

**Comunidades de algas perifíticas y macroinvertebrados de la microcuenca La
Aldana del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío.**

Fabio Andrés Jara Londoño

David Arturo Pinilla Olarte

Universidad del Quindío
Facultad de Educación
Licenciatura en Biología y Educación ambiental.
Armenia Quindío
2014

Comunidades de algas perifíticas y macroinvertebrados de la microcuenca La Aldana del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío.

Fabio Andrés Jara Londoño

David Arturo Pinilla Olarte

Director

Cesar Augusto Bustamante Toro. M.Sc.

Trabajo de grado presentado para optar al título
Licenciado en Biología y Educación Ambiental

Universidad del Quindío

Facultad de Educación

Licenciatura en Biología y Educación ambiental.

Armenia Quindío

2014

Nota de aceptación

Dairo Humberto Marin Casas M.Sc.

Gonzalo Hernández M.Sc.

Lorena García M.Sc.

Dedicatoria Fabio Andrés

Primero que todo agradezco a mis amados padres, a la señora Fabiola Londoño Ruiz, y al señor Héctor Enrique Jara Tórrez, quienes como muestra de su amor, sacrificaron gran parte de su tiempo y vida, para que yo pudiera cumplir con mis sueños, nunca olvidare el precio de sus sacrificios, fue gracias a su sabiduría que tomo forma y temple mi madurez, que es lo que me da la fuerza para lograr todos los objetivos que me propongo en la vida, esta tesis, y mi persona son una muestra de todo su amor. También agradezco a mis hermanos: Sandra Jara, James Jara y Harold Jara, por darme ejemplo de vida y ánimos para salir adelante con mis estudios, han sido buenos consejeros.

A mis queridos compañeros y amigos, quienes fueron testigos y acompañantes incondicionales en los momentos de crisis y alegrías, quiero manifestar que fue un placer que me permitieran entrar en sus vidas durante estos cinco años, dentro y fuera del salón de clase, aprendí mucho de todos ustedes, fueron energía positiva en mi formación profesional y personal, nunca los olvidare: David Pinilla, Luisa García, Francisco Gómez, Faber Cifuentes, Antonio Cardona y Juan Bravo.

A mis respetados maestros universitarios, gracias por influir en mi pensamiento al compartir sus conocimientos y experiencias de vida, ustedes brindaron las herramientas que me permitirán enfrentar los retos actuales de la sociedad, y por lo tanto, les dedico cada una de las páginas de esta tesis.

Fueron muchos los que aportaron su granito de arena, y por lo tanto más de una persona se me debe de quedar por fuera, si ese es el caso, discúlpeme, y créanme que también les estoy eternamente agradecido.

Dedicatoria David Arturo

Para todo aquel que quiera leer nuestras escrituras....

Porfirio Barba Jacob

Momento

Yo fuerte, yo exaltado, yo anhelante

Opreso en la urna del día,

Engreído en mi corazón,

Ebrio de mi fantasía,

Y la eternidad adelante...

Adelante...

Adelante...

Dedico este trabajo a mis padres Dora Inés Olarte y Arturo Pinilla; a mis hermanos y hermanas. A mi familia en general, a Diana Carolina Pimentel y todos mis amigos (*Parceros*).

A todos ellos les agradezco su comprensión, apoyo, sinceridad, regaños y sobre todo su cariño, también les deseo las mejores energías y una feliz vida en esta vida o en la otra.

Porque la vida es una sola, cruel, tierna, amable y llena de sacrificios; pero sobre es una vez, por lo tanto hay que disfrutarla como si cada día fuera el último día.

Muchas gracias...

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a...

Al programa de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental, por su apoyo y gestión durante este trabajo.

Reconocemos al Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Quindío, su colaboración en la implementación de las técnicas analíticas y apoyo logístico.

Agradecemos a la oficina de Asesoría estadística por su apoyo y acompañamiento en el proceso de análisis estadístico.

Al Museo de Artrópodos de la Universidad del Quindío les damos infinitos agradecimientos por brindarnos sus espacios, amabilidad y calidad humana.

Al señor rector Dr. Alfonso Londoño Orozco, gracias a la gestión y soporte para la movilidad académica.

Al docente César Augusto Bustamante Toro, por su apoyo, paciencia, guía y enseñanza en este proceso académico.

A la docente Marleny Salazar Salazar por sus consejos, apoyo y guía.

Al docente Dairo Humberto Marin Casas, por sus enseñanzas y paciencia.

Al Lic. Luis Carlos Vargas Moreno por la traducción y corrección del resumen al idioma Inglés.

Al Lic. Fabián Andrés Molina por su colaboración y aportes al trabajo.

A nuestros amigos y compañeros por su colaboración y buenas intenciones.

A nuestras familias por su apoyo incondicional y paciencia en este proceso educativo.

TABLA DE CONTENIDO

	PÁG
1. RESUMEN	13
2. ABSTRACT	14
3. OBJETIVOS	15
3.1 Objetivo general	15
3.2 Objetivos específicos	15
4. INTRODUCCIÓN	16
5. ANTECEDENTES	18
5.1 Macroinvertebrados	18
5.2 Algas	19
6. MARCO TEÓRICO	20
6.1 Ecosistemas acuáticos fluviales	20
6.2 Macroinvertebrados	20
6.3 Ecología de macroinvertebrados	21
6.4 Algas	21
6.5 Ecología de algas	22
6.6 Índice Biótico BMWP/col	23
6.7 Sistema de información geográfica (SIG)	23
6.8 Índices de Calidad del Agua (ICA)	23
7. MATERIALES Y MÉTODOS	25
7.1 Descripción del área de estudio	25
7.2 Diseño del estudio	26
7.3 Fase de campo	26
7.4 Toma de variables In situ	26
7.5 Toma de variables Hidráulicas	27

7.6 Toma de variables Fisicoquímicas.....	27
7.7 Colecta de macroinvertebrados	27
7.8 Colecta de algas perifíticas	28
7.9 Fase de laboratorio	28
7.10 Conservación y colección de macroinvertebrados.....	28
7.11 Conservación y colección de algas dulceacuícolas.....	29
7.12 Procesamiento de la información	29
7.13 Análisis estadístico	29
7.14 Mapa de la zona de estudio	30
7.15 Índice biótico de la calidad del agua.	30
7.16 Índices de calidad del agua ICA.....	31
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
8.1 Comunidad de macroinvertebrados	32
9. EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA BMWP/COL	38
9.1 Índice de calidad del agua BMWP/ según Zamora, (2007)	38
10. COMUNIDAD DE ALGAS	40
11. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA LA ALDANA.....	47
11.1 Parámetros Físicos del Agua.....	47
12. PARÁMETROS QUÍMICOS DEL AGUA	49
12.1 Potencial de Hidrogeno (pH) del agua.....	49
12.2 Dureza del agua mg/L CaCo ₃	51
12.3 Alcalinidad del agua mg/L CaCO ₃	52
12.4 Conductividad del Agua µmho/cm.....	53

12.5	Sólidos mg/L CaCO ₃	54
12.6	Oxígeno disuelto (O.D) mg/L O ₂	55
12.7	Demanda Bioquímica de oxígeno (D.B.O) mg/l O ₂	56
13.	EVALUACIÓN DE ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)	58
13.1	Índices de calidad del agua por meses de muestreo	58
14.	EVALUACIÓN DE LA HIDROMORFOLOGIA DE LA MICROCUENCA	60
14.1	Descripción general de la microcuenca	60
14.2	Hidrología.....	60
14.3	Usos del suelo	60
14.4	Actividad económica.....	60
14.5	MORFOLOGÍA DEL CAUCE	62
14.6	Estación de muestreo A.....	62
14.3	Estación de muestreo B.....	63
14.20	Estación de muestreo C.....	65
14.28	Perfil altitudinal de la microcuenca	67
15.	EVALUACIÓN ESTADÍSTICA CORRELACIONES CANÓNICAS	69
15.1	Correlaciones canónicas de macroinvertebrados	69
15.2	Correlaciones canónicas de algas.....	72
16.	ELABORACIÓN DE MATERIAL PEDAGÓGICO.....	75
16.1	CARTILLA PEDAGÓGICA.....	75
16.2	FOLLETO EDUCATIVO	75
16.3	PÁGINA WEB.....	75
16.4	DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y LOGROS DE LA INVESTIGACIÓN	76
17.	CONCLUSIONES	77

18. RECOMENDACIONES.....79
19. BIBLIOGRAFÍA80
23. ANEXOS95

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	PÁG
Gráfica 1. Abundancia de Géneros de Macroinvertebrados	33
Gráfica 2. Curva de acumulación de especies de macroinvertebrados	36
Gráfica 3. Abundancia de Géneros de Algas	41
Gráfica 4. Curva de acumulación de especies de algas perifíticas	46
Gráfica 5. Comparación de las velocidades de la corriente por estación de muestreo.....	63
Gráfica 6. Caudal de la corriente para las estaciones de muestreo	66
Gráfica 7. Perfil altitudinal de la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

PÁG

Tabla 1. Clases, valores y características para aguas naturales clasificadas mediante el índice BMWP/Col, adaptado a Colombia (Zamora, 2007).....	30
Tabla 2. Listado de especies de macroinvertebrados de la microcuenca la Aldana del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío con abundancia relativa total ..	32
Tabla 3. Índice BMWP según Zamora, (2007), aplicado en la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío	38
Tabla 4. Listado de especies de Algas perifíticas	40
Tabla 5. . Estadística descriptiva, Media, Desviación estándar y Coeficiente de Variación para datos ambientales <i>in situ</i> en las tres estaciones de muestreo.	48
Tabla 6. . Estadística descriptiva, Media, Desviación estándar y Coeficiente de Variación para los parámetros Físicoquímicos en las tres estaciones de muestreo.	49
Tabla 7. Criterios de calidad para la destinación del recurso hídrico según el Decreto 1594/84	49
Tabla 8. Rangos físicos y químicos admisibles en el agua, Decreto 1575 de 2007 Resolución 2115 de 2007.....	51
Tabla 9. Rango de DBO requerido para estimar la calidad de la fuente en el agua, modificado de RAS, (2000).....	56
Tabla 10. Índices de calidad del agua (ICOMI, ICOSUS e ICOpH) por estación de muestreo.....	58
Tabla, 11. Análisis de correlación canónica entre la abundancia de macroinvertebrados vs variables ambientales <i>in situ</i>	69
Tabla, 12. Análisis de correlación canónica entre la abundancia de macroinvertebrados vs variables físicoquímicos.....	70

Tabla, 13. Análisis de correlación canónica entre la abundancia de macroinvertebrados vs variables hidromorfológicas.	71
Tabla, 14. Análisis de correlación canónica entre la abundancia de algas perifíticas vs variables ambientales <i>in situ</i>	72
Tabla, 15. Análisis de correlación canónica entre la abundancia de algas perifíticas vs variables fisicoquímicos.....	73
Tabla, 16. Análisis de correlación canónica entre la abundancia de algas perifíticas vs variables hidromorfológicas.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁG
Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio, modificado por Pinilla y Jara (2014).	25
Figura 2. Fotografía de la <i>Morphoespecie 1 sp</i>	44
Figura 3. Fotografía de la <i>Morphoespecie 2 sp</i>	45
Figura 4. Fotografía de la <i>Morphoespecie 3 sp</i>	45
Figura 5. mapa de la Universidad del Quindío, zona de estudio (Planeación Física, 2009) modificado por Pinilla y Jara, 2014	61

1. RESUMEN

Los sistemas acuáticos Colombianos poseen una alta complejidad ecosistémica, económica, social, cultural y política en tal sentido el municipio de Armenia es una de las ciudades con mayor cantidad de microcuencas en el casco urbano, representada con un sistema hídrico compuesto por 122 drenajes y 54 microcuencas. El manejo integrado de estas aguas es un tema de gran complejidad, y algunas instituciones encargadas de la gestión y el manejo de los recursos naturales del país han catalogado las microcuencas como una unidad básica en el proceso de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas. Por tal motivo se realizó un análisis ecológico de las comunidades de macroinvertebrados y algas perifíticas como también el estado de calidad del agua de la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío, durante cuatro meses (agosto, septiembre, noviembre y diciembre de 2013). En tres estaciones ubicadas en la parte alta, media y baja. Según los resultados las comunidades de macroinvertebrados estuvieron representadas por cinco clases, 11 órdenes, 24 familias y 31 géneros con un total de 230 individuos, y las algas perifíticas por cuatro clases, seis órdenes, 10 familias y 18 géneros, para un total de 9753 individuos colectados. Así se demostró que la composición a nivel espacio-temporal de las comunidades acuáticas en la microcuenca, cambiaron para las tres estaciones y los meses de muestreo, mostrando los diferentes niveles de adaptación y resistencia que poseen estos organismos a las variaciones naturales y algunas perturbaciones que se presentan en la microcuenca.

Palabras claves: Calidad del agua, composición, macroinvertebrados, algas perifíticas, Jardín Botánico.

2. ABSTRACT

Colombians aquatic systems have high ecosystem, economic, social, cultural and political complexity in this sense the town of Armenia is one of the cities with the largest number of micro-watersheds in the town, represented with a water drainage system consisting of 122 and 54 watersheds. The integrated management of these waters is a subject of great complexity, and some institutions responsible for the management and use of natural resources have cataloged microwatershed as a basic unit in the process of planning and watershed management. Therefore an ecological analysis of communities of macroinvertebrates and periphytic algae as did also the state of water quality in the watershed of the Botanical Garden of the University of Quindío, for four months (August, September, November and December 2013). In three stations located in the top, middle and bottom. According to the results macroinvertebrate communities were represented by five classes, 11 orders, 24 families and 31 genera with a total of 230 individuals, and periphytic algae four classes, six orders, 10 families and 18 genera, for a total of 9753 individuals collected. Thus it was shown that the composition level spatiotemporal aquatic communities in the watershed, changed for three seasons and months of sampling, showing different levels of adaptation and resistance possessed by these organisms to natural variations and some disturbances present in the watershed.

Key words: Water quality, composition, macroinvertebrates, periphytic algae, Botanical Garden.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar la composición y abundancia de las comunidades de algas perifíticas y de macroinvertebrados de la microcuenca La Aldana, del jardín Botánico de la Universidad del Quindío.

3.2 Objetivos específicos

Identificar taxonómicamente hasta el nivel de mayor especificidad posible las algas perifíticas y los macroinvertebrados de la microcuenca La Aldana.

Evaluar la composición y abundancia de las algas perifíticas y los macroinvertebrados de la microcuenca.

Aplicar índices bióticos y de calidad del agua para evaluar el estado ecológico de la microcuenca La Aldana.

Evaluar Hidromorfológicamente la microcuenca la Aldana del Jardín Botánico del Quindío.

4. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas acuáticos en Colombia son altamente complejos debido a su morfología, microclima, caudal y diversidad de organismos presentes; estos son de gran importancia económica, social, cultural, educativa y biológica en nuestro territorio. La ciudad de Armenia presenta sistemas fluviales acompañados de procesos bio-ecosistémicos y múltiples servicios ambientales para la zona urbana el cual está compuesto por 122 drenajes, de los cuales aproximadamente 54 son microcuencas (Nieto et al., 2010).

Por ser el manejo de aguas un tema complejo, algunas instituciones encargadas de realizar la gestión y manejo de los recursos naturales Colombianos como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), han catalogado las microcuencas como la unidad básica en el proceso sistémico de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas "IDEAM, 2004"; siendo este el elemento integrador hacia donde deben dirigirse las acciones locales, orientadas con una visión global de estrategias que ayuden a una gestión concebida para los otros elementos de la estructura hidrológica nacional como las zonas y cuencas tributarias de las zonas hidrográficas (Barros et al., 2011).

Entre las comunidades biológicas presentes en las microcuencas encontramos los macroinvertebrados y algas perifíticas, las cuales son de gran importancia para analizar la calidad de las aguas, ya que son sensibles a los cambios generados por los vertimientos de aguas residuales y otros contaminantes, los cuales ocasionan patrones de comportamiento especializados de bioindicación que sirven para realizar investigaciones sobre el manejo y uso del agua en ecosistemas particulares de la región Andina .

Por esta razón, es de gran importancia la información colectada en los estudios de fauna de macroinvertebrados y algas perifíticas en los sistemas hidrológicos Colombianos, debido a que estos cubren un poco el vacío que existe en el número

de taxas que aún se encuentran sin reconocer en nuestro territorio, según Domínguez y Fernández, (2009).

Como podemos ver las microcuencas locales son de una gran importancia bio-ecológica, debido a que son el hábitat de una enorme cantidad de seres vivos como: peces, anfibios e insectos acuáticos, que sirven como sustento alimenticio de pequeños mamíferos y aves (Chará, 2003), y de diversos procesos biológicos; los cuales ven sus relaciones ecosistémicas ser afectadas por la expansión demográfica que ocurre en las zonas verdes o áreas ribereñas que cubren las quebradas de las zonas urbanas.

Los impactos sobre la biodiversidad existente en estos afluentes urbanos son frecuentes y por lo tanto es de gran importancia la generación de medidas efectivas que lleven a la protección de estos corredores ribereños, pues son zonas que brindan el sustento a la fauna y flora que sobrevive en las ciudades, siendo los árboles que crecen en estos, los directamente encargados de mantener la estabilidad de las laderas de las microcuencas, reduciendo la erosión (Chará, 2003).

Por lo anterior, el análisis de la calidad del agua, físico-químicos e hidromorfológicos de la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío, junto a la composición de las comunidades de macroinvertebrados y algas perifíticas, permitió valorar la realidad ecosistémica de este cuerpo de agua andino-urbano, aportando de esta manera significativamente a la evaluación integral y monitoreo de la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío.

5. ANTECEDENTES

5.1 Macroinvertebrados

Entre las investigaciones realizadas a nivel nacional también encontramos la propuesta hecha por Mosquera (2008), que fue titulada: Bioindicación de la calidad del agua del río Cali, Valle del Cauca, Colombia; Usando macroinvertebrados acuáticos; por medio de este estudio se logró la identificación taxonómica de las familias de macroinvertebrados y se calculó del índice biótico BMWP, el cual refleja que la calidad del agua disminuye en el recorrido aguas abajo del río Cali; de esta manera se demostró que en la parte alta del río la calidad es buena debido a la presencia y dominancia de las familias Hidriphichidae con una abundancia del 26%, seguida por Ptilodactilidae con un 15%, Leptophlebiae (14%) y Baetidae (13%), mientras que la parte media mostro ser dominada por la familia Baetidae representada en un 43.9%, seguida por Chironomidae y Blepharoceridae en un 18.5 y 15.9%; respectivamente, la parte baja fue representada en un 93,3 % por la familia Chironomidae, lo cual indica que ambos lugares (medio y bajo) son aguas de mala calidad.

Por otra parte Reinoso et al, (2008), en su investigación titulada: Evaluación del río Prado a partir de lo macroinvertebrados y de la calidad del agua. Realizado en el departamento del Tolima, logro determinar que las comunidades de macroinvertebrados del río Prado y sus afluentes se encontraba compuesta por ocho clases, 18 órdenes y 80 familias, donde el taxón de mayor representatividad fue Insecta con una abundancia del 97%; la familia Hirudinea presento la menor abundancia con un 0.14%; así se concluyó que la dominancia de la clase Insecta con relación a los otros invertebrados fue muy notoria, siendo Ephemeroptera y Diptera los órdenes que presentaron una mayor abundancia, seguida por los representantes de los órdenes Coleóptera, Trichoptera, Tricladida, Amphipoda, Basommatophora, Mesogastropoda y Lepidóptera.

Otra propuesta investigativa titulada: Diagnostico de la calidad ambiental del agua para uso agrícola de la quebrada “Los Micos” afluente de la microcuenca “El Pencil” Filandia-Quindío. Realizada por Giraldo et al, (2008), permite la observación de la comunidad de macroinvertebrados de la microcuenca El Pencil, la cual arrojó que estaba compuesta por ocho clases, cuatro órdenes, 39 familias y en 750 individuos colectados; lo cual, por medio del cálculo del índice BMWP/Col demostró que las aguas del lugar oscilaban entre buenas y ligeramente contaminadas y los análisis cromatográficos indicaron la presencia de 10 pesticidas organoclorados en concentraciones mayores a los 0.0001 (mg/ml), demostrando un mal manejo de agroquímicos en los alrededores y aguas arriba del lugar de estudio.

5.2 Algas

En la ecología de comunidades bentónicas a nivel nacional podemos encontrar investigaciones sobre variados sistemas hídricos superficiales del país; entre los cuales podemos apreciar la propuesta realizada por Aragon y Murillo (2005), titulada: Incidencia de la variación fisicoquímica del agua sobre la colonización del fitoperifiton en un sustrato artificial Quibdó-Chocó. En el cual se identifican las especies algales de *Fragilaria* sp, *Tabellaria fenestrata*, y *Frustulia rhomboides*, representadas por las divisiones Chlorophyta, Bacillariophytas, Criptophyta y Cyanophyta.

Otro trabajo realizado por Vásquez et al, (2006), titulado: Descripción del estado trófico de diez humedales del altiplano cundiboyacense, en el cual se analizó la composición fitoplanctónica y las características físicas y químicas de 10 humedales donde se determinó su estado ecológico. En cada uno de los humedales se tomaron muestras de fitoplancton mediante un muestreo directo a una profundidad de 50 cm; encontrando que los géneros algales con mayor abundancia fueron *Microcystis* y *Scenedesmus*, y las especies *Trachelomonas volvocina* y *Dactylococcopsis acicularis*. Mediante el análisis de los resultados

biológicos y químicos se reflejó que los embalses se encontraban cercanos a la eutrofización.

En el ámbito local y departamental encontramos la investigación realizada por Bustamante et al, (2008), titulada: Composición y abundancia de la comunidad de fitoperifiton en el Río Quindío. La comunidad fitoperifítica se encontraba compuesta por 12 familias y 21 morfo especies, donde presentaron una mayor abundancia *Navicula* sp con 31.7%, *Melosira granulata* con el 25.1%, *Cymbella* sp 12.6% y *Diatoma* sp representada por un 9.7%; mientras, *Melosira varians*, *Spirogyra varians*, *Staurastrum* sp, *Pediastrum duplex* y *Anabaena* sp presentaron una menor abundancia 0.07%.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Ecosistemas acuáticos fluviales

Desde el principio de la historia humana nuestra especie ha utilizado los sistemas hídricos superficiales como una vía de eliminación de los desechos urbanos, lo cual termina en un deterioro del hábitat fluvial (Decamps y Naiman, 1991 y Londoño et al, 2004) citados por Giraldo et al, (2008). El crecimiento urbanístico amenaza a la biota que habita los diferentes sistemas fluviales del departamento del Quindío, lo cual hace necesario valorar íntegramente los diferentes ambientes acuáticos y su diversidad biológica.

La degradación de los ecosistemas acuáticos epicontinentales ha sido motivo de preocupación en las últimas décadas, por esta razón, existe un interés en conocer, proteger y estudiar sus cambios en tiempo y espacio desarrollando para ello, criterios físicos, químicos y biológicos que permitan dimensionar las intervenciones humanas (Norris y Hawkins, 2000) extraído de Bustamante et al, (2008).

En ese sentido, es necesario estudiar las comunidades que predominan en los ríos y arroyos, como es el caso del fitoperifiton y macroinvertebrados (Wetzel, 1983); estas comunidades conforma el principal punto de entrada de la energía a los ecosistemas fluviales y son las encargadas de la producción de metabolitos orgánicos para diversos organismos en la cadena alimenticia; además, posee una alta tasa de reciclaje de los nutrientes (Roldan, 2003).

6.2 Macroinvertebrados

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos que habitan los sistemas lóticos andinos, y son fáciles de detectar a simple vista, con tamaños superiores a los 0.5 mm de longitud, y constituyen con mucha frecuencia el principal componente animal del ecosistema hídrico (Esteves 1988), citado por Marin et al, (2011); entre estas criaturas se incluye el taxón de los Moluscos, los Crustáceos (Anfípodos, Isópodos y Decápodos), Turbelarios, Oligoquetos, Irudineos, insectos

como coleópteros, hemípteros, efemerópteros, plecópteros, odonatos, dípteros, neurópteros y tricópteros; los cuales pueden encontrarse adheridos a la superficie de rocas, troncos sumergidos, a la vegetación flotante y enraizada, sobre diferentes sustratos artificiales o simplemente nadando dentro y sobre el cuerpo de agua (Roldan, 1992 y 2003).

Dentro de estos invertebrados los órdenes más representativos son Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera, Coleoptera, Odonata y Díptera (MMAYA, 2011). Su gran diversidad taxonómica, tipo de alimentación y sus diferentes ciclos de vida hacen de estas comunidades de organismos unos buenos indicadores de la calidad ecológica de las aguas, ya que estos seres vivos poseen diversas reacciones o respuestas a las diferentes perturbaciones ambientales a las que son sometidos (Domínguez y Fernández, 2009). Entre los grupos de macroinvertebrados que presentan una mayor sensibilidad a las alteraciones del ecosistema hídrico, encontramos las larvas de los órdenes Trichoptera, Ephemeroptera, Plecóptera, y la fase adulta de los Coleópteros; mientras que el grupo de organismos que muestran mayor resistencia a la contaminación orgánica se encuentra conformada por Oligochaeta, Diptera y Mollusca (MMAYA, 2011).

6.3 Ecología de macroinvertebrados

Los macroinvertebrados proporcionan un servicio importante al ecosistema al ser quienes aceleran la descomposición de detritos, debido a que la materia orgánica en descomposición es su principal fuente de alimento, además, sus actividades metabólicas como la excreción y la excavación dentro de los sedimentos del fondo o lecho del afluyente hídrico, permite la liberación de nutrientes que son aprovechados por bacterias, algas y plantas acuáticas para sobrevivir Roldan (1992), además, estos invertebrados son la principal fuente de alimentación de algunos consumidores terrestres como pájaros, peces y pequeños mamíferos, lo cual los hace eslabones de gran importancia en la red trófica del sistema hídrico, Roldan (2003).

6.4 Algas

Por su parte las algas son consideradas como un grupo de plantas primitivas, cuyos tamaños varían de 1 micrómetro aproximadamente o pueden medir hasta más de 50 metros en el caso de las algas marinas; la clasificación de este tipo de organismos y sus relaciones evolutivas son un tema de gran discusión en la época actual (Darley, 1991). Entre estas comunidades encontramos las algas, que son aquellas que viven sobre un sustrato natural o artificial, siendo las más comunes las algas pennadas y las algas verde-azules (Ramírez, 2000).

Entre estas comunidades de fitobiontes encontramos algas perifíticas, las cuales son todas aquellas comunidades algales que viven en algún tipo de sustrato sólido, ya sea en rocas, trozos de madera, o sobre algún objeto hecho por el hombre (Epilíticas), y otras que viven sobre las hojas, raíces y tallos (Epifitas) (Darley, 1991; Roldan, 2003 y Bicudo y Menezes, 2004).

6.5 Ecología de algas

La importancia ecológica de las comunidades de las algas microscópicas consiste en la labor que prestan a la producción del sistema hídrico; ya que estas contribuyen con el 70 y 80% de la productividad total del ecosistema acuático, y además, presentan una alta tasa de reciclaje de nutrientes (Darley, 1991). Debido a la sensibilidad que estas comunidades poseen a los cambios de la calidad del agua, permiten ser utilizadas como bioindicadores de la contaminación de un sistema lótico y léntico, y su existencia se encuentra amenazada por la contaminación de sus aguas; los estudios en este campo son limitados en el neotrópico, y en el caso de muchos taxones su clasificación llega hasta el nivel de familia; y en el ecosistema constituyen el principal alimento de pequeños invertebrados como Ephemeropteros, peces y batracios (Roldan, 2003).

Estos seres vivos son unicelulares que pueden ser o no filamentosos, por lo regular se encuentran en el agua dulce, salada y en hasta en parte del suelo; su diferencia en formas y colores se debe a su tipo de pigmentación, y otras

características estructurales como: tipo de célula, tipo de reproducción y su nutrición, lo cual permite clasificarlas en grupos y divisiones biológicas conocidas como Chlorophyta, Crysophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta y Criptophyta, (Roldan, 2003 y Salamanca et al, 2005).

La diversa organización celular de las algas les confiere una gran diversidad de formas, tamaños y colores; y es así que encontramos algas unicelulares que viven como células separadas y no muestran alguna conexión aparente entre sus individuos, con figuras que pueden ser esféricas o cilíndricas y estar rodeadas por una “vainas” o mucilago bien definido, no presentan motilidad, y en ocasiones poseen flagelos o vacuolas contráctiles; entre los representantes más comunes que poseen las anteriores características podemos encontrar el género *Pinnularia* (Salamanca et al, 2005).

Las Algas Coloniales, se caracterizan por ser células embebidas por un mucílago, incapaces de realizar una división del trabajo entre los integrantes de su colonia, con formas que varían entre cubos, cuerpos laminares y esféricos; entre estas comunidades algales encontramos las Algas Filamentosas, las cuales poseen un talo o cuerpo bien definido, y en su medio ambiente se encuentran organizadas en filas de células que se unen momentos después de la división celular por medio de sus paredes; poseen un crecimiento especial debido a la presencia de células apicales especializadas en el filamento, lo cual es una característica común entre las algas rojas, pardas y algunas especies de algas verdes; por otra parte las algas multicelulares se diferencian por su tipo de organización, por que poseen un talo complejo con zonas de especial crecimiento celular que les confiere la capacidad de tener múltiples ramificaciones en su cuerpo, y por la presencia de pseudotejidos (Bicudo y Menezes, 2004).

6.6 Índice Biótico BMWP/col

Es un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. Este método sólo requiere llegar hasta el nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia).

A las familias se les asigna un valor de 0 a 10 de acuerdo con sus valores de tolerancia o sensibilidad a la contaminación; con estos valores posteriormente se realiza una sumatoria que da el valor total por estación y equivale a un determinado rango de calidad de agua (Rivera y Mejía 2004 y Ospina, 2006).

6.7 Sistema de información geográfica (SIG)

La configuración espacial del paisaje y su interpretación por medio de los SIG, permite un acercamiento más real de la forma en la que se distribuyen los diferentes elementos del paisaje, el cual se encuentra conformado por parches de bosque, cursos de agua, pastizales, cultivos mixtos, asentamientos urbanos, carreteras, entre otros, los cuales interactúan directamente con las comunidades de organismos vivos que allí se encuentran (Ospina y Cardona 2005; Kattan, 2002).

6.8 Índices de Calidad del Agua (ICA)

Los índices de calidad de aguas (ICA), sirven para simplificar en una pequeña expresión numérica, las características positivas o negativas en las que se encuentra un sistema hídrico superficial; estos tienen como función, estimar el grado de calidad de un determinado cuerpo hídrico epicontinental, reconociendo los problemas de contaminación con agilidad y sin necesidad que recurrir a las observaciones de cada una de las variables fisicoquímicas determinadas, cualidad que facilitaría el manejo y análisis de la información (Universidad de Pamplona, 2005).

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Descripción del área de estudio

La microcuenca La Aldana se encuentra ubicada al noroeste de la ciudad de Armenia, departamento del Quindío; en los predios del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío en la dirección local: Carrera 15 Calle 12 Norte **Fig 1**; es una corriente hídrica de primer orden, el cual se conecta posteriormente como tributario del río La Vieja.

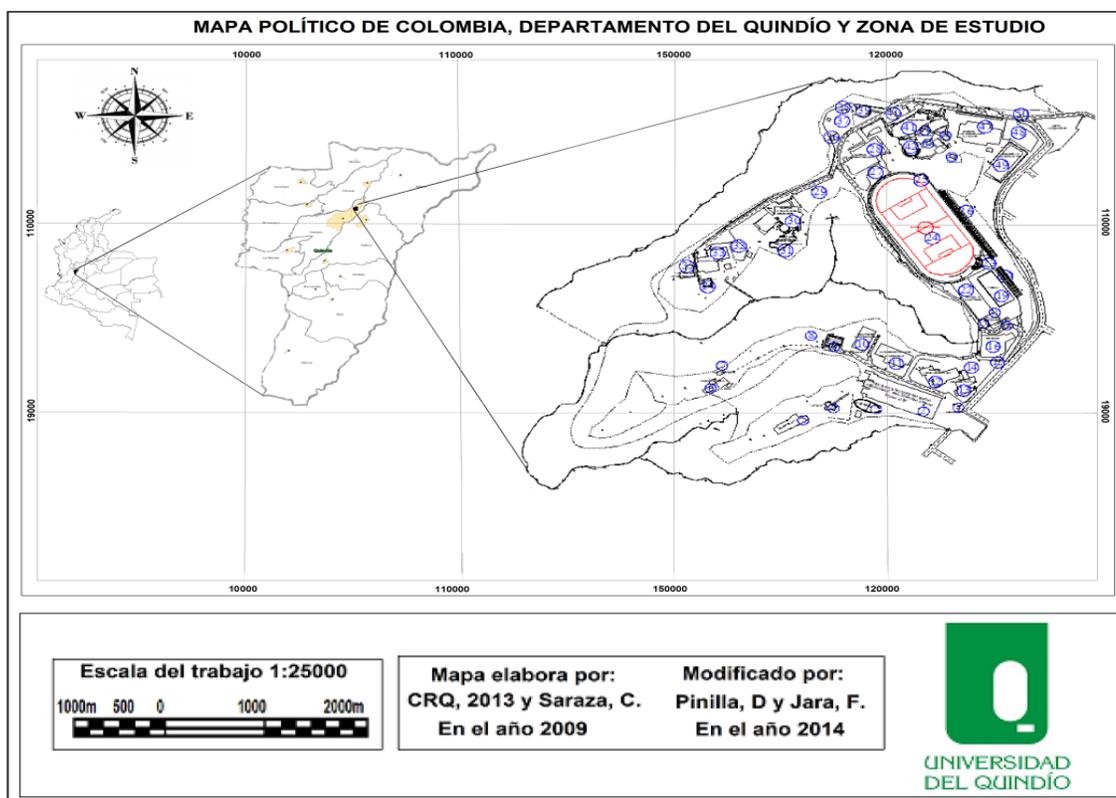


Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio, modificado por Pinilla y Jara (2014).

Sus coordenadas geográficas son (Norte $4^{\circ} 32' 40''$ - Oeste $75^{\circ} 46' 13''$); en el lugar se presentó una altura que vario entre los 1523 y 1561 msnm; la microcuenca La Aldana se hallaba cubierta por un área aproximada de 15 Ha, donde se pudo identificar un parche de bosque secundario catalogado como: *zona de vida de bosque muy húmedo premontano (bhm-P)*; los guaduales cubren

aproximadamente 6 Ha de la parte alta del afluente. La microcuenca desde su nacimiento hasta su desembocadura con la microcuenca Providencia, posee un trayecto del cauce de 743.011 metros de longitud (SIG, 2014).

La composición florística de las tres estaciones se encontró dominada por *Guadua angustifolia*, yarumos (*Cecropia peltata*), aguacatillos (*Nectandra spp*), higuerones (*Ficus spp.*), guamos (*Inga spp.*), rubiáceas (*Palicourea spp*, *Hamelia spp*, *Coffea arabiga*), solanáceas (*Cestrum spp*) (Castro, 1995); monimiáceas (*Siparuna spp*), piperáceas (*Piper spp*), urticáceas (*Urera spp*), melastomatáceas (*Miconia spp*), *Heliconia spp.*, *Musa spp*, *Costus spp* y helechos arborescentes (*Polypodiaceae spp*) (Marín, 2005).

7.2 Diseño del estudio.

Este estudio se realizó en dos fases principales, una fase de campo donde se colectaron muestras biológicas y una fase de laboratorio donde fueron analizadas, fotografiadas, identificadas taxonómicamente y cuantificadas para el posterior análisis ecológico y de bioindicación de las aguas de la microcuenca (Ramírez, 2006 y Villarreal, 2012).

7.3 Fase de campo.

Se realizó cuatro jornadas de muestreo durante 80 días en tres estaciones, distribuidas a lo largo del trayecto longitudinal de la microcuenca de la siguiente manera; estación de muestreo A, parte alta; estación B en la zona media y estación C en la zona baja, según lo propuesto por (Marin y Corredor, 2009), durante un periodo de 5 meses entre agosto y diciembre de 2013, los cuales se consideran como periodos secos y de lluvias. Con un esfuerzo de muestreo de 60 minutos por persona y por estación, con un lapso de tiempo de diferencia entre muestreo de 20 días; la intensidad de muestreo para la colecta de las algas perifíticas se realizó según la metodología propuesta por (CHE, 2005; Torralba y Ocharan, 2007; Lugo et al. 2008; Mosquera, 2008, y García et al., 2010) y para las macroinvertebrados: Marin y Corredor, 2009; Maroñas et al., 2010 y Villarreal, 2012).

7.4 Toma de variables *In situ*.

En cada estación de muestreo se registraron variables físico-químicas *In situ* por triplicado, como temperatura del aire y del agua, humedad relativa, pH y conductividad mediante el uso de un multiparamétrico citado por Bustamante *et al*, (2008).

7.5 Toma de variables Hidráulicas.

El caudal se calculó a través del método Área por velocidad de corriente (m^3/s) que consiste en seleccionar un tramo aproximadamente de 10 metros, con dos marcas visibles al final y al inicio; se introduce un objeto flotante un poco más arriba del tramo inicial y después que pase la primera marca, se cronometra el tiempo empleado en llegar a la segunda marca; se debe realizar la medición por lo menos cinco veces, para esto se empleara el cálculo de la velocidad, después este cálculo debe someterse a un factor de corrección (Chará, 2003).

También se calculó el área transversal, realizándola al comienzo, en la mitad y al final de cada tramo con el objetivo de obtener un promedio. En cada punto, se mide el ancho de la corriente y se multiplica por la profundidad promedio, dicha profundidad se obtiene a partir de mediciones en tres puntos equidistantes en el cauce (Bustamante *et al*. 2007 y Chará, 2003).

7.6 Toma de variables Físicoquímicas.

Para los análisis físicoquímicos se tomaron tres muestras de agua por jornada de muestreo cada 20 días, para un total de doce en cada una de las estaciones; se utilizaron vasos Winkler para DBO: (Demanda bioquímica de oxígeno) y OD: (Oxígeno disuelto); y un Botilitro, para los análisis en laboratorio de: conductividad, pH, dureza, sólidos disueltos y sólidos suspendidos, alcalinidad y turbiedad siguiendo las recomendaciones de: (APHA, AWWA y WPCF. 1998 y 2005).

7.7 Colecta de macroinvertebrados

La colecta de macroinvertebrados se realizó con la ayuda de pinzas entomológicas, pinceles y redes Dnet, se inspeccionaron minuciosamente los

diferentes sustratos naturales y artificiales (Navarro, J; Ávila, J y Cabrera. et al., 2011) y los sustratos presentes en el bentos, las orillas y centro de la microcuenca en las estaciones de muestreo A, B y C, con una intensidad de búsqueda de 60 minutos por estación llevada a cabo por una persona, modificando lo propuesto por García et al (2010), para las condiciones del lugar y sitio de estudio en relación a la intensidad de muestreo, la cual incremento en 20 minutos para este trabajo.

7.8 Colecta de algas perifíticas.

Las muestras de algas microscópicas se tomaron a partir de raspados y succiones utilizando espátulas y goteros en los diferentes sustratos naturales encontrados en el cuerpo de agua, epifítico (vegetal) y epilítico (roca), estos fueron elegidos en la orilla y centro de la quebrada en sus respectivas estaciones de muestreo. El material colectado se depositó en tubos de ensayo donde se fijaron con una solución Transeau 6:3:1; luego las muestras fueron rotuladas con el nombre de la estación, fecha de colecta, sustrato de procedencia y fijador utilizado (CHE, 2005).

7.9 Fase de laboratorio.

En los laboratorios de Biología de la Universidad del Quindío y el Museo de Artrópodos de la Universidad del Quindío (MAUQ), mediante el uso de un estereoscopio binocular y un microscopio compuesto, se determinaron las comunidades algales perifíticas, utilizando las descripciones y claves propuestas por: (Bicudo y Prescott 1983; APHA, AWWA, WPCF 1992; Guzmán, 1993; Acleto y Zúñiga 1998; González 1998 y Ramírez 2000, Bicudo y Menezes 2004 y Aprile y Mera 2007).

Para los macroinvertebrados se utilizó un estereoscopio binocular y el apoyo bibliográfico de las claves dicotómicas, descripciones e ilustraciones de: (Merritt y Cummins 1996; Roldan 1996; Roldan 2003; Springer, 2006; Heckman, 2006 y 2008; Domínguez y Fernández, 2009 y Huamantínco y Ortiz, 2010).

7.10 Conservación y colección de macroinvertebrados.

Los especímenes se preservaron en tubos de ensayo Vacutainer® de 10 ml, con alcohol al 95%, debidamente rotulados y se identificaron y archivaron en el MAUQ, Museo de Artrópodos de la Universidad del Quindío, según lo propuesto por Roldan, (1992) Romani; Artigas; Camacho et al., (2009) y Marín et al., (2011) lo cual permitirá el monitoreo de la zona, en estudios que se requieran en el futuro.

7.11 Conservación y colección de algas dulceacuícolas.

Las algas perifíticas se conservaron en tubos de ensayo Vacutainer® de 5ml en una solución Transeau, una vez concluido ese proceso, se procedió a conservar en líquido las algas correctamente rotuladas con el número de código y fichas de la colección (Lugo *et al*, 2008); para lograr una correcta separación del agua y las comunidades algales.

La cuantificación se realizó en términos de organismos por mililitro (individuos/ml), a partir de la decantación por 24 horas de las muestras; se tomaron 4 gotas, equivalentes a 0.80 ml por muestra, por medio de un gotero de 1ml; las cuales se depositaban en un portaobjetos para realizar el conteo y las observaciones se realizaron bajo los aumentos de 40X, 50x y 100x, dependiendo del individuo observado, según lo recomendado por (Marin, *et al* 2011); se aplicaron a las muestras una gota de peróxido de hidrógeno para ayudar a limpiar las algas de materia orgánica, lo cual permitió una observación más clara de los individuos (CHE, 2005). Esta colección fue archivada y debidamente rotulada en el Museo de Artrópodos de la Universidad del Quindío, debido a que a pesar de no ser artrópodos, pueden permitir el monitoreo de la zona en estudios futuros que requieran este tipo de organismos.

7.12 Procesamiento de la información.

Para el análisis de la información tomada en la microcuenca, se trasladaron las anotaciones de la libreta de campo en una matriz de datos, en una hoja de cálculo en Excel con la información pertinente de cada uno de los individuos colectados,

además de los datos variables *in situ*, físico-químicas e hidráulicas según lo propone (Villareal et al., 2006).

7.13 Análisis estadístico

Para las variables *in situ*, fisicoquímicas e hidromorfológicas se realizó un cálculo de la media aritmética, con máximos y mínimos, desviación estándar y coeficiente de variación según (Villareal, 2012; Torres, 2008 y Marin, 2009) para obtener el comportamiento descriptivo de dichas variables. Se realizó un análisis de correlación canónica asociado con la abundancia de los macroinvertebrados y algas perifíticas por medio del software Statgraphics Centurión® (Rivera, et al 2013).

7.14 Mapa de la zona de estudio.

Se realizó un mapa de la zona de estudio basados en la metodología de cartografía base para los sistemas de información geográfica, propuesta por el Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, (Villareal et al., 2006) el cual consiste en 6 pasos; a) definir el área de estudio, b) obtener las fotografías aéreas, c) Obtener la cartografía base, d) Ortorrectificación por medio de puntos de GPS en las fotografías para definir el ortofotomosaico y e) generar el mapa con la ayuda del software ArcView 3.2® (Rempel y Carr, 2003 y McGarigal, et al. 2002).

7.15 Índice biótico de la calidad del agua.

Los organismos de macroinvertebrados colectados, se identificaron taxonómicamente hasta el nivel de familia y con base en el inventario realizado se asignó el puntaje correspondiente a cada familia de macroinvertebrados encontrados en La Aldana, mediante la sumatoria de los índices de calidad que asignan un puntaje de uno a diez según el grado de tolerancia a la contaminación que presentaron los organismos encontrados en la microcuenca, según lo propuesto por (Roldan, 1999 y 2003; Zuñiga *et al* 2004 y Zamora 2007) **Tabla 1.**

Tabla 1. Clases, valores y características para aguas naturales clasificadas mediante el índice BMWP/Col, adaptado a Colombia (Zamora, 2007).

Clase	Rango	Calidad	Características	Color Cartográfico
I	≥ 121	Muy buena	Aguas muy limpias	
II	101-120	Buena	Aguas limpias	
III	61-100	Aceptable	Aguas medianamente contaminadas	
IV	36-60	Dudosa	Aguas contaminadas	
V	16-35	Critica	Aguas muy contaminadas	
VI	≤ 15	Muy critica	Aguas fuertemente contaminadas	

7.16 Índices de calidad del agua ICA

El procedimiento para definir uno u otro índice sigue de manera general una serie de cálculos estadísticos, los cuales serán realizados por medio del programa ICATest v1.0; la idea original de este software pertenece al profesor Nelson Josué Fernández Parada, Biólogo Marino de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, Master Ciencia, Biología Molecular y Biotecnología, y profesor de la Universidad de Pamplona (Universidad de Pamplona, 2005).

Este software permite calcular la diversidad de los índices de calidad y contaminación del agua, además contiene las herramientas necesarias para las normativas de calidad del agua en los países como: Estados Unidos, Colombia, Canadá, México y Holanda (Universidad de Pamplona, 2005).

ICATEST V1.0 es uno de los complementos, resultado del libro: Índices de Calidad y Contaminación del Agua, y es una gran contribución para la gestión del agua; sus desarrolladores fueron el Centro de Hidroinformática de la Universidad de Pamplona en el año 2005 (Universidad de Pamplona, 2005).

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS

La comunidad de Macroinvertebrados de la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío, estuvo representada por cinco clases, 11 órdenes, 24 familias y 31 géneros con un total de 230 individuos colectados durante los meses de agosto, septiembre, noviembre y diciembre de 2013; donde la clase más representativa fue Insecta con un 73,3 %, distribuida en seis ordenes, 19 familias y 26 géneros; mientras Malacostraca, Gastropoda, Oligochaeta e Hirudinea con un total cada una de 6,66 % representando el 26,7% de la comunidad, están constituidas por un orden, una familia y tres morfoespecies (Tabla 2).

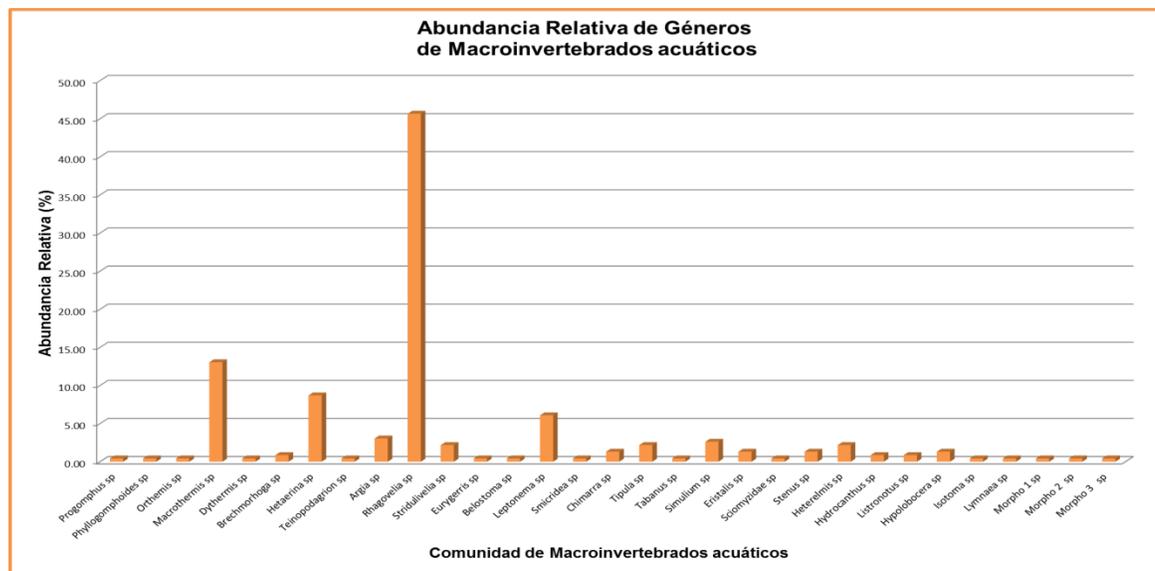
Tabla 2. Listado de especies de macroinvertebrados de la microcuenca la Aldana del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío con abundancia relativa total.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO sp	AUTOR Y AÑO	No INDIVIDUOS	ABUNDANCIA RELATIVA	
Insecta	Odonata	Gomphidae	<i>Progomphus sp</i>	Selys 1854	1	0,43	
			<i>Phyllogomphoides sp</i>	Belle 1970	1	0,43	
			<i>Orthemis sp</i>	Hagen 1861	1	0,43	
		Libellulidae	<i>Macrothermis sp</i>	Hagen 1868	30	13,04	
			<i>Dythemis sp</i>	Hagen 1861	1	0,43	
			<i>Brechmorhoga sp</i>	Kirby 1894	2	0,87	
			<i>Hetaerina sp</i>	Hagen in Selys 1853	20	8,70	
		Calopterygidae	<i>Teinopodagrion sp</i>	De Marmels 2001	1	0,43	
			<i>Coenagrionidae</i>	<i>Argia sp</i>	Rambur 1842	7	3,04
		Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia sp</i>	Bacon 1956	105	45,65
	<i>Stridulivelia sp</i>			Drake y Menke 1962	5	2,17	
	Gerridae		<i>Eurygerris sp</i>	Hungerford y Matsuda 1958	1	0,43	
	Belostomatidae		<i>Belostoma sp</i>	De Carlo 1958	1	0,43	
	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema sp</i>	Flint y Wallace 1980	14	6,09	
			<i>Smicridea sp</i>	Flint 1989	1	0,43	
		Philopotamidae	<i>Chimarra sp</i>	Blahnik 1997	3	1,30	
			Tipulidae	<i>Tipula sp</i>	Linnaeus 1758	5	2,17
		Diptera	Tabanidae	<i>Tabanus sp</i>	Linnaeus 1758	1	0,43
			Simuliidae	<i>Simulium sp</i>	Latreille 1802	6	2,61
			Syrphidae	<i>Eristalis sp</i>	Latreille 1804	3	1,30
			Sciomyzidae	<i>Sciomyzidae sp</i>	Steyskal y Knutson 1975.	1	0,43
		Coleoptera	Staphylinidae	<i>Stenus sp</i>	Latreille 1797	3	1,30
			Elmidae	<i>Heterelmis sp</i>	Bowles y Stanford 2003.	5	2,17
	Noteridae		<i>Hydrocathus sp</i>	Say 1823	2	0,87	
	Curculionidae		<i>Listronotus sp</i>	Jekel 1868	2	0,87	
	Collembola		Isotomidae	<i>Isotoma sp</i>	Bourlet 1939	1	0,43
Malacostraca	Decápoda		Pseudothelphusidae	<i>Hypobocera sp</i>	Ortmann 1897	3	1,30
Gastropoda	Pulmonata	Lymnaeidae	<i>Lymnaea sp</i>	Lamarck 1801	1	0,43	
Oligochaeta	Oligochaeta	Oligochaeta sp	<i>Morpha 1 sp</i>	Brinkhurst y Jamieson. 1971	1	0,43	
	Haplotaxida sp	Haplotaxida	<i>Morpha 2 sp</i>	Brinkhurst 1988	1	0,43	
Hirudinea	Glossiphoniiforme	Glossiphoniiforme	<i>Morpha 3 sp</i>		1	0,43	
TOTAL DE INDIVIDUOS					230	100,00	

Se analizó que la clase Insecta fue la más abundante, debido a que se establece como una de las clases de mayor complejidad taxonómica, ampliamente distribuidas y estudiadas en el mundo (Roldán, 1992); partiendo de esto, en los estudios de (Marin y Corredor 2009) se encontraron datos muy similares en la microcuenca La Florida, haciendo una relación que estas microcuencas urbanas de la ciudad comparten comunidades de macroinvertebrados acuáticos, aunque estos cuerpos de agua no están relacionadas geográficamente.

Al comparar los resultados de esta investigación con los análisis realizados por Arias y Morales (1995), a macroinvertebrados en la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío, encontramos que cinco órdenes y nueve familias están relacionadas con las comunidades registradas en la tabla 2, aunque se aprecia que un orden y tres familias se encontraron ausentes durante este muestreo.

En la gráfica 1, se encontró que los géneros más abundantes en la microcuenca son; *Rhagovelia* sp con 45,65%; *Macrothemis* sp, con 13,04%; *Hetaerina* sp con 8,70%; *Leptonema* sp con 6,09%; *Argia* sp con 3,04%; *Simulium* sp con 2,61%; *Tipula* sp con 2,17% y *Heterelmis* sp con 2,17%.



Gráfica 1. Abundancia de géneros de macroinvertebrados presentes en la microcuenca del Jardín Botánico.

Se denotó que el género *Rhagovelia* sp es el más abundante de todos los géneros, debido a que en las colectas tienen tendencia a la agregación y por encontrarse en ambientes tanto lóticos como lenticos (Rivera et al., 2008), además se encuentran en sectores de corriente rápida y sobre la superficie del agua (Domínguez y Fernández 2009).

Macrothermis sp se encontró en aguas quietas con poca corriente y fondos lodosos, (Rivera et al., 2008) que son predominantes en la zona de estudio.

Leptonema sp, pertenece a la familia Hydropsychidae, la cual es muy abundante y de amplia distribución, con un total de nueve géneros y 74 especies en Costa Rica; las larvas de este género tienen la capacidad de elaborar con seda, redes, refugios y capullos de diferentes formas y modelos, con los cuales aseguran su existencia, y además, prestan un papel importante al ecosistema, ya que filtran la materia orgánica en suspensión, y aunque son buenas indicadoras de agua, para muchas partes del neotrópico su biología y ecología son desconocidas (Springer, 2006), lo cual dificulta mucho su estudio y por ende, limitan un veredicto sobre su principal función ecosistémica.

El género *Simuliidae* sp en los reportes realizados para el río Quindío, demostró ser una de las más abundantes (Rivera et al., 2008) de la eco región cafetera (Chará-Serna et al., 2010), no hay una explicación correcta para tal abundancia pero según (Coscarón 2001 y Villareal, 2012) dicen que este género se muestra favorecido por las temperaturas bajas, como las que se presentaron en el área de estudio.

El género *Tipula* sp, son organismos que generalmente se les encuentra adheridos a la vegetación y debajo de las piedras, gracias a que tienen la capacidad de adaptarse a cualquier tipo de hábitat, por lo cual se consideran cosmopolitas, (Roldán, 1992 y Coscaron, 2001).

Heterelmis sp se caracterizó por ser una especie completamente acuática, pero hay algunas excepciones en los cuales se han encontrado fuera del agua. Tanto las larvas como los adultos se encuentran adheridos a una diversidad de sustratos

principalmente en ríos y arroyos. (Roldan, 1988). Los sustratos incluyen: troncos y hojas en descomposición, grava, piedras, arena y vegetación sumergente y emergente.

En la gráfica 1, se observaron que los géneros con menor abundancia fueron *Progomphus* sp, con una abundancia de 0,43%, *Phyllogomphoides* sp de 0,43%, *Orthemis* sp 0,43%, *Dythemis* sp 0,43%, *Teinopodagrion* sp 0,43, *Eurygerris* sp 0,43%, *Belostoma* sp 0,43%, *Smicridea* sp 0,43%, *Tabanus* sp 0,43%, *Sciomyzidae* sp 0,43%, *Isotoma* sp 0,43%, *Lymnaea* sp 0,43%, *Oligochaeta* sp 0,43%, *Haplotaxida* sp 0,43% y *Glossiphoniiforme* sp con 0,43%.

La larva del genero *Progomphus* sp era de las menos abundantes, este individuo se encuentra en sistemas acuáticos loticos, además también se presenta en arroyos ricos en arena y grava, es indicador de aguas oligotróficas (Roldán, 1996), según (Marmels, 2005) tiene preferencia por arroyos en áreas abiertas o semiabiertas y está ausente del interior de la selva.

La larva de *Phyllogomphoides* sp, el hábitat de esta especie se caracterizó por ser arroyos y ríos con corrientes rápidas y fondos fangosos (González, et all 2012.), esto es característico debido a que en la zona de colecta se identificó por ser un fondo fangoso dando a reconocer que viven enterradas en grados variados en los lechos de arroyos o ríos (Domínguez y Fernández, 2009).

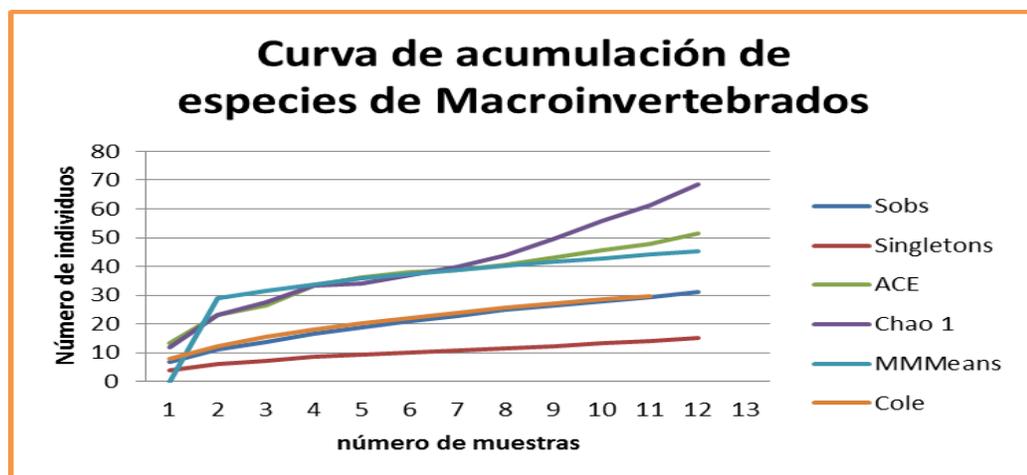
Orthemis sp, indicó que vive en aguas lenticas y loticas, es un organismo resistente a altas temperaturas y salobres, además son indicadores de aguas mesotróficas (Roldán, 1996).

El género *Chimarra* sp, de la familia Philopotamidae, es una habitante de ríos y quebradas con corrientes, viven tanto en piedras como en acumulaciones de hojarasca, y su principal alimento es la materia orgánica fina; aparentemente prefieren quebradas aguas limpias (Springer, 2006), lo cual puede corroborar, que las estaciones zonas de muestreo donde fueron encontradas, poseen una calidad de agua apta para este tipo de organismo, sin embargo, su estabilidad en el

tiempo puede ser amenazada por la continua contaminación recibida por el cuerpo de agua, debido a que estos insectos son muy poco tolerantes a los cambios del agua (Springer, 2006).

Es de gran apreciación, la captura de representantes del genero *Hypolobocera* sp, estos son cangrejos de agua dulce, estos individuos son de gran importancia sanitaria, ya la existencia de estos en el cuerpo de agua, es beneficiado debido a las sales de calcio disponibles en el agua, las cuales son indispensables para la formación de sus cuerpos (Roldán, 1992), además el desecho del subproducto de la producción de alimentos realizada por el laboratorio de agroindustria de la Universidad del Quindío, benefician con una buena fuente de alimento a estos seres vivos.

Para este trabajo se realizó una evaluación de diversidad alfa (α) para macroinvertebrados, bajo una curva de acumulación de especies, como se observa en la gráfica 2; se percibe que para un esfuerzo de muestreo de 12 horas hombre equivalentes a 720 minutos, la curva de acumulación arrojo que los estimadores; Singletons, ACE, Chao 1, MMMeans y Cole, evidencian una eficiencia del 10% para Singletons; de 36, 4% ACE; 40,5% para Chao 1; 34,9% en MMMeans y para Cole de 20,9%.



Grafica 2, curva de acumulación de especies (abundancia) de macroinvertebrados de la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío.

Por lo tanto se demostró que ninguno de los estimadores se acercó al 85% de las especies esperadas, por ende para Chao 1 no se obtuvo una asíntota, debido a que no fue exponencial y no se estabilizó en el eje x; esto determinó que el número de especies esperadas no encontró relación entre el número de especies únicas, indicando que el muestreo para este tipo de organismo y tipo de microcuenca no fue significativo, según (Jiménez y Hortal, 2003)

Lo anterior demostró que los inventarios faunísticos realizados, son en algunos casos incompletos, debido a la imposibilidad de registrar el total de especies durante el trabajo de muestreo (Gotelli y Colwell, 2001). Este problema se acentúa cuando trabajamos con el principal componente de la biodiversidad como los invertebrados, especialmente a que este, es denominado un grupo mega diverso pero pobremente conocido, aquellos que son más ricos en especies, pero de los que poseemos un desconocimiento mayor (Colwell y Coddington, 1994; Hammond, 1994).

Debido a que no se obtuvo más del 85% de las especies esperadas, no se calcularon los índices de diversidad alfa (α) como la riqueza específica (índice de Margalef) y estructura como el índice de dominancia de Simpson y Shannon-Wiener. Tampoco brinda las bases suficientes para estimar la diversidad Beta (β), por medio del análisis cualitativo del Coeficiente de similitud de Jaccard.

9. EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA BMWP/COL

9.1 Índice de calidad del agua BMWP/ según Zamora, (2007)

En la tabla 3, se analizó el Índice de calidad del agua BMWP según Zamora, (2007), arrojando los valores de contaminación a los cuales se encontró expuesta la microcuenca en sus zonas alta, media y baja.

Tabla 3. Índice BMWP según Zamora, (2007), aplicado en la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío.

INDICE DE CALIDAD DEL AGUA BMWP/ según Zamora, (2007)					
ESTACIONES	PUNTAJE BMWP	CLASE	RANGO	CALIDAD	CARACTERÍSTICAS
Estación A	19	V	16 - 35	Crítica	Aguas Muy Contaminadas
Estación B	40	IV	36 - 60	Dudosa	Aguas Contaminadas
Estación C	54	IV	36 - 60	Dudosa	Aguas Contaminadas

Podemos decir que la estación A obtuvo un BMWP según Zamora, (2007), con un valor de 19.0, desviación estándar de 1.31 y un coeficiente de variación de 0.20, mientras que la estación B arrojó el valor de 40.0 con una desviación estándar de 18.0 y un coeficiente de variación de 0.45, por último, la estación C, arrojó el valor más alto, con 54.2, una desviación estándar de 12.7 y un coeficiente de variación de 0.24.

Lo anterior manifestó que las aguas de la estación A se encontraban en la clase V de contaminación (Tabla 3), lo que quiere decir que sus aguas se encuentran en un estado crítico (Zamora, 2007), esto se debe a que se reciben descargas directas de aguas residuales y domésticas desde la comuna 10 y el campus universitario, situación que genera un cambio en las propiedades químicas y/o biológicas del agua, lo que puede producir daños a la salud del hombre y el medio ambiente de la microcuenca (Alvarez, 2005; Rocabado, 2011;); esta situación es preocupante, debido a que las algas y macroinvertebrados son altamente

sensibles a los cambios en la química del agua (Roldan, 1999; 2003), y por lo tanto pueden verse afectados con el paso del tiempo (Roldan, 1999; 2003).

Los resultados del análisis BMWP según Zamora, (2007), para las estaciones B y C, clasificaron sus aguas en la clase IV (Tabla 3), lo que indica que sus aguas son de una calidad dudosa, y también hace de estos lugares zonas con aguas muy contaminadas (Zamora, 2007); la razón de que las aguas de estas dos estaciones se ubiquen en una calidad dudosa, es debido a que la microcuenca se auto depura naturalmente, disminuyendo un poco su contaminación a medida que desciende en los puntos de muestreo (Obando, 2009).

Se comparó estos valores con el trabajo de Corredor y Marín, (2009), y se manifestó que las dos microcuencas comparten valores de contaminación similares, debido a que en la microcuenca La Florida también sufre la misma tensión ambiental (descarga de aguas contaminadas en la zona alta), (Valencia, 2011).

Se puede apreciar que el índice de calidad de agua BMWP según Zamora, (2007), llega a una conclusión evidente, y confirma que el agua de las tres estaciones de muestreo en la microcuenca de la Universidad del Quindío poseen problemas de contaminación orgánica; estos datos deben ser tenidos en cuenta, ya que existe poco conocimiento sobre las exigencias ecológicas en cuestión del perifiton, debido a que los distintos grupos de algas se distribuyen independientemente de las condiciones que les ofrezca el medio acuático (Obando, 2009), por lo tanto, las comunidades algales, y de macroinvertebrados propias de la microcuenca de la Universidad del Quindío, están amenazadas lo cual se evidencia en los resultados de su composición y abundancia, que pueden verse afectados con el paso del tiempo.

10. COMUNIDAD DE ALGAS

La comunidad de algas de la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío, estuvo representada por cuatro clases, seis órdenes, 10 familias y 18 géneros de los cuales tres son morfoespecies para un total de 9753 individuos colectados durante los meses de agosto, septiembre, noviembre y diciembre de 2013, Tabla 4.

Tabla 4. Listado de especies de Algas perifíticas de la microcuenca la Aldana del Jardín botánico de la Universidad del Quindío con abundancia relativa total.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	AUTOR Y AÑO	NO. INDIVIDUOS	ABUNDANCIA RELATIVA %
Cyanophyceae	Oscillatiriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria sp</i>	Vaucher y Gomont 1892	3827	39.24
		Phormidiaceae	<i>Spirulina sp</i>	Turpin y Gomont 1892	72	0.74
		Rivulariaceae	<i>Calothrix sp</i>	Agardh, Bornet y Flahault 1886	163	1.67
Chlorophyceae	Ulotrichales	Microsporaceae	<i>Microspora sp</i>	Thuret 1850	2986	30.62
	Oocystales	Treubariaceae	<i>Pachycladella sp</i>	Silva 1970	11	0.11
	Centrales	Coscinodiscophyceae	<i>Cyclotella sp</i>	(Kutzing), Brébisson 1838	1012	10.38
		Bacillariophyceae	<i>Gomphonema sp</i>	Ehrenberg 1832	26	0.27
Bacillariophyceae	Pennales	Naviculaceae	<i>Navicula sp</i>	Bory 1822	549	5.63
		Tabellariaceae	<i>Tabellaria sp</i>	Ehrenberg y Kutzing 1844	448	4.59
		Fragilariaceae	<i>Synedra sp</i>	Kutz 1844	30	0.31
		<i>Diatoma sp</i>	Kutz 1847	247	2.53	
		<i>Morpho 1 sp</i>		36	0.37	
		<i>Fragilaria sp</i>	Lyngbye 1819	132	1.35	
		<i>Euglena sp</i>	Ehrenberg 1830	3	0.03	
Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Trachelomonas sp</i>	Ehrenberg 1833 Deflandre 1926	192	1.97
			<i>Staurastrum sp</i>	Meyen y Ralfs 1848	6	0.06
			<i>Morpho 2 sp</i>		6	0.06
			<i>Morpho 3 sp</i>		7	0.07
TOTAL					9753	100.00

La clase más representativa fue Bacillariophyceae con un 44.4%, distribuida en dos órdenes, cuatro familias y ocho géneros, entre las cuales se encontró una morfoespecies (*Morpho sp 1*). Para Euglenophyceae con un 27.7 % representada por un orden, una familia, tres géneros y dos morfoespecies (*Morpho sp 2* y *Morpho sp 3*). Cyanophyceae con un 16.7%, un orden, tres familias y tres géneros y por ultimo Chlorophyceae con 11.1%, con dos órdenes, dos familias y dos géneros, grafica 3.

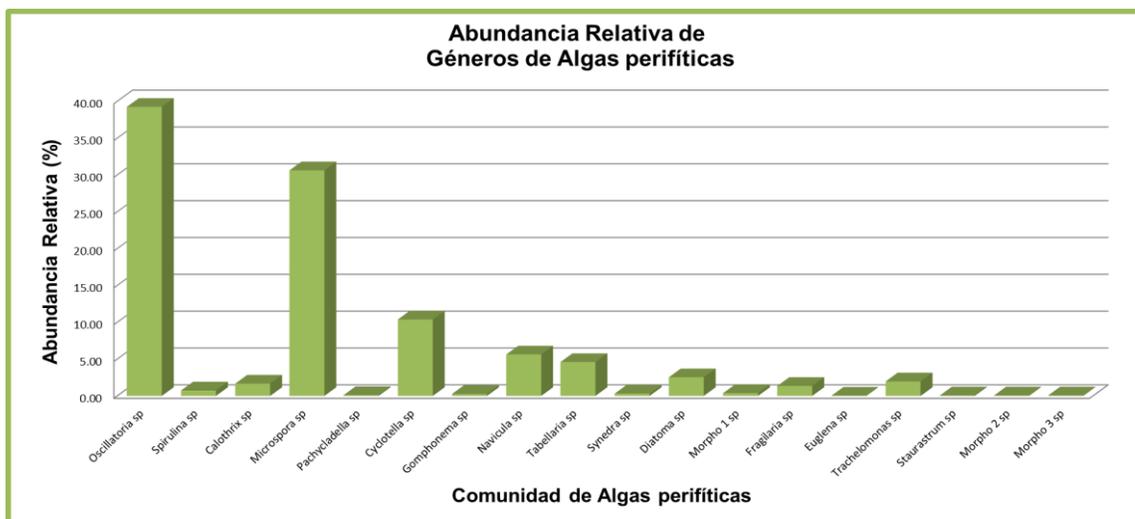
En los estudios realizados por Marín y Corredor (2009) encontraron que la clase Bacillariophyceae era la más abundante, gracias a que la división Bacillariophyta presenta características fisiológicas diferentes a las demás (Acleto y Zúñiga 1998), como es la presencia de pared celular, poseen finas gotas de aceite las cuales son reservas nutritivas, y le dan una alta perdurabilidad de la membrana, esto le brinda protección y un amplio rango de tolerancia a muchos factores de vulnerabilidad, lo que hace que la mayoría de sus representantes, puedan sobrevivir en diferentes ambientes (Hernández, Aguirre y Palacio 2005).

En la clase Euglenophyceae se encontró que compartió una familia y un género en comparación con la microcuenca la Florida (Marín y Corredor 2009), pero para los estudios realizados por Torres y Zapata (2008) en el río Quindío, se encontró que compartían solo a *Euglena* sp.

Para Cyanophyceae en comparación a la microcuenca la Florida esta poseía un total seis familias, nueve géneros y una abundancia relativa de 15.13% (Marín y Corredor 2009), dando a reconocer que dicha clase, no comparten la misma abundancia de géneros.

Lo anterior se puede dar debido a que la composición de las comunidades perifíticas están influenciadas por factores fisicoquímicos del agua (Gualtero, 2007), por lo tanto cuando se analizan este tipo de organismos en sistemas fluctuantes como la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío, los factores químicos como la D.B.O, pH, sólidos totales y turbiedad afectaron directamente a la comunidad de algas (De la Parra y Rodelo, 2012).

En la gráfica 3, se denota los individuos más abundantes como: *Oscillatoria* sp con una abundancia de 39.24%, *Microspora* sp con 30.62%, *Cyclotella* sp 10.38%, *Navicula* sp 5.63%, *Tabellaria* sp 4.59%, *Trachelomonas* sp 1.97%, *Diatoma* sp 2.53%, *Calothrix* sp 1.67% y *Fragilaria* sp con 1.35%.



Gráfica 3. Abundancia de Géneros de Algas perifíticas presentes en la microcuenca del Jardín Botánico.

La abundancia del genero *Oscillatoria* sp, se da gracias a que es clasificada como una alga azul-verde, cosmopolita de amplia distribución, habita en diferentes ambientes acuáticos debido a que muchas son especies de agua dulce (Acleto y Zuñiga, 1998; Bicudo y Menezes, 2004).

La *Microspora* sp, se presentó debido a que es una especie de amplia distribución en el mundo, actualmente se conocen 20 especies diferentes, se pueden encontrar en ambientes acuáticos lenticos y loticos (Bicudo y Menezes, 2004), viven adheridas a los sustratos sólidos, también fluctuando sobre masas de agua con pH bajos (Ramírez, 2000), lo cual está relacionado con el hábitat que ocupan en la microcuenca.

Cyclotella sp, se conoce que habitan diferentes ambientes, tanto de agua dulce, salobre, marina, en la nieve, en los suelos húmedos y pantanos, además viven en diferentes sustratos como roca, arena y lodo (Acleto y Zuñiga, 1998); posee aproximadamente 80 especies diferentes y 15 para Brasil (Bicudo y Menezes, 2004), vive en aguas limpias, pero pueden producir un olor a pescado (Ramírez,

2000), la presencia de este olor se vio directamente relacionada debido a que este se encontró presente durante todas las salidas de campo.

Navicula sp, género ampliamente distribuido habitan diferentes ambientes como de agua dulce, marina, en la nieve y suelos húmedos, además se adhiere en diferentes sustratos como roca, arena y lodo (Acleto y Zuñiga, 1998), es difícil calcular el número de especies pero según Bicudo y Menezes, (2004) hablan de 200; es característica de aguas limpias, con ambientes oscuros y carentes de CO₂.

Tabellaria sp, es un organismo cosmopolita de amplia distribución que vive en diferentes sustratos (Acleto y Zuñiga, 1998), se conocen cinco especies y en los lugares que habita producen un olor a pescado (Bicudo y Menezes, 2004 y Ramírez, 2000).

Trachelomonas sp, organismo de vida libre que vive en ambientes variados como estanques, charcas de agua dulce rica en materia orgánica, constituyen floraciones acuáticas en aquellos lugares donde drenan aguas servidas (Acleto y Zuñiga, 1998), se conocen 250 especies aproximadamente (Bicudo y Menezes, 2004), el género es considerado como característico de etapas sucesión, en la transición de mezcla a estratificación, tolera cambios de pH y nutrientes (Ramírez, 2000).

Los géneros con menos abundancia fueron: *Spirulina* sp con 0.74%, *Synedra* sp con 0.31%, *Morpho* sp 1 con 0.37%, *Gomphonema* sp con 0.27%, *Euglena* sp con 0.03%, *Staurastrum* sp con 0.06, *Morpho* sp 2 con 0.06 y *Morpho* sp 3 con 0.07.

Para el género *Spirulina* sp, de amplia distribución, habita en diversos ambientes como suelos húmedos o áridos, cuerpos de agua en el continente o marino (Acleto y Zuñiga, 1998), el género comprende 50 especies (Bicudo y Menezes, 2004), indican presencia de aguas salobres (Ramírez, 2000).

Synedra sp, son células solitarias que pueden llegar a formar colonias, no poseen pedúnculo mucilaginoso; el eje apical puede ser curvo con simetría bipolar, en la vista valvar es generalmente lineal o lanceolada; también posee poros en la parte basal, el área central en una cara de la valva es comúnmente abultada, opuesto a ella se encuentran estrías de largo desigual, la separación entre las estrías no es homogénea (Toledo y Comas, 2008).

Gomphonema sp, esta diatomea se agrupa en células cuyas caras pleurales son cuneiformes, parecen tener forma de “botella”, estas células pueden estar fijadas a sustratos mediante pedúnculos gelatinosos simples; según lo propuesto por Lobo, Ben Da Costa y Kirst, 1999; Duque y Donato, 1992, y Ramírez, 1992, citados por Velasco y Sánchez, (2012) esta especie de alga es muy común en ambientes eutróficos, ya que son tolerantes a la contaminación del agua.

Algunas algas fueron imposibles de identificar a profundidad hasta el nivel de familia y género debido a su complejidad estructural y a la falta de claves taxonómicas para las mismas, estas fueron las *Morphoespecie* sp 1, *Morphoespecie* sp 2 y la *Morphoespecie* sp 3.

Debido al color verde intenso que presentaron las células de las *Morphoespecie* sp 1, figura 2 y *Morphoespecie* sp 2 figura 3, podemos decir que estas pertenecen a la división Chlorophyta; estas son algas unicelulares y coloniales que pueden ser *Coccales*, filamentosas y cenobiales, pueden tener o no flagelos y son ricas en pigmentos como clorofila a y b, el cual les brinda su color verde, estas también pueden contener sustancias de reserva como almidón en sus gránulos y pirenooides (Vidal, 2010).

Figura 2. Fotografía de la *Morphoespecie 1 sp.* Tomada por Pinilla y Jara, 2014.



Figura 3. Fotografía de la *Morphoespecie 2 sp.* Tomada por Pinilla y Jara, 2014.

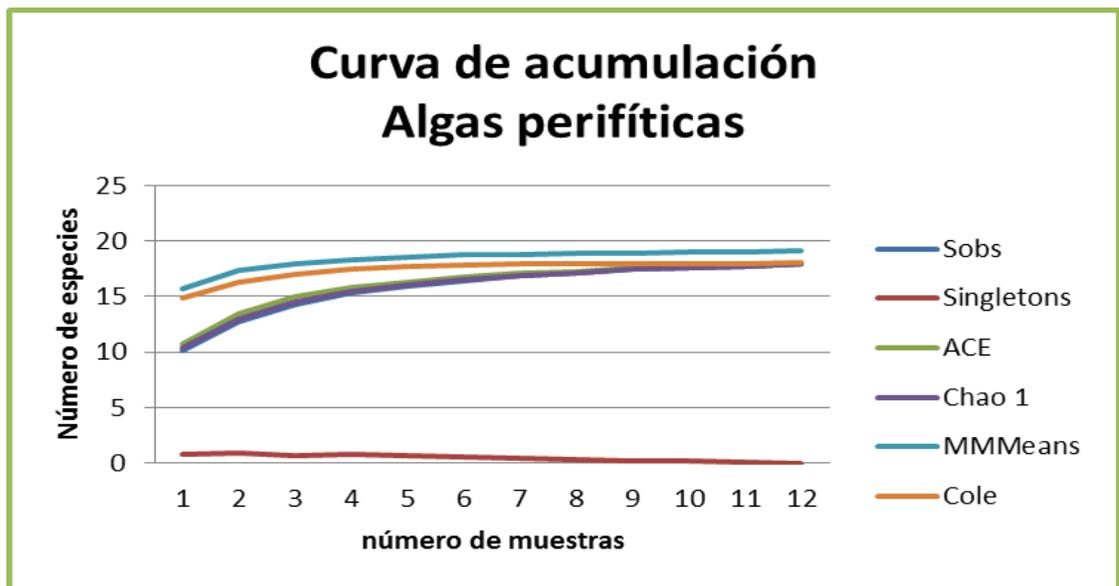


La *Morphoespecie sp 3*, figura 4 es un alga filamentosa, en sus células podemos encontrar un característico color negro, esto puede deberse a el almacenamiento de sustancias de reserva como almidón, el cual al entrar en contacto con el lugol se torna de color negro, sin embargo su identificación no se pudo realizar completamente debido a la gran dificultad que tuvieron estos individuos al ser identificados en laboratorio.

Figura 4. Fotografía de la *Morphoespecie 3 sp.* Tomada por Pinilla y Jara, 2014.



En la gráfica 4, encontramos la curva de acumulación de especies en general para las algas perifíticas con un esfuerzo de muestreo de 12 horas hombre equivalentes a 720 minutos; en donde los datos observados en campo se compararon con los datos esperados en los estimadores; Singletons, ACE, Chao 1, MMMeans y Cole. Los cuales arrojaron una eficiencia de 0.47% para Singletons; de 16.2% ACE; 15.9% para Chao 1; 18.4% en MMMeans y para Cole de 17.5%.



Grafica 4. Curva de acumulación de especies (abundancia) de algas perifíticas de la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío.

Como se observó en la gráfica 4, se demostró que para Chao 1 no se obtuvo una asíntota ya que no fue exponencial y no se estabilizó en el eje x, determinando que el número de especies esperadas no presentó relación entre el número de especies únicas, indicando que el muestreo para este tipo de organismo y tipo de microcuenca no fue significativo (Jiménez y Hortal, 2003), debido a que el rango de los estimadores de Singletons, ACE, Chao 1, MMMeans y Cole no obtuvo el 85% de las especies esperadas. Se comparó estos datos con los trabajos realizados por (Marín y Corredor, 2009), y se estableció que se debe realizar como mínimo de ocho a 10 salidas de campo para obtener un comportamiento de asíntotico en las curvas de acumulación (Torres y Zapata, 2008).

Por lo anterior no se calcularon los índices de diversidad alfa (α) como la Riqueza específica (índice de Margalef) y estructura como el índice de dominancia de Simpson y Shannon-Wiener. Tampoco brindo las bases suficientes para estimar la diversidad Beta (β), por medio del análisis cualitativo del Coeficiente de similitud de Jaccard.

11. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA LA ALDANA

11.1 Parámetros Físicos del Agua.

La estación A, presento una temperatura ambiental de 22,75 °C, para la estación B esta variable registro una temperatura de 23,13 ° C siendo este el valor más alto en las zonas de muestreo, la estación C presento una temperatura de 22,70 °C, Tabla 5.

En el trópico la temperatura ambiental y del agua varían muy poco, por esta situación al ser alterado el ecosistema hídrico se produce un desequilibrio en la zona afectada que altera la temperatura del lugar, no debemos olvidar que esta variable también depende de la altura sobre el nivel del mar (Machado y Roldán, 1981) Citados por Obando, (2009).

La microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío mostró el registro más alto para la temperatura media ambiental en la estación B, por lo tanto es la zona de mayor temperatura ambiental de la microcuenca, las estaciones A y C no mostraron variaciones abruptas en su temperatura ambiental, por lo tanto podemos decir que las zonas de muestreo poseen estabilidad térmica en general.

La temperatura del agua para la estación A fue de 20,35 °C, para la estación B se registró una temperatura de 20,40 °C, siendo este el mayor registro de las tres estaciones, la estación C por el contrario de las anteriores, presento la temperatura más baja con un valor de 20 °C, Tabla 5.

Tabla 5. Estadística descriptiva, Media, Desviación estándar y Coeficiente de Variación para datos ambientales *in situ* en las tres estaciones de muestreo.

Estaciones Variables	A					B					C				
	Media	Max	Min	Desviación estándar	Coficiente de Variación	Media	Max	Min	Desviación estándar	Coficiente de Variación	Media	Max	Min	Desviación estándar	Coficiente de Variación
Temperatura ambiente	22,75	26,10	21,40	2,25	0,10	23,13	25,50	21,10	2,00	0,09	22,70	23,30	21,00	1,13	0,05
Humedad relativa	86,75	99,00	77,00	9,81	0,11	87,25	91,00	81,00	4,79	0,05	78,00	80,00	76,00	2,31	0,03
Temperatura del agua	20,35	21,10	19,00	0,97	0,05	20,40	21,00	20,00	0,45	0,02	19,33	20,00	18,00	0,90	0,05
pH	7,60	8,07	7,07	0,41	0,05	7,67	8,30	6,94	0,63	0,08	7,24	8,21	6,78	0,66	0,09
Oxígeno Disuelto	6,45	6,97	6,00	0,43	0,07	6,71	6,87	6,55	0,15	0,02	6,87	7,55	6,40	0,51	0,07
Conductividad	70,24	143,60	6,70	73,20	1,04	114,55	149,60	30,80	56,25	0,49	80,80	106,20	17,10	42,59	0,53

La humedad relativa para la estación A fue de 86,75 %, para la estación B del 87,25 %, siendo estas dos las más altas registradas en la microcuenca, por otro lado, para la estación C se registró una humedad relativa del 78 %, siendo este porcentaje el menor registrado, Tabla 5.

Esto indica que la cantidad de vapor de agua que contiene una masa de aire depende de la temperatura ambiental, pues a medida que aumenta la temperatura del aire se aumenta la capacidad que este posee de contener más humedad (Meruane y Garreaud, 2006); Por eso en las estaciones A y B presentaron la mayor temperatura ambiental y humedad relativa, este comportamiento es inversamente proporcional al de la estación C, en la cual se presentó la menor temperatura ambiental junto a una menor humedad relativa, Tabla 5.

12. PARÁMETROS QUÍMICOS DEL AGUA EN LABORATORIO

12.1 Potencial de Hidrógeno (pH) del agua

La microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío presento para la estación A un pH del 6.93, en la estación B de 7.06 y de 7.07 para la estación C, como se denoto en la Tabla 6.

Tabla 6. Estadística descriptiva, Media, Desviación estándar y Coeficiente de Variación para los parámetros Fisicoquímicos en las tres estaciones de muestreo.

Estaciones	A					B					C				
	Media	Max	Min	Desviación estándar	Coeficiente variación	Media	Max	Min	Desviación estándar	Coeficiente variación	Media	Max	Min	Desviación estándar	Coeficiente variación
pH	6.93	6.97	6.88	0.04	0.01	7.06	7.25	6.79	0.19	0.03	7.07	7.18	6.91	0.12	0.02
Turbiedad	191.50	377.00	6.00	262.34	1.37	10.50	13.00	8.00	3.54	0.34	≤5	1.75	2.86	0	0
Alcalinidad	47.50	58.00	36.00	9.57	0.20	41.50	52.00	32.00	8.23	0.20	33.00	42.00	28.00	6.63	0.20
Dureza Total	45.00	50.00	39.00	5.83	0.13	39.50	48.020	36.00	5.74	8.15	30.00	32.00	37.00	2.45	0.08
Conductividad	126.35	176.70	80.50	39.85	0.32	146.58	171.90	129.10	19.32	0.13	99.83	107.70	43.80	6.12	0.06
Solidos Totales	518.40	1685.00	117.30	777.84	1.50	130.13	153.00	117.90	15.85	0.12	110.18	128.00	89.00	17.40	0.16
Solidos suspendidos	68.83	267.00	1.00	132.14	1.92	2.93	4.20	0.40	1.73	0.59	5.43	7.00	2.10	2.24	0.41
Oxígeno Disuelto	6.04	6.50	5.25	0.55	0.09	5.82	6.77	3.75	1.40	0.24	6.56	7.55	5.75	0.80	0.12
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2.22	4.90	0.25	2.02	0.91	1.66	1.75	1.57	0.13	0.08	2.80	6.35	1.03	2.41	0.86

Según los pH registrados anteriormente para las tres estaciones de la microcuenca, podemos decir que su pH se encontró entre los rangos establecidos en los límites exigidos por la normativa Colombiana, en el decreto 1594/84 artículo 38 (Tabla 7); el cual cataloga sus aguas como aptas para uso humano y doméstico, claro, que esta requiere tratamiento especial y desinfección pertinentes.

Tabla 7: Criterios de calidad para la destinación del recurso hídrico según el Decreto 1594/84.

VARIABLES	UNIDADES	ARTÍCULO 38	ARTÍCULO 39	ARTÍCULO 42	ARTÍCULO 43	USO AGRÍCOLA
pH	pH	5.0 -9.0	6.5-8.5	5.0-9.0	5.0-9.0	250
Dureza	mg/L CaCO ₃	X	X	X	X	500
Temperatura del agua	C°	X	X	X	X	40
Turbiedad	FAU	X	73.67	X	X	X
Oxígeno Disuelto	mg/L	7.0	7.0	7.0	7.0	X

Nota: X indica que no aplica

Estos límites nos permiten comparar la supervivencia de algunos organismos según el pH de sus aguas; debido a que hay rangos de pH que oscilan entre el 4.0 y 9.0 para aguas naturales sin contaminación y considerando también que son rangos óptimos los que oscilen entre 6,5 y 8,5 (Guevara, 1995; Machado y Roldan, 1981) citados por (Obando N. 2009), los macroinvertebrados y las algas perifíticas que existen en la microcuenca podrían verse en un futuro afectadas en su abundancias y composición poblacional de organismos acuáticos, según los cambios que vayan evidenciando en el transcurso del tiempo la calidad del agua (APHA, AWWA, WPCF. 1998).

La tabla 6 muestra los resultados de los análisis de turbiedad por estación de muestreo, registrando el valor más alto para esta variable en la estación A, con 191.50 de turbiedad, seguido por el valor de la estación B que fue de 10.5; el menor registro de esta variable se obtuvo para la estación C, y arrojó un valor menor a 5.

La turbiedad del agua juega un papel importante directamente relacionado con la transmisión de luz, proceso que incide en la productividad y el flujo de energía en el ecosistema hídrico (Obando, 2009), y por lo tanto en sus comunidades algales. La turbiedad presentada en la estación A indica que es una zona perturbada, esto se debe a que la microcuenca en esta zona recibe directamente la descarga de aguas residuales de la comuna 10 y la Universidad del Quindío, y además, sufre graves daños por causa de la erosión, derrumbes y contaminación presentes en el lugar.

Al comparar los valores de la turbiedad de la estación A con los criterios para la calidad del agua consignados en el decreto 1594/84 (Tabla 7), podemos afirmar que sus aguas nos son aptas para el consumo humano, además esto es respaldado por los rangos establecidos en el decreto 1575 de 2007 Resolución 2115 de 2007 (Tabla 8), la gran cantidad de partículas de diverso material (arcillas, arenas, rocas) son un limitante osmótico para la vida que existe en el lugar,

(Roldan, 1999), e impiden el libre flujo de luz, necesaria para los procesos de fotosíntesis de la mayoría de seres fitoplanctonicos.

Tabla 8. Rangos físicos y químicos admisibles en el agua, Decreto 1575 de 2007 Resolución 2115 de 2007.

CARACTERISTICAS	UNIDADES	VALOR ADMISIBLE
Turbiedad	(FTU)	2
Sólidos Totales	mg/L	≤ 500
Conductividad	µmho/cm	50 – 1000
Dureza Total	CaCO ₃	≤ 300 mg/L
Alcalinidad Total	CaCO ₃	≤ 200
Potencial de Hidrógeno	pH	6.5 y 9

Las estaciones B y C a lo contrario a la estación A (Tabla 6), presentan los menores valores de turbiedad, siendo estos del 10.5 para la parte media de la microcuenca y de < 5 FAU para la parte baja; estos resultados, según el decreto 1594/84 (Tabla 7) catalogan a los dos sitios como aguas aptas al no superar los rangos establecidos de turbiedad; pero esto es refutado por los rangos establecidos en el decreto 1575 de 2007 Resolución 2115 de 2007 (Tabla 8), donde se indica que la turbiedad no debe superar los 2 FAU, lo cual cataloga como aguas no aptas a la estación B, y como aguas aptas para la vida a la estación C.

12.2 Dureza del agua mg/L CaCO₃

La dureza del agua registrada en la estación A fue de 45,00 Mg/L CaCO₃, siendo esta la más alta, seguida por la estación B de 39,50 Mg/L CaCO₃, mientras que la estación C registró 30,00 mg/L CaCO₃ (Tabla 5).

Los altos valores registrados en la estación A y B se relacionan directamente con las descargas de aguas residuales de la comuna 10 en la parte alta, y por las de los laboratorios de agroindustria en la Universidad del Quindío para la estación B, (Nieto, et al, 2010). En las tres estaciones, la dureza está por debajo de los límites exigidos en Colombia para las aguas aptas para el consumo humano (Tabla 8).

El causante de la dureza en el agua son las sales de calcio y magnesio presentes en ella; por esto la productividad del ecosistema hídrico se aumenta según la cantidad de nutrientes con los que dispone el sistema acuático, lo que beneficia a plantas, algas y otros macroinvertebrados que dependen de ella para su desarrollo; (Roldán G., 1992; Roldán, G. 1996; Roldan G. 1999; Roldan G, 2003 Y Obando L. 2009).

Esto nos indicó que debido a la alta dureza en las aguas de la microcuenca del Jardín Botánico, se beneficia la reproducción y presencia de cangrejos en el cuerpo hídrico, puesto que las sales de calcio disponibles en el agua son indispensables para la formación de sus cuerpos (Roldán, 1992), esto es verificable en la microcuenca, debido a la captura de cangrejos del genero *Hypolobocera* sp en la estación B; al comparar esta variable con lo registrado en el mismo cuerpo de agua, en el estudio de (Arias y Morales, 1994), donde la dureza más baja registrada fue de 34,7 mg/CaCO₃, y la más alta de 49 podemos ver que esta variable se mantiene en rangos similares a pesar del paso del tiempo.

12.3 Alcalinidad del agua mg/L CaCO₃

Se registró una alcalinidad de 47.50 mg/L CaCO₃ para la estación A, siendo este el valor más alto, seguido por la estación B, representada por 41.50 mg/L CaCO₃, y el menor fue el de la estación C de 33.00 mg/L CaCO₃ (Tabla 5).

La alcalinidad del agua está ligada a la naturaleza del terreno, y esta es fundamental para los procesos biológicos en el sistema hídrico; según Roldan, (1992; 1996; 1999; 2003); los rangos en afluentes superficiales y lagos andinos, oscilan entre los 10 y 60 mg/L CaCO₃.

Por lo tanto, las estaciones mostraron una normalidad en los rangos de alcalinidad propuestos para los afluentes andinos, y esto permite la proliferación de la vida; sin embargo, estos rangos no son admisibles para el uso humano en Colombia, según los criterios físicos de la calidad del agua potable, confirmados en el Decreto 1575 de 2007 Resolución 2115 de 2007(Tabla 8), el agua de estas tres

estaciones es admisible, pues su alcalinidad oscile en valores menores a los 200 mg/L CaCO₃.

12.4 Conductividad del Agua $\mu\text{mho/cm}$

La conductividad registrada para la estación A fue de 126.35 $\mu\text{mho/cm}$, para la estación B, de 146.58 $\mu\text{mho/cm}$ y para la estación C de 99,83 $\mu\text{mho/cm}$ (Tabla 5). Evidenciando que las estaciones A y B obtuvieron los valores más elevados en comparación a la estación C.

Esto nos indicó que en la estación A y B las aguas presentaron una alta conductividad, esto es un limitante osmótico para gran parte de los seres vivos, ya que los compuestos que afectan la conductividad de un afluente son los que tienen la capacidad de ionizarse al contacto con un líquido, y pueden ser diversos materiales los que poseen esta propiedad (Proyecto Voluntarios, 2007), por lo tanto, el agua también se vio afectada por el tipo de terreno y por el vertimiento de aguas residuales en la zona alta y media de la microcuenca.

La estación B registró la conductividad más alta (Tabla 5), esto se debe a dos factores, el primero es que recibe directamente las aguas del bloque de agroindustrias de la Universidad del Quindío; por otra parte, los 100 metros que conforman el lecho de la microcuenca, estaba formado de roca madre metamórfica; por lo tanto, debido a la naturaleza geoquímica del terreno se incrementa la conductividad en este sector (Roldán, 1992; 1996; 1999; 2003 y Obando, 2009); entonces, podemos expresar que para las tres estaciones los rangos de conductividad oscilaron entre los propuestos para afluentes andinos (Roldan, 1992; 1996; 1999; 2003) lo cual apoyado a lo propuesto en los criterios físicos de la calidad del agua potable, decreto 1575 de 2007 Resolución 2115 de 2007 (Tabla 8) también se pueden reconocer entre los rangos propuestos para consumo humano.

12.5 Sólidos totales mg/L CaCO₃

Los sólidos totales registrados para la estación A, fueron de 518,40 mg/L CaCO₃, para la estación B, de 130,13 mg/L CaCO₃ y para la estación C de 110,18 mg/L CaCO₃ (Tabla 5). Evidenciando que las estaciones A y B obtuvieron los valores más elevados en comparación a la estación C.

Dando a conocer que se debe tener en cuenta a los sólidos totales como una variable necesaria para interpretar las relaciones edáficas y la productividad primaria de los cuerpos hídricos; siendo la mayoría de los ríos neotropicales poseedores de rangos que varían entre 10 y 200 ppm (Roldán, 1992, 1996, 1999, 2003 y Obando, 2009).

Los sólidos disueltos totales en la estación A presentan un rango inadmisibles para el uso humano, debido a que es mayor a las 500 ppm, esto se debe a que la zona poseía graves problemas de erosión en la área ribereña de esta zona, además de grandes derrumbes, la calidad del agua de esta estación se encuentra directamente afectadas por los vertimientos residuales provenientes de la comuna 10 de la ciudad de Armenia (Nieto, *et al*, 2010), esta situación se evidencia en los registros de la alta conductividad y en el aumento de los sólidos disueltos totales, esto relacionado con el vertimiento de aguas residuales, el cual evidentemente contribuye al aumento de estos factores (Proyecto Voluntarios, 2007).

Por lo tanto, podemos evidenciar que la parte alta de la microcuenca se encuentra con problemas graves de deterioro ambiental, situación que amenaza con la vida y la sostenibilidad en el tiempo de las comunidades de macroinvertebrados y algas perifíticas propias del lugar, escenario se torna preocupante debido a la gran sensibilidad que estas comunidades poseen ante los cambios en la calidad del agua (Roldan, 1999; Zúñiga, *et al* 2004 y Zamora, 2007).

Cómo podemos ver, los sólidos disueltos totales del lugar y la conductividad se mantuvieron entre los rangos establecidos decreto 1575 de 2007 resolución 2115

de 2007. (Tabla 8) lo que hace de las aguas de la estación B, admisibles, y con esto aptas para cierta sostenibilidad de la vida.

En la estación C se registraron las variables más bajas de conductividad y sólidos disueltos totales, los cuales oscilan entre el rango establecido por el decreto 1575 de 2007, resolución 2115 de 2007. lo que hace de sus aguas admisibles para cierto grado de sostenibilidad de la vida.

12.6 Oxígeno disuelto (O.D) mg/L O₂

En la microcuenca los niveles de oxígeno disuelto fueron de 6,04 mg/L para la estación A, de 5,82 mg/L para la estación B, y de 6,56 mg/L en la estación C. Enunciando que las tres estaciones obtuvieron rangos similares de O.D. por lo tanto se puede decir que el oxígeno es indispensable para la respiración y la fotosíntesis de los seres que habitan el afluente, siendo esta variable ambiental dependiente de la temperatura, y disminuye cuando esta aumenta (Roldán, 1992, 1996, 1999, 2003 y Obando, 2009).

Los niveles por debajo de 4 mg/L afectan negativamente a las comunidades, limitando sus funciones vitales al dificultar su respiración, y los valores inferiores a 2 mg/L provocan la mortandad de peces, los niveles bajos de oxígeno se relacionan con la contaminación orgánica (Proyecto Voluntarios, 2007) caso que no se registró en este afluente.

Los niveles de oxígeno disuelto registrados en la microcuenca muestran la capacidad que posee el afluente superficial de oxigenar sus aguas, y en ningún momento se registran niveles inferiores a 4 mg/L, y por lo tanto permiten la existencia de una gran diversidad de organismos en el agua; la estación B registro el oxígeno disuelto más alto, representado en 6,3 mg/L, lo cual hace de esta zona de la microcuenca, el área con mayor oxigenación.

12.7 Demanda Bioquímica de oxígeno (D.B.O) mg/l O₂

Los análisis de D.B.O registro para la estación A unos 2,22 mg/l O₂, para la estación B de 1,66 mg/l O₂ y para la estación C de 2,80 mg/l O₂, siendo esta ultima la más alta del cuerpo de agua (tabla 5).

La D.B.O nos permite conocer la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias para descomponer la materia orgánica bajo condiciones aeróbicas, y con esta podemos determinar el grado de contaminación de las aguas (Roldán G., 1992; Roldán, G. 1996; Roldan G. 1999; Roldan G, 2003 Y Obando L. 2009); para saber si el sistema hídrico en las tres estaciones presento cierto grado de contaminación orgánica, se comparó con el rango establecido por Carvajal y Esparragoza, (2008), quienes afirman que las aguas que presenten una D.B.O mayor a 5 mg/l O₂ son aguas contaminadas.

Esta situación hace de la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío un lugar apto para algunas especies de organismos propias de este cuerpo de agua, debido a que ninguna oscilo por encima de 5 mg/l O₂, además, esto es respaldado por el rango de calidad propuesto por el RAS (2000) (Tabla 9), donde se puede confirmar que las aguas de la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío son fuentes medianamente aceptables en las tres estaciones de muestreo, siendo estos sitios capaces de salvaguardar cierta cantidad de diversidad biológica, sin embargo, el grado de contaminación por materia orgánica en la estación C es muy alto, siendo este de 2,80 mg/l O₂, el cual está muy cercano al rango que la cataloga como aguas regulares, lo que evidencia el deterioro en el cuerpo de agua.

Tabla 9. Rango de DBO requerido para estimar la calidad de la fuente en el agua, modificado de RAS, (2000).

Parámetros	Nivel de calidad			
	aceptable	regular	deficiente	muy deficiente
DBO 5 días mg/L	1-3	3-4	4-6	>6

Al comparar el caso de la DBO registrado en la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío, con los valores registrados para el Río Quindío por Bustamante, *et al*, 2008, donde estos valores oscilaron entre 1.55 y 6.51 mg/L, los cuales se consideraron de óptima calidad; esto indica que las aguas de la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío mantienen una buena saturación de oxígeno en sus aguas, y que esta posee una buena capacidad para auto depurar la materia orgánica, capacidad que puede mejorar en épocas de lluvia (Bustamante *et al.*, 2008).

13. EVALUACIÓN DE ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)

13.1 Índices de calidad del agua por estación de muestreo

El índice de calidad del agua para las tres estaciones muestreo obtuvo una media para cada valor de: 0.132 para el ICOMI, 0.52 para ICOSUS y de 0.001 para el ICOpH (Tabla 10).

Tabla 10. Índices de calidad del agua (ICOMI, ICOSUS e ICOpH) por estación de muestreo.

ICA Estaciones	ICOMI	Grado de contaminación	Color	ICOSUS	Grado de contaminación	Color	ICOpH	Grado de contaminación	Color
Estación A	0.132	Ninguno	Azul	0.52	Rojo	Azul	0.001	Ninguno	Azul
Estación B	0.151	Ninguno	Azul	0.37	Bajo	Verde	0.002	Ninguno	Azul
Estación C	0.088	Ninguno	Azul	0.31	Bajo	Verde	0.002	Ninguno	Azul

Dando a conocer que las estaciones A y B obtuvieron valores similares, mientras la estación C obtuvo un valor inferior. Indicando ausencia de contaminación por mineralización y buena calidad de las aguas en todas las estaciones, debido a que las variables relacionadas con la conductividad, dureza y alcalinidad; fueron consideradas óptimas de acuerdo a las Normas Técnicas de Calidad del Agua propuestas por el Ministerio de Salud, Decreto 475 de 1998 (Marín y Corredor, 2009).

El índice ICOSUS explicado en términos más generales, nos dice que la estación A, puede llegar a generar de seguir en aumento, una obstrucción del paso de la luz solar, disminuyendo la actividad fotosintética de las plantas acuáticas, y por lo tanto la concentración de oxígeno disuelto, afectando directamente las comunidades acuáticas presentes en esta zona (Patri y Solano, 2008), el valor arrojado por el índice está cercano a 1, y aunque indica que sus aguas no se encuentran en rango de contaminación para el índice de sólidos suspendidos, pero se puede evidenciar una baja abundancia de macroinvertebrados y algas perifíticas para esta estación de muestreo.

Las estaciones B y C obtuvieron puntuaciones inferiores a 0.3 catalogándolas en buen estado de calidad del agua, lo cual indica que los sólidos suspendidos presentes en la corriente hídrica no generan efectos adversos sobre ésta y sobre las comunidades acuáticas presentes (Obando, 2009), y por lo tanto sus comunidades pueden tener cierta sostenibilidad en el tiempo y no están afectadas por los sólidos en suspensión.

Para el índice ICOpH se obtuvo un valor de 0.001 en la estación A y de 0.002 en las estaciones B y C, tabla 10; enunciando que el agua no obtenía ningún grado de contaminación en todo su trayecto. Para entender un poco más este resultado se debe tener en cuenta que el pH de las aguas naturales se debe a la naturaleza de la microcuenca, la cual está influenciada por su morfología, caudal y microclima (Patri y Solano, 2008); pero en la microcuenca La Aldana, demostrando que en esta investigación, no se reporta ningún tipo de contaminación por pH, en las ninguna de las estaciones, y por lo tanto sus comunidades algales y de macroinvertebrados no son afectadas por los cambios del pH.

14. EVALUACIÓN DE LA HIDROMORFOLOGIA DE LA MICROCUENCA.

14.1 Descripción general de la microcuenca

14.2 Hidrología: La microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío, desde su nacimiento a 1561 msnm hasta su desembocadura con la microcuenca Providencia a los 1523 msnm, poseía un trayecto del cauce de 743.011 metros de longitud; con un perímetro de la microcuenca de 1837.935 metros y una área total de 70381.117 m² (SIG, 2014).

14.3 Usos del suelo: El uso que se le aplica actualmente a la microcuenca se basa en la investigación, educación y ecoturismo; enmarcado en el concepto de “Universidad Jardín” como base para lograr el conocimiento, el uso y la conservación de la biodiversidad inmersa en el campus, con la acción estratégica de la creación del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío, por medio de la Política 1, del Acuerdo n° 018 de Diciembre 19 del 2011.

14.4 Actividad económica: La actividad económica en el lugar estuvo representada en guías de educación ambiental a estudiantes, docentes, administrativos y personas del común, para la enseñanza de la conservación de los espacios naturales urbanos; actualmente no se encontró ningún tipo de cultivo pan coger o ganadería.

En la fig 5, se observa el mapa de la universidad del Quindío y zona de estudio, modificado de (Saraza, 2009). En azul claro se observara los tributarios de primer orden pertenecientes a la Microcuenca en la zona alta (estación de muestreo A), allí se encontró una intercepción de dos cauces, para formar uno de segundo orden; en la zona media (estación de muestreo B) y la zona baja (estación de muestreo C); en morado se encontraron ubicados, tres transectos de 50 mts de longitud (estaciones) sobre la margen del cauce y en rojo la cancha de futbol del campus universitario. En el anexo 15 se encuentra la descripción de cada estación de muestreo.

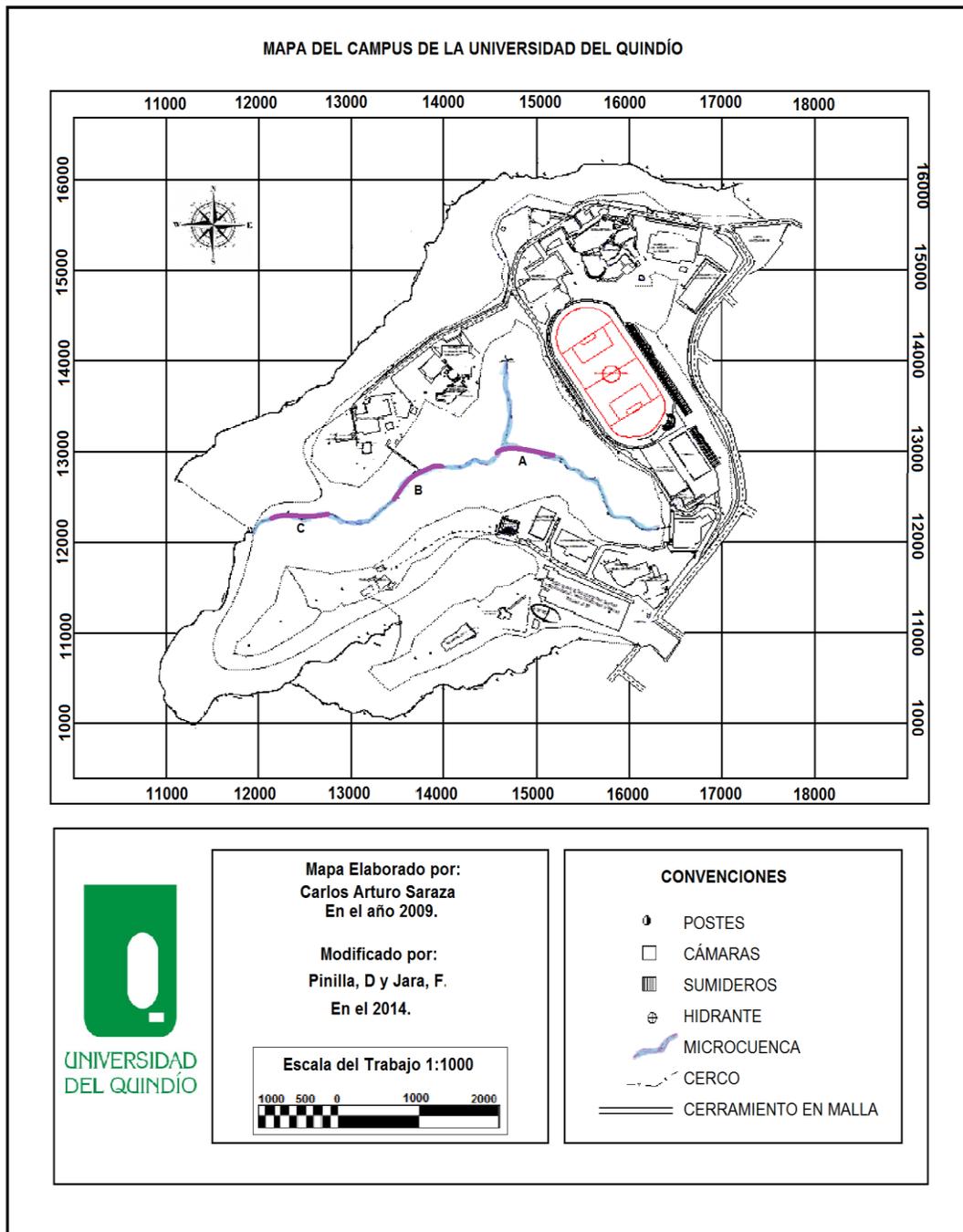


Figura 5: mapa de la Universidad del Quindío, zona de estudio (Planeación Física, 2009) modificado por Pinilla y Jara, 2014.

14.5 MORFOLOGÍA DEL CAUCE

14.6 Estación de muestreo A

14.7 Morfología del cauce: En la zona alta de la microcuenca, se evidencio una de profundidad de 0.30 mts, un ancho húmedo de 0.87 mts, mientras que su ancho seco fue de 2.47 mts.

14.8 Morfología del Caudal: Una velocidad de 0.20 m/s, caudal de 0.01 m³/s y un área de 0.04 m².

14.8 Tipo de corriente: Las turbulencias representaron un 16.25 %, mientras que sus corrientes rápidas fueron de un 27, 5 %, las corrientes lentas de un 17.5 % y las piscinas cubrían un 38.75%.

14.9 Composición del sustrato: Esta fue de roca madre con un diámetro mayor a 25cm representado el 60%, piedra grande de 6 a 25cm en un 15%, piedra pequeña de 0.2 a 6cm en 5%, con un 18% de arena y un 2% de arcilla.

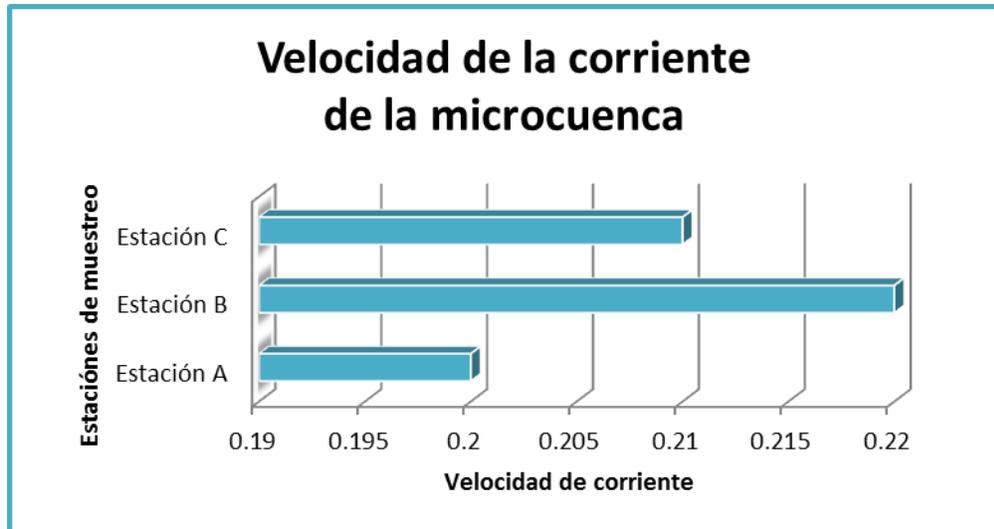
14.10 Componentes orgánicos: Son de tipo detritus como madera, ramas y material vegetal grueso constituyendo el 30%; la materia orgánica particulada como los residuos vegetales, presentaron un tamaño pequeño y cubrían un 70% del cuerpo de agua.

14.11 Problema de Contaminación: Se detectaron depósitos en el cauce de estiércol animal, basura orgánica, basura inorgánica y material de construcción.

14.12 Problemas de erosión: Se detectaron graves problemas de erosión debido a que el suelo carece de una buena protección vegetal, los derrumbes fueron en cárcavas y terracetas de extensión severa.

En la gráfica 5, se observan la velocidad de la corriente de la estación (A), donde fue la menor registrada para tres estaciones de muestreo; mientras que su caudal medio fue de 0,01 m³/s el cual fue homologado al de la estación C, situación que

hace de las estaciones A y C, sean las zonas con las aguas de menor velocidad de corriente en la microcuenca.



Gráfica 5: Comparación de las velocidades medias de corriente por estación de muestreo.

Por lo anterior podemos afirmar que las estaciones A y C son las zonas más lentas de este sistema hídrico, situación que podría favorecer con un ambiente estable a las comunidades algales del lugar, debido a que las corrientes bajas se relacionan con una alta abundancia algal (Zapata y Donato, 2005), citados por Montoya y Aguirre, (2013), estos autores afirman que la variable con mayor explicación de los cambios en las poblaciones de algas en un afluente, es la velocidad de la corriente.

Por otro lado, las turbulencias del cuerpo de agua representadas en un 16,25 %, fue la variable menor registrada de las tres estaciones, lo que hace de esta área la menos turbulenta de la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío, mientras que se obtuvo un 38,75% de piscinas, este porcentaje es el mayor registrado en el afluente.

14.13 Estación de muestreo B

14.14 Morfología del cauce: Zona media de la microcuenca, se evidencio una de profundidad de 0.05 mts, un ancho húmedo de 0.80 mts, mientras que su ancho seco fue de 2.23 mts.

14.15 Morfología del Caudal: Una velocidad de 0.22 m/s, caudal de 0.008 m³/s y un área de 0.04 m².

14.15 Tipo de corriente: Las turbulencias representaron un 37.5 %, mientras que sus corrientes rápidas fueron de un 47.5 %, las corrientes lentas de un 6.5 % y las piscinas cubrían un 8.75%.

14.16 Composición del sustrato: La composición del sustrato nos indicó que el 50% era roca madre, piedra grande de 6 a 25 cm en un 10%, piedra pequeña 0.2 a 6cm en 10%, limo 10%, arena 10% y arcilla en un 10%.

14.17 Componentes orgánicos: Los componentes orgánicos eran de tipo detritus como: madera, material vegetal grueso en un 60% y materia orgánica particulada en un 40%.

14.18 Problema de Contaminación: Las características organolépticas del sedimento presentaron olores fuertes a excretas, con depósitos en el cauce de basura orgánica, basura inorgánica y material de construcción.

14.19 Problemas de erosión: Se presentaron problemas de erosión laminar en forma moderada, erosión en terracetas de manera moderada, pero los derrumbes en cárcavas fueron muy severos.

La velocidad de la corriente de la estación B es la mayor registrada en la microcuenca al ser comparadas con la estación A y C, lo contrario muestra ser su caudal, el cual apenas fue de 0,008 m³/s, siendo este junto a la profundidad, las menores variables registradas para las tres estaciones (Gráfica 5). Por otro lado, las turbulencias y la corriente rápida registradas en el cuerpo de agua de la estación B, de un 37,50 % y un 47,50%, son los mayores porcentajes encontrados en el cuerpo de agua, lo que hace del área la más turbulenta y rápida de la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío; este comportamiento en el aumento de la velocidad de la corriente es explicado por Marín y Corredor, 2009, quienes afirman que la velocidad de la corriente aumenta sus valores según se desciende en la altura, fenómeno que se evidencio al

comparar la estación A ubicada a una mayor altura frente a la estación B (gráfica 5), donde se ve un aumento de la velocidad de corriente al descender en la altura sobre el nivel del mar.

14.20 Estación de muestreo C

14.21 Morfología del cauce: Zona media de la microcuenca, se evidencio una de profundidad de 0.08 mts, un ancho húmedo de 0.68 mts, mientras que su ancho seco fue de 1.15 mts (**tabla de medias**).

14.22 Morfología del Caudal: Una velocidad de 0.21 m/s, caudal de 0.01 m³/s y un área de 0.01 m² (**tabla de medias**).

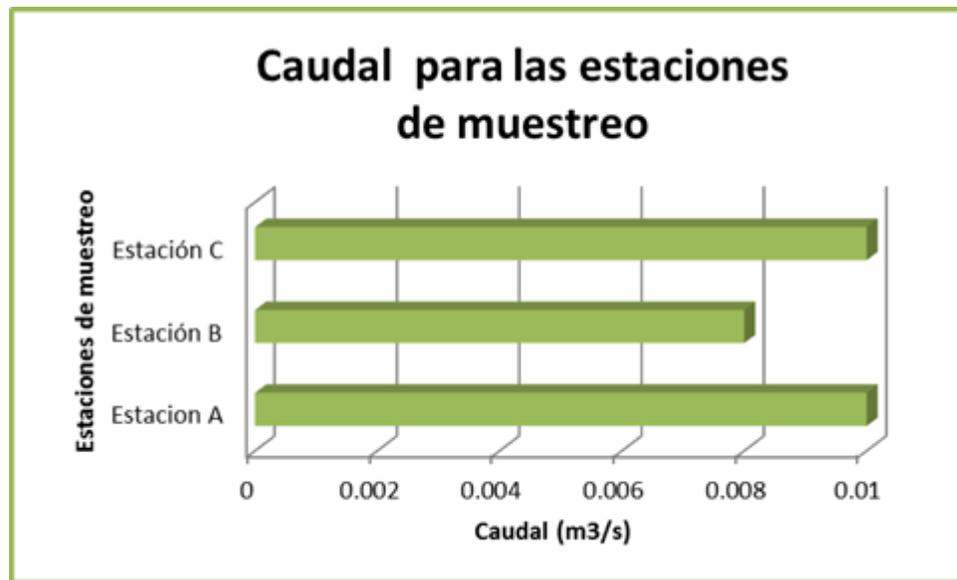
14.23 Tipo de corriente: Las turbulencias representaron un 21.2 %, mientras que sus corrientes rápidas fueron de un 36.2 %, las corrientes lentas de un 23.7 % y las piscinas cubrían un 18.9%.

14.24 Composición del sustrato: La composición del sustrato era inorgánico con piedra grande entre 6 a 25 cm 5%, 0.2 a 6cm en un 45%, grava 10%, arena 20% y arcilla 20%.

14.25 Componentes orgánicos: Los componentes orgánicos del sustrato eran del tipo detritus en un 80% y materia orgánica particulada en un 20%.

14.26 Problema de Contaminación: No se presentaron alteraciones en el cauce y se denotaron depósitos en el cauce como basura inorgánica, orgánica y material de construcción.

14.27 Problemas de erosión: Los problemas de erosión presentes en el lugar eran de un suelo con protección vegetal moderada, derrumbes en terracetas de manera moderada y cárcavas de manera severa.



Gráfica 6: Caudal de la corriente para las estaciones de muestreo.

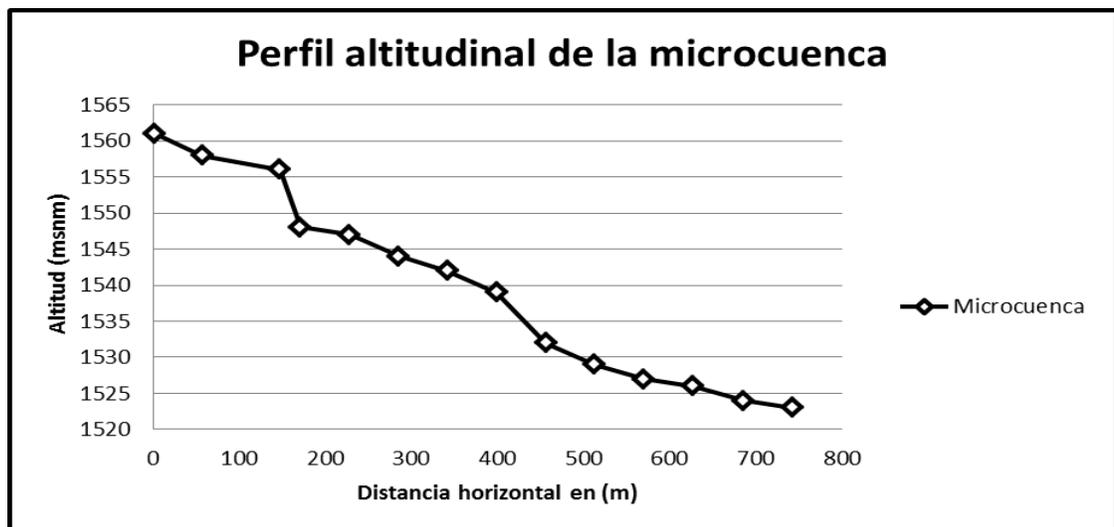
La velocidad media de la corriente de la estación C fue menor en comparación a la de la estación B, y su caudal de 0.01 m³/s fue homologado al de la estación A (Gráfica, 6); al analizar el ancho húmedo y ancho seco medio de la estación C, podemos ver que fueron los menores registros de la microcuenca, lo que hace de esta zona la más angosta de la microcuenca; sus corrientes lentas fueron de un 23,75 %, siendo este el menor registro para las tres estaciones, y el cual, hace de esta zona, la de mayor porcentaje de corrientes lentas.

Las tres estaciones presentaron caudal y velocidades de corriente muy similares (Gráfica 5 y 6), lo cual implica que las comunidades fitoperifíticas no están sometidas a condiciones de flujo diferenciales, lo que puede favorecer su composición (Montoya, et al, 2008), debido a que esto influye en el arrastre de sedimentos y en la dinámica de la microcuenca, lo que influye directamente en el tamaño, fijación, crecimiento y la estabilidad en el tiempo de algunas agrupaciones de algas perifíticas propias del sistema hídrico (Allan, 1995) citado por Montoya, et al, (2008).

En caudales bajos la capacidad de dilución del río disminuye, por lo que la concentración de diversos componentes físico-químicos producidos en el propio cauce, así como aquéllos cuyo origen principal son los efluentes de origen humano se incrementan, lo que influye en la disponibilidad de nutrientes y la abundancia de macroinvertebrados, y como consecuencia un incremento de taxones (Cabria 2009); esta situación se ve reflejada en la abundancia de macroinvertebrados encontradas en la microcuenca La Aldana, la cual es considerable para un cuerpo de agua urbano afectado por el hombre, pero es preocupante el alto grado de erosión de la microcuenca en las estaciones A y B, lo cual aumenta la carga de sedimentos en suspensión, situación que afecta a los macroinvertebrados, puesto que una alta cantidad de partículas en el agua pueden obstruir sus sistemas respiratorios, y causar su muerte por asfixia (Roldan 2003).

14.28 Perfil altitudinal de la microcuenca

En la gráfica 7, se observa el perfil altitudinal de la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío, en la cual se tomó la altitud cada 57 metros en distancia horizontal al cauce. Arrojando que la estación A poseía una pendiente más pronunciada respecto a las estaciones B y C.



Grafica 7, Perfil altitudinal de la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío.

Con este perfil altitudinal se puede observar que la microcuenca conserve una pendiente pronunciada en la zona alta, pero la parte media y baja manifiestan una pendiente más uniforme. Según varios autores como Ibáñez., *et al* (2008) y Montoya y Montoya (2009) esto puede generar las bases para la generación de hidrógrafas (variación del caudal con el tiempo) y un estudio para realizar un análisis de producción de sedimentos y posibles sitios susceptibles de avalanchas y erosión.

15. EVALUACIÓN ESTADÍSTICA CORRELACIONES CANÓNICAS

15.1 Correlaciones canónicas de macroinvertebrados

Para la evaluación estadística realizó un análisis multivariante, bajo el método de correlación canónica, para macroinvertebrados y algas perifíticas; correlacionándolas con los bloques de variables; entre las que encontramos las variables ambientales *in situ*, fisicoquímicas e hidromorfológicos (Carvacho, 2012).

En la tabla 11, se realizó el análisis de correlación canónica: Abundancia de macroinvertebrados vs variables ambientales *in situ*; en donde se encontró las combinaciones lineales de dos conjuntos de variables que tienen la mayor correlación entre ellas.

Tabla, 11. Análisis de correlación canónica entre la abundancia de macroinvertebrados vs variables ambientales *in situ*.

Géneros	Eigenvalor	Correlación Canónica	Lambda de Wilks	Chi-Cuadrada	G.L.	Valor-P
<i>Macrothemis</i> sp	-0.46	2.38	-1.45	-0.48	1.21	-0.50
<i>Hetaerina</i> sp	1.25	-1.47	1.06	-0.53	-1.27	-0.99
<i>Argia</i> sp	0.45	0.01	-0.25	-1.45	1.36	-0.17
<i>Simulium</i> sp	-0.15	-0.05	0.92	0.33	0.51	-0.71
VARIABLES						
Temperatura ambiente	1.70	-6.87	-2.72	-0.74	2.09	-0.35
Humedad relativa	-2.53	-2.17	-3.03	-0.45	-1.78	-5.70
pH	-1.78	5.77	-4.33	0.38	2.54	-0.18
Oxígeno Disuelto	5.74	0.51	0.23	-1.12	-1.95	-2.10
Conductividad	0.17	0.71	0.99	0.59	0.63	-0.00

En este caso, se formaron seis conjuntos de combinaciones lineales. El primer conjunto de combinaciones lineales en *Macrothemis* sp, *Hetaerina* sp, *Argia* sp y *Simulium* sp, lo cual demuestra que están relacionadas con la temperatura ambiente, humedad relativa, pH, oxígeno disuelto y conductividad; en la tabla 11 se muestra las correlaciones estimadas entre los dos conjuntos de variables canónicas, dado que cuatro de los valores-P, son menores que 0.05, esos conjuntos tienen una correlación estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95.0%.

Lo anterior nos indicó que estas variables representan un alto porcentaje, alrededor del 95 %, demostrando que las variables ambientales se encuentran

relacionadas con los cambios en las abundancias de estos macroinvertebrados (Vivas, et al. 2002).

En la tabla 12, se realizó el análisis canónico de las abundancias de macroinvertebrados vs variables físico-químicos; en donde se encontró las combinaciones lineales de dos conjuntos de variables que tienen la mayor correlación entre ellas.

Tabla, 12. Análisis de correlación canónica entre la abundancia de macroinvertebrados vs variables fisicoquímicos.

<i>Géneros</i>	<i>Correlación Canónica</i>	<i>Lambda de Wilks</i>	<i>Chi-Cuadrada</i>	<i>Valor-P</i>
<i>Rhagovelia</i> sp	0.16	-0.74	1.23	-0.43
<i>Hetaerina</i> sp	-0.87	1.78	-0.003	-0.28
<i>Leptonema</i> sp	-0.23	-1.32	0.92	0.05
Variables				
pH Lab	-1.83	1.06	0.63	-0.39
Alcalinidad Lab	-2.98	-2.91	-1.30	-0.43

Este procedimiento encuentra las combinaciones lineales de dos conjuntos de variables que tienen la mayor correlación entre ellas. En este caso, se formaron cuatro conjuntos de combinaciones lineales.

El primer conjunto de combinaciones lineales es *Rhagovelia* sp, *Hetaerina* sp y *Leptonema* sp, demostrando una relación con el pH y la alcalinidad; La tabla 12, muestra las correlaciones estimadas entre cada conjunto de variables canónicas. Dado que los valores-P son menores a 0.05, ese conjunto tienen una correlación estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95.0%.

Debido a la relación que se obtuvo de estos géneros con estas dos variables fisicoquímicas podemos decir que las variaciones del agua, pueden ser difíciles de detectar, tanto por haberse mitigado sus efectos aguas abajo, como por ser sólo detectables en el momento en el que se producen (Ozcoz *et al.*, 2006) citado por (Carvacho, 2012). En este sentido, el estudio de la comunidad de macroinvertebrados permitió realizar un análisis que refleja la situación del sistema acuático, siendo, las características físico-químicas del medio como el pH y

alcalinidad, las que ejercen una importante influencia sobre la abundancia de los macroinvertebrados (Vivas et al., 2002) y son a menudo los parámetros a los cuales los organismos son más sensibles (Roldán, 2008).

En la tabla 13, se realizó el análisis canónico de las abundancias de macroinvertebrados vs variables hidromorfológicas; en donde se encontró las combinaciones lineales de dos conjuntos de variables que tienen la mayor correlación.

Tabla, 13. Análisis de correlación canónica entre la abundancia de macroinvertebrados vs variables hidromorfológicas.

Géneros	Eigenvalor	Correlación Canónica	Lambda de Wilks	Chi-Cuadrada	G.L.	Valor-P
<i>Hetaerina</i> sp	-1.47	1.84	-0.94	-0.021	0.27	-1.10
<i>Leptonema</i> sp	0.08	-0.05	0.59	-1.22	1.49	-2.16
<i>Simulium</i> sp	-0.36	0.56	0.90	0.67	-0.18	-0.07
Variables						
Corriente Rápida	0.33	0.83	0.71	-0.20	0.66	-0.12
Corriente Lenta	-0.98	0.00	-0.13	-0.22	0.52	-0.08

En este caso, se formaron 3 conjuntos de combinaciones lineales. El primer conjunto de combinaciones *Hetaerina* sp, *Leptonema* sp y *Simulium* sp, relacionadas con la corriente rápida y corriente lenta. La tabla 13 muestra las correlaciones estimadas entre cada conjunto de variables canónicas. Dado que los valores-P son menores que 0.05, brindándole a ese conjunto una correlación estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95.0%.

La abundancia de estos tres géneros, no presentó mayores cambios, aunque disminuyó por el cambio brusco de una temporada de altas lluvias a una sin presencia de lluvias; en los meses de agosto y noviembre, el cual afectó la abundancia de macroinvertebrados al aumentar el nivel del caudal, debido a que la corriente arrasó con el sustrato y, con este, los organismos más abundantes en este ecosistema (Ospina, 2006). Por lo tanto se demostró que ante los cambio de velocidad de la corriente obtuvieron una mayor resistencia los géneros *Hetaerina* sp, *Leptonema* sp y *Simulium* sp.

15.2 Correlaciones canónicas de algas

En la tabla 14, se realizó el análisis canónico de las abundancias de algas perifíticas vs variables ambientales *in situ*; en donde se encontró las combinaciones lineales de dos conjuntos de variables que tienen la mayor correlación entre ellas.

Tabla, 14. Análisis de correlación canónica entre la abundancia de algas perifíticas vs variables ambientales *in situ*.

Géneros	Eigenvalor	Correlación Canónica	Lambda de Wilks	Chi-Cuadrada	G.L.	Valor-P
<i>Oscillatoria</i> sp	-0.99	1.05	1.12	0.60	-0.95	-0.14
<i>Cyclotella</i> sp	0.20	0.46	-0.20	0.55	0.80	-0.43
<i>Navicula</i> sp	-0.11	-0.95	-0.63	-0.30	-0.42	0.02
<i>Tabellaria</i> sp	0.97	0.29	0.99	0.97	-0.61	-0.59
Variables						
Temperatura ambiente	0.04	-5.12	-2.89	-0.95	3.31	-5.17
Humedad relativa	-3.03	-4.72	1.44	2.99	-3.72	-3.06
Oxígeno Disuelto	3.82	2.30	2.48	0.45	-0.62	-4.83

En este caso, se formaron 4 combinaciones lineales. El primer conjunto de combinaciones lineales *Oscillatoria* sp, *Cyclotella* sp, *Navicula* sp y *Tabellaria* sp en relación con la temperatura ambiente, Humedad relativa y Oxígeno Disuelto (O.D). La tabla 14, muestra las correlaciones estimadas entre cada conjunto de variables canónicas. Dado que 4 de los valores-P son menores que 0.05, esos conjuntos tienen una correlación estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95.0%.

Podemos decir que los géneros de algas están relacionados con estas variables ambientales, debido a que estas pueden generar un cambio en la química del agua, que afectan de forma indirecta a las abundancias de las comunidades de algas perifíticas (Ramírez, 2007).

En la tabla 15, se ejecutó el análisis canónico de las abundancias de algas perifíticas vs variables fisicoquímicas; en donde se encontró las combinaciones lineales de dos conjuntos de variables que tienen la mayor correlación entre ellas.

Tabla, 15. Análisis de correlación canónica entre la abundancia de algas perifíticas vs variables fisicoquímicos.

<i>Géneros</i>	<i>Correlación Canónica</i>	<i>Chi-Cuadrada</i>	<i>Valor-P</i>
<i>Oscillatoria</i> sp	0.030	-0.80	-0.76
<i>Cyclotella</i> sp	0.17	-0.31	-0.14
<i>Gomphonema</i> sp	-0.06	0.32	-0.83
<i>Tabellaria</i> sp	0.09	-0.33	-0.85
<i>Variables</i>			
Oxígeno disuelto	0.36	-2.54	-1.56

En este caso, se formaron 3 conjuntos de combinaciones lineales *Oscillatoria* sp, *Cyclotella* sp, *Gomphonema* sp y *Tabellaria* sp en relación con el oxígeno disuelto. La tabla 15 muestra las correlaciones estimadas entre cada conjunto de variables canónicas. Dado que dos de los valores-P son menores que 0.05, esos conjuntos se correlacionan estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95.0%.

Los niveles de oxígeno disuelto y su concentración, definen el tipo de especies, la estructura y funcionamiento biótico de la algas perifíticas (Acosta, et al., 2005) citado por Parra, et al (2011), lo que ejerce una alta influencia sobre la abundancia de alga perifítica, corroborado con una correlación del 95%.

En la tabla 16, se elaboró el análisis canónico de las abundancias de algas perifíticas vs hidromorfológicas; en donde se encontró las combinaciones lineales de dos conjuntos de variables que tienen la mayor correlación entre ellas.

Tabla, 16. Análisis de correlación canónica entre la abundancia de algas perifíticas vs variables hidromorfológicas.

Géneros	Correlación Canónica	Lambda de Wilks	Chi-Cuadrada	G.L.	Valor-P
<i>Microspora</i> sp	-1.16	0.12	-0.54	-1.10	-0.65
<i>Gomphonema</i> sp	0.20	0.33	-0.02	-0.05	0.04
<i>Tabellaria</i> sp	0.88	0.61	0.09	-0.81	-1.32
Variables					
Caudal	-0.62	-0.27	-0.34	0.59	-3.78
Turbulencias	-0.26	-0.05	-1.06	0.45	-0.47
Corriente Rápida	-0.06	0.02	0.53	1.15	-0.07
Piscinas	-0.26	-0.33	0.30	0.37	-0.80

Este procedimiento encuentra combinaciones lineales de dos conjuntos de tres variables que tienen la mayor correlación. En este caso, *Microspora* sp, *Gomphonema* sp y *Tabellaria* sp, la cuales se correlacionan con el caudal, turbulencias, corriente rápida y piscinas. La tabla 16 muestra las correlaciones estimadas entre cada conjunto de variables canónicas. Dado que 2 de los valores-P son menores que 0.05, esos conjuntos tienen una correlación estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95.0%.

Debido a lo anterior podemos ver que la disminución y el aumento del caudal se relacionan estrechamente con estos tres géneros algales, debido al volumen de agua que se mueve de un punto a otro en una unidad tiempo, el cual está determinado por el clima, la vegetación, la geología y el terreno, situación que cambia los patrones de flujo y las respuestas en el tiempo de las comunidades fitoperifíticas (Allan y Castillo, 2007), influyendo en la abundancia de estos géneros. Por tal situación se pueden alterar severamente las comunidades acuáticas, causando la desaparición de muchos individuos de cada población, cambios en la fenología de la producción biótica o alteraciones significativas en las biocenosis incluyendo aquellas que comprometen ecosistemas terrestres (Allan y Castillo, 2007).

16. ELABORACIÓN DE MATERIAL PEDAGÓGICO

16.1 CARTILLA PEDAGÓGICA

Por medio del manejo de una parte de los resultados, se realizó una cartilla pedagógica CD rotulado; con la cual se pretende enseñar de manera didáctica y sencilla la importancia de las comunidades bentónicas de Macroinvertebrados y Algas perifíticas de la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío, enseñando a la comunidad Universitaria y todo aquel que se encuentre interesado en el tema, en visualizar y conocer los géneros más representativos encontrados en este afluyente superficial; la importancia ecológica que estos organismos poseen, y algunas de sus características biológicas principales; además, esta incluye algunas actividades didácticas que permitirán el aprendizaje ameno, y la interacción docente-estudiante.

16.2 FOLLETO EDUCATIVO

Se elaboró un folleto CD rotulado, que permite a la comunidad en general y al lector conocer y aprender de manera rápida y sencilla los principales géneros de algas y macroinvertebrados presentes en la microcuenca.

16.3 PÁGINA WEB

De la manera más sencilla posible se modificó y adecuo parte de la información obtenida en este trabajo, identificando los espacios gratuitos de internet, como una herramienta pedagógica que permite la circulación del conocimiento y la información científica, enseñando el caso de la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío, para permitir la formación del conocimiento básico sobre este tema, en personas ubicadas en diferentes partes del planeta tierra donde exista conexión a la web; lo cual permite la movimiento gratuito de conocimiento básico sobre las problemáticas de contaminación de las microcuencas urbanas, y la importancia ecológica de las comunidades bentónicas de algas perifíticas y macroinvertebrados que habitan en este tipo de sistemas

acuáticos urbanos, el link de la página web es <http://fajal.wix.com/microcuencalaaldana>.

16.4 DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y LOGROS DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo de investigación participo en la modalidad de ponencia oral, bajo el termino de concurso, en el VIII Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ciencias Biológicas Anexo 7, 8 y 9, realizado en la ciudad de Cusco-Perú, el cual fue organizado por la Universidad San Antonio de Abat del Cusco; bajo la dirección de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNSAC, del 29 de Octubre al 1 de Noviembre de 2013, link de página web es: <http://viiiiclecb.wix.com/viii-clecb-2013#!organizacion/cjg9>.

Gracias a la participación de este trabajo de investigación en este congreso, se obtuvo un reconocimiento público a mejor ponencia oral, el cual fue dado a través de una Chalina (Bufanda) Anexo 10; este reconocimiento fue publicado en la página institucional de la Universidad del Quindío Anexo 12 y link: <http://portal.uniquindio.edu.co/noticias/?p=23627>.

En este congreso se obtuvo la participación en la postulación de la sede, dirección y ejecución del IX Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ciencias Biológicas; en el cual se logró una votación por mayoría , quedando la Universidad del Quindío como la nueva sede del evento, bajo la dirección del programa de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental, con el apoyo de Vicerrectoría de Investigaciones, el cual se llevara a cabo durante el 13, 14, 15 y 16 de Octubre de 2014 en la ciudad de Armenia-Quindío, Anexo 11.

Página web del evento puede ser consultada en el link electrónico: <http://academia.uniquindio.edu.co/academia/eventos/cienciasbiologicas/index.php>.

17. CONCLUSIONES

Las comunidades de macroinvertebrados de la microcuenca La Aldana del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío, estuvieron representadas por: 5 clases, 11 órdenes, 24 familias y 31 géneros con un total de 230 individuos colectados.

Los macroinvertebrados que presentaron mayor abundancia fueron los representantes de la clase Insecta, con un valor del 73,3%, distribuidos en 6 órdenes, 19 familias y 26 géneros.

La composición en espacio y tiempo de las comunidades de macroinvertebrados en la microcuenca, cambiaron y fluctuaron en las diferentes estaciones como también en los meses de muestreo, indicando que estos organismos poseen diferentes niveles de adaptación y resistencia a los impactos generados por actividades antropicas.

Las comunidades de Algas perifíticas de la microcuenca del jardín Botánico de la Universidad del Quindío estuvieron representadas de la siguiente manera: 4 clases, 6 órdenes, 10 familias y 18 géneros de los cuales 3 son morfoespecies, para un total de 9753 individuos colectados.

Las Algas con mayor abundancia fueron; la clase Bacillariophyceae con un 44.4%, distribuida en 2 ordenes, 4 familias y 8 géneros, entre las cuales se encontró una morfoespecie (*Morpho 1 sp*). Para Euglenophyceae con un 27.7 % representada por 1 orden, 1 familia, 3 géneros y 2 morfoespecies (*Morpho 2 sp* y *Morpho 3 sp*). Cyanophyceae con un 16.7%, un orden, tres familias y tres géneros y por ultimo Chlorophyceae con 11.1%, con 2 ordenes, 2 familias y 2 géneros.

La composición en espacio y tiempo de las comunidades de algas perifíticas en la microcuenca, cambiaron y fluctuaron en las diferentes estaciones como también en los meses de muestreo, esto nos demostró que las algas son organismos que tienen adaptaciones especiales en cuanto a la tolerancia a los cambios en su ambiente.

La calidad del agua por medio del índice BMWP/adaptado por Zamora, 2007 indico aguas de la clase V para la zona alta del cuerpo de agua, lo que evidencia que su calidad es crítica, debido a la descarga directa de aguas residuales y domesticas de la comuna 10 y el campus universitario, mientras que la parte media y baja del afluente, indicaron ser de la clase IV, lo que propone que la calidad de sus aguas es dudosa.

Los índices de calidad del agua (ICA) para las tres estaciones muestreo obtuvo una media para cada valor de: 0.132 para el ICOMI, 0.52 para ICOSUS y de 0.001 para el ICOpH, situación que nos indica una calidad de agua con contaminación baja, situación que concuerda con los valores obtenidos para ICOMI, que fue de 0.132, de 0.37 para ICOSUS y de 0.001 para el ICOpH, lo que comprueba que las aguas de la microcuenca se encuentran en un estado de contaminación bajo.

El comportamiento de la variables hidromorfológicas evidenció que la microcuenca actualmente se presenta un estado avanzado de erosión en las estaciones A y B, situación que se ve favorecida gracias al alto grado de inclinación de la zona ribereña en estos sectores de la zona alta y media, situación que es mitigada en la estación C de la parte baja, gracias a que él bosque ayudo a evitar la erosión en la zona ribereña.

Debido al deterioro actual de la microcuenca del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío, se hace importante que se realicen estudios profundos sobre las comunidades biológicas inmersas y dependientes de él, que ayude a revelar la estructura ecológica de esta microcuenca urbana, y permita la gestión de modelos de conservación y sostenibilidad de afluentes superficiales urbanos.

18. RECOMENDACIONES

Se recomienda promover la implementación del decreto 3100/03 Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV), para que de esta manera se permita avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos contaminantes arrojados a esta microcuenca, el cual incluya la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales descargadas al sistema público de alcantarillado, tanto sanitario como pluvial.

Se observa la necesidad de realizar un estudio topográfico y de suelos de la zona ribereña de la microcuenca, por medio del cual se pueda poner en marcha las acciones pertinentes para el control y mitigación de la erosión que sufre en la actualidad la microcuenca, evitando un mayor deterioro de este cuerpo hídrico.

Teniendo en cuenta que el POT de Armenia no tiene un nombre definido para esta microcuenca, proponemos siendo este cuerpo de agua, la principal fuente hídrica del Jardín Botánico de la Universidad del Quindío, obtenga un nombre propio, por lo que recomendamos llamarla microcuenca *Cedro Rosado*.

Invitamos a la comunidad universitaria y en general a apropiarse de la problemática actual de este sistema hídrico, utilizando las herramientas que les confieren sus áreas del conocimiento y así contribuyendo a la conservación de estos ecosistemas acuáticos urbanos.

Sugerimos la generación y puesta en marcha de investigaciones sobre algas periféricas urbanas y en otros cuerpos de agua en general, tanto para la zona urbana del municipio de Armenia y las zonas montañosas del Quindío, los cuales ayuden a mitigar los vacíos académicos para el departamento y el país, en este campo del conocimiento.

19. BIBLIOGRAFÍA

Acleto, O. y Zúñiga, A. 1998. Introducción a las algas. (1ra edición). Lima, Perú. 500pp

APHA, AWWA y WPCF. 1992. Standard Methods: for the examination of water and wastewater. 19 Edition.

APHA, AWWA y WPCF. 1998. Standard methods, for the examination of water and wastewater. American public health association, Inc. (20th Edición). New York.

APHA, AWWA y WPCF. 2005. Standard Methods: for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington, D.C.

Aprile, F. y Mera, P., 2007. Fitoplancton y Perifiton de un Río de Aguas negras de la periferia Norte de la Amazonia, Brasil. *Sistemas acuáticos*, 11(2), pp.1–14.

Angermeir, P. y Karr, R. Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams. *Environ. Biol. Fishes*. 1983; 9: 117-135.

Aragon, Y. y Murillo, S. 2005. Incidencia de la variación fisicoquímica del agua sobre la colonización del fitoperifiton en un sustrato artificial Quibdó-Chocó. *Revista Institucional. Universidad Tecnológica del Chocó D. L. C.* (23): 26-33.

Arango, M; Álvarez, L y Arango, G. 2008. Calidad del agua de las quebradas La Cristalina y La Risaralda, San Luis, Antioquia. *Revista escuela de Ingeniería de Antioquia*, 9, pp.121–141.

Arias, S y Morales, S. 1995. Aprovechamiento de Lacto suero y Evaluación del impacto ambiental causado por el vertimiento de este en la quebrada Universidad del Quindío. Universidad del Quindío. Facultad de Educación.

Armenteras, D., Ramírez, D., Cabrera, E., Morales, M., & Bernal, N. 2005. Análisis preliminar de patrones del paisaje en paisajes rurales ganaderos. Instituto de investigación de recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Álvarez, L., 2005. Metodología para la evaluación de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de los recursos hidrobiológicos. , p.139. Available at: <http://www.humboldt.org.co/download/andes/IAVH-00624.pdf>.

Barros J., Zapata J., y Vallejo L. 2011. Propuesta para el manejo de cauces urbanos. Estudio de caso en Medellín, Colombia. Escuela de Ingeniería de Antioquia. Grupo de investigación Espiral.

Badii, M. y Landeros, J. 2007. Cuantificación de la fragmentación del paisaje y su relación con Sustentabilidad. *International Journal of Good conscience*. 2 (1). Pp. 26-38.

Bicudo, C. y Prescott, G. 1983. Synopsis of North American Desmids; part II, Desmidiaceae, section 5, University of Nebraska, London.

Bicudo, C y Menezes, M. 2004. Géneros de Algas de aguas continentales de Brasil. Claves para identificación y descripción. Editorial RIMA. 2 ediciones. Sao Carlo. Brasil.

Bustamante, C., Monsalve, A. y García, L., 2007. Los Caudales Ecológicos: Herramienta Fundamental en la Gestión Integral de las Fuentes Hídricas Del Quindío. *Revista de investigaciones de la Universidad del Quindío*, 17(17), pp.205–221.

Bustamante, C., Mejía, C., Torres, S. *et al*, 2008. Composición y abundancia de la comunidad de fitoperifiton en el Río Quindío. *Revista de investigaciones de la Universidad del Quindío* (18): 15-21. Armenia – Colombia.

Castro, G. I. 1995. Inventario de la flora del relicto vegetal y elaboración de folletos para visitantes al sendero de interpretación ambiental “Cedro Rosado”

de la Universidad del Quindío: Trabajo de grado. Departamento de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental.

Cabria M., 2009. Estudio de la variabilidad espacio-temporal de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en los ecosistemas fluviales de cantabria. repercusiones para la aplicación de la directiva marco del agua. Universidad de Cantabria. dpto. de ciencias y técnicas del agua y del medio ambiente grupo de emisarios submarinos e hidráulica ambiental.

Carvacho, A. 2012. Estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y desarrollo de un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca de Limari en Chile. Universidad de Barcelona.

Colwell, R. y Coddington, J. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Phil. Trans. Royal Soc. London B, 345: 101-118.

Colwell, R. 2000. Estimates: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide), Version 6.0. Disponible en <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.

Confederación Hidrográfica del Ebro "CHE", (2005). Protocolos para el muestreo y análisis del Fitobentos. Ministerio del Medio Ambiente. España.

Coscarón, C. 2001. Díptera: Simuliidae. En: Fernández H. y Domínguez E. editores. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo. (Argentina). p. 195-219.

Chará A., Chará J., Zúñiga M., Pedraza G., y Giraldo L. 2003. Clasificación trófica de insectos acuáticos en ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera colombiana. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria.

Corporación Autónoma Regional del Quindío “C.R.Q”, 2013. Boletín Hidrometeorológico No. 085 Agosto de 2013. , (085), p.4.

Corporación Autónoma Regional del Quindío “C.R.Q”, 2013. Boletín Hidrometeorológico No. 085 Septiembre de 2013. , (085), p.5.

Corporación Autónoma Regional del Quindío “C.R.Q”, 2013. Boletín Hidrometeorológico No. 085 Noviembre de 2013. , (085), p.4.

Corporación Autónoma Regional del Quindío “C.R.Q”, 2013. Boletín Hidrometeorológico No. 085 Diciembre de 2013. , (085), p.4.

Corporación Autónoma Regional del Quindío “C.R.Q”, 2013. Fotografía software online (SIG). Tomada en la página web del Software SIG. Sistema de Información Geográfica para el departamento del Quindío. <http://200.21.93.53/sigquindioii/VisorGeneral.aspx>

Darley, M. 1991. Biología de las Algas: Enfoque fisiológico. Editorial LIMUSA. Departamento de botánica. Universidad de Georgia. Pág 230.

Decamps, H y Naiman, R. 1999. La ecología de los ríos. En revista el mundo Científico. Vol 9. Pág- 470-479.

De la Parra, A. y Rodelo, K., 2012. Composición y abundancia de la comunidad de Algas perifíticas del río Cesar asociado a variables físico-químicas e hidrológicas durante los meses de febrero-septiembre del año 2011. Universidad del Atlántico.

Domínguez, E. y Fernández, H. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos Sistemática y biología. Primera. E. Domínguez & H. Fernández, eds., Tucumán Argentina: Fundación Miguel Lillo. Available at: www.lillo.org.ar.

Esteves, F. 1988. Fundamentos de Limnología. Editora Interciencia/Finep. Rio de Janeiro. 575 p.

Fernández, N y Solano, F. 2005. Índices de Calidad y de Contaminación del Agua. Universidad de Pamplona.

Fernández, N., Ramírez, A. y Solano, F. 2001. Índices Físicoquímicos de calidad del agua. Un estudio comparativo. , 81(3), pp.211–219. Available at: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/fisic.pdf>.

García, C., Román C., y Barrero A., 2010. Composición y variación temporal de la comunidad de insectos acuáticos (Insecta) en la quebrada Sardineros, afluente río verde, alto Cauca, Colombia. Programa de Biología Universidad del Quindío

Giraldo, V; Londoño, C y Bustamante, C. 2008. Diagnóstico de la calidad ambiental del agua para uso agrícola de la quebrada Los Micos afluente de a microcuenca El Pencil Filandia Quindío. En: Colombia Revista De La Asociación Colombiana De Ciencias Biológicas. ISSN: 01204173 ed.: Asociación Colombiana De Ciencias Biológicas v.1 fasc.20 p.82 – 93.

Gotelli, N. y Colwell, R. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. Ecol. Lett., 4: 379-391.

González, A. (1998). El plancton de las aguas continentales. Caracas. OEA.

González, E., Trujano, M., Contreras, A., y García, A. 2012. Nuevos registros de *Libélula pulchella* (Odonata: Libellulidae) y *Phyllogomphoides albrighti* (Odonata: Gomphidae) para el valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 83: 847-849, 2012. DOI:10.7550/rmb.29630.

Guzmán., P. 1993. Catálogo de organismos fitoplanctónicos identificados en el río Guayas. Instituto Nacional de Pesca. Boletín Científico Nacional. Vol 12. No 4. Guayaquil – Ecuador. 100 pp.

Gualtero., D. 2007. Composición y Abundancia de las algas bénticas de cinco

sistemas loticos de puerto rico. Puerto Rico: tesis maestría.

González, E., Trujano M., Contreras A., y García U. 2012. Nuevos registros de *Libellula pulchella* (Odonata: Libellulidae) y *Phyllogomphoides albrighti* (Odonata: Gomphidae) para el valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Hammond, P. 1994. Practical approaches to the estimation of the extent of biodiversity in species groups. Phil. Trans. Royal Soc. London B 345: 119-136.

Hernández, E., Aguirre N. y Palacio J. 2005. Variación Espacio-temporal de las estructura de la comunidad perifíticas en la microcuenca de la quebrada la vega, municipio de San Roque (Antioquia), Colombia. Actual Biol. 27(82): 67-77.

Heckman, C. 2006. Encyclopedia of South American Aquatic Insects: Odonata – Anisoptera. Illustrated Keys to Known Families, Genera, and Species in South America. Editorial Springer. Institute for Hydrology and Fishery Science, Hamburg, Germany. ISBN: 978-1-4020-8176-7.

Heckman, C. 2008. Encyclopedia of South American Aquatic Insects: Odonata – Zygoptera. Illustrated Keys to Known Families, Genera, and Species in South America. Editorial Springer. Olympia Washington USA

Huamantínco, A., y Ortiz W. 2010. Clave de géneros de larvas de Trichoptera (Insecta) de la Vertiente Occidental de los Andes, Lima, Perú. *Revista Peruana De Biología*, 17(1), pp.75–80. Available at: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/54/49>.

Iriondo, M. 2000. Taxonomía y Conservación: dos aproximaciones a un mismo dilema. Dpto. Biología Vegetal; Universidad Politécnica de Madrid España. *Portugaliae Acta Biol.* 19: 1-7.

IDEAM, I. de H.M. y E.A., 2013. AGOSTO DE 2013 Índice 1. Análisis de las condiciones meteorológicas en Colombia. , p.26. Available at: <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=954>.

Jiménez, A. y Hortal, J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista ibérica de Aracnología*. Vol 8. Madrid, España. Pp. 151-161.

Kattan, G. 2002. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Ediciones LUR, Cartago, CR. PP. 561 – 590.

Londoño, O., Arrubla J., Zarate M., Torrez M., Beltrán I., y Toro J. 2004. Determinación de la calidad ambiental del río Santo Domingo, Municipio de Calarcá, Departamento del Quindío. En revista de investigaciones universidad del Quindío. PP. 39-48.

López, A., 2003. El análisis de correspondencias. p.28. Available at: <http://personal.us.es/analopez/afc.pdf>.

Lugo, M., Crespo, E., y Menoyo, E. 2008. *Diversidad Vegetal Guía de trabajos prácticos*, San Luis, Argentina: Universidad Nacional de San Luis. Available at: http://www0.unsl.edu.ar/~fqbf/departamentos/BioqBiol/_apuntes_archivos/ecologia/diversidad_vegetal/parte_1.pdf

Marín, C., Corredor, V., y Bustamante, C. 2011. Aspectos Ecológicos de comunidades bénticas de un sistema fluvial andino, Armenia-Quindío, Colombia. *Revista de investigaciones de la Universidad del Quindío*, 22(22), pp.58–69.

Marín, O. 2005. Avifauna del campus de la universidad del Quindío. *Boletín SAO Vol. XV, XV (02)*, pp.42–60.

Marín, N., y Corredor, V., 2009. Estudio de la calidad hidrobiológica en la quebrada la florida, unidad de manejo de cuenca del río Quindío, Armenia – Quindío. Universidad del Quindío. Facultad de educación.

Marmels, J. 2005. La larva de *Progomphus dorsopallidus* Byers, 1934, (Odonata: Gomphidae), con una clave para identificar las larvas de otras especies del género del norte del Río Orinoco, Venezuela. Entomotropica Vol. 20(3): 235-238. Diciembre 2005. ISSN 1317-5262.

Maroñas, M., Marzoratti, G., Vilches, A., Legarralde, T., y Darrigran G. (2010). Guía para el estudio de macroinvertebrados. II.- Introducción a la metodología de muestreo y análisis de datos. ProBiota, FCNyM, UNLP, La Plata, Argentina, Serie Técnica y Didáctica 12: 1-34. ISSN 1515-9329. ProBiota.

Meruane, C., y Garreaud, R. 2006. Determinación de Humedad en la Atmósfera. Documento digital disponible en el link: <http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/modHR.pdf>.

Merritt, R., y Cummins, Z. 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. (3ra edición), New York. 862 pp.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua MMAYA, 2011. Guía para Evaluar la Calidad Acuática Mediante el Índice BMWP/Bol. La Paz Bolivia. Disponible http://www.cuencasbolivia.org/files/guia_bioindicadores_final_19.12.11.pdf

Mosquera, D. 2008. Bioindicación de la calidad del agua del río Cali usando macroinvertebrados acuáticos. En: VIII Seminario Colombiano de Limnología y I Reunión Internacional de Cuencas Bajas y Zonas Estuarinas (3: 13-15, noviembre: Santiago de Cali). Memorias. Santiago de Cali, 130p.

Montoya M., Ramírez J., y Segecin R., 2008. diatomeas perifíticas de la zona de ritral del río medellín (antioquia), colombia. Instituto de Biología, Universidad

de Antioquia. A. A. 1226. Medellín (Antioquia), Colombia. Actu Biolvol.30-no.89
Medellín July/Dec. 2008

McGarigal, K., Cushman S., Neel M., y Ene, E. 2002. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Disponible en el web site:
<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>

Navarro, J., Ávila, J., y Cabrera, 2011. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Segunda ed. F. Zuñiga, J. Palacio, & H. González, eds., México, D.F.: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO Col. Copilco-Universidad Delegación Coyoacán 04360. Available at:
<http://www.ciga.unam.mx/ciga/images/stories/publicaciones/libros/tmestreo.pdf>.

Nieto, O. 2010. Armenia Colombia: Gestión Integral de las Microcuencas y de las Áreas Naturales Protegidas, Armenia, Quindío. Available at: http://www.uclg-cisdg.org/sites/default/files/Armenia_2010_es_FINAL_0.pdf.

Norris, R., y Hawkins C. 2000. "Monitoring river health". Hydrobiology 435: 5-17.

Nuñez, J., y Zuluaga, C., 2008. Índice de calidad del agua del arroyo Paraluz, Caño Garrapata y Ciénaga Matepalma en jurisdicción del municipio de el paso (Cesar). Universidad Popular del Cesar.

Oyanedel, A. Valdovinos, C. Azócar, M. Moya, C. Mancilla, G. Pedreros, P y Figueroa, R. 2008. Patrones de distribución espacial de los macroinvertebrados bentónicos de la cuenca del río Aysen (Patagonia Chilena). Gayana, 72(2), pp.241–257.

Ospina, F. Estévez, J. Betancur, J y Realpe, E. 2004. Estructura y composición de la comunidad de macro invertebrados acuáticos asociados a *Tillandsia*

turneri Baker (Bromeliácea) en un bosque alto andino Colombiano. Acta Zoológica Mexicana, 20(153-166). Available at: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57520113>.

Ospina, R., y Cardona, G. 2005. Análisis del paisaje y su influencia sobre las características florísticas de los bosques dominados por *Guadua angustifolia* en el eje cafetero colombiano. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 3(1), 64-74.

Ospina, D., 2006. Efecto del régimen ambiental de caudales sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el tramo La Playa – Puente Balboa del río Quindío. Universidad del Quindío. Facultad de educación.

Obando, N., 2009. Evaluación hidrobiológica de la quebrada Cajones, unidad de manejo de cuenca IMC río Espejo, Montenegro – Quindío. Universidad del Quindío.

Proyecto Voluntarios, 2007. Cuaderno de Campo. Ministerio de Medio Ambiente. Confederación Hidrográfica del EBRO. Disponible en el link electrónico: <http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/educacionambiental/cuaderno-campo.pdf>.

Prat, N., González, G., y Millet X., 1986. “Comparación crítica de dos índices de calidad del agua: ISQA y BJLL”. Tecnología del Agua, 31: 33 -49.

Patri, D., y Solano, T., 2008. Diagnóstico de la calidad del agua de la Microcuenca Sancotea Socorro - Santander. INVESTIGACION Y CIENCIA, 1. Parra, A., y Rodelo K., 2012. Composición y abundancia de la comunidad de algas perifíticas del río cesar asociado a variables fisico-químicas e hidrológicas durante los meses de febrero-septiembre del año 2011. CESAR,

COLOMBIA. Universidad del Atlántico.

Pérez, J., 2009. Biodiversidad, taxonomía y el valor de los estudios descriptivos (Editorial). Boletín de Biodiversidad de Chile, 1(1): 1–14.

Ramírez, A., 2006. Ecología Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. 1ra edición. Bogotá -Colombia. 302pp.

Ramírez, A. 2007. Diatomeas perifíticas en diferentes tramos de dos sistemas lóticos de alta montaña (páramo de San Turban, norte de Santander, Colombia) y su relación con las variables ambientales. Acta biol. Colomb., Vol. 13 No. 1. Pág 199 – 216.

Ramírez, J., 2000. Fitoplancton de agua dulce: aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios. (1ra edición). Universidad de Antioquia. Medellín Colombia. 226pp.

Rempel, R., y Carr, A., 2003. Patch Analyst extension for Arc View: version 3. Disponible en: <http://www.flash.lakeheadu.ca/rrempe/patch/index.html>.

Reinoso, G., Guevara, G., Vejarano, M., 2008. Evaluación del río Prado a partir de macroinvertebrados y de la calidad del agua En: Revista de asociación colombiana de ciencias biológicas. Armenia.

Rivera, D., y Mejía, D., 2004. Estudio de indicadores ambientales de la calidad del agua en la Quebrada La Jaramilla–La Tebaida.

Rivera, J., Camacho, D., y Botero A., 2008. Estructura numérica de la entomofauna acuática en ocho quebradas del departamento Quindío-Colombia. *Acta biológica*, 13(2), pp.133–146.

Roldán, G., 1992. Fundamentos de Limnología tropical. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín. 529 p.

Rivera, J; Pinilla, G y Rangel, O. (2013). Ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos y su relación con las variables físicas y químicas en el Humedal de Jaboque-Colombia. *Revista, Caldasia* 35(2):389-408. Instituto de Ciencias Naturales.

Roldán, G., 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. (1ra edición). Universidad de Antioquia. Medellín Colombia. 217pp.

Roldan, G., 1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista Académica Colombiana de Ciencias*, XXIII (88), pp.375–389.

Roldán, G., 2003. Bioindicación de la calidad de las aguas en Colombia. Uso del método BMWP/Col, 170 p. Primera edición. Medellín. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.

Rodríguez, C., 1999. Biodiversidad del relicto “Cedro Rosado” de la Universidad del Quindío, *Biología y Educación* (9):17-18.

Romaní, A., Artigas, J., y Camacho, A., 2009. *Conceptos y técnicas en ecología fluvial. La biota de los ríos: los microorganismos heterotróficos Primera Ed. A. Elosegi & S. Sabater, eds., País Vasco.*

Rocabado, G., y Goitia, E., 2011. Guía para la Evaluación de la Calidad Acuática Mediante el Índice BMWP / Bol. , pp.0–84.

Salamanca, P., (2005). Algas como indicadoras de contaminación. Editorial Universidad del Valle.

Sze, P., 1997. *Biology of the algae*. Third edition. WCB/McGraw-Hill.

Springer, M., 2006. Clave taxonómica para larvas de las familias del orden Trichoptera (Insecta) de Costa Rica. *Revista Biología Tropical*, 54 (Septiembre),

pp.273–286.

Schnack, J., López H., y Crisci J., 2003. Serie Técnica y Didáctica N° 3 Biodiversidad, Iniciativa Global y Elaboración de Inventarios Sistemáticos Facultad d., Buenos Aires, Argentina.

Torres, S., y Zapata, L., 2008. Estructura y composición de la comunidad de microalgas perifíticas en el río Quindío departamento del Quindío, Colombia. Universidad del Quindío.

Torres D., 2008. Diagnóstico de la calidad del agua de la Microcuenca Sancotea, Socorro–Santander. Universidad Libre de Colombia.

Torralba, A., y Ocharan, F., 2007. Comparación del muestreo de macroinvertebrados bentónicos fluviales con muestreador surber y con red manual en ríos de Aragon (NE Península Ibérica). Asociación Española de Limnología, Madrid España. Universidad de Oviedo.

Toledo, L., y Comas, A., 2008. Bacillariophyceae dulceacuícolas de Cuba: los géneros *Synedra* y *Fragilaria*. Centro de Estudios Ambientales, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Cienfuegos. Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional* 29: 185-190.

Jiménez, A., y Hortal, J., 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8(9), pp.151–161. Available at: <http://entomologia.rediris.es/sea/publications/ria/index.htm>.

Vásquez, C., Ariza, A., y Pinilla G., 2006. Descripción del estado trófico de diez humedales del altiplano cundiboyacense. *Revista Universitas Scientiarum*, 11(61-75), pp.61–76. Available at: <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/4971/3829>.

Valverde, N., Caicedo O., y Ramirez, N., 2009. Análisis de calidad de agua de la quebrada La Ayurá con base en variables fisicoquímicas y macroinvertebrados acuáticos. Escuela Ambiental. Universidad de Antioquia.

Velasco S., y Sánchez M., 2012. Diatomeas perifíticas de lagos con diferente estado trófico en el departamento del Cauca (Colombia). Universidad de caldas revista luna azul: 35: 10-27.

Vivas, s. et al. 2002. Aproximación multivariante en la exploración de la tolerancia ambiental de las familias de macroinvertebrados de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED. *Limnetica* 21(3-4): Pág 149-173. Asociación Española de Limnología, Madrid. Spain. ISSN: 0213-8409.

Villareal, H., Alvarez, S, Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina, A y Umaña, M. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá Colombia. Segunda edición. Pág 236.

Villarreal, A., 2012. Composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. Universidad del Quindío. Facultad de ciencias básicas y tecnológicas.

Vidal, L., 2010. Fitoplancton de aguas continentales. Biología y ecología. Taxonomía de fitoplancton. Curso de posgrado (PEDECIBA), Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas.

Wetzel, G., 1983. Periphyton of freshwater ecosystems, proceeding of the firth international workshop on Periphyton of freshwater ecosystems held in axiom, Sweden. Ed. Publisheis. Boston, USA.

Zamora, G., 2007. EL índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia. Departamento de Biología Instituto de Estudios de Postgrado. Facultad de

Ciencias Naturales Exactas y de la Educación. Universidad del Cauca Popayán.

Zúñiga, M., Molineri, C., y Domínguez, E., 2004. El Orden Ephemeroptera (Insecta) en Colombia. Pág: 17-45. En: Fernández, F., Andrade, M.G., & Amat, G. (Eds.). Insectos de Colombia 3. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Santafé de Bogotá, Colombia.

Zúñiga, M., Rojas, A., y Serrato, C., 1994. Interrelación de indicadores ambientales de calidad en cuerpos de aguas superficiales del Valle del Cauca.

.

20. ANEXOS

Anexo 1, Cronograma de actividades para la elaboración, ejecución y redacción del informe final.

TIEMPO Meses Semanas	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio		
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3				
Reconocimiento de la zona de muestreo	█																																																		
Establecimiento de zona de muestreo	█	█	█																																																
Colecta de comunidades bentónicas							█					█									█																														
Determinación taxonómica							█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█					█	█	█	█	█	█	█	█																			
Evaluación BMWP y ASPT																													█	█	█	█																			
Análisis de datos																																																			
Revisión bibliográfica	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█			
Redacción del trabajo final																																																			
Sustentación																																																█			

Anexo 2,
Presupuesto utilizado para la ejecución de esta propuesta de investigación.

Articulo	Cantidad	Precio pesos \$	Referente	Restante	Total
Pinzas entomológicas	2	20.000		X	40.000
Redes surber	2	30.000		X	60.000
Redes en Dnet	2	25.000		X	50.000
Termohigrómetro	1	116.000	X		116.000
Conductímetro	1	80.000	X		80.000
pHmetro	1	150.000	X		150.000
Tubos de ensayo	100	20.000	X		20.000
Alcohol 95%	1 galón	20.000	X		20.000
GPS	1	500.000	X		500.000
Microscopio	2	700.000	X		1.400.000
Estereoscopio	2	700.000	X		1.400.000
Reactivos	Varios	50.000		X	50.000
Viaje a Perú	2	1.950.000	X		1.950.000
Parámetros Físicoquímicos	48	2.350.000	X		2.350.000
Total		6.711.000	7.986.000	200.000	8.186.000

Anexo 3, Carta de aceptación de ponencia oral en el VIII Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ciencias Biológicas, Cusco-Perú, 2013.



VIII Congreso Latinoamericano de Estudiantes
de Ciencias Biológicas

Cusco 29, 30, 31 de Octubre y 1 de Noviembre de 2013

**VIII CONGRESO LATINOAMERICANO DE ESTUDIANTES
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

Cusco 29,30,31 de Octubre y 1 Noviembre de 2013

"Año de la Inversión para el Desarrollo Rural y la Seguridad Alimentaria"

Cusco-Perú, 27 de agosto de 2013

Sr.
DAVID ARTURO PINILLA OLARTE
Quindío- Colombia

Presente.-

Asunto: INVITACIÓN COMO PONENTE
EN "VIII CONGRESO
LATINOAMERICANO DE
ESTUDIANTES DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS" EN CUSCO -PERU

Tengo el honor de dirigirme a usted para hacerle llegar los cordiales saludos a nombre de la comisión organizadora. La Universidad de San Antonio Abad del Cusco y la Facultad de Ciencias Biológicas, comprometidos en promover la investigación e intercambio de información, conocimiento y experiencias entre los estudiantes de ciencias biológicas de Latinoamérica. Venimos organizado el "VIII CONGRESO LATINOAMERICANO DE ESTUDIANTES DE CIENCIAS BIOLÓGICAS", que se realizará los días **29, 30,31 de Octubre y 1 de Noviembre de 2013** en el "Paraninfo Universitario" y en la sala del "Museo Inka" – UNSAAC; con el objetivo de difundir el conocimiento alcanzado por la comunidad científica de Perú y Latinoamérica.

La Universidad de San Antonio Abad del Cusco mediante la comisión organizadora invita a usted a participar del "VIII CONGRESO LATINOAMERICANO DE ESTUDIANTES DE CIENCIAS BIOLÓGICAS" como **PONENTE** en la modalidad de **EXPOSICIÓN ORAL** con el tema: **"COMUNIDADES BENTÓNICAS (MACROINVERTEBRADOS Y ALGAS PERIFÍTICAS) DE LA MICROCUENCA LA ALDANA DE LA UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO"**

Seguro de contar con su participación a este gran evento científico en Cusco – Perú, que nos permita a través de su presencia el intercambio de experiencias científicas innovadoras, me suscribo de usted reiterándole la muestra de mis consideraciones y respetos.



Atentamente



Pavel Jose Ataurich Rojas
PRESIDENTE

Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco
Facultad de Ciencias Biológicas
Comisión Organizadora

Cel: (+51) 955691283
viii.clecb@gmail.com

Anexo 4, Certificado de ponente oral en el VIII Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ciencias Biológicas, Cusco-Perú, 2013. David Arturo Pinilla.



Anexo 5, Certificado de ponente oral en el VIII Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ciencias Biológicas, Cusco-Perú, 2013. Fabio Andrés Jara.



Anexo 6,
Reconocimiento público a mejores ponencias orales y concursos del VIII Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ciencias Biológicas, Cusco-Perú, 2013.



Anexo 7,
Publicación del trabajo por parte de la universidad del Quindío.

NOTICIA DESTACADA
Viernes 15 de noviembre de 2013 **AÑO VI Nro. 94**
CONQUISTANDO NUEVOS HORIZONTES PARA LA INVESTIGACIÓN

Estudiantes y profesores de Licenciatura en Biología destacados en Perú

En la ciudad inca de Cuzco Perú se llevó a cabo el VIII Congreso latinoamericano de estudiantes de Ciencias Biológicas, evento en el que la Universidad del Quindío tuvo una excelente representación gracias a dos estudiantes del programa de Licenciatura en Biología quienes participaron en dicho evento bajo la modalidad de ponencias orales. Durante el certamen, que reunió estudiantes de diversas nacionalidades del sur del continente y de México, se entregaron importantes reconocimientos a las investigaciones de mayor impacto científico y social. En este marco, el estudiante de 10° semestre de Licenciatura en biología y educación ambiental Diego Fernando Martínez Rincón consiguió para el país una de estas menciones con el trabajo titulado "Diseño y análisis genético de marcadores microsatélites en poblaciones de galgusa toba (*Idionomys brancsikii*) asociadas a comunidades andinas de la eco región eje cafetero colombiano". Investigación que se lleva a cabo bajo la dirección del Doctor Víctor Hugo García Merchán, docente de planta de la Universidad del Quindío quien encabeza el grupo de investigación en Ecología Genética y Evolución, colectivo gestor del proyecto en mención.

El premio obtenido, sumado al que este mismo grupo de investigación consiguió hace algunos meses en la convocatoria nacional del Centro nacional de Secuenciación Genómica, demuestra el alto nivel académico y la proyección científica que caracteriza a nuestra alma mater, corroborando la magnitud de los aportes que el programa de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental de la Universidad del Quindío hace a la construcción del estado del arte en estos temas que son propios de la fronteras científicas en las que se estudian los aspectos más cruciales de la vida y su preservación.

Los representantes Uniquindianos presentes en este magno evento, contaron con el apoyo total de la administración, en cabeza del Rector Alfonso Londoño Orozco, y fue gracias a este respaldo que se logró la asistencia al certamen internacional, demostrando una vez más su compromiso con el fortalecimiento de la participación internacional de los jóvenes

1.- Investigadores Licenciatura en Biología.
 2.- Reconocimiento en Perú.
 Fotos: archivo licenciatura en biología y educación ambiental Uniquindio.

Investigadores quienes con sus docentes impulsan permanentemente la conquista y aseguramiento de la Acreditación Institucional de Alta Calidad. El otro representante de la delegación quindiana fue el estudiante David Arturo Pinilla Gilarte, ponente oral y Fabio Andrés Jara Londoño, quien por motivos personales no pudo asistir al evento. Ellos socializaron su trabajo denominado "Comunidades Benthónicas (Macroinvertebrados y algas perifíticas) de la Microcuenca La Aldana del Jardín Botánico de la universidad del Quindío, bajo la coordinación del docente César Augusto Bustamante Toro. Frente a la injerencia positiva de los docentes en este trascendental logro obtenido en Perú, el equipo de trabajo manifestó que "Gracias a su apoyo y guía educativa pudimos dejar en alto el Programa de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental en otro país".

Adicionalmente es preciso agregar que la delegación cafetera presente en la ciudad de Cuzco también trajo para la región y el país una distinción en la modalidad de Fotografía natural con la obra "Flor de café" convirtiéndose este en otro de los lugares de honor conquistados. Como resultado final de la gestión de nuestros representantes en el ámbito internacional se logró obtener la designación de la Universidad del Quindío y el municipio de Armenia como sede del NOVENO CONGRESO LATINOAMERICANO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS, que se realizará bajo el liderazgo del programa de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental, que tendrá lugar a mediados de octubre de 2014.

OFAC TEL. 735 93 00 - e-mail: republic@uniquindio.edu.co

Anexo 8,

Carta de Nominación de sede para el IX Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ciencias Biológicas, Octubre 2014. Armenia-Quindío.



VIII Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ciencias Biológicas
CUSCO 2013



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL CUSCO

Cusco 29, 30, 31 de octubre al 01 de noviembre de 2013
Cusco - Perú

"Año del Desarrollo Rural y la Seguridad Alimentaria"

Cusco, 01 de noviembre del 2013.

Oficio N° 219-VIII CLECB-2013-FCB.

Señor: Alfonso Londoño Orozco
RECTOR DE LA UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO, COLOMBIA

Asunto: Nominación de Sede para el IX Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ciencias Biológicas.

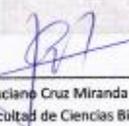
De mi mayor consideración:

Es grato dirigirme a Ud., para saludarle cordialmente a nombre de la Comisión Organizadora del VIII Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ciencias Biológicas organizado por la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco-Perú, para manifestarle que en sesión plenaria se ha determinado la nueva Sede para el IX Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ciencias Biológicas para el año 2014 la ciudad de Armenia; por lo que nos dirigimos a su digna autoridad para que tenga a bien desarrollar el mencionado evento.

Conocedores de su alto espíritu académico e investigador desde ya auguramos el éxito de este evento de gran trascendencia a nivel de Estudiantes de Latinoamérica.

Agradecemos su gentil atención a la presente.

Atentamente.



M.Sc. Luciano Cruz Miranda
Decano de la Facultad de Ciencias Biológicas



Est. Pavel Josef Añauchi Rojas
Presidente del VIII Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ciencias Biológicas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DECANATO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
viii.clecb@gmail.com
cientifica.clecb@gmail.com

Municipalidad Provincial del Cusco
Gerencia de Medio Ambiente
Calle San Bernardo s/n

Anexo 9.

Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo, y descripción básica del lugar.

ESTACIONES	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTURA m.s.n.m	DESCRIPCIÓN BASICA DEL LUGAR.
A	N 04° 33.1' 25.1" y W 0.75° 39.0' 62.0"	1561	Presentó construcciones urbanas en la zona ribereña, puentes de madera en el cuerpo de agua y su cobertura vegetal se encontró dominada por especies predominantes de <i>Guadua angustifolia</i> , <i>yarumos</i> (<i>Cecropia peltata</i>), <i>aguacatillos</i> (<i>Nectandra spp</i>), <i>higuerones</i> (<i>Ficus spp.</i>) y <i>guamos</i> (<i>Inga spp.</i>).
B	N 04° 33' 12.9" y W 075° 39' 42.0"	1552	La zona ribereña es dominada por especies arvenses y arbóreas de la familia de las rubiáceas (<i>Palicourea</i> , <i>Hamelia</i> , <i>Coffea arabiga</i>), solanáceas (<i>Cestrum</i>), piperáceas (<i>Piper</i>), urticáceas (<i>Urera</i>), melastomatáceas (<i>Miconia</i>), <i>Heliconia spp.</i> , <i>Musa</i> , <i>Costus</i> y helechos arborescentes.
C	N 04° 33' 07.1" y W 075° 39' 48.5"	1523	La zona ribereña del lugar estuvo dominada por especies botánicas de pequeño tamaño, como: urticáceas (<i>Urera</i>), melastomatáceas (<i>Miconia</i>), <i>Heliconia spp.</i> , <i>Musa</i> , <i>Costus</i> y helechos arborescentes (<i>Polypodiaceae</i>)

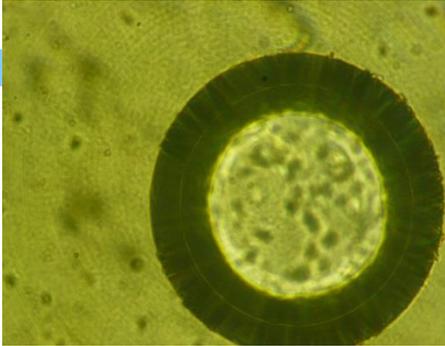
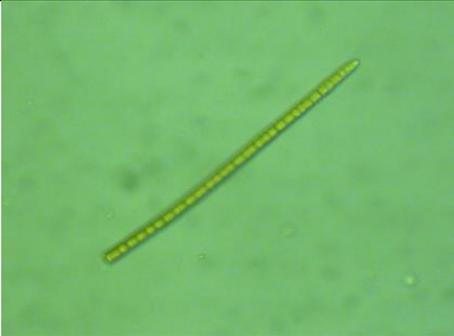
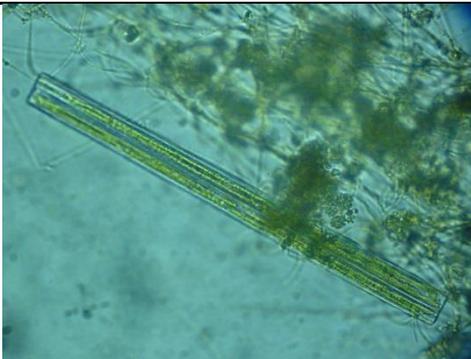
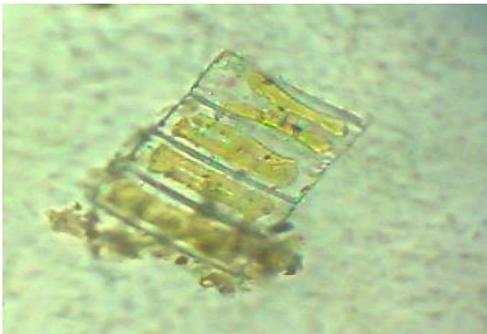
Anexo 10:

Ficha de algunos macroinvertebrados presentes en la microcuenca de la Universidad del Quindío.

Registro fotográfico macroinvertebrados, Pinilla y Jara (2014)	
	
Orden: Hemiptera, Genero: <i>Rhagovelia</i> sp	Orden: Odonata, Genero: <i>Macrothermis</i> sp
	
Orden: Trichoptera Genero: <i>Leptonema</i> sp	Orden: Trichoptera Genero: <i>Chimarra</i> sp
	
Orden: Díptera Genero: <i>Tabanus</i> sp	Orden: Decápoda Genero: <i>Hypolobocera</i> sp

Anexo 11

Ficha de algunas algas perifíticas presentes en la microcuenca de la Universidad del Quindío.

Registro fotográfico algas perifíticas, Pinilla y Jara (2014)	
	
Orden: Centrales Genero: <i>Cyclotella</i> sp	Orden: Nostocales, Genero: <i>Calothrix</i> sp
	
Orden: Oscillatoriales Genero: <i>Oscillatoria</i> sp	Orden: Microsporaes Genero: <i>Microspora</i> sp
	
Orden: Pennales Genero: <i>Synedra</i> sp	Orden: Pennales Genero: <i>Tabellaria</i> sp