
- González, M; García, D. 1995. Restauración de ríos y riberas. Fundación Conde del Valle de Salazar, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, ES. p. 319.

- Hurtado, S; García, F; Gutiérrez, P. 2005. "Importancia ecológica de los macroinvertebrados bentónicos de la subcuenca del río San Juan, Querétaro, México". *Folia Entomol.* 44(3):271-286.
- Kasangaki, A; Chapman, LJ; Baliwa, J. 2008. Land use and the ecology of benthic macro invertebrate assemblages of high-altitude rainforest streams in Uganda. *Freshwater Biology* 53:681-697.
- Lampert, W; Sommer, U. 2007.-*Limnoecology: The ecology of lakes and streams.* 2 Ed. Oxford University Street. Nueva York. p. 324.
- Lara, A; Villalba, R; Urrutia, R. 2008. A 400-year tree-ring record of the Puelo river summer-fall streamflow in the Valdivian rainforest eco-region, Chile. *Climatic Change* 86:331-356.
- Hanson, P; Springer, M; Ramirez, A. 2010. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol.)* 58(Suppl. 4):3-37.
- Patil, GP; C. Taile, C. 1982. "Diversity as a concept and its measurement," *Journal of the American Statistical Association* 77:548-567.
- PRONAT (Programa Nacional de Administración de Tierras, PA) - ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente, PA) - CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 2008. Plan de ordenamiento territorial ambiental de la cuenca el río La Villa. Producto 1: Caracterización. Panamá, PA. 324 p.
- Ramírez, A; Pringle, CM. 2001. Structure and production of a benthic insect assemblage in a neotropical stream. *Journal of the North American Benthological Society* 17:443-461.
- Roldán P, G. 1999. Los Macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad de las aguas. *Revista Académica Colombiana de Ciencias* 23(88):375-387.
- Roldán P, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. 170 p.
- Rosenberg, DM; Resh, VH. 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.* New York London. Chapman and Hall. pp.488.

Sánchez-Argüello, R; Cornejo, A; Pearson, R; Boyero, I. 2010. Spatial and temporal variation of stream communities in a human-affected tropical watershed. *Ann. Limnol. - Int. J. Lim.* 46:149-156.

Scheaffer, RL; Mendenhall, W. 1986. Elementos de muestreo. Grupo Editorial Iberoamérica. MX. p. 25-28.

Simpson, EH. 1960. Measurement of diversity. *Nature* 163:688.

Towns, DR. 1981. Life histories of benthic invertebrates in a kauri forest stream in northern New Zealand. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 32:191-211.

Trimble, SW; Mendel, AC. 1995. The cow as a geomorphic agent: A critical review. *Geomorphology* 13:233-253.

### **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Santa María La Antigua, por contar con estudiantes interesados en incursionar en temas novedosos y sensibles hoy día en nuestra región. Así por facilitarnos el estereoscopio que sirvió para la observación y análisis de los microinvertebrados dulce acuícolas, al Ing. David Urriola, gerente de proyecto bajo la cual trabajamos la actividad.