

# ESTUDIO DE CALIDAD AMBIENTAL EN LA QUEBRADA LA FLORIDA, UNIDAD DE MANEJO DE CUENCA DEL RÍO QUINDÍO. ARMENIA – QUINDÍO, COLOMBIA

ENVIRONMENTAL QUALITY ANALYSIS IN THE STREAM  
“LA FLORIDA”, BASIN MANAGEMENT UNIT OF QUINDÍO RIVER

César Augusto Bustamante-Toro<sup>1</sup>\*, Nidia Carolina Marín-Villegas<sup>1</sup>  
y Nancy Viviana Corredor-Coy<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Programa Académico Licenciatura en Biología y Educación Ambiental. Grupo de Investigación BIOEDUQ. Facultad de Educación. Universidad del Quindío. Armenia-Quindío. E mail: ceabusta@uniquindio.edu.co, caromarin13@gmail.com, vivianacorredor@gmail.com

Recibido: Agosto 24 de 2010

Aceptado: Marzo 8 de 2011

\*Correspondencia del autor . Universidad del Quindío-Programa Licenciatura en Biología y Educación Ambiental Calle 12N carrera 15. Cesar Augusto Bustamante Toro Armenia ,Quindio. Colombia. Teléfono 57-6-7454556. Telefax 576-7460111E- mail: ceabusta@uniquindio.edu.co

## RESUMEN

Se estudió la calidad ambiental de la quebrada La Florida entre febrero y junio de 2009. Para ello se establecieron seis estaciones de muestreo donde se recolectaron macroinvertebrados y muestras de agua para análisis físico-químicos y bacteriológicos; a estas variables se les realizó un análisis descriptivo y multivariado de componentes principales. Para la evaluación del estado ecológico se aplicaron los índices bióticos BMWP/Col y ASPT; los índices de contaminación acuática (ICOMI, ICOMO e ICOSUS); y la evaluación de hábitat fluvial (IHF) y la comunidad vegetal de ribera (QBR-And). Según los resultados, los índices bióticos indican que la quebrada en la estación 1 presenta buena calidad, las estaciones 2 y 3 se encuentran levemente contaminadas y las estaciones 4, 5 y 6 se encuentran medianamente contaminadas. Los índices (ICA), muestran que las aguas están medianamente contaminadas por materia orgánica y baja contaminación por mineralización y sólidos suspendidos. Con respecto a los índices de calidad ecológica de ríos andinos: el QBR-And muestra que la vegetación ribereña en las estaciones de muestreo se encuentra ligeramente perturbada excepto la estación 4 que presenta una alteración importante; por su parte, el IHF muestran que las estaciones 1, 2 y 3 tienen un hábitat medianamente diverso y las estaciones 4, 5 y 6 presentan poca heterogeneidad de hábitat fluvial para el desarrollo de comunidades bénticas. Con base al decreto 1594/84 la calidad de las aguas de la quebrada La Florida tiene restricciones para algunos usos; por lo tanto, es fundamental que se tomen acciones estratégicas para el manejo integral de la quebrada La Florida por parte de las autoridades ambientales para evitar un mayor deterioro de sus aguas y ambiente biofísico.

**Palabras clave:** Bioindicadores, calidad del agua, Índices de contaminación acuática, Índices bióticos, calidad ecológica, IHF, QBR-And, ríos andinos, quebrada la Florida, Armenia-Quindío

## ABSTRACT

The environmental quality of the stream “La Florida” was analyzed during a five-month period between February and June, 2009. For that purpose, six points of sampling were established to collect macroinvertebrates and water samples for physic-chemical and bacteriological analysis. Moreover, a descriptive and multivariate analysis was carried out on the principal components of these variables in order to relate them to the points of sampling. For the ecological status evaluation, the biotic indices BMWP/Col and ASPT; the aquatic pollution indices (ICOMI, ICOMO and ICOSUS) and the hydromorphological indices (IHF and QBR-And) were calculated. According to the findings of this study, the biotic indices showed that the stream, in the 1<sup>st</sup> point, presented good quality. In the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> point, the stream was slightly contaminated. Besides, the 4<sup>th</sup>, 5<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup> point, the stream was partially contaminated. The ICA indices classified water from clean to moderately contaminated by organic matter and low pollution caused by mineralization and suspended solids. Concerning the hydromorphological indices: QBR-And showed that the vegetation in all the points was lightly disrupted except for the 4<sup>th</sup> point that presented an important alteration; besides, the IHF showed that the 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> point have a moderately diverse habitat. Also, the 4<sup>th</sup>, 5<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup> point presented little diversity-habitat heterogeneity. Based on the pollution control decree 1594/84, the waters of the stream “La Florida” have restrictions for some uses; therefore, it is fundamental to take strategic actions to restore the integral management of the stream “La Florida” by the environmental control pollution authorities to avoid a major deterioration of its waters and biophysical conditions.

**Key words:** Bioindicators, water quality, aquatic pollution Index, biotic Index, hydromorphological index, stream “La Florida”, Armenia-Quindío.

## INTRODUCCIÓN

Las microcuencas son la unidad hidrológica básica dentro de la cual todas las aguas superficiales fluyen hacia una quebrada o riachuelo principal; debido a que todas las aguas del área de captación (área de la microcuenca) drenan a un punto de la quebrada, las características del agua y del cauce en ese punto están determinadas por caracteres naturales (geológicos, pendiente, tipo de suelo e hidromorfológicos, entre otros) y las actividades humanas (agrícola, ganadera, forestal, urbanística, industrial, minera y de infraestructura) (Chara)(1).

Aunque de poco tamaño, las microcuencas andinas de primer a tercer orden representan más del 90% de la longitud de la red hídrica nacional y por tanto, tienen la mayor interacción con el ambiente terrestre que la circunda. Estas microcuencas o quebradas pequeñas reciben, transforman, almacenan y exportan a los grandes ríos materia orgánica, nutrientes y energía en las redes tróficas. Por esta razón, es importante que se generen más investigaciones dirigidas a conocer las características bióticas, abióticas y biofísicas de las quebradas andinas, los mecanismos de perturbación y los métodos más efectivos para restaurar y proteger sus principales funciones y atributos ecológicos (Chara)(2).

Entre los estudios realizados sobre bioindicadores y calidad del agua en microcuencas andinas colombianas, se destacan los desarrollados por Roldán *et al.*(3); Machado y Roldan(4); Zúñiga de Cardoso *et al.*(5 y 6); Roldán (7 y 8); Zamora (9); Castellanos y Serratos(10); Contreras *et al.*(11) y Reinoso-F *et al.*(12). En el departamento del Quindío algunos estudios en calidad ambiental de ríos de bajo orden hidrológico, han sido desarrollados por Vargas (13); Mejía y Rivera (14); Londoño *et al.*(15 y 16); Giraldo *et al.* (17) y Bustamante *et al.*(18). Mientras a nivel local, Arango y Becerra (19) evaluaron el impacto ambiental y ecológico de la quebrada La Florida Armenia-Quindío, siendo uno de los pocos estudios reportado para este pequeño sistema fluvial andino neotropical.

La presente investigación pretende evaluar integralmente la calidad físico-química, biológica, bacteriológica e hidromorfológica de la quebrada La Florida, uno de los tributarios más importantes para la Cuenca del río Quindío. En tal sentido, esta investigación podría ser un aporte significativo para los actores y autoridades ambientales que toman decisiones en la planificación y gestión integral de los recursos hídricos en el ámbito local y regional.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La quebrada La Florida es un sistema fluvial de primer orden hidrológico tributario de la cuenca del río Quindío, está localizada en la zona urbana de la ciudad de Armenia departamento del Quindío, Colombia,

con coordenadas de ubicación latitud Norte 4.55171, longitud Oeste -75.66205, coordenadas planas Este 1157474.58840, Norte 994920.21074 (Figura.1). Nace en los límites de Armenia con el municipio de Salento y Circasia vereda La Florida, Punto Colillas, y baja hasta la vereda San Nicolás, donde desemboca al río Quindío. Dentro de la ciudad está delimitada por la avenida Bolívar y la avenida centenario (Arango y Becerra) (19).

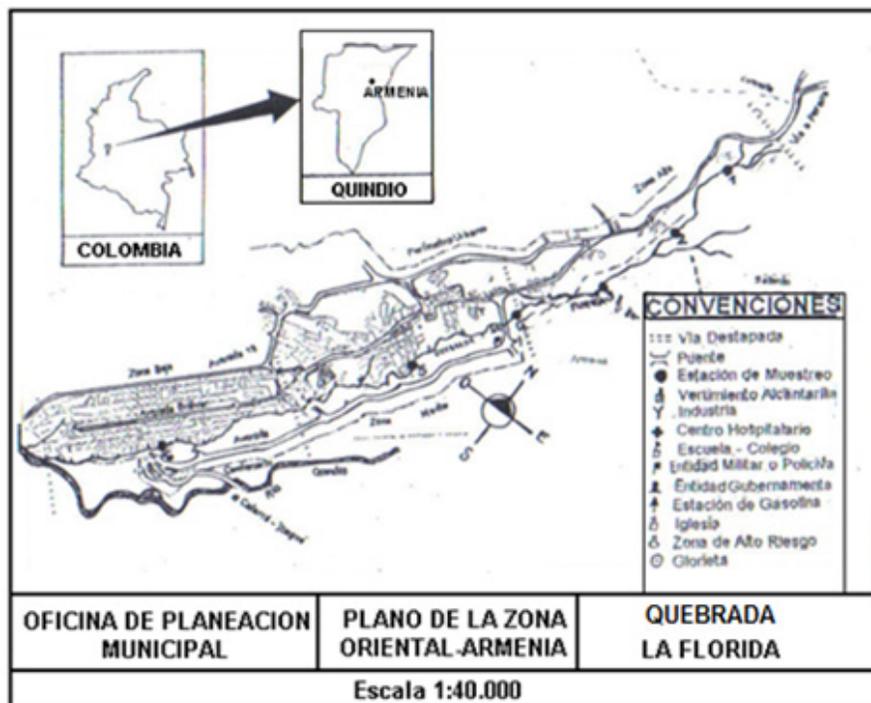


Figura 1. Área de estudio de la quebrada La Florida.

### Estaciones de muestreo

Con base en el gradiente altitudinal, la heterogeneidad espacial y las perturbaciones antrópicas, se ubicaron

seis estaciones de muestreo distribuidos a lo largo del trayecto longitudinal (tramo alto, medio y bajo) de la quebrada la Florida (Tabla 1).

Tabla 1. Estaciones de muestreo quebrada La Florida y su respectiva altitud.

ESTACIONES DE MUESTREO	ALTURA (m.s.n.m)
1- Finca la Irlanda	1680
2- Puente Chaguala	1610
3- SENA Agropecuario	1570
4- La Castellana	1530
5- Parque de la Vida	1520
6- Finca Costa Azul	1290

**Fase de campo**

Se realizaron cinco jornadas de muestreo, una vez al mes en el periodo comprendido entre febrero y junio de 2009, teniendo en cuenta que los muestreos comprendiesen parte de la temporada de altas y bajas lluvias. En cada una de las seis estaciones de muestreo se colectaron muestras de agua para análisis fisico-químicos y bacteriológicos; in situ se registraron las variables humedad relativa, temperatura del aire y del agua, conductividad, pH, saturación de oxígeno, profundidad y velocidad de corriente (Tabla 2).

**Fase de laboratorio**

Las variables fisico-químicas y bacteriológicas fueron analizadas en el laboratorio de Aguas y Ambiental de la Universidad del Quindío siguiendo las recomendaciones de los métodos estandarizados de la “American PublicHealthAssociation” (APHA)(20) (Tabla 2) y los resultados obtenidos fueron comparados con los rangos establecidos por el decreto 1594/84(21) que indican los criterios de calidad para la destinación del recurso hídrico.

**Tabla 2.** Variables fisico-químicas y bacteriológicas y métodos analíticos

VARIABLES	MÉTODO ANALÍTICO
Humedad relativa (%)	Termohigrómetro (fichercentific 11-G51-15 S/N 61602533)
Profundidad del caudal (m)	Vara métrica
Ancho del caudal (m)	Decámetro
Temperatura del aire (°C)	Termómetro ambiental (Silver Brand Germany z-s-800003)
Temperatura del agua (°C)	Termohigrómetro (fichercentific 11-G51-15 S/N 61602533)
Conductividad (uS/cm)	Conductímetro (HANNA)
pH	Potenciométrica (HANNA HI99001)
Porcentaje de saturación de oxígeno (%)	Oxímetro (handlylab LF1 1 SCHOOT instruments GmbHD-55122 Mainz)
Concentración de oxígeno disuelto (mg/L)	Método yodométrica (modificación de azida)
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	Incubación "Estandar " a 5 días
Demanda química de oxígeno (mg/L)	Reflujo abierto con dicromato
Sólidos totales (mg/L)	Gavimétrico (evaporación a 105 °C)
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Gavimétrico (Filtración en fibra de vidrio)
Coliformes fecales (UFC/ ml)	Filtración por membrana con chromocult
Coliformes totales (UFC/ ml)	Filtración por membrana con chromocult
Dureza total (mg/L)	Titulométrico con EDTA
Alcalinidad total (mg/L)	Titulación potenciométrica
Acidez (mg/L)	Titulación potenciométrica
Cloruros (mg/L)	Titulométrico con nitrato de mercurio
Turbiedad (FAU)	Espectrofotometría (PC spectro Lovibond)

**Toma y conservación de muestras biológicas**

Las muestras de macroinvertebrados se recolectaron de forma convencional empleando una red en forma de D y pinzas entomológicas en los diferentes sustratos epifítico (vegetal) y epilítico (roca) presentes en la orilla y centro de la quebrada. Las muestras fueron depositadas

en un balde con agua para finalmente ser filtradas en un tamiz (250um de malla de apertura) (Domínguez y Fernández)(22). Los especímenes se preservaron en alcohol al 70% en recipientes plásticos transparentes rotulados para su posterior separación e identificación. Las muestras de macroinvertebrados se colectaron en las horas de la mañana, para cada estación de muestreo se

estableció una longitud de 20 m<sup>2</sup> de largo por el ancho del cauce de la quebrada con un esfuerzo de muestreo de 1 hora por visita al mes.

### Identificación y conteo de las muestras biológicas

Los macroinvertebrados fueron transportados al Laboratorio de Biología de la Universidad del Quindío, donde se separaron y empleando un estereoscópico binocular (Leica Zoom 2000), se cuantificaron e identificaron hasta el mínimo nivel taxonómico con la ayuda de claves taxonómicas e ilustraciones visuales de Merritt (23); Posada y Roldán (24); Domínguez y Fernández (22); Roldán (7 y 8); Pennak (25); Rojas *et al.* (26); González (27).

### Análisis de la información biótica, físico-químico y biofísica

Para obtener información acerca del estado ecológico de la quebrada La Florida, se aplicaron los índices bióticos de calidad de agua: BMWP/Col. y ASPT (Roldán) (8) empleando las familias de la comunidad de macroinvertebrados a las cuales se les asigna un puntaje bioindicador.

En el análisis de calidad de agua se aplicaron los índices de contaminación de acuática (ICA) propuestos por Ramírez y Viña (28): Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI), Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO), Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS); estos datos fueron comparados con los rangos ya establecidos para determinar el grado de contaminación del agua.

Para valorar el ambiente biofísico e hidromorfológico de la quebrada La Florida se aplicó el protocolo de evaluación de calidad ecológica de ríos andinos (CERA), a través de los índices de evaluación de la calidad del hábitat fluvial (IHF) y de calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR-And), que describe a las riberas como elemento clave en la calidad de los ríos y su integridad biológica (Acosta *et al.*) (29).

A los resultados de las variables físico-químicas y bacteriológicas, se les realizó un análisis descriptivo

empleando el coeficiente de variación de Pearson, el promedio como medida de tendencia central y valores máximos y mínimos. Para correlacionar estas variables con cada uno de los sitios de muestreo se aplicó un análisis multivariado de componentes principales (ACP) con el programa SPAD 3.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis del estado físico-químico y bacteriológico de la quebrada La Florida.

La mayoría de las variables físico-químicas y bacteriológicas, presentaron rangos de dispersión alto (Tabla 3), por ende se demuestran constantes y permanentes variaciones que implican los cambios de la calidad hídrica en función del gradiente altitudinal, el paisaje, la geomorfología, la topografía y climatología, etc.; como también, de la descarga contaminante de asentamientos humanos y actividades antrópicas. En términos generales, los resultados promedio de las variables de calidad del agua de la quebrada La Florida corresponden a los reportados para microcuencas de la región andina (Arango y Becerra (19); Lozano *et al.* (30); Mejía y Rivera (14); Londoño (15); Reinosos-F *et al.* (12); Giraldo *et al.* (17); Bustamante *et al.* (18).

Las variables ancho del cauce, velocidad de corriente y profundidad aumentaron sus valores en función al descenso del gradiente altitudinal de la microcuenca, por tanto las estaciones 1 y 2 se caracterizaron por ser poco profundas y angostas, mientras las estaciones 4, 5 y 6 son más anchas, profundas y corrientosas.

Los valores promedio de las variables físico-químicas y bacteriológicas registrados en la quebrada La Florida (Tabla 4), están dentro de los límites máximos permisibles de los estándares de calidad según el decreto 1594/84 artículo (38), lo cual indica que para los usos del agua se requiere solamente un tratamiento convencional y luego podrá ser admisible para consumo humano y doméstico; para fines recreativos será mediante contacto secundario, es decir para deportes náuticos o pesca como lo indica el artículo (43), especialmente en los primeros trayectos (estaciones 1- 3) de dicha quebrada.

**Tabla 3.** Resultados de las variables físico-químicas y bacteriológicas de La quebrada la Florida.

VARIABLES	MIN	MAX	X	CV
pH	5.9	7.7	7.6	49
Acidez (mg CaCO <sub>3</sub> )	2	53	16	76
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	0	62	23	82
Alcalinidad (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	0	54	15	74
Conductividad (µS/cm)	8.2	208	48	78
Cloruros (mgCl/L CaCO <sub>3</sub> )	8.9	295	51.17	99
Coliformes totales (UFC/100 ml)	21	2.0x10 <sup>4</sup>	2.7x10 <sup>3</sup>	96
Coliformes fecales (UFC/100ml)	2	2.0x10 <sup>4</sup>	1.9x10 <sup>3</sup>	98
DBO (mgO <sub>2</sub> /L)	0.43	6.7	4.3	75
DQO (mgO <sub>2</sub> /L)	1	467	97	88
Oxígeno disuelto (mg/L)	2.1	9.9	4.4	98
Saturación de oxígeno (%)	42	87	70	91
Turbiedad (FAU)	5	392	73	94
Sólidos suspendidos (mg/L)	0	436	65	90
Sólidos totales (mg/L)	4.06	6618	526	97
Velocidad de corriente (m/s)	2.4	22	6.9	66
Profundidad (m)	9.3	56	26	58
Ancho (m)	1.3	12	6.6	55
Humedad relativa (%)	58	96	86	11
Temperatura del agua (°C)	17	22	19	7,5
Temperatura aire (°C)	19	28	22	9,6

\*Valores promedios (X), coeficiente de variación (CV), mínimas (Min) y máximas (Max)

**Tabla 4.** Criterios de calidad para la destinación del recurso hídrico según el Decreto 1594/84.

VARIABLE	EXPRESADO COMO	PROMEDIOS PARA LA QUEBRADA LA FLORIDA	Consumo humano y domestico art 38	Consumo humano y domestico art 39	Fines recreativos contacto primario art 42	Fines recreativos contacto secundario art 43	Uso agrícola
Cloruros	mgCl/L	51.177	250	250	X	X	250
pH.	Unidades	7.69	5.0-9.0	6.5-8.5	5.0-9.0	5.0-9.0	4.5-9.0
Coliformes fecales	UFC/100 ml	1910	20.000	X	200	5000	1000
Coliformes totales	UFC/100 ml	2723	2	1000	1000	X	X
Oxígeno disuelto	% saturación	70%	X	X	70 %	70 %	X
Dureza	mg/LCaCo3	23.133	X	X	X	X	500
Sólidos Totales	mg/L	526.15	X	X	X	X	3000
Temperatura	°C	22.663	X	X	X	X	40
Turbiedad	FAU	73.3	X	73.767	X	X	X

X= No aplica

Los valores de coliformes fecales y totales presentaron un promedio de  $1.9 \times 10^3$  UFC/ 100ml y  $2.7 \times 10^3$  UFC/100ml respectivamente (Tabla 4), estos datos indican que debe haber restricciones para el uso agrícola según los decretos 1575/2007(31) y 1594/84(21), con

base en este último decreto, los artículos (39 y 42), establecen que debe haber restricciones para el uso de agua para consumo doméstico y fines recreativos mediante contacto primario en la quebrada La Florida.

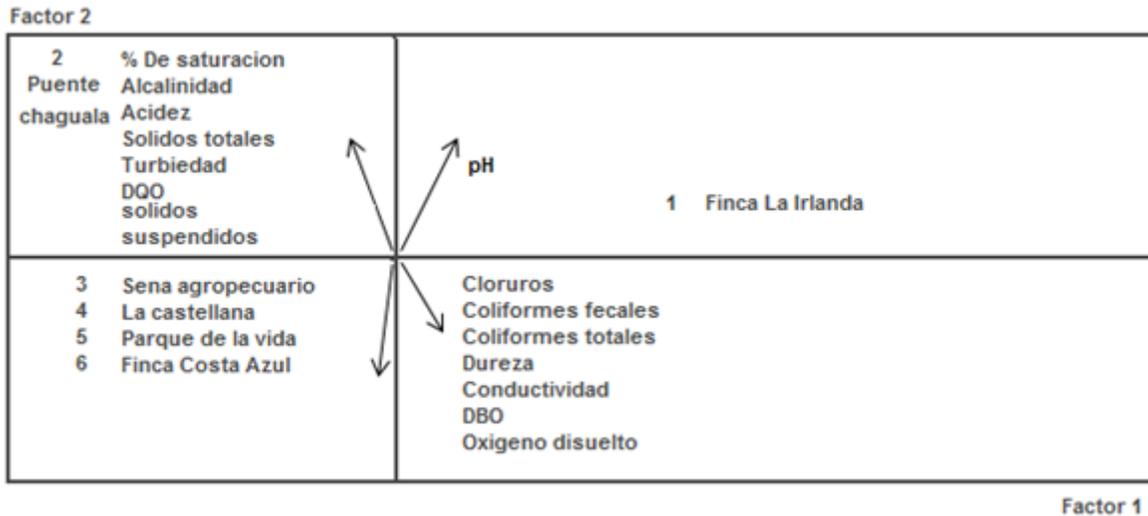


Figura 2. Análisis multivariado de componentes principales (ACP).

El análisis multivariado de componentes principales (ACP) donde se relacionan los patrones fisicoquímicos, bacteriológicos e hidrológicos con las seis estaciones de muestreo en la quebrada La Florida (Figura 2). Se puede apreciar del grupo de variables, que el pH fue la más significativa en la estación de muestreo 1, puesto que no presentó fluctuaciones marcadas en los diferentes muestreos, lo cual indica que sus valores están dentro del rango permisible y corresponde a una buena calidad del agua en este trayecto.

disuelto, lo que demuestran que las aguas de estos puntos están moderadamente contaminadas.

La quebrada la Florida a pesar de tener condiciones de primer orden hidrológico, sus aguas presentan variaciones fisico-químicas y bacteriológicas a pequeña escala entre las estaciones de muestreo, que están relacionadas con las intervenciones antrópicas de las zonas aledañas.

La estación de muestreo 2, tiene cierto grado de similitud con las estaciones 3, 4, 5 y 6 valores que se corroboran con los obtenidos con los índices bióticos de calidad de agua que indican que estos sitios presentan algún grado de alteración en la calidad del agua y en el ambiente biofísico e hidromorfológico de la microcuenca.

### Índices bióticos de calidad de agua

La comunidad de macroinvertebrados acuáticos de la quebrada La Florida, estuvo representada por 4 clases, 11 órdenes, 25 familias y 32 géneros, con un total de 12.113 individuos colectados. La clase más representativa fue Insecta con una abundancia relativa de 90.25%, distribuidos en 8 órdenes, 22 familias y 29 géneros, dicho resultado se debe a que los insectos son el componente de mayor diversidad en los ecosistemas acuáticos y terrestres, puesto que ocupan una gran variedad de nichos funcionales y microhabitats a lo largo de un amplio espectro de escalas espaciales y temporales (Roldán)(32). Las clases menos representativas fueron Nematomorpha, Hirudinea y Oligochaeta cada una representada por 1 orden, 1 familia y 1 género; este grupo de organismos corresponden a aquellos taxa de mayor resistencia a condiciones ambientales adversas.

Sin embargo, la estación 2 presentó los valores más bajos respecto a la alcalinidad, acidez, turbiedad, sólidos suspendidos y demanda química de oxígeno y valores más altos con respecto a la saturación de oxígeno, pues en este punto sus aguas están ligeramente contaminadas, a diferencia de los sitios 3, 4, 5, y 6 que registraron los valores más altos de cloruros, coliformes totales, coliformes fecales, dureza, conductividad y demanda bioquímica de oxígeno y valores más bajos de oxígeno

La Tabla 5 muestra los resultados de los índices bióticos de calidad de agua. La estación 1 presentó un valor BMWP/Col de 128 y un ASPT de 8, siendo este lugar de aguas muy limpias de clase I (buena calidad), donde se presentó dominancia de las familias Hidropsychidae,

Baetidae, Leptoplhebiidae, Gomphidae y Ptilodactylidae, las cuales son indicadoras de aguas muy limpias por su intolerancia a los niveles bajos de saturación de oxígeno y a las altas concentraciones de nutrientes y materia orgánica.

**Tabla 5.** Valores índices bióticos BMWP/col. y ASPT quebrada La Florida

ESTACIONES	BMWP/Col	ASPT	CLASE	CALIDAD	INDICADOR DE AGUAS
1. Finca la Irlanda	128	8	I	Buena	Muy limpias
2. Puente Chagualá	79	7.1	II	Aceptable	Ligeramente contaminadas
3. Sena Agropecuario	71	6.6	II	Aceptable	Ligeramente contaminadas
4. La Castellana	52	5.7	III	Dudosa	Moderadamente Contaminadas
5. Parque de la Vida	46	5.7	III	Dudosa	Moderadamente Contaminados
6. Finca Costa Azul	56	6.2	III	Dudosa	Moderadamente Contaminados

Las estaciones 2 y 3 presentaron valores BMWP/Col de 71 y 79, y ASPT de 7.1 y 6.6 respectivamente, indicando que las aguas en estos tramos se encuentran levemente contaminadas clasificadas como clase II (aceptable calidad). Las familias predominantes fueron Blephariceridae, Leptoceridae, Vellidae, Hidropsychidae, Baetidae, estas taxa viven en aguas limpias a medianamente contaminadas. La disminución en la calidad del agua puede ser debido a elementos de tensión como construcción de obras civiles, explotación del suelo y vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas y pecuarias.

Las estaciones 4, 5 y 6 presentaron valores BMWP/Col de 52, 46 y 56, y ASPT de 5.7, 5.7 y 6.6 respectivamente; lo que indica que las aguas en estos trayectos (tramos medios y bajos) se encuentran moderadamente contaminados, clasificadas como clase III (dudosa calidad). Las familias dominantes en estos puntos fueron Hidropsychidae, Corixidae, Physidae y Chironomidae, los cuales son indicadores de aguas medianamente contaminadas. En estos tramos el cauce se ha alterado debido a las construcciones de infraestructura urbanísticas, transformación del paisaje natural y al vertimiento de aguas residuales de los barrios aledaños de la zona urbana del centro-oriente de Armenia.

**Índices de contaminación acuática ICA (ÍCOMO, ICOMI e ICOSUS).**

**Tabla 6.** Valores promedio de los índices de contaminación acuática: ICOMI, ICOMO e ICOSUS.

ESTACIONES	ICOMI	CALIDAD	ICOMO	CALIDAD	ICOSUS	CALIDAD
1	0.23	Buena	0.44	Media	0.0202	Muy Buena
2	0.26	Buena	0.47	Media	0.1378	Muy Buena
3	0.19	Buena	0.6	Media	0.2166	Muy Buena
4	0.27	Buena	0.6	Media	0.2618	Muy Buena
5	0.25	Buena	0.8	Alta	0.078	Muy Buena
6	0.25	Buena	0.68	Media	0.2612	Muy Buena

La Tabla 6, muestra los valores de los ICA, donde el índice ICOMI registró valores que indican baja contaminación por mineralización y buena calidad inorgánica de las aguas, probablemente se deba a que los valores de las variables relacionadas: conductividad, dureza y alcalinidad, están dentro del rango permisibles según las Normas Técnicas de Calidad del Agua propuestas por el MAVDT(31). El índice ICOSUS muestra que las aguas no presentaron contaminación por sólidos suspendidos, esta variable registró valores bajos, inferiores a 0.3 unidades, lo que significa que de esta corriente hídrica presenta condiciones estables relacionadas con

la sedimentación del cauce.

Por otra parte, se presentaron condiciones de aguas medianamente contaminadas por la descomposición de la materia orgánica en casi todas las estaciones de muestreo de acuerdo al índice ICOMO, los coliformes totales registraron valores muy fluctuantes en los muestreos y, de algún modo los valores de la DBO5 inciden en la disminución de la saturación y concentración de oxígeno, que a su vez, implicarían reducir la capacidad de autodepuración de la fuente hídrica (Bennet)(33).

**Evaluación de los índices IHF (Índice de calidad de hábitat fluvial) y QBR-And (Índice de calidad de vegetación de ribera).**

**Tabla 7.** Valores de QBR - And quebrada la Florida.

Índice QBR-And	ESTACIONES	PUNTUACION	NIVEL DE CALIDAD
	1. Finca la Irlanda	80	Vegetación ligeramente perturbada, calidad buena
	2. Puente chagualá	80	Vegetación ligeramente perturbada, calidad buena
	3.Sena Agropecuario	95	Vegetación ligeramente perturbada, calidad buena
	4.La Castellana	60	Inicio de alteración importante, calidad intermedia
	5. Parque de la Vida	95	Vegetación ligeramente perturbada, calidad buena
	6. Finca Costa Azul	80	Vegetación ligeramente perturbada, calidad buena

Con respecto a la calidad de vegetación de ribera andina, se valoró el grado, la estructura y calidad de la cubierta y el grado de naturalidad del canal fluvial, los resultados indica que las estaciones 1, 2, 3, 5 y 6 presentaron buenas condiciones de calidad, pero se encuentran ligeramente perturbados (Tabla 7).

tiene un estado de conservación intermedio en cuanto al bosque de ribera; se aprecia una alteración importante, ya que en este tramo de la quebrada La Florida, la vegetación ribereña, el cauce y el agua se encuentra visiblemente afectada por las actividades antrópicas, principalmente por la disminución de la cobertura vegetal a causa de la deforestación, la canalización parcial y la presencia de residuos sólidos en el cauce.

La estación 4 registro un valor de 60 de QBR, por tanto

**Tabla 8.** Valores IHF para la quebrada La Florida.

Índice IHF	ESTACIONES	PUNTUACION	NIVEL DE CALIDAD
	1. Finca la Irlanda	69	Hábitat fluvial medianamente diverso
	2. Puente chagualá	57	Hábitat fluvial medianamente diverso
	3.Sena Agropecuario	61	Hábitat fluvial medianamente diverso
	4.La Castellana	50	Hábitat fluvial poco diverso
	5. Parque de la Vida	43	Hábitat fluvial poco diverso
	6. Finca Costa Azul	45	Hábitat fluvial poco diverso

El índice de Hábitat Fluvial valora la estructura del cauce: los rápidos, la composición del sustrato, los regímenes de velocidad, los porcentajes de sombra y los elementos de heterogeneidad. De acuerdo a esta premisa, se puede apreciar que las estaciones 1, 2 y 3 con puntajes de 69, 57 y 61 respectivamente (Tabla 8), tienen un hábitat medianamente diverso debido a la inclusión de piedras, fangos y gravas en la zona béntica y a la escasez de material vegetal sumergido, que reduce la disponibilidad de refugio para los organismos acuáticos. Por su parte, las estaciones 4, 5 y 6 presentaron los valores más bajos con 50, 43 y 45 respectivamente; significa entonces que en estos tramos la heterogeneidad de hábitat fluvial es poco diverso, ya que presentan escasez de fracciones de materia orgánica alóctona que representan la estructura física y la oferta de recursos alimenticios que influyen en la composición trófica, simplifican el hábitat y evitan el crecimiento de cualquier tipo de vegetación acuática apropiada para el desarrollo de una comunidad de macroinvertebrados más diversa y compleja (Acosta et al.)(29).

## CONCLUSIONES

Según los índices bióticos de calidad de agua BMWP/col. y ASPT la quebrada La Florida presenta a lo largo de su trayecto aguas de buena calidad (estación 1), aguas ligeramente contaminadas (estaciones 2 y 3) y

aguas moderadamente contaminadas (estaciones 4, 5 y 6).

Los índices ICA, muestran que las aguas de la quebrada La Florida presenta mediana contaminación por materia orgánica y baja contaminación por mineralización y sólidos suspendidos.

Con respecto a la valoración biofísica de la quebrada La Florida, la calidad de vegetación de ribera andina QBR-And. indica que las principales alteraciones en la composición eco-paisajística están representadas en gran parte por monocultivos de café y plátano, la disminución de la cobertura vegetal a causa de la deforestación, la canalización parcial y la presencia de residuos sólidos en el cauce.

La calidad de hábitat fluvial IHF, indica que las estaciones de muestreo de la quebrada La Florida presentaron hábitats de medianamente a poco diverso, debido a la escasez de distintas fracciones de materia orgánica alóctona, que reduce la disponibilidad de refugios y oferta de nichos ecológicos para la biota acuática.

La información generada en este proyecto de investigación puede ser un insumo importante para que las autoridades ambientales tomen decisiones y se implementen medidas de saneamiento, conservación y restauración en la quebrada La Florida.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Chará, J. D. Manual para el Monitoreo de Ambientes Acuáticos en Microcuencas Ganaderas. Fundación CIPAV. Segunda Edición. 2004.
2. Chará, J., Baird, D., Telfer, T. and Giraldo L. Litter degradation of three native leaf species in a slow-flow headwater stream in Colombia. *International Review of Hydrobiology*. 2007; 92: 183-198.
3. Roldán, G. Los Macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Rev. Acad. Col. Cien. Exa. Fís. Nat.* 1999; XXIII(88): 376-387.
4. Machado, T., y Roldán, G. Estudio de las características físico-químicas y biológicas del río Anori y sus principales afluentes. *Rev. Actual. Biol.* 1981; 10(35):3-19.
5. Zúñiga de Cardoso, M., Rojas, A., y Caicedo, G. Indicadores ambientales de la calidad de agua en la cuenca del Rio Cauca. *Revista AINSA*. 1993; 2: 17 -28 Medellín.
6. Zúñiga de Cardoso, M., Ballesteros, Y., y Rojas, M. Distribution and Structure of the order Trichoptera in various drainages of the Cauca River basin, Colombia, and their relationship to water quality. *Proceedings 8° International Symposium on Trichoptera* 19-23. 1997.
7. Roldán, G. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia. Facultad de ciencias exactas y naturales. Centro de investigaciones CIEN. 1996.
8. Roldán, G. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col. *Ciencia y Tecnología*. Universidad de Antioquia. Medellín. 170 p. 2003.
9. Zamora, H. El índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*. 2007; 19: 73 – 81.
10. Castellanos, P., y Serrato, C. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río en el Páramo de Santurbán, Norte de Santander. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 2008; 32 (122):79-86.
11. Contreras, J. Roldan, G. Arango, A. y Álvarez, L. F. Evaluación de la calidad del agua de las microcuencas la Lucha, La Lejía y La Rastrojera, utilizando los macroinvertebrados como Bioindicadores, municipio de Durania, departamento Norte de Santander, Colombia. *Revista de la Académica Colombiana de Ciencias*. 2008; Vol. XXXII (123): 173-193.
12. Reinoso-F, G., Guevara-G, G., Vejarano-D, M. *et al.* Evaluación del río Prado a partir de los macroinvertebrados y de la calidad del agua. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*. 2008; 20: 102 – 116.
13. Vargas, I. Inventario preliminar de los macroinvertebrados bentónicos en el río Quindío y la quebrada Cristales. Corporación regional del Quindío (CRQ), Armenia-Quindío, Colombia. 1997.
14. Mejía, D. M. y Rivera, J. J. Distribución de algunas familias de macroinvertebrados bentónicos con relación a las variables físicas y químicas de la quebrada la Jaramilla. La Tebaida-Quindío. *Revista de investigaciones Universidad del Quindío* 2006; 16: 63 -69.
15. Londoño, A. Arrubla, J. P. Torres, D. *et al.*, Caracterización de la calidad ambiental de la quebrada el Congal, corregimiento de Barcelona, departamento del Quindío. *Revista de investigaciones Universidad del Quindío*. 2006; 16: 93 -103.
16. Londoño, A., Torres, D., Zarate, M. *et al.*, Determinación de la residualidad de plaguicidas organoclorados y organofosforados por cromatografía de gases, variación en los parámetros físicoquímicos e identificación de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad del agua en el río Espejo, departamento del Quindío. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*. 2007; 19: 82 – 93.

17. Giraldo, V. A. Londoño, C. y Bustamante, C. A. Diagnostico de la calidad ambiental del agua para uso agrícola de la quebrada “Micos” afluente de la microcuenca “El Pencil” Finlandia Quindío. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas. 2008; (20): 144 – 163.
18. Bustamante, C. A. Monsalve, E. A. y García, P. L. Análisis de la calidad de agua en la cuenca media del río Quindío con base en índices físicos, químicos y biológicos. Revista de investigaciones de la Universidad del Quindío. 2008; 18: 22-31.
19. Arango, A., y Becerra, F. Evaluación del impacto ambiental y ecológico en la quebrada La Florida afluente del Río Quindío en el municipio de Armenia (Trabajo de pregrado). Licenciatura en Biología y Educación Ambiental. Facultad de Educación. Universidad del Quindío. 1996.
20. APHA. AWWA. WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. Amer. Pub. Health. Assoc. Washington, DC. 1998.
21. Ministerio de Salud. República de Colombia. Decreto 1594 de 1984 capitulo 3, 4 y 5.
22. Dominguez, E. y Fernández, H. Guía para La determinación de los artrópodos bentónicos Sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales. Instituto M. Lillo. Tucumán, Argentina. 282 pp. 2001.
23. Merritt, R., y Cummins, Z. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Third edition. Kendall/Hunt Publishing Company. Iowa. 862 pp. 1996.
24. Posada, J., y Roldán, G. Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el noroccidente de Colombia. Caldasia 2003; 21(1): 169-192.
25. Pennak, R. Freshwater invertebrates of United States. Third edition. Wiley-Interscience, New York. 628 pp. 1989.
26. Rojas, A., Baena, M., Serrato G., *et al.*, Clave para las familias y géneros de Ninfas de Ephemeroptera del departamento del Valle del Cauca. Universidad del Valle. 1993.
27. Gonzales, D. Clave para las familias de Imagos de Ephemeroptera (Insecta) de Colombia. Universidad del Valle. Departamento de Biología. Cali – Colombia. 1993.
28. Ramírez, J., y Viña, V. Limnología Colombiana, aportes para su conocimiento y estadísticas de análisis. Bogotá D.C. Primera edición. BPEXPLORATION COMPANY (Colombia) Ltda. 1998.
29. Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M. y Parra, A. Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de Ríos Andinos (C.E.R.A) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. Revista Limnética. 2009; 28: 35-64.
30. Lozano, G. Zapata, M. A. y Peña, L. E. Modelación de corrientes hídricas superficiales en el departamento del Quindío, Colombia. En: Memorias Seminario Internacional la Hidroinformática en la Gestión Integral de los Recursos Hídricos. Evento Agua 2003. Instituto CINARA. Universidad del Valle. Pág. 57-64. 2003.
31. MAVDT. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Decreto 1575 de 2007.
32. Roldán, G., Ramírez J. Fundamentos de Limnología Neotropical. 2da edición. Edit. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 2008.
33. Bennet, D. Introducción a la ecología de campo Madrid: Ediciones Blume. 1978.