

Calidad biológica de la microcuenca de San Cristóbal en la localidad de Usaquén, a través de estudios de bioindicación con macroinvertebrados bentónicos

Biological quality of San Cristóbal's watershed in Usaquén's town, through benthic macroinvertebrates as bioindicators

Viviana Osorno Acosta, Sandra Liliana Mayorga León

Resumen



La conservación de la calidad del agua de la microcuenca de la quebrada San Cristóbal en la localidad de Usaquén, es de vital importancia por ser uno de los principales afluentes del humedal Torca-Guaymaral y por los diferentes usos que le da la comunidad que habita alrededor de esta. Este trabajo hace parte del proyecto "Aportes para el planteamiento del uso y manejo sostenible de los recursos hídricos de agua dulce en las microcuencas de la localidad de Usaquén, Distrito Capital" realizado por el grupo de investigación Agua, Salud y Ambiente de la Universidad El Bosque y su objeto es de analizar la calidad biológica del agua a través del estudio de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores, ya que estos brindan información sobre el estado de salud de la microcuenca desde tiempo atrás y no solo al momento de tomar la muestra, como ocurre con los métodos de medición tradicionales.

Palabras Clave: Calidad Biológica del agua, Bioindicadores, macroinvertebrados bentónicos

Abstract



Conserving watershed water quality of the of the creek in the San Cristóbal Usaquén, is vital for being one of the main tributaries of the wetland Torca-Guaymaral and the different uses that gives the community living around this. This work is part of the project "Contributions to the approach of the sustainable use and management of water resources in freshwater watersheds in the Usaquén, Capital District" by the research group Water, Health and Environment, The Universidad El Bosque and its purpose is to analyze biological water quality through the study of benthic macroinvertebrates as bioindicators, as these provide information about the health of the watershed for some time and not just when taking the sample, as with traditional measurement methods.

Keywords: Biological Water Quality, Bioindicators, benthic macroinvertebrates

Recibido / Received: Octubre 21 de 2014 Aprobado / Approved: Noviembre 10 de 2014

Tipo de artículo / Type of paper: Investigación científica y tecnológica.

Afiliación Institucional de los autores / Institutional Affiliation of authors: Universidad El Bosque Grupo de Investigación Agua, Salud y Ambiente, Ingeniería Ambiental.

Autor para comunicaciones / Author communications: Viviana Osorno Acosta, osornoviviana@unbosque.edu.co, Sandra Liliana mayorga Leon mayorgasandra@unbosque.edu.co

Los autores declaran que no tienen conflicto de interés.

Introduction

La conservación de la calidad del agua de las cuencas y microcuencas de Bogotá ha adquirido mayor importancia para las autoridades medioambientales del país, que ven en ellas una importante fuente de alimento hídrico para ríos y humedales. La microcuenca de la quebrada San Cristóbal, en Usaquén reviste gran importancia a nivel ecológico y social para la localidad, dado que es una de los principales afluentes del Humedal de Torca-Guaymaral, además de que en la parte alta, aun cuando hay un proceso de ocupación urbanística desde la década de 1950, se conserva gran parte de su cauce con bosque de galería, tanto en la quebrada San Cristóbal como en sus tributarios arriba de la Carrera 7.

Así mismo Guaymaral esta microcuenca es una fuente importante de sustento para las comunidades que vive alrededor de la quebrada, quienes usan el agua para riego de cultivos, para sustento de animales de cría y en algunas ocasiones ha sido utilizada para el consumo humano. Estas actividades pueden ocasionar daños en la salud de quienes la consumen en forma directa o indirecta, a través de los vegetales o animales que han recibido contacto con esta agua.

El principal problema que enfrenta la microcuenca, es la actividad humana de las comunidades que habitan en la ronda de quebrada, cuyos asentamientos están en situación de ilegalidad ante el Distrito Capital, y por tanto, no cuentan con el servicio de acueducto y alcantarillado y se ven en algunos casos obligados a depositar sus residuos orgánicos en la cuenca. Adicionalmente el servicio de recolección de basuras no llega hasta la parte alta los asentamientos vecinos del cuerpo de agua, generando situaciones de acumulación de residuos sólidos.

A pesar que la calidad de un cuerpo de agua puede ser evaluada desde aspectos físicoquímicos y microbiológicos, los resultados arrojados por estos son muy puntuales en el tiempo frente a las condiciones de calidad reales. [1]. La microcuenca de San Cristóbal ha sido evaluada desde aspectos físicoquímicos y microbiológicos, sin embargo estos resultados tienen la particularidad de dar información muy puntual en el tiempo frente a las condiciones de calidad de un cuerpo de agua. Varios investigadores han encontrado como alternativa el uso de bioindicadores como complemento de esos análisis puntuales.

Una de esas metodologías es el empleo de macroinvertebrados bentónicos, que ha sido ampliamente aplicada por diferentes investigadores en Colombia y el mundo por ser una metodología confiable, fácil de usar, de bajo costo y que proporciona resultados rápidamente.

Por esa razón, esta investigación se concentra en el análisis de la calidad biológica de la microcuenca de San Cristóbal usando macroinvertebrados bentónicos como indicadores, en tres puntos de muestreo que abarcan diferentes grados de intervención antrópica en la localidad de Usaquén. Estos muestreos se realizaron en el periodo 2012-2013, y abarcando la temporada seca y de lluvia, el método de recolección de los individuos se realizó siguiendo la metodología citada por Roldán (2003), para su posterior análisis en el laboratorio mediante la metodología BMWP/Col.

Marco de referencia

Calidad del agua

Cuando se trata de medir la calidad del agua en estudios limnológicos, es frecuente analizar sus parámetros físicos y químicos, los cuales están normalmente determinados por el clima, la geomorfología y las condiciones geoquímicas prevalentes en la cuenca de drenaje. Es por eso que la calidad del agua en un determinado punto de muestreo depende de muchos factores como: zonas de escorrentía, agua subterránea, procesos químicos internos, mezcla de aguas y contaminantes.

Estos últimos, son causados por diferentes fuentes como el desarrollo industrial y la migración del hombre hacia áreas cercanas a una fuente hídrica, que generan deforestación y entrada de efluentes residuales sin tratamiento, especialmente en las cuencas hidrográficas donde no hay una gestión de control el recurso [2].

El agua es un recurso finito que se recicla por medio de su ciclo hidrobiológico natural, sin embargo las acciones humanas intervienen en este ciclo de manera negativa, afectando la recirculación del agua por uso ineficiente de esta, así como afectando sus características a lo largo del ciclo por contaminantes. En consecuencia el agua empieza a escasear y se afecta su calidad en general [3].

Por otro lado, el criterio de calidad del agua está ligado al uso que se le quiera dar, en el caso de agua para consumo humano, debe cumplir con unas condiciones fisicoquímicas y microbiológicas adecuadas para que a futuro no cause daños en la salud humana de quien la consume [1].

Calidad Biológica del agua

Cuando se habla de la calidad biológica del agua, se hace referencia a la composición y estructura de los organismos vivos que habitan allí. Cuando las características de estos organismos son naturales y su desarrollo es propio del lugar o ecosistema de estudio, se puede considerar que hay una buena calidad biológica del agua. Este concepto no siempre va de la mano con otros conceptos relacionados como el de agua potable para consumo humano, en donde no están implícitos organismos de ninguna clase [1].

Bioindicadores

Los organismos vivos que habitan en el agua presentan adaptaciones a determinadas condiciones ambientales y presentan límites de tolerancia a las alteraciones que se le hagan a ésta. Por esa razón, se pueden encontrar en un recurso hídrico -, organismos tolerantes a ciertos grados de contaminación, así como organismos no tolerantes, dependiendo de la sensibilidad que estos presentan a la presencia de ciertos compuestos químicos o condiciones físicas del agua. [1].

Si se encuentran organismos que son de baja tolerancia a perturbaciones pueden ser un buen indicador de la calidad del agua, por el contrario, si se encuentran organismos que son altamente tolerantes a cambios, es un indicador negativo, porque posiblemente se ha superado el nivel de tolerancia de los organismos más sensibles, hasta llevarlos a la muerte o a abandonar la zona alterada.

Existen varias metodologías que usan este tipo de organismos como indicadores del estado de salud de un ecosistema, para el caso del control de contaminación de agua se usan diversos organismos como: bacterias, protozoos, algas, macrófitas, macroinvertebrados y peces [1].

Macroinvertebrados bentónicos

Los Macroinvertebrados bentónicos, son aquellos organismos carentes de esqueleto que alcanzan a lo largo de su ciclo de vida un tamaño superior a 0,200 mm, (características que les puede hacer visibles a simple vista) y que habitan en el lecho fluvial (adheridos a rocas, plantas acuáticas sumergidas, etc.) ya sea durante todo su ciclo vital (como los moluscos) o parte de él (como muchos insectos, en los que la fase adulta es terrestre y la fase larvaria es acuática). [4].

Antecedentes

En Bogotá se han realizado estudios similares en diferentes cuencas hidrográficas e incluso en el río Bogotá como lo hicieron Franco y Sandoval (2008), quienes realizaron un diagnóstico de la caracterización fisicoquímica, bentónica y microbiológica en el primer tercio de la cuenca media del río. Allí, se trabajaron cuatro puntos de muestreo en la cuenca, para la toma de muestras biológicas que fueron posteriormente analizadas y que les permitió concluir que por el tipo de macroinvertebrado que encontraron en mayor abundancia (oligoquetos e hirudíneos) las condiciones de esta parte de la cuenca son de anoxia y gran concentración de materia orgánica [4].

Otro estudio relacionado, es el realizado en la quebrada La Vieja, en la zona Nor-oriental de Bogotá por Rodríguez y colaboradores (2007); en este estudio se determinó la densidad y biomasa de los macroinvertebrados acuáticos presentes. Este estudio se realizó en épocas con precipitaciones altas y bajas, en donde encontraron una mayor biomasa de macroinvertebrados en precipitaciones bajas y no encontraron diferencias en la deriva durante el día y la noche [5].

En el 2005, Lozano O. presenta los resultados de la investigación realizada en la parte alta de los Cerros Orientales, específicamente en la parte alta de la cuenca del río Juan Amarillo, conformada por 5 corrientes de primer y segundo orden: Río Arzobispo y las quebradas Las Delicias, La Vieja, Rosales y Chico. En los tramos comprendidos desde los nacimientos de las quebradas aproximadamente entre 3200-3000 m.s.n.m y sus respectivas intersecciones con la avenida circunvalar (Aprox. 2.600 m.s.n.m.). [6]

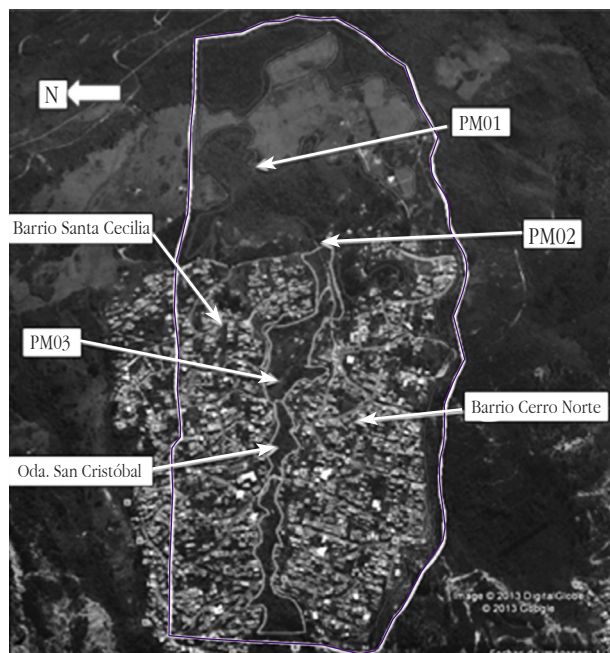
LAYTHON M. en 2003, realiza una caracterización de los macroinvertebrados acuáticos presentes en los ríos Arzobispo y San Cristóbal (que nacen en los Cerros Orientales de Bogotá), delimitando su investigación a la misma Franja Altitudinal (2700 - 2750 msnm) y haciendo énfasis en el estudio de Chironomidae (Diptera) [7]

Metodología

Área de estudio

El territorio en donde se encuentra la quebrada San Cristóbal se encuentra ubicado dentro de la Unidad de planeamiento Zonal (UPZ) número 11 de San Cristóbal Norte; ubicada en el área central de la localidad de Usaquén de la ciudad de Bogotá, Colombia tiene una extensión de 275 hectáreas, equivalentes al 4,2% del suelo de la localidad. Esta UPZ limita, al norte, con la calle 165, carrera 7ª y la avenida San Juan Bosco (calle 170); por el oriente, con el perímetro urbano; por el sur, con la avenida Alberto Lleras Camargo (carrera 7.ª), avenida la Sirena (calle 153), y por el occidente, con la avenida Laureano Gómez (carrera 9.ª) o avenida del Ferrocarril [8].

Figura 1. Localización de la quebrada San Cristóbal



Fuente: Google Earth, adaptada por los autores, 2013

Materiales y Métodos

Se realizó una primera salida de campo en el mes de junio de 2012, con el propósito de hacer un reconocimiento inicial de la cuenca, y en especial del curso de la Quebrada San Cristóbal desde su nacimiento y su recorrido por los barrios Cerro Norte, Santa Cecilia, Villa Nidia y La Perla; hasta el punto de la la Av. Carrera 7ª. Durante este recorrido se hizo observación del grado de intervención antrópica y la identificación de los tramos más sensibles del cuerpo de agua.

Basados en las observaciones realizadas durante esta salida, los hábitats identificados y el gradiente altitudinal, se diseñó el muestreo y se establecieron tres estaciones para el desarrollo del proyecto (nacimiento (E1), zona media (E2) y zona baja (E3)), cada una con particularidades definidas y que dan cuenta de los procesos actuales de uso del agua de la Quebrada San Cristóbal.

Posteriormente se realizó una salida de campo en el mes de agosto de 2012, considerada como época de baja precipitación, con el fin de recolectar datos físico-químicos y muestras de los macroinvertebrados acuáticos.

La metodología utilizada en el muestreo es la propuesta en la guía **“Metodología de muestreo y tratamiento de muestras de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de los recursos hidrobiológicos”** publicado por el Instituto Alexander Von Humboldt en el 2005.

Bajo la metodología allí expuesta, en cada estación se delimitó un transecto de 10 metros aproximadamente, se identificaron los hábitats existentes en el tramo, buscando puntos representativos y se registraron algunas características generales del medio físico y biótico; seguidamente se llevó a cabo la colección de individuos usando para este fin una red surber de 30 * 30 cm y siguiendo la metodología citada por Roldán (2003).

Los individuos colectados fueron depositados en frascos plásticos de boca ancha, con alcohol al 70% para la preservación, se rotularon debidamente y fueron llevados a los Laboratorios de la Universidad El Bosque para su posterior separación e identificación hasta el nivel taxonómico de familia con base en literatura concerniente.

Posteriormente los organismos recolectados fueron identificados, clasificados y analizados por las investi-

gadoras y algunos de los estudiantes pertenecientes al semillero de Calidad del agua y Ambiente del Programa de Ingeniería Ambiental, esto con la ayuda de bibliografía y claves de identificación pertinente. Con el fin de evaluar la calidad del agua usando a los macroinvertebrados como bioindicadores, se utilizó la adaptación del índice biótico Biological Monitoring Working Party BMWP para Colombia -BMWP/Col propuesto por Roldán (2003) y “refinado” por Álvarez para el Instituto Alexander Von Humboldt en 2005. [10].

Resultados y análisis de resultados

En el tramo analizado de la Quebrada San Cristóbal se colectaron 204 individuos en total, distribuidos en 16 familias y 9 órdenes (Tabla 1), siendo la familia más representativa Chironomidae con 130 individuos (63.7%), seguida de Hyalellidae con 39 individuos (19.1%) y Ceratopogonidae con 8 individuos (3.9%). A nivel de Orden, el que presentó mayor representatividad fue Diptera con 5 familias (31.3%), sucedido por Trichoptera con 3 familias (18.8%) y Coleóptera con 4 familias (12.5%).

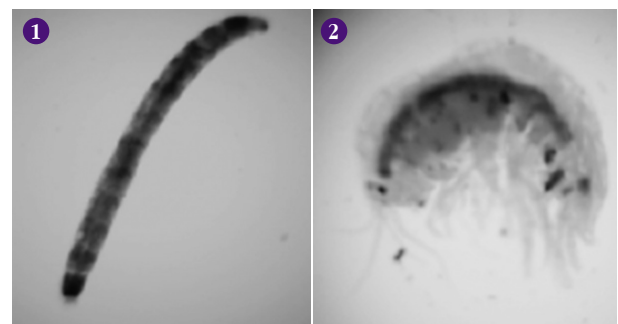
Orden	Familia	EST. 1	EST. 1	EST. 1	Número Individuos	
Diptera	Chironomidae	5	22	103	130	
	Elmidae (larva)	1	0	0	1	
	Tabanidae	0	1	0	1	
	Ceratopogonidae	0	3	5	8	
	Psychodidae	0	0	7	7	
Anfipodae	Hyalellidae	17	22	0	39	39
Trichoptera	Helicopsyidae	1	1	0	2	
	Leptoceridae	1	2	0	3	9
	Odonotoceridae	0	4	0	4	
Coleoptera	Hydraenidae	1	2	0	3	
	Lymnessiidae	0	1	0	1	4
Plecoptera	Perlidae	0	1	0	1	1
Acari (Acarina)	Polycentropodidae	0	1	0	1	1

Orden	Familia	EST. 1	EST. 1	EST. 1	Número Individuos	
Ephemeroptera	Baetidae,	0	1	0	1	1
Veneroidea	Sphaeriidae	0	1	0	1	1
Hemiptera	Belostomatidae	1	0	0	1	1
Total		27	62	115	204	

En el punto de muestreo 1 (correspondiente al nacimiento de la quebrada) se encontraron familias de individuos con mediana y baja tolerancia a la contaminación como es el caso de Hyalellidae, Helicopsyidae y Leptoceridae, pero con excepción de Hyalellidae, con un bajo número de individuos (1 por cada familia). Sin embargo, se encontraron individuos de la familia Chironomidae (organismos bastante tolerantes a la contaminación orgánica) con una representación del 19.2% del total de organismos en esta zona pero que por tratarse de organismos con un amplio rango de tolerancia de la calidad de las aguas (desde aguas limpias hasta zonas muy contaminadas) esta familia no puntúa como bioindicador en el BMWP (exceptuando cuando esta familia es la predominante en el cuerpo de agua).

Ilustración 1. Chironomidae

Ilustración 2. Hyalellidae



Con la aplicación del BMWP/Col el puntaje obtenido para este sector es de 37, indicando que las Aguas presentan una “contaminación Moderada”.

Puede asumirse que el bajo número de individuos encontrados en el punto 1 puede darse por la intervención que tiene este tramo para la recolección del agua que brota (poceta de captación) y que es utilizada como abrevia-

dero para el ganado que pasta en la zona, lo cual por un lado disminuye los microhábitats y sitios de refugio para los macroinvertebrados y cambia las características físico-químicas y biológicas de esta zona. Teniendo en cuenta la bioindicación de los individuos, los quironómidos son característicos de aguas donde se presenta el arrastre de sedimentos **Fuente especificada no válida.**

Teniendo en cuenta que el sector se halla influenciado por las cercanías los potreros y fincas aledañas, este grupo representa un serio indicio de que en el lugar hay perturbaciones mínimas por parte de la acción antrópica.

De la estación 1

Morfotipo	Clase	Orden	Familia	Valor indicación BMWP/Col	Nº de individuos
1	Crustacea	Anfipodae		7	4
2	crustacio	Anfipodae	Hyalellidae	7	13
3	Insecta	Diptera	Chironomidae	2	5
4	Insecta	Diptera	Elmidae (Larva)	6	1
5	Insecta	Trichoptera	Helicopsydidae	8	1
7	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	8	1
8	Insecta	Coleoptera	Hydraenidae	8	1
Total				48	26
Calidad		Significado			
III Dudosa		Aguas moderadamente contaminadas			

Para el punto 2 de muestreo de la Quebrada San Cristobal, la clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo al índice BMWP/Col fue valorado como Tipo II Aguas Aceptables, es decir ligeramente contaminadas, en los que se evidencian efectos de la contaminación, en esta estación se encontró diversidad de individuos con tolerancias medias o nulas a la contaminación como la familia Perlidae, Lymnessiidae y Polycentropodidae, pero que tuvieron muy baja representación en este punto y la familia Hyalellidae, cuyo índice de tolerancia es de 7 cuyo porcen-

taje de representación en este sector es del 34.9% sin embargo, también se encontró una importante representación de la familia *Chironomidae* 34.9%, que como antes se expuso bastante tolerantes a la contaminación orgánica.

Con relación a la estructura numérica de la comunidad de macroinvertebrados encontrados en el punto 2, se puede afirmar que esta es expresión de los elementos de heterogeneidad presentes en este sitio (hojarasca, troncos y ramas, pequeñas rocas) que ofrecen gran variedad de microhábitats para los organismos acuáticos ya que el sitio está contigua al relicto de bosque primario que se conserva en la zona.

Resultados de la estación 2

Morfotipo	Phillum	Clase	Orden	Familia	Valor indicación BMWP/Col	Nº de individuos
1	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	7	4
2	Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	2	9
3	Annelida	Oligochaeta	Haplota-xida	Tubificidae	1	3
4	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	8	1
5	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tebanidae	5	1
6	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	10	1
7	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	5	1
1	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Odonotoceridae	10	4
11	Arthropoda	Insecta	Coleoptera		Sin valor	1
12	Arthropoda	Arachnoida	acarina (Aca-rina)	Lymnessiidae	10	1
Total					59	23
Calidad			Significado			
III Dudosa			Aguas moderadamente contaminadas			

En el punto 3 a pesar que presentó el mayor número de individuos, estos sólo fueron representados por el mismo orden y 3 familias, lo cual revela una estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos afectada por los procesos antropogénicos que se desarrollan en este sector y que afectan la calidad de las aguas y los microhábitats de estos individuos.

De acuerdo con la valoración biológica usando BMW/Col las aguas de este sector obtuvieron un puntaje de 9 y son clasificadas como Aguas fuertemente contaminadas con calidad Muy Crítica; esto dado a que los principales individuos encontrados para la bioindicación fue la familia Chironomidae, familia que, como se ha mencionado antes su tolerancia a condiciones adversas de la calidad del agua también es alta, encontrándose de manera abundante en aguas contaminadas y de altos contenidos de materia orgánica.

Resultados de la estación 3

Clase	Orden	Familia	Valor indicación BMW/Col	Nº de individuos	% representación
Insecta	Diptera	Chironomidae	2	103	89,6
Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	5	5	4,3
Insecta	Diptera	Psychodidae	2	7	6,1
Total			9	115	100%
Calidad		Significado			
V muy crítica		Aguas fuertemente contaminadas			

Conclusiones

Según los resultados obtenidos a través del uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de contaminación, es posible apreciar el estado de la quebrada San Cristóbal, dado como resultado tres tipos de calidad en el agua, dudosa en el punto 1, aceptable en el punto 2 y muy crítica en el punto 3. Lo que quiere

decir que a pasar de que el punto 3 está fuertemente Contaminado debido a la presencia de viviendas que posiblemente eliminan sus desperdicios orgánicos en la quebrada, existen puntos como el 1 y 2, que aún tienen una amplia posibilidad de ser recuperadas, ya que se encuentran en zonas poco intervenidas por el hombre como se explicó anteriormente.

Bibliografía

- [1] J. A. Tercedor, «Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos», de *IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA)*, Almeira, 1996.
- [2] Fernandez Cirelli, Alicia; Fernandez Reyes, Lucas; Di Risio, Cecilia, *El agua en Iberoamérica. Calidad del Agua y Manejo de Ecosistemas Acuáticos*, CYTED-XVII. PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO, 2004.
- [3] A. Fernandez Cirelli y C. du Mortier, «Evaluación de la condición del agua para consumo humano en Latinoamérica», Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires, 2012. [En línea]. Available: http://horus.psa.es/webesp/projects/solarsafewater/documents/libro/01_Capitulo_01.pdf. [Último acceso: 30 01 2013].
- [4] J. F. Franco Ovalle y L. F. Sandoval Castañeda, «Diagnóstico de la caracterización fisicoquímica, bentónica y microbiológica en el primer tercio de la cuenca media del río Bogotá», 2008. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/10654/8688>. [Último acceso: 29 01 2013].
- [5] J. Rodríguez Barrios, R. Ospina Torres, J. D. Gutiérrez y H. Ovalle, «Densidad y biomasa de macroinvertebrados acuáticos derivantes en una quebrada tropical de montaña (Bogotá, Colombia)», *Caldasia*, vol. 29, n° 2, p. 13, 23 07 2007.
- [6] L. Lozano Ortiz, «La bioindicación de la calidad del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del río Juan Amarillo, cerros orientales de Bogotá», *Umbral Científico*, vol. Revista electrónica, pp. 5-11, 2005.
- [7] M. LAYTHON, «Caracterización de Macroinvertebrados Acuáticos en los Ríos Arzobispo y San

- Cristóbal (Cerros Orientales, Bogotá - Colombia), en la misma Franja Altitudinal y con énfasis en Chironomidae (Diptera).» Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2003.
- [8] Secretaría Distrital de Planeación, «Conociendo la localidad de Usaquén: Diagnóstico de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos.» Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, Bogotá D.C, 2009.
- [9] A. Lievano, Guía ilustrada de macroinvertebrados acuáticos del río Bahamón, vol. 1, Bogotá, 2007.
- [10] IAVH, «Metodología de muestreo y tratamiento de muestras de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de los recursos hidrobiológico.» Bogotá, 2005.
- [11] R. Margalef, Teoría de los Sistemas Ecológicos., Barcelona: Universitat de Barcelona, 1993..
- [12] J. Alba -Tercedor, «Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos.» *IV Simposio del Agua en Andalucía(SIAGA)*, Almería, vol. II, pp. 203-213, 1996.

Las Autoras



Viviana Osorno Acosta

Bióloga bilingüe de la Universidad de los Andes, con énfasis en el área de ecología y organismos. Especialista en Docencia Universitaria de la Universidad El Bosque. Estudiante de tercer semestre de la maestría en Conservación y Uso de la Biodiversidad de la Universidad Javeriana. Experiencia en Investigación en el área medio ambiental con bio-indicadores ambientales. Experiencia en manejo integrado de plagas y enfermedades de cultivos agrícolas y en control biológico. Actualmente me desempeño como investigadora y docente universitaria.



Sandra Liliana Mayorga Leon

Bióloga Marina, Master en Gestión y Evaluación Ambiental y título de Especialista en Gerencia para el manejo de los recursos naturales y prevención de desastres de la Universidad Sergio Arboleda. Actualmente docente Core Faculty Universidad El Bosque y consultora a nivel municipal y empresarial en temas de Gestión Ambiental, manejo integral de residuos sólidos y Responsabilidad Social Empresarial y proyectos de Biocomercio Sostenible en el sector de Ecoturismo. Docente con más de diez años de experiencia a nivel pregrado y posgrado de diferentes Universidades del país, en el área de Gestión Ambiental.