

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA SAN JOSÉ,
MUNICIPIO DE SURATÁ, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS ÍNDICES
FISICOQUÍMICOS ICO'S Y BIOLÓGICOS BMWP Y QBR.**

DIANA GICELA BLANCO VEGA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
ESCUELA DE QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2010

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA SAN JOSÉ,
MUNICIPIO DE SURATÁ, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS ÍNDICES
FISICOQUÍMICOS ICO'S Y BIOLÓGICOS BMWP Y QBR.**

DIANA GICELA BLANCO VEGA
Monografía de grado para optar el título de
Especialista en Química Ambiental

DIRECTOR
RICARDO RESTREPO MANRIQUE
Biólogo. Especialista en Química Ambiental

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
ESCUELA DE QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA

2010

DEDICATORIA

*A Dios por ser el soporte de mi vida.
A mis padres, Guillermo y Matilde, por su amor y apoyo incondicional.
A Jaime Alberto por su ternura y comprensión.
A Luna Sofía que llega a darle sentido a mi vida.
A mi hermana Nazly por su cariño.
A todas las personas que han hecho parte de mi vida y de las cuales
aprendo cada día.*

Diana Gícela

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos:

Al profesor Ricardo Restrepo Manrique, director de la monografía por su orientación y amable colaboración con el desarrollo de esta monografía.

A la profesora Yaneth Quintero López, directora del laboratorio del Centro de Estudios e Investigaciones, CEIAM; por su colaboración con el análisis fisicoquímico.

A Guillermo Blanco Vargas por su colaboración en el trabajo de campo.

A toda la comunidad del corregimiento de Cachiri.

A los compañeros, docentes y personal administrativo de la Especialización en Química Ambiental

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|---|-------------|
| INTRODUCCION | 17 |
| 1. OBJETIVOS | 18 |
| 1.1. OBJETIVO GENERAL | 18 |
| 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 18 |
| | |
| 2. MARCO TEÓRICO | 19 |
| 2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO. | 19 |
| 2.2. EL AGUA. | 19 |
| 2.3. LOS MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES. | 20 |
| 2.3.1. Tipos de hábitat acuáticos. | 22 |
| 2.3.2. Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos. | 23 |
| 2.4. BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY (BMWP). | 24 |
| 2.5. ÍNDICE DE CALIDAD DE RIBERA. | 25 |
| 2.6. ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN | 27 |
| 2.7. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS | 29 |
| 2.7.1. Características físicas | 30 |
| 2.7.2. Características químicas. | 32 |
| 2.8. REGLAMENTACIÓN PARA EL USO DEL AGUA | 36 |
| 2.8.1. Resolución 2115 de 2007 | 36 |
| 2.8.2. Decreto 1594 de 1984. | 39 |
| | |
| 3. METODOLOGÍA | 41 |
| 3.1. UBICACIÓN | 41 |
| 3.2. PUNTOS DE MUESTREO | 42 |
| 3.3. Georeferenciación | 45 |
| 3.4. MEDICIÓN DE CAUDAL POR ÁREA-VELOCIDAD. | 45 |

| | |
|--|----|
| 3.5. Pruebas in situ | 45 |
| 3.6. MUESTREO DE MACROINVERTEBRADOS | 46 |
| 3.7. ÍNDICE DE RIBERA | 48 |
| 3.8. ANÁLISIS DE LABORATORIO | 51 |
| 3.9. ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN | 52 |
| | |
| 4. RESULTADOS | 55 |
| 4.1. UBICACIÓN | 55 |
| 4.2. PUNTOS DE MUESTREO | 55 |
| 4.3. GEOREFERENCIACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO. | 56 |
| 4.4. MEDICIÓN DEL CAUDAL POR EL MÉTODO ÁREA-VELOCIDAD. | 57 |
| 4.5. PROTOCOLO DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN BIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA. | 58 |
| 4.6. ÍNDICE BMWP. | 58 |
| 4.7. ÍNDICE DE CALIDAD DE RIBERA (QBR). | 60 |
| 4.8. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO | 64 |
| 4.9. ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN | 65 |
| 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 67 |
| 6. CONCLUSIONES | 73 |
| 7. RECOMENDACIONES | 74 |
| BIBLIOGRAFÍA | 75 |
| ANEXOS | 77 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 1 Características físicas, químicas, biológicas y microbiológicas del agua. | 29 |
| Tabla 2 Clasificación del agua según la dureza. | 33 |
| Tabla 3. Valores máximos aceptables para características físicas. | 36 |
| Tabla 4 Características químicas de sustancias que tienen implicaciones sobre la salud humana. | 37 |
| Tabla 5 Características químicas que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana. | 38 |
| Tabla 6 Características microbiológicas del agua. | 39 |
| Tabla 7. Valores admisibles para el uso del agua para consumo humano y doméstico, según decreto 1594 de 1984 | 40 |
| Tabla 8. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col. | 47 |
| Tabla 9. Clasificación de la calidad de agua; valores de BMWP/Col., significados y colores para representaciones cartográficas. | 48 |
| Tabla 10. Grado de cubierta de la zona de ribera. | 49 |
| Tabla 11. Estructura de la cubierta | 49 |
| Tabla 12. Calidad de la cubierta | 50 |
| Tabla 13. Grado de naturalidad del canal fluvial. | 50 |
| Tabla 14. Niveles o rangos de la calidad de ribera. | 51 |
| Tabla 15. Significancia de los índices de contaminación (ICO). | 54 |
| Tabla 16. Descripción de los puntos seleccionados para los muestreos. | 56 |
| Tabla 17. Georeferenciación de los puntos de muestreo. | 57 |
| Tabla 18. Caudales durante la época de sequía en la quebrada San José | 57 |
| Tabla 19. Caudales durante la época de lluvia de la quebrada San José. | 58 |
| Tabla 20. Índice BMWP/Col. para los cuatro puntos de muestreo, en la época de sequía. | 59 |

| | |
|---|----|
| Tabla 21. Índice BMWP/Col. para los cuatro puntos de muestreo, durante la época de lluvia. | 60 |
| Tabla 22. Resultados obtenidos de QBR, para los cuatro puntos de muestreo, en época de sequía y lluvia. | 63 |
| Tabla 23. Resultados del análisis físico-químico de la muestra de agua de la bocatoma del acueducto. | 64 |
| Tabla 24. Resultados de los índices de contaminación en la época de sequía. | 65 |
| Tabla 25 Resultados de los índices de contaminación en la época de lluvia. | 65 |
| Tabla 26. ICOBIO para la época de sequía y de lluvia. | 66 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1. Corregimiento de Cachiri, Municipio de Suratá (Santander). | 41 |
| Figura 2. Quebrada San José, Corregimiento de Cachiri. | 42 |
| Figura 3. Punto 1, nacimiento de la quebrada San José | 43 |
| Figura 4. Punto 2, Zona junto a un camino real. | 43 |
| Figura 5. Punto 3, Metros abajo del camino real. | 44 |
| Figura 6. Punto 4, Bocatoma del acueducto. | 44 |
| Figura 7. Muestreo manual de macroinvertebrados en la quebrada San José. | 46 |
| Figura 8. Punto 4, Bocatoma del acueducto del corregimiento de Cachiri. | 51 |
| Figura 9. Ubicación del corregimiento de Cachiri. | 55 |
| Figura 10. Ubicación de los puntos de muestreo en la quebrada San José. | 56 |
| Figura 11. Aspecto de la ribera en el punto 1. Nacimiento de la quebrada. | 61 |
| Figura 12. Aspecto de la ribera en el punto2. Junto a un camino real. | 61 |
| Figura 13. Aspecto de la ribera en el punto 3. Metros abajo del camino real. | 62 |
| Figura 14. Aspecto de la ribera en el punto 4. Bocatoma del acueducto. | 62 |
| Figura 15. Calidad del agua de la quebrada San José, según el índice BMWP, en época de sequía. | 68 |
| Figura 16. Calidad del agua de la quebrada San José, según el índice BMWP, en la época de lluvia. | 69 |
| Figura 18. QBR en los cuatro puntos de muestreo de la quebrada San José, en época de sequía y lluvia | 70 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Anexo A. Datos del macrohabitat, microhábitat y físicoquímicos, tomados en cada uno de los cuatro puntos de muestreo. | 77 |
| Anexo B. Familias de macroinvertebrados encontradas en la época de sequía y calidad del agua. | 85 |
| Anexo C. Familias de macroinvertebrados encontrados en la época de lluvia y la calidad del agua. | 87 |
| Anexo D. QBR para los puntos de muestreo, en la época de sequía. | 89 |
| Anexo E. Presencia de las familias de macroinvertebrados encontrados en cada uno de los cuatro puntos de muestreo. | 91 |
| Anexo F. Informe de resultados de análisis físicoquímico. | 92 |

RESUMEN

TITULO: ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA SAN JOSÉ, MUNICIPIO DE SURATÁ, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS ÍNDICES FISCOQUÍMICOS ICO'S Y BIOLÓGICOS BMWP Y QBR.*

Autor: **Diana Gicela Blanco Vega.****

Palabras claves: **calidad del agua, macroinvertebrados, análisis biológicos, análisis fisicoquímicos, índices de contaminación.**

Contenido:

El recurso agua es esencial para el mantenimiento de todos los seres vivos, y cuando se trata del consumo humano, su calidad debe estar bien establecida garantizando la salubridad en las poblaciones abastecidas. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar la calidad del agua para consumo humano de la quebrada San José, corregimiento de Cachirí (Suratá) mediante los índices ICO's, BMWP y QBR.

Se seleccionaron 4 puntos de muestreo entre el nacimiento de la quebrada y la bocatoma del acueducto comunitario. Tanto en época de sequía como de lluvia se tomaron parámetros in situ: temperatura del agua y ambiental, pH, conductividad, sólidos y oxígeno disuelto. Los macroinvertebrados colectados se determinaron a nivel de familia con el fin de calcular el índice BMWP y mediante observación directa se estableció el índice QBR. Adicionalmente, se midió el caudal y se tomó una muestra puntual de agua para su análisis físico químico y microbiológico, para luego calcular los índices de contaminación ICOBIO, ICOMI, ICOMO e ICOpH.

Los resultados del índice BMWP, QBR e índices de contaminación revelan que la calidad del agua es buena y sin contaminación. Los resultados del análisis de laboratorio se encuentran por debajo de los valores máximos permisibles por la normatividad vigente; llevando a concluir que el agua de la quebrada San José es apta para el consumo humano y requiere solamente de desinfección.

El uso de índices biológicos y de contaminación, son una herramienta útil y de bajo costo para la determinación de la calidad del agua, y se pueden utilizar en forma complementaria para hacer seguimiento de las fuentes hídricas.

* Trabajo de investigación.

** Facultad de Ciencias Escuela de Química Especialización en Química Ambiental Director. Ricardo Restrepo Manrique

ABSTRACT

TITLE: ANALYSIS OF THE WATER QUALITY OF THE SAN JOSE RAVINE, SURATÁ, BY MEANS OF THE APPLICATION OF THE ICO'S PHYSICOCHEMICAL INDEX, AND THE BMWP AND THE QBR BIOLOGICAL INDEXES*

By: Diana Gicela Blanco Vega**

Key words: water quality, macro-invertebrates, biological analysis, physicochemical analysis, contamination indexes.

The water resource is essential for the maintenance of all the living beings, and when it comes to the human consumption, its quality must be well established, guaranteeing the healthiness in the supplied populations. Therefore, the objective of this work was to determine the quality of the water of the San Jose ravine, Cachirí (Suratá), used for human consumption, by means of ICO's (contamination indexes), BMWP (biological monitoring working party) and QBR (bank index) indexes.

Four sampling points were selected between the source of the ravine and the water inlet of the communal aqueduct. During dry and rainy seasons were taken measurements in situ: water and environmental temperature, pH, conductivity, solids and soluble oxygen. The macro-invertebrates collected were identified until family level in order to calculate the BMWP index, and by means of direct observation there was established the QBR index. In addition, the flow was measured up, and a punctual sample of water was taken for its physicochemical and microbiological analysis, and then to calculate the ICOBIO, ICOMI, ICOMO and ICOPH indexes of contamination.

The results of the BMWP index, the QBR index, and the indexes of contamination reveal that the water quality is good and without contamination. The results of the laboratory analysis are below the maximum values that are allowed by the health regulations currently in force; leading to conclude that the water of the San Jose ravine is appropriate for human consumption and it just requires disinfection.

The use of biological and contamination indexes is a useful and low-cost tool for the determination of the water quality, and they can be used as a complementary way to give monitoring to water sources.

* Work of investigation.

** Faculty of Sciences School of Chemical Specialization in Environmental Chemistry The Director. Ricardo Restrepo Manrique.

GLOSARIO

AGUA PARA CONSUMO HUMANO: Es aquella que se utiliza en bebida directa y preparación de alimentos para consumo.

AGUA POTABLE: Es aquella que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a su salud.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA: Son aquellas pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas, químicas o ambas.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA: Son aquellas pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

ANTROPOGÉNICO: Que tiene sus raíces en las actividades humanas, impactos sobre el ambiente causados por la intervención del hombre.

CALIDAD DEL AGUA: Es el conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua.

CAUDAL: Volumen de un fluido que pasa a través de una superficie en una unidad de tiempo.

FAMILIA: Unidad taxonómica constituida por varios géneros con caracteres comunes.

HÁBITAT: Lugar o área que ocupa una especie.

MACROINVERTEBRADOS: Invertebrados dulceacuícolas, incluyendo los insectos (sobre todo larvas y ninfas), crustáceos, anélidos, moluscos (caracoles acuáticos y bivalvos) y planarias (platelmintos) que habitan en cauces de ríos, charcas, lagos, etc.

MUESTRA PUNTUAL DE AGUA: Es la toma en punto o lugar en un momento determinado.

MUESTREO: Radica en coleccionar una reducida cantidad de información que aporte suficiente conocimiento del sistema al cual pertenece, para inferir sin necesidad de su evaluación total.

TRATAMIENTO: Es el conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas, para hacerla potable de acuerdo a las normas establecidas.

VALOR ADMISIBLE: Es el valor establecido para la concentración de un componente o sustancia, que garantiza que el agua de consumo humano no representa riesgo para la salud del consumidor.

INTRODUCCION

El recurso agua es esencial para el mantenimiento de todos los seres vivos, y cuando se trata del consumo en los seres humanos, su calidad debe estar bien establecida garantizando una buena salubridad en las poblaciones abastecidas; de lo contrario los habitantes comenzarán a padecer enfermedades gastrointestinales que afectarán su calidad de vida.

Por lo tanto, el análisis de la calidad de agua para consumo humano se ha convertido en un procedimiento básico, que en la mayoría de las ocasiones no se realiza porque no se cuenta con los recursos necesarios para llevarlos a cabo.

Muchos corregimientos en el país cuentan con acueductos comunitarios a través de los cuales llega el agua que abastece a sus habitantes, dichos acueductos fueron construidos años atrás y básicamente están compuestos por una bocatoma que capta el agua de un arroyo o quebrada, un desarenador y un tanque de almacenamiento. La información en cuanto al caudal de las fuentes hídricas que los abastecen y las condiciones del agua que consume la comunidad es deficiente y en muchas ocasiones inexistente.

La falta de recursos económicos y la poca inversión que se hace en el mantenimiento y mejoramiento de estos acueductos pone de manifiesto la necesidad de utilizar técnicas de bajo costo para determinar la calidad del agua para consumo humano. Los índices de calidad biológica e índice de contaminación constituyen una herramienta importante para este tipo de situaciones, pues a través de bioindicadores y el análisis de parámetros fisicoquímicos registrados *in situ*, se puede establecer en qué condiciones se encuentra una fuente hídrica

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

- ◆ Determinar la calidad del agua para consumo humano de la quebrada San José, corregimiento de Cachirí (Suratá) mediante los índices ICO's, BMWP y QBR.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ◆ Evaluar el caudal de la quebrada San José.
- ◆ Determinar los macroinvertebrados presentes en la quebrada San José y evaluarlos mediante el índice BMWP.
- ◆ Determinar el índice de calidad de ribera QBR.
- ◆ Evaluar la calidad del agua mediante los índices de contaminación biótico (ICOBIO), por mineralización (ICOMI), por pH (ICOPH) y por materia orgánica (ICOMO).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.

El corregimiento de Cachiri se encuentra en jurisdicción del municipio de Suratá, departamento de Santander. Este poblado está a 1600 metros sobre el nivel del mar y tiene una temperatura media que oscila entre 15 y 20°C.

El corregimiento de Cachiri presenta una arquitectura colonial, fue epicentro histórico debido a que allí ocurrió uno de los combates de la Independencia de Colombia, el 22 de febrero de 1816. Cachiri está ubicado a 4 horas de la capital santandereana, su recorrido inicia en Bucaramanga, pasando por Matanza, Surata, el alto de la laguna de cachiri y llegando finalmente al pueblito de Cachiri. Cachiri cuenta con paramos a sus alrededores, en los que se presentan una fauna muy representativa en los que se puede observar tigrillos (*Leopardus tigrinus*), armadillos comunes (*Dasyus novemcinctus*), tinajos (*Agouti taczanowskii*), loro cabeza amarilla (*Ochrocephala sp*), trucha arco iris (*Oncorhynchus mikiss*), ardillas (*Sciurus granatensis*), toches (*Icterus chrysater*), cardenales (*Cardinalis sp*); en fin una gran variedad de fauna y flora.

2.2. EL AGUA.

Es la única sustancia en estado natural que se presenta sobre la tierra, al mismo tiempo, bajo los tres estados: sólido en los casquetes polares y nevados, líquido en los mares lagos y ríos, gaseoso como parte del aire se encuentra en forma de vapor.

Algunas de las características que posee el agua son:

- El volumen de las sustancias disminuye al enfriarse, pero el agua al llegar a 4°C se empieza a dilatar y a disminuir su densidad, a 0 °C ocurre una dilatación abrupta, su volumen aumenta en una onceava parte al formar hielo favoreciendo así, la vida acuática en las épocas de invierno, ya que la capa de hielo por ser superficial no impide el desarrollo de los procesos biológicos, en los lagos y ríos.
- El agua tiene la tensión superficial más alta de todos los líquidos comunes, por lo tanto tiene una gran capacidad erosiva.
- Tiene una gran capacidad de cohesión y se adhiere a la mayoría de las sustancias sólidas con que entra en contacto. La combinación de la tensión superficial y la adherencia puede levantar una columna de agua, comportamiento que se conoce como capilaridad y se relaciona con la circulación del agua en los suelos y a través de las raíces y tallos de las plantas.
- Tiene capacidad de diluir muchas sustancias debido a su alto momento dipolar y a una alta constante dieléctrica, es la sustancia que más se aproxima al solvente químico universal, siendo los lagos, ríos y mares soluciones acuosas (García et al., 2000).

2.3. LOS MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES.

Los macroinvertebrados acuáticos se definen como aquellos organismos que se pueden ver a simple vista; es decir, todos aquellos organismos que tengan tamaños superiores a 0.5 mm de longitud. El uso de los macroinvertebrados acuáticos constituye hoy en día una herramienta ideal para la caracterización biológica e integral de la calidad del agua, siendo una herramienta necesaria para el adecuado control y conservación de un ecosistema (Roldán, 1996).

A la hora de estudiar la ecología de los ríos, la comunidad de macroinvertebrados cumple un papel importante en el entendimiento de la estructura y funcionamiento de este tipo de ecosistema, ya que constituyen un eslabón en la cadena trófica sirviendo de alimento a los peces, aves y anfibios; adicionalmente, como componentes del sistema acuático aportan riqueza y diversidad.

Los organismos presentan adaptaciones biológicas, que se refieren al resultado de un proceso evolutivo a través de miles o millones de años, también presentan adaptaciones ecológicas que se refieren a la capacidad que tiene el individuo de resistir ciertos cambios naturales o antrópicos. Los individuos con un amplio rango de tolerancia reciben el nombre de organismos Euri; en cambio, los que poseen poca capacidad de adaptación reciben el nombre de organismos Esteno (Roldán, 1992; González y García, 1995).

Las adaptaciones que presentan los organismos pueden ser de tipo morfológico, fisiológico o etológico, así, cuando se habla de las características ideales de un bioindicador, se observa que solo unos pocos organismos podrían estrictamente satisfacer estos requerimientos. Para definir con claridad un bioindicador de la calidad del agua, primero debe conocerse la flora y la fauna acuáticas de la región de estudio. Para las regiones de zonas templadas como Europa y Estados Unidos, ya existen organismos plenamente identificados hasta el nivel de especie, con su valor y peso indicativo. Mientras que para los países tropicales, solo se posee información deficiente hasta nivel de familias y géneros, y poco o nada se conoce en cuanto a las especies (Roldán, 1992).

Ghetti y Bonzzi (1981) consideran los macroinvertebrados acuáticos como los mejores bioindicadores de la calidad del agua, teniendo en cuenta las siguientes características: son abundantes, de amplia distribución y fáciles de recolectar; son sedentarios en su mayoría y, por tanto, reflejan las condiciones locales; presentan los efectos de las variaciones ambientales de corto tiempo, poseen ciclos de vida

largos, son apreciables a simple vista, responden rápidamente a tensores ambientales y varían poco genéticamente.

2.3.1. Tipos de hábitat acuáticos.

El hábitat se refiere al lugar específico en que vive un organismo; y el nicho, es el papel que desempeña en la comunidad. Los hábitats acuáticos son muy variados y a cada uno de ellos corresponde una comunidad determinada. Así, unos viven adheridos a la superficie de rocas, pequeñas piedras, troncos sumergidos o restos de vegetación emergente o sumergida. Unos viven sobre la superficie del agua, en tanto que otros nadan en ella como los peces. Otros se entierran en sustratos arenosos, fangosos o pedregosos. Unos prefieren corrientes rápidas, mientras que otros lo hacen en aguas quietas o en remansos de ríos. La fauna acuática que se encuentra en los remansos, es por tanto, muy diferente a la de las corrientes, así como los es de fondos lodosos, pedregosos o en zonas ribereñas.

Los ecosistemas *lóticos* se refieren a los ríos, quebradas y arroyos donde las corrientes rápidas juegan un papel importante en la distribución de los macroinvertebrados; los organismos aquí presentes, por lo general, tienen adaptaciones corporales como ganchos, ventosas y cuerpos aplanados para resistir la velocidad de la corriente.

Los ecosistemas *lénticos* son aquellos de aguas quietas o estancadas en lagos, lagunas, embalses. Los remansos de los ríos y quebradas se comportan en general como hábitats lénticos dependiendo de la geomorfología del cauce. Estos ecosistemas por lo general presentan abundante vegetación ribereña y sumergida, lo que ofrece un variado hábitat para gran número de organismos, siendo más frecuentes los hemípteros, odonatos y coleópteros que ciertos dípteros, moluscos y cangrejos.

La zona *profunda* de los lagos por lo regular ofrece condiciones estresantes por la falta de oxígeno y por la acumulación de gases tóxicos; por eso la fauna que allí se encuentra en la mayoría de los casos es poco variada, pero los individuos presentes pueden ser abundantes.

La zona *limnética* se refiere a la región de aguas abiertas, alejada de la orilla y puede observarse en los grandes ríos. Allí, la fauna de macroinvertebrados es prácticamente inexistente o se reduce a unos pocos individuos adaptados para nadar en la superficie (Roldan, 2003).

2.3.2. Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos.

La fauna de macroinvertebrados recibe diferentes nombres de acuerdo con su hábitat específico; los macroinvertebrados acuáticos pueden vivir en la superficie, en el fondo o nadar; de ahí que reciban diferentes nombres de acuerdo al tipo de adaptación.

◆ Neuston

Se refiere a los organismos que viven sobre la superficie del agua caminando, patinando o brincando. Sus uñas, sus patas y su exoesqueleto están recubiertos por una especie de cera que los hace impermeables, así que en vez de hundirse, doblan la superficie del agua venciendo la tensión superficial. Representantes de esta comunidad se pueden encontrar en las familias Gerridae, Hidrometridae y Mesovéliidae.

◆ Necton

Está conformado por todos aquellos organismos que nadan libremente en el agua. Entre ellos encuentran las familias Corixidae y Notonectidae del orden Hemiptera; las familias Dytiscidae, Gyrinidae e Hydrophilidae del orden Coleoptera y la familia Baetidae del orden Ephemeroptera.

◆ **Bentos**

Se refiere a todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a piedras, rocas, troncos, restos de vegetación y sustratos similares. Los principales ordenes representantes son: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Megaloptera y Diptera. También pueden encontrarse algunos enterrados en el fondo a varios centímetros de profundidad, como la familia Euthyplociidae (Ephemeroptera). Otros como la familia Blephariceridae (Diptera), se adhieren fuertemente a rocas mediante un sistema de ventosas en el abdomen. Ciertas especies pertenecientes al orden Odonata se encuentran adheridas a vegetación acuática sumergida o emergente (Roldan, 2003).

2.4. BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY (BMWP).

La bioindicación en Colombia se remonta a los años setenta con los trabajos de Roldán, et *al.*, (1973), cuando por primera vez se realizó un estudio de la fauna de macroinvertebrados como indicadores del grado de contaminación del río Medellín. Posteriormente Matthias y Moreno (1983) realizaron un estudio fisicoquímico y biológico del mismo río utilizando los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua. Bohórquez y Acuña, (1984) realizaron los primeros estudios para la sabana de Bogotá. Roldán (1988) publicó la primera guía para la identificación de los macroinvertebrados acuáticos en el departamento de Antioquia, y luego se comprobó su aplicación para la mayoría de los países neotropicales. En 1992 publicó el libro *Fundamentos de Limnología Neotropical* y posteriormente adaptó el sistema del BMWP para evaluar la calidad del agua en Colombia mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos. Zúñiga de Cardoso (1997) hizo una adaptación de esta metodología para algunas cuencas del valle del Cauca. Reinoso (1998) realizó un estudio del río Combeima en el departamento del Tolima. Posteriormente, Zamora (1999) realizó una adaptación del índice BMWP para la evaluación de la calidad de las aguas epicontinentales en

Colombia, y finalmente, Roldán (2001) adaptó el sistema para la cuenca de Piedras Blancas en el departamento de Antioquia.

El Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. Las razones para ello fueron básicamente económicas y por el tiempo que se requiere invertir. El método sólo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles como Perlidae y Oligoneuriidae reciben un puntaje de 10; en cambio, las más tolerantes a la contaminación, por ejemplo, Tubificidae, reciben una puntuación de 1, la suma de todos los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP. De acuerdo con el puntaje obtenido en cada punto de muestreo, se clasifican las distintas clases de agua, asignándole a cada una de ellas un color determinado (Roldan, 2003).

Con base en el conocimiento que actualmente se tiene en Colombia sobre los diferentes grupos de macroinvertebrados hasta el nivel de familia, se propone utilizar este método en los ecosistemas acuáticos del país.

2.5. ÍNDICE DE CALIDAD DE RIBERA.

La determinación del índice de Calidad de Ribera es una propuesta para evaluar el estado ecológico de los ecosistemas acuáticos que se estudian, y se suma a otras formas de conocer la calidad de las aguas, como las fisicoquímicas, microbiológicas y las comunidades de macroinvertebrados.

El entorno inmediato de los ríos y quebradas son los elementos claves en el funcionamiento del ecosistema fluvial y aporta información sobre la situación ecológica que afronta, reflejando su estado de conservación y calidad.

El objetivo de la determinación de este índice es la de establecer la calidad del estado de conservación del bosque de ribera de un cuerpo de agua.

A pesar de que existen diversas formas de estudiar las riberas, sus métodos son más o menos complejos, debido a que se realizan exhaustivos estudios de campo en donde se identifican los componentes biológicos del sistema, plantas y /o animales, se miden variables ambientales, desde la temperatura hasta la geomorfología, y luego de un análisis estadístico se intenta correlacionar los factores ambientales y biológicos, a fin de establecer un ordenamiento por categorías de los diferentes tipos de ambiente y de los grupos de especies según su similitud, de tal manera que al compararlos pueda dar las diferentes categorías de calidad.

Para simplificar estos estudios, se requiera de un índice sencillo que califique la calidad del ecosistema sin tener que medir tantas variables, tanto ambientales como biológicas, sin requerir un amplio conocimiento sobre fauna y flora para que pueda ser aplicado por un amplio colectivo de profesionales, de aquí surge el índice QBR. La idea es que el índice refleje de una manera ponderada las características de los sistemas de ribera determinando su calidad.

La información del QBR está distribuida en cuatro bloques que poseen el mismo peso en el resultado final, cada bloque califica atributos diferentes del sistema de ribera, intentando cuantificar de manera separada grupos de variables que nos indican el estado natural del sistema y su puntuación total al adicionársele será con un máximo de cien puntos.

Estos cuatro bloques son: La importancia de la cubierta vegetal, la estructura de la cubierta vegetal, la naturalidad y complejidad del sistema y el grado de alteración del canal fluvial debido a la acción de las relaciones antrópicas, desde el punto de vista físico.

Cada apartado es calificado de manera independiente con mínimo de 0 puntos y un máximo de 25 puntos, para un total de 100 puntos como valor máximo y se calcula mediante una hoja de campo en donde estas estipuladas las observaciones que hay que realizar con los valores correspondientes para cada ítem (Munné et al., 1998).

2.6. ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN

El establecimiento de los índices de contaminación, para la caracterización de aguas dulces, permite a las personas que no se encuentran familiarizadas con los rangos naturales de cada variable fisicoquímica, puedan interpretar la condición de cualquier sistema, sea lótico o léntico.

Los ICOS están diseñados para valorar problemas ambientales diferentes y permiten cuantificar el grado de contaminación de las aguas respecto a su condición general y no a contaminantes específicos. Conjugan las propiedades más fundamentales de las aguas y por esto son variables que regularmente se determinan en cualquier estudio limnológico o ambiental.

◆ Índice de contaminación por mineralización, ICOMI:

Se expresa en numerosas variables, aunque integra la conductividad como reflejo del conjunto de sólidos disueltos, la dureza por cuanto recoge los cationes calcio y magnesio y la alcalinidad porque hace lo propio con los aniones carbonatos y bicarbonatos (Ramírez et al., 1997).

◆ **Índice de contaminación por materia orgánica, ICOMO:**

Al igual que en la mineralización, se expresa en diferentes variables fisicoquímicas. Está conformado por la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno, las cuales, en conjunto, recogen efectos distintos de la contaminación orgánica, tal como muestra la ausencia de correlación entre ellas (Ramírez et al., 1997).

◆ **Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS):**

Se determina tan sólo mediante la concentración de sólidos suspendidos. Si bien esta variable observó alguna correlación de importancia con la demanda de oxígeno (DBO y DQO) y con el amonio, se desagregó de las anteriores por cuanto estas últimas corresponden con claridad a procesos de contaminación orgánica, mientras que los sólidos suspendidos bajo muchas circunstancias, podrían perfectamente hacer referencia tan sólo a compuestos inorgánicos (Ramírez et al., 1997).

◆ **Índice de contaminación por pH, ICOPH:**

Incluye los valores de pH, representados en una campana invertida en la cual, a valores superiores o inferiores de la neutralidad se incrementa el nivel de contaminación. Mientras que valores comprendidos entre pH 6 y 8 representan una condición perfectamente natural de las aguas. Los cambios en esta variable alrededor de este rango, no revisten deterioro en su condición (Ramírez et al., 1999).

◆ **Índice de contaminación, ICOBIO:**

El ICOBIO es el índice de contaminación para comunidades biológicas in situ, este índice expresa la disimilitud de la comunidad aguas abajo y arriba de un vertimiento o algún tipo de alteración. Si el índice muestra alta disimilaridad entre las comunidades comparadas (valores mayores a 0,6), esto denota la existencia de condiciones ambientales diferentes, por lo que señalan incidencia por parte de

un vertimiento o una alteración; caso contrario ocurre con bajas disimilaridades entre dos estaciones (valores menores a 0,4) (Ramírez et al., 2003).

2.7. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

El agua natural es una solución de diversos compuestos que se van adhiriendo al agua de acuerdo a los procesos del ciclo hidrológico y que le dan un carácter diferente a las aguas naturales de acuerdo a la composición de los suelos, a su ubicación y a los procesos físicos y químicos que se realizan durante su paso. El agua posee entonces unas características variables que la hacen diferentes de acuerdo al sitio y al proceso de donde provenga.

Las características propias de cada fuente de agua permiten su clasificación en: agua potable, agua servida, agua residual industrial, aguas negras, etc.; y según su uso se clasifica en: agua para consumo, riego, refrigeración, producción de vapor, como disolvente etc. Adicionalmente, el agua tiene una características fisicoquímicas, biológicas y microbiológicas (Tabla 1) (García et al., 2000).

Tabla 1 Características físicas, químicas, biológicas y microbiológicas del agua.

| | |
|------------------------------|--|
| FÍSICAS | Turbiedad, Color, Olor, Sabor, Temperatura, Sólidos, Conductividad. |
| QUÍMICAS | pH, Dureza, Acidez/ alcalinidad, Fosfatos, sulfatos, Fe, Mn, Cloruros, Oxígeno disuelto, Grasas y/o aceites, Amoníaco, Hg, Ag, Pb, Zn, Cr, Cu, B, Cd, Ba, As, Nitratos, Pesticidas, etc. |
| BIOLÓGICAS Y MICROBIOLÓGICAS | Protozoarios (patógenos), Helmintos (patógenos), Coliformes fecales, Coliformes totales. |

Fuente: García et al., 2000

El agua para consumo humano es la más estudiada de acuerdo a sus características, debido al impacto que tiene sobre la salud y después de investigar las causas de epidemias mundiales que fueron causadas por aguas contaminadas, devastando grandes centros urbanos, se llegan a plantear valores máximos permisibles de diferentes características.

2.7.1. Características físicas

◆ Turbiedad

Se aplica a las aguas que tienen materia suspendida y coloidal que interfiere con el paso de la luz a través del agua. Es una medida de la reducción de la intensidad de la luz que pasa a través del agua. La turbiedad puede tener su origen en los óxidos de hierro, los óxidos de zinc, los coloides y los sólidos suspendidos. En su mayoría provienen de arcillas de los suelos que conforman los lechos de los ríos. El tamaño de la partícula incide en la turbiedad, por la dificultad para sedimentar que presentan las partículas muy pequeñas especialmente los coloides.

La turbiedad debe medirse y removerse por: aspectos estéticos, debido a que la turbiedad es función de la contaminación del agua y no es aceptado un vaso de agua turbia para consumo humano; aspectos económicos, para evitar tratamientos caseros, filtraciones y tiempos de sedimentación altos; para facilitar la desinfección, para cloración se debe tener una turbiedad menor de 1 NTU, aspectos ecológicos, debido a que la turbiedad impide la fotosíntesis; y por último a la eficiencia de los procesos de tratamiento, siendo la turbiedad un indicador de las operaciones de tratamiento efectuadas al agua, sobretodo en agua potable.

◆ **Color**

Es un parámetro físico-químico que estar ligado a la turbiedad o puede presentarse como una característica independiente.

- Color verdadero o color real: es debido a sustancias en solución. Se mide después de retirar la turbiedad por centrifugación, o sea después de retirar las sustancias suspendidas.
- Color aparente: incluye la turbiedad, o sea que se mide el color debido a sustancias en solución y en suspensión.

El color proviene de la disolución de materiales vegetales o minerales; debido a la presencia de materia orgánica en proceso de descomposición, como lignina y taninos; a óxidos de hierro, zinc y manganeso; a excretas de organismos vivos, algas verdes o verde-azules. Y generalmente el color está ligado a problemas de contaminación.

◆ **Temperatura**

Una corriente puede cambiar su temperatura por efectos climáticos naturales o por la introducción de desechos industriales.

Es importante porque actúa sobre procesos como la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, y por los cambios de viscosidad en los procesos de tratamiento, como desinfección por cloro, filtración, floculación, sedimentación y ablandamiento.

◆ **Conductividad**

La conductividad específica de un agua es la medida de la habilidad para transportar una corriente eléctrica, varía con el tipo y cantidad de iones que contenga. Depende de la temperatura y es una medida de los sólidos disueltos contenidos en el agua, por lo tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad, y por ello el valor de la conductividad es muy usado

en el análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos.

2.7.2. Características químicas.

◆ pH

Es una forma de expresar la concentración de iones Hidrógeno $[H^+]$ o más exactamente de su actividad. Se usa universalmente para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o alcalinas de una solución. La escala va de 0 hasta 14 y 7 representa la neutralidad.

Concentraciones excesivas de H^+ afectan el agua en algunos de sus usos y por esta razón es una medida de polución en potencia. Atendiendo al significado sanitario el pH es importante en el proceso de potabilización del agua sobre todo en la coagulación, en la desinfección, ya que la reacción del hipoclorito adiciona iones H^+ , disminuyendo el pH; es vital en los procesos aerobios y anaerobios; y es importante en los procesos de estabilización, siendo corrosiva si disuelve metales y e incrustante si precipita metales.

◆ Alcalinidad

Se define como el poder de una solución para neutralizar los iones H^+ y se debe primordialmente a las sales de los ácidos débiles, tales como carbonatos, bicarbonatos, boratos, silicatos y fosfatos, y unos pocos ácidos orgánicos que son muy resistentes a la oxidación biológica (ácidos húmicos) y llegan a formar sales que contribuyen a la alcalinidad total.

La alcalinidad debida a hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos es tan alta que hace despreciable la contribución de otros materiales.

Los bicarbonatos representan las mayores formas de alcalinidad porque se forman en cantidades considerables por la acidez del CO₂ sobre los materiales ácidos del suelo. No se considera que la alcalinidad cause daño al hombre, pero se encuentra asociada al pH, la dureza y los sólidos disueltos que si pueden producir efectos deletéreos.

La alcalinidad se controla en los procesos de: coagulación, ablandamiento, estabilización, procesos biológicos y en el tratamiento de residuos industriales ácidos ó básicos.

◆ **Dureza**

El agua dura es la que requiere mucho jabón para ejercer su acción limpiadora, formando incrustaciones cuando se eleva la temperatura. El agua blanda necesita más agua para retirar el jabón, disuelve el CO₂ y corroe. La dureza puede tener su origen en la presencia de iones metálicos divalentes Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Sr⁺⁺, Fe⁺⁺, Mn⁺⁺. Siendo la Dureza Total = Dureza Ca + Dureza Mg. El agua se clasifica según los mg de CaCO₃/ L (Tabla 2).

Tabla 2 Clasificación del agua según la dureza.

| Rango (mg de CaCO₃/ L) | Clasificación |
|--|----------------------|
| 0 - 75 | Blandas |
| 75 - 150 | Moderadamente duras |
| 150 - 300 | Duras |
| > 300 | Muy duras |

Fuente: García et al., 2000

La dureza se clasifica en:

- **Dureza Carbonácea:** La cual equivale a la alcalinidad de los bicarbonatos:

CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, MgCO_3 , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$

- **Dureza no Carbonácea:** Es la debida a sulfatos, nitratos o cloruros:

CaSO_4 , CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgSO_4 , MgCl_2 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$

- **Dureza Total:**

Es aproximadamente igual a la dureza por los iones calcio y magnesio.

Dureza total = dureza por Ca + dureza por Mg

La remoción de la dureza o proceso de ablandamiento o de suavización, se realiza con cal para remover la dureza carbonácea y con soda para retirar la dureza no carbonácea

◆ Oxígeno disuelto

Todos los gases de la atmósfera son solubles en agua en algún grado. El oxígeno es pobremente soluble y no reacciona químicamente con el agua. La cantidad de oxígeno que está en el agua se denomina oxígeno disuelto. La solubilidad es directamente proporcional a la presión parcial. La solubilidad disminuye con la salinidad.

La medición del oxígeno disuelto es importante por diversos aspectos tales como:

- En el control de la contaminación en aguas naturales, las cuales deben tener condiciones favorables para el crecimiento y reproducción de la población de peces y organismos acuáticos, suministrando niveles de oxígeno suficientes y permanentes.
- Para asegurar las condiciones aerobias de un tratamiento.
- Para conocer los cambios biológicos producidos en un residuo líquido a través de la concentración de oxígeno disuelto.
- Sirve como base para calcular la DBO.
- Es un factor de corrosión del hierro y el acero y se controla o elimina en sistemas de distribución de agua y vapor.

◆ **Fosfatos**

El Fósforo con el Nitrógeno son considerados como nutrientes esenciales para los organismos que toman parte de los procesos biológicos de las aguas naturales, de las aguas negras y de los tratamientos de desechos industriales; lo necesitan para reproducción y síntesis de nuevos tejidos celulares.

Son de interés para fines sanitarios los fosfatos o sus formas moleculares hidratadas o los polifosfatos.

◆ **Sulfatos**

El ion sulfato es uno de los que se presenta en mayor cantidad en aguas naturales. Todas las aguas naturales contienen sulfatos que provienen de yeso y minerales similares. Resultan también de la oxidación de sulfuros, sulfitos o tiosulfatos de los suelos. Su determinación es importante porque produce efectos característicos sobre las personas cuando su concentración es alta, y causa problemas en el mantenimiento y tratamiento de aguas.

◆ **Hierro y Manganeseo**

Sus óxidos abundan en la naturaleza en forma de minerales y como parte constituyente de las arcillas y limos. Las formas oxidadas son insolubles en agua y las reducidas (ferrosa y manganesa) son solubles.

Los compuestos férricos y mangánicos que predominan en las aguas son insolubles e incorporan los iones metálicos al agua en forma de bicarbonatos ferrosos y manganosos, causado por una doble acción química y biológica.

2.8. REGLAMENTACIÓN PARA EL USO DEL AGUA

2.8.1. Resolución 2115 de 2007

El Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, expidió la Resolución número 2115 del 22 de junio de 2007, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

El capítulo II hace referencia a las características físicas y químicas del agua para consumo humano. A continuación se mencionan los artículos a tener en cuenta en el presente estudio.

Artículo 2°. *Características físicas.* El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan a continuación (Tabla 3).

Tabla 3. Valores máximos aceptables para características físicas.

| Características físicas | Valor máximo aceptable Resolución 2115/07 |
|--|--|
| Color aparente (Unidades de Platino Cobalto, UPC) | 15 |
| Olor y Sabor (Aceptable o no aceptable) | Aceptable |
| Turbiedad Unidades (Nefelométricas de turbiedad, UNT) | 2 |

Fuente: Resolución 2115 de 2007

Artículo 3°. *Conductividad.* El valor máximo aceptable para la conductividad puede ser hasta 1000 microsiemens/cm. Este valor podrá ajustarse según los promedios habituales y el mapa de riesgo de la zona. Un incremento de los valores habituales de la conductividad superior al 50% en el agua de la fuente, indica un cambio

sospechoso en la cantidad de sólidos disueltos y su procedencia debe ser investigada de inmediato por las autoridades sanitaria y ambiental competentes y la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano.

Artículo 4°. *Potencial de hidrógeno.* El valor para el potencial de hidrógeno pH del agua para consumo humano, deberá estar comprendido entre 6,5 y 9,0.

Artículo 6°. *Características químicas de sustancias que tienen implicaciones sobre la salud humana.* Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana se señalan en la tabla 4.

Tabla 4 Características químicas de sustancias que tienen implicaciones sobre la salud humana.

| Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana | Valor máximo aceptable Resolución 2115/07 |
|---|--|
| Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L) | 0,1 |
| Nitratos(mg NO ₃ ⁻ /L) | 10 |

Fuente: Resolución 2115 de 2007

Artículo 7°. *Características químicas que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana.* Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos y compuestos químicos que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud se señalan a continuación (Tabla 5).

Tabla 5 Características químicas que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana.

| Elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones de tipo económico | Valor máximo aceptable |
|---|-------------------------------|
| Calcio (mg Ca/L) | 60 |
| Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L) | 200 |
| Cloruros (mg Cl ⁻ /L) | 250 |
| Aluminio Residual (mg Al ³⁺ /L) | 0,2 |
| Dureza Total (mg CaCO ₃ /L) | 300 |
| Hierro Total (mg Fe/L) | 0,3 |
| Magnesio (mg Mg/L) | 36 |
| Manganeso (mg Mn /L) | 0,1 |
| Molibdeno (mg Mo /L) | 0,07 |
| Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /L) | 250 |
| Zinc (mg Zn /L) | 3 |
| Fosfatos (mg PO ₄ ³⁻ /L) | 0,5 |

Fuente: Resolución 2115 de 2007

El capítulo III correspondiente a las características microbiológicas menciona:

Artículo 11. *Características microbiológicas.* Las características microbiológicas del agua para consumo humano deben enmarcarse dentro de los siguientes valores máximos aceptables desde el punto de vista microbiológico, los cuales son establecidos teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 Unidad Formadora de Colonia (UFC) ó 1 microorganismo en 100 cm³ de muestra (Tabla 6).

Tabla 6 Características microbiológicas del agua.

| Técnicas utilizadas | Coliformes Totales | <i>Escherichia coli</i> |
|----------------------------|--|--|
| Filtración por membrana | 0 UFC/100 cm ³ | 0 UFC/100 cm ³ |
| Enzima Sustrato | < de 1 microorganismo en 100 cm ³ | < de 1 microorganismo en 100 cm ³ |
| Sustrato Definido | 0 microorganismo en 100 cm ³ | 0 microorganismo en 100 cm ³ |
| Presencia– Ausencia | Ausencia en 100 cm ³ | Ausencia en 100 cm ³ |

Fuente: Resolución 2115 de 2007

2.8.2. Decreto 1594 de 1984.

El decreto 1594 del 26 junio de 1984, en el capítulo 5, establece los criterios de calidad para destinación del recurso. El artículo 38, menciona los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico (Tabla 7), e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional. El artículo 39 menciona los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico e indican que para su potabilización se requiere solo desinfección (Tabla 7).

Tabla 7. Valores admisibles para el uso del agua para consumo humano y doméstico, según decreto 1594 de 1984

| PARÁMETRO | VALOR ADMISIBLE de 1984 | |
|---|----------------------------------|------------------------------------|
| | Desinfección | Tratamiento |
| Amoniaco (mg N /L) | 1.0 | 1.0 |
| Arsénico (mg As /L) | 0.05 | 0.05 |
| Bario (mg Ba /L) | 1.0 | 1.0 |
| Cadmio (mg Cd /L) | 0.01 | 0.01 |
| Cianuro (mg CN ⁻ /L) | 0.2 | 0.2 |
| Cinc (mg Zn / L) | 15.0 | 15.0 |
| Cloruros (mg Cl ⁻ /L) | 250.0 | 250.0 |
| Cobre (mg Cu /L) | 1.0 | 1.0 |
| Color (UPC) | 20 | 75 |
| Comp. Fenólicos (Fenol) | 0.002 | 0.002 |
| Cromo (mg Cr /L) | 0.05 | 0.05 |
| Mercurio (mg Hg /L) | 0.002 | 0.002 |
| Nitratos (mg N /L) | 10.0 | 10.0 |
| Nitritos (mg N /L) | 10.0 | 10.0 |
| pH (unidades) | 6.5-8.5 | 5.0-9.0 |
| Plata (mg Ag /L) | 0.05 | 0.05 |
| Selenio (mg Se /L) | 0.01 | 0.01 |
| Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² /L) | 400.0 | 400.0 |
| Tensoactivos (Sustancias activas de azul de metileno) | 0.5 | 0.5 |
| Turbiedad (NTU) | 10 | - |
| Coliformes totales (NMP) | 100 microorganismos /100ml | 20000 microorganismos /100ml |
| Coliformes fecales (NMP) | - | 2000 microorganismos /100 ml |

Fuente: Decreto 1594 de 1984, Ministerio de Salud.

3. METODOLOGÍA

3.1. UBICACIÓN

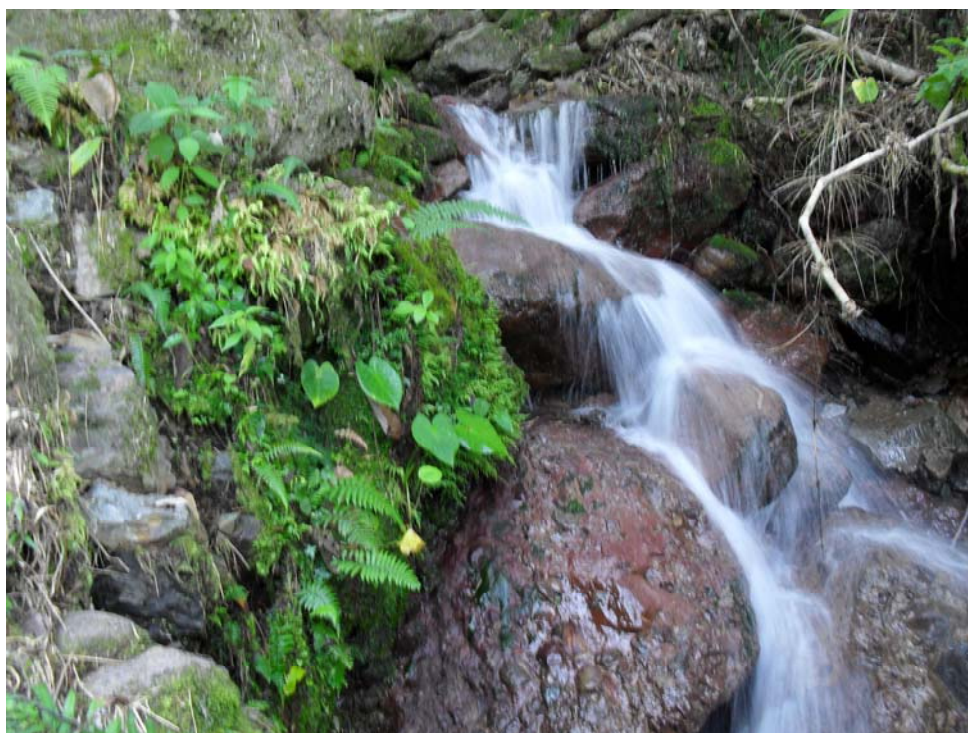
La población urbana del municipio de Cachiri (Figura 1) toma el agua para consumo humano de la quebrada San José (Figura 2), ubicada 3 Km antes de llegar al casco urbano, por la carretera que del municipio de Suratá conduce a este corregimiento.

Figura 1. Corregimiento de Cachiri, Municipio de Suratá (Santander).



Fuente: Autora.

Figura 2. Quebrada San José, Corregimiento de Cachiri.



Fuente: Autora.

3.2. PUNTOS DE MUESTREO

Para ubicar los puntos de muestreo se tuvo en cuenta el fácil acceso al lugar y la influencia de actividades antrópicas. Se seleccionaron cuatro puntos de muestreo a lo largo de la quebrada San José; el primer punto correspondió al nacimiento de agua de la quebrada (Figura 3); el segundo punto a la zona junto a un camino real que atraviesa la quebrada y conduce a algunas casas de la vereda San José (figura 4); el tercer punto se ubicó aproximadamente 100 metros abajo del camino real (figura 5) y el cuarto punto se situó justo antes de la bocatoma del acueducto del corregimiento (figura 6).

Figura 3. Punto 1, nacimiento de la quebrada San José.



Fuente: Autora.

Figura 4. Punto 2, Zona junto a un camino real.



Fuente: Autora.

Figura 5. Punto 3, Metros abajo del camino real.



Fuente: Autora.

Figura 6. Punto 4, Bocatoma del acueducto.



Fuente: Autora.

3.3. Georeferenciación

Para la georeferenciación y registro de la altura en cada uno de los puntos de muestreo se utilizó un GPSmap® 60.

3.4. MEDICIÓN DE CAUDAL POR ÁREA-VELOCIDAD.

El caudal se determinó mediante el método de área-velocidad. Este método depende de la velocidad media de la corriente y del área de la sección transversal del canal. Se calcula mediante la fórmula:

$$Q = A \times V$$

Donde,

Q es el caudal (m³/s)

A es el área (m²)

V es la velocidad (m/s)

La unidad métrica del caudal para corrientes pequeñas es en litros por segundo (L/s). La velocidad se calculó midiendo el tiempo que gastaba una bolita de ping-pong en recorrer, corriente abajo, una distancia conocida.

3.5. Pruebas in situ

Los parámetros determinados in situ fueron: temperatura del agua, temperatura ambiente, pH, conductividad, sólidos disueltos. Estos parámetros se determinaron mediante un medidor portátil de pH/CE/TDS/Temperatura marca HANNA, el cual se sumergió en el agua para tomar la lectura directamente. El oxígeno disuelto también fue determinado in situ.

3.6. MUESTREO DE MACROINVERTEBRADOS

El muestreo de las comunidades de macroinvertebrados se realizó mediante capturas con red tipo D-net, con la cual se hizo un barrido a lo largo de las orillas y en el centro de la quebrada, se traspasaba el contenido capturado en la red a una bandeja plástica de color blanco.

Adicionalmente, se hizo recolección manual (figura 7), que consistió en levantar rocas, piedras, ramas y troncos sumergidos, en cuyas superficies se encontraban adheridos los organismos, luego con la ayuda de pinzas o pinceles se retiraron con cuidado y se pusieron en la bandeja plástica.

Figura 7. Muestreo manual de macroinvertebrados en la quebrada San José.



Fuente: Autora.

El muestreo se realizó por aproximadamente una hora y media o hasta cuando empezaban a aparecer de manera repetitiva los mismos organismos.

La mayor parte de los ejemplares colectados se determinaron en campo y se devolvieron a su hábitat, en caso contrario, se almacenaron en alcohol al 70%, en viales de vidrio rotulados, para determinarlos posteriormente.

Los macroinvertebrados se determinaron a nivel de familia con ayuda de la guía taxonómica de Roldan (2003), luego se asignó el puntaje a cada familia (Tabla 8).

Tabla 8. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col.

| FAMILIA | PUNTAJE |
|---|---------|
| Perlidae, Oligoneuriidae, Helicopsychidae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Lampiridae, Odontoceridae, Blepharoceridae, Psephenidae, Hidridae, Chordodidae, Lymnessiidae, "hidracáridos", Polythoridae, Gomphidae. | 10 |
| Leptophlebiidae, Euthyplociidae, Leptoceridae, Xiphocentronidae, Dytiscidae, Polycentropodidae, Hydrobiosidae, Gyrinidae. | 9 |
| Veliidae, Gerridae, Philopotamidae, Simuliidae, Pleidae, Trichodactylidae, Saldidae, Lestidae, Pseudothelpusidae, Hebridae, Hydrobiidae. | 8 |
| Baetidae, Calopterygidae, Glossosomatidae, Corixidae, Notonectidae, Leptohyphidae, Dixidae, Hyalellidae, Naucoridae, Scirtidae, Dryopidae, Psychodidae, Coenagrionidae, Planariidae, Hydroptilidae, Caenidae. | 7 |
| Ancylidae, Lutrochidae, Aeshnidae, Libellulidae, Elmidae, Staphylinidae, Limnychidae, Neriidae, Pilidae, Megapodagrionidae, Corydalidae. | 6 |
| Hydropsychidae, Gelastocoridae, Belostomatidae, Nepidae, Pleuroceridae, Tabanidae, Thiaridae, Pyralidae, Planorbidae. | 5 |
| Chrysomelidae, Mesovelidae, Stratiomidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae. | 4 |
| Hirudinea (Glossiphoniidae, Cyclobdellidae), Physidae, Hydrometridae, Hydrophilidae, Tipulidae, Ceratopogonidae. | 3 |
| Chironomidae, Culicidae, Muscidae. | 2 |
| Oligochaeta (Tubificidae). | 1 |

Fuente: Roldan, 2003.

Luego de obtener el puntaje total en cada uno de los tramos de la quebrada, se determinó la calidad del agua, asignándole a cada una de ellas un color específico a la calidad encontrada (Tabla 9).

Tabla 9. Clasificación de la calidad de agua; valores de BMWP/Col., significados y colores para representaciones cartográficas.

| Clase | Calidad | BMWP/Col. | Significado | Color |
|-------|-------------|-------------------|-----------------------------------|----------|
| I | Buena | > 150, 101-120 | Aguas muy limpias a limpias. | Azul |
| II | Aceptable | 61-100 | Aguas ligeramente contaminadas. | Verde |
| III | Dudosa | 36-60 | Aguas moderadamente contaminadas. | Amarillo |
| IV | Crítica | 16-35 | Aguas muy contaminadas. | Naranja |
| V | Muy crítica | <15 | Aguas fuertemente contaminadas. | Rojo |

Fuente: Roldan, 2003

3.7. ÍNDICE DE RIBERA

El índice de ribera, QBR, se calculó in situ, mediante la observación de cada uno de los parámetros que tiene en cuenta el índice.

Esta calificación se aplicó en toda la zona de ribera de la quebrada (orilla y ribera propiamente dicha), en las zonas inundadas periódicamente por las crecidas ordinarias y las máximas. Los cálculos se realizaron sobre el área que presenta una potencialidad de soportar una masa vegetal en la ribera. No se contemplaron las zonas con sustrato duro donde no puede enraizar una masa vegetal permanente.

Para realizar la calificación se tuvo en cuenta el grado de cubierta de la zona de ribera (tabla 10), la estructura de la cubierta (Tabla 11), la calidad de la cubierta (tabla 12) y el grado de naturalidad del canal fluvial (Tabla13); en cada uno de los cuatro apartados la puntuación no puede ser negativa ni exceder de calificación de 25 para un máximo total de 100 en cada QBR.

Tabla 10. Grado de cubierta de la zona de ribera.

| Puntuación | |
|------------|---|
| 25 | >80% de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan). |
| 10 | 50-80% de cubierta vegetal de la zona de ribera. |
| 5 | 10-50% de cubierta vegetal de la zona de ribera. |
| 0 | <10% de cubierta vegetal de la zona de ribera. |
| +10 +5 | Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total. Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%. |
| -5 -10 | Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50%. Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25% |

Fuente: Munné et al., 1998

Tabla 11. Estructura de la cubierta

| Puntuación | |
|-----------------|---|
| 25 | Recubrimiento de árboles superior al 75%. |
| 10 | Recubrimiento de árboles entre el 50 y 75% o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50% y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25%. |
| 5 | Recubrimiento de árboles inferior al 50% y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25%. |
| 0 | Sin árboles y arbustos por debajo del 10%. |
| +10 +5 +5 | Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50%. Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50%. Si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque. |
| -5 -5 -10 | Si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50%. Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad. Si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50%. |

Fuente: Munné et al., 1998

Tabla 12. Calidad de la cubierta

| Puntuación | | Tipo 1 | Tipo 2 | Tipo 3 |
|------------------------|--|------------------------|--------|--------|
| 25 | Número de especies diferentes de árboles autóctonos. | >1 | >2 | >3 |
| 10 | Número de especies diferentes de árboles autóctonos. | 1 | 2 | 3 |
| 5 | Número de especies diferentes de árboles autóctonos. | - | 1 | 1 – 2 |
| 0 | | Sin árboles autóctonos | | |
| +10 +5 +5 +5 | Si existe una continuidad de la comunidad a lo largo del río, uniforme y ocupado >75% de la ribera (en toda su anchura). Si existe una continuidad en la comunidad a lo largo del río (entre 50 – 75% de la ribera). Si existe una disposición en galería de diferentes comunidades. Si el número diferente de especies de arbustos es: | >2 | >3 | >4 |
| -5 -5 -10 -10 | Si existen estructuras construidas por el hombre. Si existe alguna sp. de árbol introducida (alóctona)** aislada. Si existen sp. de árboles alóctonas** formando comunidades. Si existen vertidos de basuras. | | | |

Fuente: Munné et al., 1998

Tabla 13. Grado de naturalidad del canal fluvial.

| Puntuación | |
|--|--|
| 25 | El canal del río no ha estado modificado. |
| 10 | Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal. |
| 5 | Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río. |
| 0 | Río canalizado en la totalidad del tramo. |
| -10 | Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río. |
| -10 | Si existe alguna presa u otra infraestructura transversal en el lecho del río. |
| Puntuación Final (suma de las anteriores puntuaciones) | |

Fuente: Munné et al., 1998

La puntuación final se comparó con los niveles o rangos de la calidad de la ribera (Tabla 14).

Tabla 14. Niveles o rangos de la calidad de ribera.

| PUNTUACION | CALIDAD | COLOR |
|-------------------|--|--------------|
| ≥ 95 | Ribera si alteraciones, estado natural | Azul |
| 75 – 90 | Ribera ligeramente perturbada, calidad buena | Verde |
| 55 – 70 | Inicio de alteración importante, calidad aceptable | Amarillo |
| 30 – 50 | Alteración fuerte, calidad mala | Naranja |
| 0 - 25 | Degradación extrema, calidad pésima | Rojo |

Fuente: Munné et al., 1998

3.8. ANÁLISIS DE LABORATORIO

La muestra de agua para el análisis físico-químico y microbiológico en el laboratorio, se tomó en la bocatoma que capta el agua para el acueducto veredal (Figura 8), con el fin de analizar su calidad según los decretos 1594 de 1984 y 2115 del 2007.

Figura 8. Punto 4, Bocatoma del acueducto del corregimiento de Cachiri.



Fuente: Autora.

La muestra de agua se tomó en un recipiente de vidrio de 500 ml previamente esterilizado para el análisis de coliformes fecales y totales y en un recipiente de plástico de 500 ml para los demás parámetros.

La muestra se mantuvo refrigerada en un termo con hielo y se transportó hasta el laboratorio del Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM en las instalaciones de la sede de la UIS en Guatiguará (Piedecuesta).

Los parámetros evaluados fueron los siguientes: Color (colorimetría), turbiedad (2130 B Standard Methods), cloruros (4500 Cl B Standard Methods), nitratos (Salicilato, Rodier), nitritos (4500 B Standard Methods), dureza (2340 C Standard Methods), alcalinidad (Tritimétrico), coliformes totales (NMP) y coliformes fecales (NMP).

3.9. ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN

Los índices de contaminación (ICO's), fueron calculados teniendo en cuenta las siguientes fórmulas.

◆ Índice de contaminación por mineralización, ICOMI:

El ICOMI es el valor promedio de los índices de cada una de las tres variables elegidas, las cuales se definen en un rango de 0-1, índices próximos a cero (0) reflejan muy baja contaminación por mineralización, e índices cercanos a uno (1), lo contrario; el ICOMI se calcula de la siguiente forma (Ramírez et al., 1997).

$$\text{ICOMI} = 1/3 (I_{\text{Conductividad}} + I_{\text{Dureza}} + I_{\text{Alcalinidad}})$$

I_{CONDUCT} : Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\text{Log}_{10} I_{\text{Conduct.}} = -3.26 + 1.34 \text{ Log}_{10} * \text{conductividad } (\mu\text{S/cm}).$$

$$I_{\text{Conduct.}} = 10^{\text{Log} * I * \text{Conduct.}}$$

Conductividades mayores a 270 $\mu\text{S/cm}$, tienen un índice de conductividad= 1

I_{DUREZA} : Se obtiene a partir de la siguiente expresión.

$$\text{Log}_{10} I_{\text{Dureza}} = -9.09 + 4.40 \text{ Log}_{10} * \text{dureza } (\text{g.m}^{-3})$$

$$I_{\text{Dureza}} = 10^{\text{Log} * I * \text{Dureza}}$$

Durezas mayores a 110 g.m^{-3} tiene $I_{\text{D}} = 1$

Durezas menores a 30 g.m^{-3} tiene $I_{\text{D}} = 0$

$I_{\text{ALCALINIDAD}}$: Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$I_{\text{Alcal.}} = -0.25 + 0.005 \text{ alcalinidad } (\text{g.m}^{-3})$$

Alcalinidades mayores a 250 g.m^{-3} tienen $I_{\text{Alcal.}} = 1$

Alcalinidades menores a 50 g.m^{-3} tienen $I_{\text{Alcal.}} = 0$

◆ Índice de contaminación por materia orgánica, ICOMO:

El ICOMO es el valor promedio de los índices de las tres variables elegidas (Ramírez et al., 1997).

$$\text{ICOMO} = 1/3 (I_{\text{DBO}} + I_{\text{Coliformes totales}} + I_{\text{oxígeno\%}})$$

I_{DBO} : Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$I_{\text{DBO}} = -0.05 + 0.70 \text{ Log}_{10} * \text{DBO } (\text{g.m}^{-3})$$

DBO mayores a 30 g.m^{-3} tienen $I_{\text{DBO}} = 1$

DBO menores a 2 g.m^{-3} tienen $I_{\text{DBO}} = 0$

$I_{\text{COL. TOT.}}$: Se obtiene a partir de la siguiente expresión

$$I_{\text{COL. TOT.}} = -1.44 + 0.56 \text{ Log}_{10} \text{ Col. tot. } (\text{NMP.100 cm}^{-3})$$

Coliformes totales mayores a 20000 NMP.100cm^{-3} tienen $I_{\text{COL.TOT}} = 1$

Coliformes totales menores a 500 NMP.100cm^{-3} tienen $I_{\text{COL.TOT}} = 0$

$I_{\text{OXIGENO \%}}$: Se obtiene a partir de las expresiones:

$I_{\text{OXIGENO}\%} = 1 - 0.01 \text{ oxígeno}\%$

Oxígenos (%) mayores a 100% tienen $I_{\text{oxígeno}\%} = 0$

◆ **Índice de contaminación por pH, ICOpH:**

El cálculo del índice es:

$$\text{ICO pH} = \frac{e^{-31.08 + 3.45 \text{ pH}}}{1 + e^{-31.08 + 3.45 \text{ pH}}}$$

Si pH es menor a 7 entonces $\text{pH}' = 14 - \text{pH}$ y se reemplaza pH' en la fórmula anterior (Ramírez et al., 1999).

◆ **Índice de contaminación , ICOBIO:**

El ICOBIO se calcula mediante la siguiente ecuación (Ramírez et al., 2003).

$$D = 1 - a/a+b+c$$

En donde

D = Disimilaridad entre los dos puntos.

a = Numero de familias que comparten los dos puntos.

b = Número de familias presente solo en el punto a.

c = Número de familias presentes solo en el punto b.

Teniendo en cuenta, que los ICO reflejan nula o baja contaminación cuando son próximos a cero y alta polución en la medida que se acercan a uno, los resultados de los índices se compararon con la Tabla, para conocer el significado del valor arrojado.

Tabla 15. Significancia de los índices de contaminación (ICO).

| ICO | Contaminación | Escala de color |
|-------------|---------------|-----------------|
| 0 – 0,2 | Ninguna | Azul |
| > 0,2 - 0,4 | Baja | Verde |
| > 0,4 - 0,6 | Media | Amarillo |
| > 0,6 - 0,8 | Alta | Naranja |
| > 0,8 - 1 | Muy alta | Rojo |

Fuente: Ramírez et al, 1999.

4. RESULTADOS

4.1. UBICACIÓN

La quebrada San José abastece el agua utilizada para consumo humano por los habitantes del casco urbano del corregimiento de Cachiri (Figura 9), jurisdicción del municipio de Suratá (Santander).

Figura 9. Ubicación del corregimiento de Cachiri.



Fuente: Autora.

4.2. PUNTOS DE MUESTREO

Se tomaron cuatro puntos de muestreo sobre la quebrada San José (Tabla 12), con el fin de realizar allí los análisis planteados (Figura 10).

Tabla 16. Descripción de los puntos seleccionados para los muestreos.

| Punto | Descripción |
|--------------|--|
| 1 | Nacimiento de la quebrada San José. |
| 2 | Zona junto a un camino real. |
| 3 | Metros abajo del camino real. |
| 4 | Bocatoma del acueducto del corregimiento de Cachiri. |

Fuente: Autora.

Figura 10. Ubicación de los puntos de muestreo en la quebrada San José.



Fuente. Autora.

4.3. GEOREFERENCIACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.

La localización de los cuatro puntos de muestreo analizados en la quebrada San José (Tabla 16).

Tabla 17. Georeferenciación de los puntos de muestreo.

| PUNTO | CORDENADA NORTE | CORDENADA ESTE | ELEVACIÓN (msnm) |
|--------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 1 | 1121311 | 1316324 | 2230 |
| 2 | 1121253 | 1316357 | 2185 |
| 3 | 1121013 | 1316567 | 2098 |
| 4 | 1120945 | 1316624 | 2053 |

Fuente: Autora.

4.4. MEDICIÓN DEL CAUDAL POR EL MÉTODO ÁREA-VELOCIDAD.

Las mediciones de caudal se realizaron en el punto de muestreo 3, tanto en la época de sequía (Tabla 17) como en la época de lluvias (Tabla 18). Los registros se hicieron cada dos horas, iniciando a las siete de la mañana y finalizando con el último registro a las cinco de la tarde.

Tabla 18. Caudales durante la época de sequía en la quebrada San José

| Hora | Técnica de medición | Caudal (L/s) |
|-------------|----------------------------|---------------------|
| 7:00 a.m. | Área-velocidad | 10 |
| 9: 00 a.m. | Área-velocidad | 13 |
| 11:00 a.m. | Área-velocidad | 12 |
| 1: 00 p.m. | Área-velocidad | 13 |
| 3:00 p.m. | Área-velocidad | 10 |
| 5:00 p.m. | Área-velocidad | 12 |

Fuente: Autora

Tabla 19. Caudales durante la época de lluvia de la quebrada San José.

| Hora | Técnica de medición | Caudal (L/s) |
|-------------|----------------------------|---------------------|
| 7:00 a.m. | Área-velocidad | 17 |
| 9: 00 a.m. | Área-velocidad | 16 |
| 11:00 a.m. | Área-velocidad | 16 |
| 1: 00 p.m. | Área-velocidad | 15 |
| 3:00 p.m. | Área-velocidad | 16 |
| 5:00 p.m. | Área-velocidad | 17 |

Fuente: Autora

4.5. PROTOCOLO DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN BIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA.

En cada uno de los puntos de muestreo se hizo un registro de las características del lugar, este registro incluyó datos del macrohábitat, el microhábitat y aspectos físico-químicos tomados en campo; tanto para la época de sequía como para la época de lluvia (Anexo A).

4.6. ÍNDICE BMWP.

En cada uno de los puntos se realizó el muestreo de macroinvertebrados, los ejemplares se determinaron a nivel de familia; a las familias de macroinvertebrados acuáticos se les asignó un puntaje total para el índice BMWP/Col. el cuál permitió conocer la calidad del agua.

Los ejemplares de macroinvertebrados encontrados en los puntos de muestreo durante la época de sequía, pertenecían a familias cuyos puntajes oscilan entre 6

y 10 según el índice BMWP/Col. Un promedio de ocho familias se encontraron en cada punto de muestreo (Anexo B).

La Tabla 19 muestra los resultados obtenidos en el índice BMWP/Col. Y la calidad del agua en los cuatro puntos de muestreo durante la época de sequía.

Tabla 20. Índice BMWP/Col. para los cuatro puntos de muestreo, en la época de sequía.

| BMWP SEQUÍA | PUNTAJE TOTAL | CLASE | CALIDAD | VALOR | SIGNIFICADO | COLOR |
|---|----------------------|--------------|----------------|--------------|---------------------------------|--------------|
| Punto 1. Nacimiento de la quebrada San José. | 65 | II | ACEPTABLE | 61-100 | Aguas ligeramente contaminadas | verde |
| Punto 2. Zona junto a un camino real. | 64 | II | ACEPTABLE | 61-100 | Aguas ligeramente contaminadas | verde |
| Punto 3. Metros abajo del camino real. | 75 | II | ACEPTABLE | 61-100 | Aguas ligeramente contaminadas | verde |
| Punto 4. Bocatoma del acueducto. | 67 | II | ACEPTABLE | 61-100 | Aguas ligeramente contaminadas. | verde |

En el muestreo realizado durante la época de lluvia, aumentó la cantidad de familias de macroinvertebrados, con un promedio de 11 familias; al igual que para la época de sequía, los valores de dichas familias estuvieron entre 6 y 10 según el

índice BMWP/Col Llegando a obtener un puntaje total superior a 100 en el punto 4, bocatoma del acueducto, indicativo de aguas muy limpias (Anexo C).

La Tabla 20 muestra los resultados obtenidos en el índice BMWP/Col. Y la calidad del agua en los cuatro puntos de muestreo durante la época de lluvia.

Tabla 21. Índice BMWP/Col. para los cuatro puntos de muestreo, durante la época de lluvia.

| BMWP LLUVIA | PUNTAJE TOTAL | CLASE | CALIDAD | VALOR | SIGNIFICADO | COLOR |
|---|----------------------|--------------|----------------|--------------|--------------------------------|--------------|
| Punto 1. Nacimiento de la quebrada San José. | 77 | II | ACEPTABLE | 61-100 | Aguas ligeramente contaminadas | verde |
| Punto 2. Zona junto a un camino real. | 96 | II | ACEPTABLE | 61-100 | Aguas ligeramente contaminadas | verde |
| Punto 3. Metros abajo del camino real. | 84 | II | ACEPTABLE | 61-100 | Aguas ligeramente contaminadas | verde |
| Punto 4. Bocatoma del acueducto. | 109 | I | BUENA | >100 | Aguas muy limpias | Azul |

4.7. ÍNDICE DE CALIDAD DE RIBERA (QBR).

Para conocer la calidad de la ribera se tuvo en cuenta el grado de cubierta de la zona de ribera, su estructura y calidad, y el grado de naturalidad del canal fluvial. Mediante las observaciones hechas se pudo evidenciar que pese a algunas intervenciones antrópicas, la vegetación aledaña a la quebrada es abundante y se conservan especies vegetales nativas (Figura 11-14).

Figura 11. Aspecto de la ribera en el punto 1. Nacimiento de la quebrada.



Fuente: Autora.

Figura 12. Aspecto de la ribera en el punto2. Junto a un camino real.



Fuente: Autora.

Figura 13. Aspecto de la ribera en el punto 3. Metros abajo del camino real.



Fuente: Autora.

Figura 14. Aspecto de la ribera en el punto 4. Bocatoma del acueducto.



Fuente: Autora.

El QBR fue determinado mediante observación directa de los cinco criterios que incluye el índice, durante la época de sequía (Anexo D). En el segundo muestreo, realizado en época de lluvia, no se observó una alteración significativa del estado de la ribera de la quebrada San José. Se indagó con los habitantes de las casas cercanas a la quebrada, confirmando que no se habían presentado a la fecha, desbordamiento o crecidas súbitas, aún así, se optó por tener en cuenta el QBR para un análisis concreto, arrojando los mismos resultados reportados en la época de sequía (Tabla 21).

Tabla 22. Resultados obtenidos de QBR, para los cuatro puntos de muestreo, en época de sequía y lluvia.

| QBR Sequía/Lluvia | PUNTAJE TOTAL | PUNTUACIÓN | CALIDAD | COLOR |
|--|--------------------------|-------------------|---|--------------|
| Punto 1. Nacimiento de la quebrada San José | 123 | > 95 | Ribera sin alteraciones, estado natural | Azul |
| Punto 2. Zona junto a un camino real. | 88 | 75 - 90 | Ribera ligeramente perturbada, calidad buena | Verde |
| Punto 3. Metros debajo del camino real. | 103 | > 95 | Ribera sin alteraciones, estado natural | Azul |
| Punto 4. Bocatoma del acueducto. | 83 | 75 - 90 | Ribera ligeramente perturbada, calidad buena | Verde |

Fuente: Autora.

4.8. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

En la tabla 22, se muestran los resultados del análisis físico químico y microbiológico de la muestra de agua tomada en la bocatoma del acueducto del corregimiento de Cachiri (Anexo E), comparada con lo estipulado por la resolución 2115 del 22 de junio de 2007 y con el Decreto 1594 del 26 de junio de 1984.

Tabla 23. Resultados del análisis físico-químico de la muestra de agua de la bocatoma del acueducto.

| Parámetro | Resultado | Resolución 2115/07 Valor máximo aceptable | Valor admisible Decreto 1594/84 | |
|---------------------------------------|-----------|--|---------------------------------|--------------------------------|
| | | | Desinfección | Tratamiento |
| Color (UPC) | 1,5 | 15 | 20 UPC | 75 UPC |
| Turbiedad (NTU) | 2 | 2 | 10 | |
| Cloruros (mg Cl ⁻ /L) | 2 | 250 | 250 | 250 |
| Nitratos (mg NO ⁻³ /L) | <0,032 | 10 | 10 | 10 |
| Nitritos (mg (NO ⁻² /L) | <0,0024 | 0,1 | 10 | 10 |
| Dureza (mg CaCO ₃ /L) | 5 | 300 | 10 | |
| Alcalinidad (mg/L CaCO ₃) | 15 | 200 | 100 | |
| Coliformes fecales (NMP/100 ml) | 2 | 0 | 1000 microorganismos / 100 ml | 2000 microorganismos / 100 ml |
| Coliformes totales (NMP / 100 ml) | 34 | 0 | 10 microorganismos / 100 ml | 20000 microorganismos / 100 ml |
| Conductividad (mS/cm) in situ | 26 | 1000 | | |
| pH (unidades) in situ | 8.44 | 6.5-9.0 | 6.5-8.5 | 5.0-9.0 |

4.9. ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN

Para los puntos 1, 2 y 3 de muestreo, para ambas épocas, se tomaron los datos registrados in situ (Tabla 23), para la determinación de los índices de contaminación; mientras que, para el punto 4 se tomaron tanto los datos registrados in situ como los reportados por el análisis físico-químico (Tabla 24). Es necesario hacer énfasis en que cuando se postularon los índices, la correlación entre los tres componentes fue del 99%, por ende, al usar solo 2 parámetros sería el 97% de la información y un solo parámetro representaría el 95% de la información evaluada (Ramírez, A. & Viña, G. 1998).

Tabla 24. Resultados de los índices de contaminación en la época de sequía.

| Época de Sequía | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
|---|---------------|--------------|---------------|---------------|
| Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | 31 | 27 | 31 | 30 |
| ICOMI | 0.018 | 0.015 | 0.018 | 0.017 |
| % Oxígeno | 91 | 76 | 77 | 78 |
| ICOMO | 0.02 | 0.08 | 0.07 | 0.07 |
| pH (unidades) | 6.78 | 7.56 | 6.82 | 6.93 |
| ICOpH | 0.0004 | 0.006 | 0.0005 | 0.0007 |

Tabla 25 Resultados de los índices de contaminación en la época de lluvia.

| Época de Lluvia | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | 17 | 18 | 26 | 23 |
| Dureza ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) | - | - | - | 5 |
| Alcalinidad ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) | - | - | - | 15 |
| ICOMI | 0.008 | 0.009 | 0.014 | 0.012 |
| % Oxígeno | 91 | 78 | 92 | 91 |
| Coliformes Totales (NMP/100 cm^3) | - | - | - | 34 |
| ICOMO | 0.03 | 0.07 | 0.03 | 0.2 |

| Época de lluvia | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| pH (unidades) | 8.2 | 8.01 | 8.44 | 8.22 |
| ICOpH | 0.06 | 0.03 | 0.16 | 0.06 |

Para obtener el ICOBIO, se analizó la presencia o ausencia de las familias de macroinvertebrados en los cuatro puntos de muestreo (Anexo F). Y luego, se calculó el índice entre los puntos de muestreo entre sí, en la época de sequía y la época de lluvia (Tabla 25).

Tabla 26. ICOBIO para la época de sequía y de lluvia.

| Puntos de muestreo | Época de Sequía | Época de Lluvia |
|---------------------------|------------------------|------------------------|
| 1-2 | 0.76 | 0.38 |
| 1-3 | 0.71 | 0.64 |
| 1-4 | 0.66 | 0.42 |
| 2-3 | 0.46 | 0.42 |
| 2-4 | 0.66 | 0.43 |
| 3-4 | 0.5 | 0.46 |

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los puntos de muestreo elegidos estuvieron distribuidos entre la zona de nacimiento de la quebrada San José y la bocatoma del acueducto del corregimiento de Cachiri, esto permitió conocer mediante los índices evaluados las condiciones generales en que se encuentra esta fuente hídrica.

La medición del caudal por el método área-velocidad, permitió determinar, en forma preliminar, la cantidad de agua que lleva la quebrada, el registro para la época de sequía se realizó en un día crítico, pues justo tres días después empezaron las lluvias en la región. Por su parte, el caudal correspondiente a la época de lluvia debe ser tomado con precaución, debido a que las condiciones climáticas de este año provocaron precipitaciones más frecuentes y atípicas, en los meses posteriores a este registro.

Un total de 15 familias de macroinvertebrados fueron encontradas a lo largo de la quebrada San José, en el muestreo realizado en la época de sequía; algunas familias como Blepharoceridae, Psephenidae, Polythoridae y Perlidae tienen puntuación de 10 según el índice BMWP/Col., siendo propias de aguas muy limpias.

En la época de lluvia, se encontraron 18 familias, además de las mencionadas en la época de sequía con puntaje de 10, se encontraron representantes de las familias Leptophlebiidae, Oligoneuriidae y Ptilodactylidae, también propias de aguas muy limpias.

Tanto en la época de sequía como en la época de lluvia no se encontraron representantes de macroinvertebrados pertenecientes a familias que tuvieran un

puntaje inferior a 6, reforzando la idea de que las aguas de la quebrada San José se encuentran en buenas condiciones.

El índice BMWP/Col. para la época de sequía indicó que el agua es clase II, de calidad aceptable; lo cual significa que se presenta una ligera contaminación en los tramos evaluados de la quebrada (Figura 15).

Figura 15. Calidad del agua de la quebrada San José, según el índice BMWP, en época de sequía.



Fuente. Autora.

En la época de lluvia, se observaron resultados similares a los de la época de sequía para los primeros tres tramos, sin embargo, el último tramo, justo antes de la bocatoma, los resultados indican que la calidad del agua es clase I, es decir, agua de muy limpias de buena calidad (Figura 16).

Una posible explicación para que esto ocurra es que durante la época de lluvia, surge un nacimiento de agua, aproximadamente 13 metros arriba del punto 4 de la bocatoma del acueducto, este nacimiento desemboca en la quebrada San José y puede en alguna medida, mejorar las condiciones generales del agua, lo cual permite el desarrollo de una mayor vida acuática.

Figura 16. Calidad del agua de la quebrada San José, según el índice BMWP, en la época de lluvia.



Fuente. Autora.

El índice de calidad de ribera, QBR, mostró que, tanto en la época de sequía como en la época de lluvia, el punto de muestreo 1 y 3 tienen una ribera sin alteraciones en estado natural y para el punto 2 y 4 la ribera se encuentra ligeramente perturbada con buena calidad (figura 18).

Figura 17. QBR en los cuatro puntos de muestreo de la quebrada San José, en época de sequía y lluvia.



Fuente: Autora.

La ligera perturbación de la ribera, observada en el punto 2, junto al camino real, radica precisamente en el hecho que la quebrada San José en este punto, se encuentra atravesada por un camino real cercado con alambre de púas en el costado izquierdo; este camino comunica algunas casas de la parte alta de la vereda y aunque no es transitado con frecuencia, si alteró la calidad de la ribera.

En el punto 4, bocatoma del acueducto, la ribera se ha visto afectada por un camino real que pasa cerca, pero sin atravesar la quebrada; un poco más alejado se observaron zonas de potrero, con espacios abiertos que alteran la conectividad.

El camino mencionado es el principal acceso a la vereda San José y es propio en la cultura campesina, al caminar por una zona con abundante vegetación, ir despejando el camino con sus machetes y tomar troncos para llevar a sus casas como combustible para la preparación de sus alimentos, actividades que afectan la calidad de la ribera en este punto.

Los resultados obtenidos del análisis físico-químico del agua tomada en la bocatomía del acueducto, comparado con la reglamentación vigente, permiten concluir que el agua de la quebrada San José cumple con los valores admisibles del decreto 1594 de 1984, para los parámetros analizados y requiere solo de desinfección.

En cuanto a la resolución 2115 de 2007, los resultados obtenidos se encuentran por debajo del valor máximo aceptable, para los parámetros analizados; excepto para los coliformes totales y fecales, por lo que se sugiere a la comunidad, hervir el agua y desinfectarla.

La razón fundamental de la desinfección del agua es disminuir el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua, mediante la destrucción o inactivación de los diversos organismos patógenos que están o pueden estar presentes en la fuente hídrica que las personas utilizan para su consumo.

Los valores próximos a cero (0) obtenidos como resultado de los índices de contaminación evaluados, ICOMI, ICOMO e ICOPH, son indicativos de un nivel muy bajo de contaminación en las aguas de esta quebrada.

En cuanto al pH, próximo a 8, representa una condición perfectamente natural de las aguas. Por su parte, el porcentaje de oxígeno es alto, lo cual, biológicamente, es muy importante para el desarrollo de la vida acuática, y se evidencia en el hecho que el agua de esta quebrada es utilizada para la cría de trucha arco iris,

especie conocida porque habita en aguas bien oxigenadas que le permiten un óptimo desarrollo.

El ICOBIO por su parte, en las comparaciones entre los puntos durante la época de sequía arroja valores mayores a 0.6; indicando alta disimilaridad entre las comunidades comparadas, lo cual sugiere la existencia de condiciones ambientales diferentes; caso contrario ocurre durante la época de lluvia, en donde solo al comparar entre los puntos 1 y 3, arroja alta disimilaridad, en las demás comparaciones se obtuvo valores menores a 0,4, que indican bajas disimilaridad entre esos puntos.

De acuerdo a estos resultados, es evidente que la quebrada San José sufre un mayor impacto durante la época de sequía comparada con la época de lluvia, haciendo primordial su vigilancia y cuidado en esta época, mientras que en época de lluvias, posiblemente por la abundancia de agua, las variaciones sean poco significativas.

6. CONCLUSIONES

- ◆ Los índices biológicos utilizados para evaluar la calidad del agua de la quebrada San José indican que esta fuente hídrica se encuentra en buen estado.
- ◆ Los índices biológicos usados en este estudio, BMWP/Col. Y QBR, representan una herramienta útil para el diagnóstico de la calidad del agua, si se tiene en cuenta que no se requiere personal altamente especializado para su implementación, puesto que los macroinvertebrados suelen ser fáciles de determinar, son métodos rápidos y no se incurre en muchos costos, esta última razón es muy importante para los poblados que no cuentan con recursos económicos para hacer análisis fisicoquímicos periódicos.
- ◆ La combinación de varios índices, biológicos y de contaminación, puede dar un mayor nivel de confianza en los resultados, por lo tanto, pueden ser utilizados en forma paralela para continuar con el seguimiento a la calidad del agua de la quebrada San José.
- ◆ Los parámetros fisicoquímicos registrados in situ, son una excelente herramienta para calcular los índices de contaminación y obtener a través de estos, información sobre la calidad del agua o los efectos de algún tipo de contaminación.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la Alcaldía del municipio de Suratá realizar el ordenamiento del recurso hídrico (Decreto 3930 de 2010) ante la corporación ambiental competente; que consiste en la autorización para el uso y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada San José para uso doméstico colectivo por parte de la población urbana del corregimiento de Cachiri.
- Hacer un recorrido completo desde el nacimiento hasta la desembocadura de la quebrada San José en la quebrada, de tal forma que se pueda obtener con exactitud el número de conexiones con manguera que retiran agua de la quebrada, antes y después de la bocatoma; al parecer estas conexiones son utilizadas para criaderos de trucha arco iris, y según indagación con los habitantes, en ocasiones llegan a afectar el caudal ecológico de la quebrada, sobre todo el época de escasas precipitaciones.
- La nula información que se tenía sobre el caudal de la quebrada San José, sumado a los cambios que se han presentado durante los últimos años e cuanto al régimen de lluvias, se hace necesario que se realice un seguimiento del caudal durante todos los meses del año.
- Implementar un programa de protección de la ribera de la quebrada San José, con el fin de que la población de la vereda San José, evite la tala de árboles, la formación de potreros o la siembra de cultivos en áreas cercanas a la ribera de la quebrada.
- Continuar con un seguimiento de la calidad del agua, mediante los índices tomados por este estudio, para hacer un análisis comparativo y obtener mayor información acerca de la calidad del agua de este tipo de cuencas; primordialmente en la época de sequía en donde las condiciones generales son más críticas.

BIBLIOGRAFÍA

- GARCÍA, Martha; SANCHEZ., Félix y MARIN, Rodrigo. El agua. Santa Fé de Bogotá. 2000
- MARGALEF, Ramón. Ecología. Universidad de Barcelona. Ediciones Omega. Barcelona. 1998
- MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución número 2115 del 22 de junio de 2007
- MINISTERIO DE SALUD. Decreto 1594. Santa Fe de Bogotá. 26 de Junio de 1984
- ODUM, Eugene. Ecología. Tercera Edición, Editorial Revolucionaria de Cuba, 1996
- ODUM, Eugene. Ecología: Peligra la vida. Segunda Edición, Edit. Interamericana. Mc GrawHill, 1993
- RAMIREZ, A., RESTREPO, R., VIÑA, G. Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicación. Ciencia, Tecnología y futuro. Volumen 1(3). Bogotá 1997
- RAMIREZ, A., RESTREPO, R., VIÑA, G. Índices de contaminación para caracterización de aguas continentales y vertimientos. Formulación. Ciencia , Tecnología y Futuro. Volumen 1(5). Bogotá 1999
- RAMÍREZ, A. & VIÑA, G. 1998. Limnología Colombiana, aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. BP Exploration y Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano. 294 pp.

- RESTREPO, R., RAMIREZ, A. Metodología para la evaluación de impactos ambientales en cuerpos receptores por el vertido de aguas residuales industriales.
- ROLDAN PEREZ, Gabriel. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Universidad de Antioquia. Medellín Colombia. 2004
- ROLDAN PEREZ, Gabriel. Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua en Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Volumen 23 (88): 375-387. Universidad de Antioquia, 1999
- ROLDAN PEREZ G, "Macroinvertebrados acuáticos" Innovación y Ciencia ,2003
- ROLDAN PEREZ G. "Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col." En: Colombia 2003. ed: Universidad De Antioquia.
- ROLDAN PEREZ G. "Los invertebrados acuáticos como indicadores biológicos" Revista Actualidades Biológicas 1980
- ROLDÁN PEREZ, G. 1996. Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquía. Primera reimpresión. Presencia Ltda. Colciencias, Universidad de Antioquia, Bogotá – Colombia.
- ROLDAN PEREZ, Gabriel. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos en el Departamento de Antioquia. Editorial Presencia, Bogotá. 1988
- SEGNINI, Samuel. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. ECOTROPICOS. Volumen 16(2):45-63, 2003
- VARGAS, Yolanda. Laboratorio de Aguas I. Universidad Industrial de Santander. 2003

ANEXOS

Anexo A. Datos del macrohábitat, microhábitat y físicoquímicos, tomados en cada uno de los cuatro puntos de muestreo.

| | | | | |
|--|------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|
| Localidad | | | | |
| Corriente o lago: Quebrada San José | | | | |
| Municipio: Suratá. | Corregimiento: Cachiri | Punto 1. Nacimiento de la quebrada San José. | | |
| Descripción: Zona de rocas de gran tamaño, empinado. | | | | |
| Fecha: 30 de marzo de 2010 (época de sequía). | | | Hora: 7: 00 a.m. | |
| Condiciones del tiempo: Día soleado sin lluvia. | | | | |
| Macrohábitat | | | | |
| <i>Tipo</i> | Nacimiento X | Río de montaña | valles | canal |
| <i>Ancho (m)</i> | Entre 1 y 5 X | Entre 5 y 25 | Entre 25 y 100 | Mayor que 100 |
| <i>Profundidad (m)</i> | Menor 0.1 X | Entre 0.1 y 0.5 | Entre 0.5 y 1 | Mayor que 2 |
| <i>Pendiente (%)</i> | Menor que 1 | Entre 1 y 3 | Entre 3 y 7 X | Mayor que 7 |
| <i>Velocidad de la corriente</i> | Muy rápida | rápida | Moderada X | quieta |
| <i>Tipo de sustrato</i> | Piedras: más de 1 m X | Grava: entre 2 y 20 mm | Arena: entre 0.2 y 2 mm | Cieno, barro: menor de 0.2 mm |
| <i>Estructura del banco</i> | Natural X | raíces | piedras | concreto |
| <i>Condiciones del sustrato</i> | limpio | Con materia orgánica | Restos de vegetación X | otros |
| <i>Exposición</i> | Abierto | Parcialmente cubierto | Muy cubierto X | |
| Físicoquímicos | | | | |
| <i>Transparencia</i> | Claro (>50) X | Turbio (10-50) | Muy turbio (<10) | |
| <i>Color del agua</i> | Transparente X | turbia | Muy turbia | |
| <i>Técnica de muestreo</i> | D-net X | Red surber | Draga Ekman | Manual X |
| <i>Temperatura</i> | Aire: 14.3 °C | | Agua: 15.6°C | |
| Oxígeno disuelto 7 mg/L | pH 6.78 | Conductividad 31 µs | Sólidos suspendidos 16 ppm | |
| Área muestreada (m) 25 m ² aprox. | | Tiempo de muestreo (min) 90 | | |
| Biocenosis (microhábitat) | | | | |
| Vegetación acuática | ausente X | escasa | moderada | abundante |
| Macroalgas | ausentes X | escasas | moderadas | abundantes |
| Macroinvertebrados: | ausentes | escasos X | moderados | abundantes |
| Alrededores: | Bosques X | agricultura | pastos | residencial |

| | | | | |
|--|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|
| Localidad | | | | |
| Corriente o lago: Quebrada San José | | | | |
| Municipio: Suratá. | | Corregimiento: Cachiri | | Punto 2. Zona junto a un camino real. |
| Descripción: Un camino real atraviesa la quebrada, el muestreo se realizó por la parte de encima del camino, hay una cerca de alambre al margen izquierdo de este punto. | | | | |
| Fecha: 30 de marzo de 2010 (época de sequía). | | | Hora: 9: 00 a.m. | |
| Condiciones del tiempo: Día soleado sin lluvia. | | | | |
| Macrohábitat | | | | |
| <i>Tipo</i> | Nacimiento | Quebrada de montaña X | valles | canal |
| <i>Ancho (m)</i> | Entre 1 y 5 X | Entre 5 y 25 | Entre 25 y 100 | Mayor que 100 |
| <i>Profundidad (m)</i> | Menor 0.1 | Entre 0.1 y 0.5 X | Entre 0.5 y 1 | Mayor que 2 |
| <i>Pendiente (%)</i> | Menor que 1 | Entre 1 y 3 | Entre 3 y 7 X | Mayor que 7 |
| <i>Velocidad de la corriente</i> | Muy rápida | rápida | Moderada X | quieta |
| <i>Tipo de sustrato</i> | Piedras: entre 50 y 1 m X | Grava: entre 2 y 20 mm | Arena: entre 0.2 y 2 mm | Cieno, barro: menor de 0.2 mm |
| <i>Estructura del banco</i> | Natural X | raíces | pedras | concreto |
| <i>Condiciones del sustrato</i> | limpio | Con materia orgánica | Restos de vegetación X | Otros: Hojas secas, troncos, musgos. |
| Exposición | Abierto | Parcialmente cubierto X | Muy cubierto | |
| Fisicoquímicos | | | | |
| <i>Transparencia</i> | Claro (>50) X | Turbio (10-50) | Muy turbio (<10) | |
| <i>Color del agua</i> | Transparente X | turbia | Muy turbia | |
| <i>Técnica de muestreo</i> | D-net X | Red surber | Draga Ekman | Manual X |
| <i>Temperatura</i> | Aire: 11°C | | Agua: 14.5°C | |
| Oxígeno disuelto 6 mg/L | pH 7.56 | Conductividad 27 µs | Sólidos suspendidos 13 ppm | |
| Área muestreada (m) | 30 m ² aprox. | Tiempo de muestreo (min) 100 | | |
| Biocenosis (microhábitat) | | | | |
| Vegetación acuática | ausente X | escasa | moderada | abundante |
| Macroalgas | ausentes X | escasas | moderadas | abundantes |
| Macroinvertebrados: | ausentes | escasos | moderados X | abundantes |
| Alrededores: | Bosques X | agricultura | pastos | residencial |

| | | | | |
|---|----------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------------|
| Localidad | | | | |
| Corriente o lago: Quebrada San José | | | | |
| Municipio: Suratá. | Corregimiento: Cachiri | Punto 3. Metros abajo del camino real. | | |
| Descripción: Zona con abundantes troncos caídos debido a las crecidas de la quebrada. | | | | |
| Fecha: 30 de marzo de 2010 (época de sequía). | | | Hora: 11: 00 a.m. | |
| Condiciones del tiempo: Día soleado sin lluvia. | | | | |
| Macrohábitat | | | | |
| Tipo | Nacimiento | Quebrada de montaña X | valles | canal |
| Ancho (m) | Entre 1 y 5 X | Entre 5 y 25 | Entre 25 y 100 | Mayor que 100 |
| Profundidad (m) | Menor 0.1 | Entre 0.1 y 0.5 X | Entre 0.5 y 1 | Mayor que 2 |
| Pendiente (%) | Menor que 1 | Entre 1 y 3 X | Entre 3 y 7 | Mayor que 7 |
| Velocidad de la corriente | Muy rápida | rápida | Moderada X | quieta |
| Tipo de sustrato | Piedras: entre 50 y 1 m X | Grava: entre 2 y 20 mm | Arena: entre 0.2 y 2 mm | Cieno, barro: menor de 0.2 mm |
| Estructura del banco | Natural X | raíces | piedras | concreto |
| Condiciones del sustrato | limpio | Con materia orgánica | Restos de vegetación X | Otros: Hojas secas, troncos caídos. |
| Exposición | Abierto | Parcialmente cubierto X | Muy cubierto | |
| Fisicoquímicos | | | | |
| Transparencia | Claro (>50) X | Turbio (10-50) | Muy turbio (<10) | |
| Color del agua | Transparente X | turbia | Muy turbia | |
| Técnica de muestreo | D-net X | Red surber | Draga Ekman | Manual X |
| Temperatura | | Aire: 16°C | Agua: 15.7°C | |
| Oxígeno disuelto 6 mg/L | pH 6.82 | Conductividad 31 µs | Sólidos suspendidos 15 ppm | |
| Área muestreada (m) | 35 m ² aprox. | Tiempo de muestreo (min) 110 | | |
| Biocenosis (microhábitat) | | | | |
| Vegetación acuática | ausente X | escasa | moderada | abundante |
| Macroalgas | ausentes X | escasas | moderadas | abundantes |
| Macroinvertebrados: | ausentes | escasos | moderados X | abundantes |
| Alrededores: | Bosques X | agricultura | pastos | residencial |

| Localidad | | | | |
|---|----------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------------|
| Corriente o lago: Quebrada San José | | | | |
| Municipio: Suratá. | Corregimiento: Cachirí | Punto 4. Bocatoma del acueducto del corregimiento de Cachirí. | | |
| Descripción: Zona con abundantes troncos caídos debido a las crecidas de la quebrada. | | | | |
| Fecha: 30 de marzo de 2010 (época de sequía). | | | Hora: 1: 00 p.m. | |
| Condiciones del tiempo: Tiempo seco, Cielo nublado. | | | | |
| Macrohábitat | | | | |
| <i>Tipo</i> | Nacimiento | Quebrada de montaña X | valles | canal |
| <i>Ancho (m)</i> | Entre 1 y 5 X | Entre 5 y 25 | Entre 25 y 100 | Mayor que 100 |
| <i>Profundidad (m)</i> | Menor 0.1 | Entre 0.1 y 0.5 X | Entre 0.5 y 1 | Mayor que 2 |
| <i>Pendiente (%)</i> | Menor que 1 | Entre 1 y 3 X | Entre 3 y 7 | Mayor que 7 |
| <i>Velocidad de la corriente</i> | Muy rápida | rápida | Moderada X | quieta |
| <i>Tipo de sustrato</i> | Piedras: entre 50 y 1 m X | Grava: entre 2 y 20 mm | Arena: entre 0.2 y 2 mm | Cieno, barro: menor de 0.2 mm |
| <i>Estructura del banco</i> | Natural X | raíces | piedras | concreto |
| <i>Condiciones del sustrato</i> | limpio | Con materia orgánica | Restos de vegetación X | Otros: Hojas secas, troncos caídos. |
| Exposición | Abierto | Parcialmente cubierto X | Muy cubierto | |
| Físicoquímicos | | | | |
| <i>Transparencia</i> | Claro (>50) X | Turbio (10-50) | Muy turbio (<10) | |
| <i>Color del agua</i> | Transparente X | turbia | Muy turbia | |
| <i>Técnica de muestreo</i> | D-net X | Red surber | Draga Ekman | Manual X |
| <i>Temperatura</i> | Aire: 17°C | | Agua: 16.1°C | |
| Oxígeno disuelto 6 mg/L | pH 6.93 | Conductividad 30 µs | Sólidos suspendidos 14 ppm | |
| Área muestreada (m) | 45 m ² aprox. | Tiempo de muestreo (min) 100 | | |
| Biocenosis (microhábitat) | | | | |
| Vegetación acuática | ausente X | escasa | moderada | abundante |
| Macroalgas | ausentes X | escasas | moderadas | abundantes |
| Macroinvertebrados: | ausentes | escasos | moderados X | abundantes |
| Alrededores: | Bosques X | agricultura | pastos | residencial |

| | | | | |
|--|------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|
| Localidad | | | | |
| Corriente o lago: Quebrada San José | | | | |
| Municipio: Suratá. | Corregimiento: Cachiri | Punto 1. Nacimiento de la quebrada San José. | | |
| Descripción: Zona de rocas de gran tamaño, empinado. | | | | |
| Fecha: 16 de mayo de 2010 (época de lluvia) | | | Hora: 7: 00 a.m. | |
| Condiciones del tiempo: Día soleado sin lluvia. | | | | |
| Macrohábitat | | | | |
| Tipo | Nacimiento X | Río de montaña | valles | canal |
| Ancho (m) | Entre 1 y 5 X | Entre 5 y 25 | Entre 25 y 100 | Mayor que 100 |
| Profundidad (m) | Menor 0.1 X | Entre 0.1 y 0.5 | Entre 0.5 y 1 | Mayor que 2 |
| Pendiente (%) | Menor que 1 | Entre 1 y 3 | Entre 3 y 7 X | Mayor que 7 |
| Velocidad de la corriente | Muy rápida | rápida | Moderada X | quieta |
| Tipo de sustrato | Piedras: más de 1 m X | Grava: entre 2 y 20 mm | Arena: entre 0.2 y 2 mm | Cieno, barro: menor de 0.2 mm |
| Estructura del banco | Natural X | raíces | piedras | concreto |
| Condiciones del sustrato | limpio | Con materia orgánica | Restos de vegetación X | otros |
| Exposición | Abierto | Parcialmente cubierto | Muy cubierto X | |
| Fisicoquímicos | | | | |
| Transparencia | Claro (>50) X | Turbio (10-50) | Muy turbio (<10) | |
| Color del agua | Transparente X | turbia | Muy turbia | |
| Técnica de muestreo | D-net X | Red surber | Draga Ekman | Manual X |
| Temperatura | Aire: 14 °C | | Agua: 15 °C | |
| Oxígeno disuelto 7 mg/L | pH 8.2 | Conductividad 17 µs | Sólidos suspendidos 6 ppm | |
| Área muestreada (m) 25 m ² aprox. | | Tiempo de muestreo (min) 95 | | |
| Biocenosis (microhábitat) | | | | |
| Vegetación acuática | ausente X | escasa | moderada | abundante |
| Macroalgas | ausentes X | escasas | moderadas | abundantes |
| Macroinvertebrados: | ausentes | escasos | Moderados X | abundantes |
| Alrededores: | Bosques X | agricultura | pastos | residencial |

| | | | | |
|--|----------------------------------|---|-------------------------------|--------------------------------------|
| Localidad | | | | |
| Corriente o lago: Quebrada San José | | | | |
| Municipio: Suratá. | | Corregimiento: Cachiri Punto 2. Zona junto a un camino real. | | |
| Descripción: Un camino real atraviesa la quebrada, el muestreo se realizó por la parte de encima del camino, hay una cerca de alambre al margen izquierdo de este punto. | | | | |
| Fecha: 16 de mayo de 2010 (época de lluvia) | | | Hora: 9: 00 a.m. | |
| Condiciones del tiempo: Día soleado sin lluvia. | | | | |
| Macrohábitat | | | | |
| Tipo | Nacimiento | Quebrada de montaña X | valles | canal |
| Ancho (m) | Entre 1 y 5 X | Entre 5 y 25 | Entre 25 y 100 | Mayor que 100 |
| Profundidad (m) | Menor 0.1 | Entre 0.1 y 0.5 X | Entre 0.5 y 1 | Mayor que 2 |
| Pendiente (%) | Menor que 1 | Entre 1 y 3 | Entre 3 y 7 X | Mayor que 7 |
| Velocidad de la corriente | Muy rápida | rápida | Moderada X | quieta |
| Tipo de sustrato | Piedras: entre 50 y 1 m X | Grava: entre 2 y 20 mm | Arena: entre 0.2 y 2 mm | Cieno, barro: menor de 0.2 mm |
| Estructura del banco | Natural X | raíces | piedras | concreto |
| Condiciones del sustrato | limpio | Con materia orgánica | Restos de vegetación X | Otros: Hojas secas, troncos, musgos. |
| Exposición | Abierto | Parcialmente cubierto X | Muy cubierto | |
| Fisicoquímicos | | | | |
| Transparencia | Claro (>50) X | Turbio (10-50) | Muy turbio (<10) | |
| Color del agua | Transparente X | Turbia | Muy turbia | |
| Técnica de muestreo | D-net X | Red surber | Draga Ekman | Manual X |
| Temperatura | | Aire: 14.6°C | Agua: 15.3°C | |
| Oxígeno disuelto 6 mg/L | pH 8.01 | Conductividad 18 µs | Sólidos suspendidos 9 ppm | |
| Área muestreada (m) 30 m ² aprox. | | Tiempo de muestreo (min) 100 | | |
| Biocenosis (microhábitat) | | | | |
| Vegetación acuática | ausente X | escasa | moderada | abundante |
| Macroalgas | ausentes X | escasas | moderadas | abundantes |
| Macroinvertebrados: | ausentes | escasos | moderados X | abundantes |
| Alrededores: | Bosques X | agricultura | pastos | residencial |

| | | | | |
|---|----------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------------|
| Localidad | | | | |
| Corriente o lago: Quebrada San José | | | | |
| Municipio: Surata. | Corregimiento: Cachiri | Punto 3. Metros abajo del camino real. | | |
| Descripción: Zona con abundantes troncos caídos debido a las crecidas de la quebrada. | | | | |
| Fecha: 16 de mayo de 2010 (época de lluvia) | | | Hora: 11: 00 a.m. | |
| Condiciones del tiempo: Día soleado sin lluvia. | | | | |
| Macrohábitat | | | | |
| Tipo | Nacimiento | Quebrada de montaña X | valles | canal |
| Ancho (m) | Entre 1 y 5 X | Entre 5 y 25 | Entre 25 y 100 | Mayor que 100 |
| Profundidad (m) | Menor 0.1 | Entre 0.1 y 0.5 X | Entre 0.5 y 1 | Mayor que 2 |
| Pendiente (%) | Menor que 1 | Entre 1 y 3 X | Entre 3 y 7 | Mayor que 7 |
| Velocidad de la corriente | Muy rápida | rápida | Moderada X | quieta |
| Tipo de sustrato | Piedras: entre 50 y 1 m X | Grava: entre 2 y 20 mm | Arena: entre 0.2 y 2 mm | Cieno, barro: menor de 0.2 mm |
| Estructura del banco | Natural X | raíces | piedras | concreto |
| Condiciones del sustrato | limpio | Con materia orgánica | Restos de vegetación X | Otros: Hojas secas, troncos caídos. |
| Exposición | Abierto | Parcialmente cubierto X | Muy cubierto | |
| Fisicoquímicos | | | | |
| Transparencia | Claro (>50) X | Turbio (10-50) | Muy turbio (<10) | |
| Color del agua | Transparente X | turbia | Muy turbia | |
| Técnica de muestreo | D-net X | Red surber | Draga Ekman | Manual X |
| Temperatura | | Aire: 16°C | Agua: 16.6°C | |
| Oxígeno disuelto 7 mg/L | pH 8.44 | Conductividad 26 µs | Sólidos suspendidos 12 ppm | |
| Área muestreada (m) 35 m ² aprox. | | Tiempo de muestreo (min) 110 | | |
| Biocenosis (microhábitat) | | | | |
| Vegetación acuática | ausente X | escasa | moderada | abundante |
| Macroalgas | ausentes X | escasas | moderadas | abundantes |
| Macroinvertebrados: | ausentes | escasos | moderados X | abundantes |
| Alrededores: | Bosques X | agricultura | pastos | residencial |

| | | | | |
|---|----------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------------|
| Localidad | | | | |
| Corriente o lago: Quebrada San José | | | | |
| Municipio: Suratá. | Corregimiento: Cachirí | Punto 4. Bocatoma del acueducto del corregimiento de Cachirí. | | |
| Descripción: Zona con abundantes troncos caídos debido a las crecidas de la quebrada. | | | | |
| Fecha: 16 de mayo de 2010 (época de lluvia) | | | Hora: 1: 00 p.m. | |
| Condiciones del tiempo: Tiempo seco, Cielo nublado. | | | | |
| Macrohábitat | | | | |
| Tipo | Nacimiento | Quebrada de montaña X | valles | canal |
| Ancho (m) | Entre 1 y 5 X | Entre 5 y 25 | Entre 25 y 100 | Mayor que 100 |
| Profundidad (m) | Menor 0.1 | Entre 0.1 y 0.5 X | Entre 0.5 y 1 | Mayor que 2 |
| Pendiente (%) | Menor que 1 | Entre 1 y 3 X | Entre 3 y 7 | Mayor que 7 |
| Velocidad de la corriente | Muy rápida | rápida | Moderada X | quieta |
| Tipo de sustrato | Piedras: entre 50 y 1 m X | Grava: entre 2 y 20 mm | Arena: entre 0.2 y 2 mm | Cieno, barro: menor de 0.2 mm |
| Estructura del banco | Natural X | raíces | piedras | concreto |
| Condiciones del sustrato | limpio | Con materia orgánica | Restos de vegetación X | Otros: Hojas secas, troncos caídos. |
| Exposición | Abierto | Parcialmente cubierto X | Muy cubierto | |
| Fisicoquímicos | | | | |
| Transparencia | Claro (>50) X | Turbio (10-50) | Muy turbio (<10) | |
| Color del agua | Transparente X | turbia | Muy turbia | |
| Técnica de muestreo | D-net X | Red surber | Draga Ekman | Manual X |
| Temperatura | | Aire: 17°C | Agua: 16.1°C | |
| Oxígeno disuelto 7 mg/L | pH 8.22 | Conductividad 23 µs | Sólidos suspendidos 12 ppm | |
| Área muestreada (m) 45 m ² aprox. | | Tiempo de muestreo (min) 100 | | |
| Biocenosis (microhábitat) | | | | |
| Vegetación acuática | ausente X | escasa | moderada | abundante |
| Macroalgas | ausentes X | escasas | moderadas | abundantes |
| Macroinvertebrados: | ausentes | escasos | moderados X | abundantes |
| Alrededores: | Bosques X | agricultura | pastos | residencial |

**Anexo B. Familias de macroinvertebrados encontradas en la época de sequía
y calidad del agua.**

| Fecha: 30 de marzo de 2010 | | |
|--|-----------------|------------|
| Nombre: Quebrada san José | | |
| Lugar: Punto 1. Nacimiento de la quebrada San José. | | |
| No. | Familia | Puntuación |
| 1 | Psephenidae | 10 |
| 2 | Polythoridae | 10 |
| 3 | Perlidae | 10 |
| 4 | Helicopsychidae | 8 |
| 5 | Vellidae | 8 |
| 6 | Planaridae | 7 |
| 7 | Libellulidae | 6 |
| 8 | Elmide | 6 |
| Puntaje Total | | 65 |

| CLASE | CALIDAD | VALOR | SIGNIFICADO | COLOR |
|-------|-----------|--------|--------------------------------|-------|
| II | ACEPTABLE | 61-100 | Aguas ligeramente contaminadas | verde |

| Fecha: 30 de marzo de 2010 | | |
|---|-----------------|------------|
| Nombre: Quebrada san José | | |
| Lugar: Punto 2. Zona junto a un camino real. | | |
| No. | Familia | Puntuación |
| 1 | Blepharoceridae | 10 |
| 2 | Perlidae | 10 |
| 3 | Leptophlebiidae | 9 |
| 4 | Vellidae | 8 |
| 5 | Gerridae | 8 |
| 6 | Naucoridae | 7 |
| 7 | Libellulidae | 6 |
| 8 | Aeshnidae | 6 |
| Puntaje Total | | 64 |

| CLASE | CALIDAD | VALOR | SIGNIFICADO | COLOR |
|-------|-----------|--------|--------------------------------|-------|
| II | ACEPTABLE | 61-100 | Aguas ligeramente contaminadas | verde |

| Fecha: 30 de marzo de 2010 | | |
|--|-----------------|------------|
| Nombre: Quebrada san José | | |
| Lugar: Punto 3. Metros abajo del camino real. | | |
| No. | Familia | Puntuación |
| 1 | Psephenidae | 10 |
| 2 | Perlidae | 10 |
| 3 | Blepharoceridae | 10 |
| 4 | Leptophlebiidae | 9 |
| 5 | Leptoceridae | 8 |
| 6 | Gerridae | 8 |
| 7 | Naucoridae | 7 |
| 8 | Libellulidae | 7 |
| 9 | Planaridae | 7 |
| 10 | Aeshnidae | 6 |
| Puntaje Total | | 75 |

| CLASE | CALIDAD | VALOR | SIGNIFICADO | COLOR |
|-------|-----------|--------|--------------------------------|-------|
| II | ACEPTABLE | 61-100 | Aguas ligeramente contaminadas | verde |

| Fecha: 30 de marzo de 2010 | | |
|--|---------------|------------|
| Nombre: Quebrada san José | | |
| Lugar: Punto 4. Bocatoma del acueducto. | | |
| No. | Familia | Puntuación |
| 1 | Perlidae | 10 |
| 2 | Psephenidae | 10 |
| 3 | Hydrobiosidae | 9 |
| 4 | Leptoceridae | 8 |
| 5 | Geriidae | 8 |
| 6 | Elmidae | 8 |
| 7 | Naucoridae | 7 |
| 8 | Libellulidae | 7 |
| Puntaje Total | | 67 |

| CLASE | CALIDAD | VALOR | SIGNIFICADO | COLOR |
|-------|-----------|--------|---------------------------------|-------|
| II | ACEPTABLE | 61-100 | Aguas ligeramente contaminadas. | verde |

Anexo C. Familias de macroinvertebrados encontrados en la época de lluvia y la calidad del agua.

| Fecha: 16 de mayo de 2010. | | |
|--|-----------------|------------|
| Nombre: Quebrada san José | | |
| Lugar: Punto 1. Nacimiento de la quebrada San José. | | |
| No. | Familia | Puntuación |
| 1 | Blepharoceridae | 10 |
| 2 | Perlidae | 10 |
| 3 | Psephenidae | 10 |
| 4 | Leptophlebiidae | 10 |
| 5 | Veliidae | 8 |
| 6 | Leptoceridae | 8 |
| 7 | Naucoridae | 7 |
| 8 | Coenagrionidae | 7 |
| 9 | Batidae | 7 |
| Puntaje Total | | 77 |

| CLASE | CALIDAD | VALOR | SIGNIFICADO | COLOR |
|-------|-----------|--------|--------------------------------|-------|
| II | Aceptable | 61-100 | Aguas ligeramente contaminadas | Verde |

| Fecha: 16 de mayo de 2010 | | | | |
|---|-----------------|------------|--------------------------------|-------|
| Nombre: Quebrada san José | | | | |
| Lugar: Punto 2. Zona junto a un camino real. | | | | |
| No. | Familia | Puntuación | | |
| 1 | Oligoneuriidae | 10 | | |
| 2 | Perlidae | 10 | | |
| 3 | Psephenidae | 10 | | |
| 4 | Leptophlebiidae | 9 | | |
| 5 | Leptoceridae | 8 | | |
| 6 | Veliidae | 8 | | |
| 7 | Naucoridae | 7 | | |
| 8 | Hydroptilidae | 7 | | |
| 9 | Batidae | 7 | | |
| 10 | Scirtidae | 7 | | |
| 11 | Coenagrionidae | 7 | | |
| 12 | Elmidae | 6 | | |
| Puntaje Total | | 96 | | |
| CLASE | CALIDAD | VALOR | SIGNIFICADO | COLOR |
| II | Aceptable | 61-100 | Aguas ligeramente contaminadas | Verde |

| Fecha: 16 de mayo de 2010 | | |
|---|-----------------|------------|
| Nombre: Quebrada san José | | |
| Lugar: Punto 3. Metros debajo del camino real. | | |
| No. | Familia | Puntuación |
| 1 | Psephenidae | 10 |
| 2 | Perlidae | 10 |
| 3 | Ptilodactylidae | 10 |
| 4 | Oligoneuriidae | 10 |
| 5 | Leptophlepidae | 9 |
| 6 | Leptoceridae | 8 |
| 7 | Naucoridae | 7 |
| 8 | Planaridae | 7 |
| 9 | Hydroptilidae | 7 |
| 10 | Elmidae | 6 |
| Puntaje Total | | 84 |

| CLASE | CALIDAD | VALOR | SIGNIFICADO | COLOR |
|-------|-----------|--------|--------------------------------|-------|
| II | Aceptable | 61-100 | Aguas ligeramente contaminadas | Verde |

| Fecha: 16 de mayo de 2010 | | |
|--|-----------------|------------|
| Nombre: Quebrada san José | | |
| Lugar: Punto 4. Bocatoma del acueducto. | | |
| No. | Familia | Puntuación |
| 1 | Perlidae | 10 |
| 2 | Psephenidae | 10 |
| 3 | Blepharoceridae | 10 |
| 4 | Oligoneuriidae | 10 |
| 5 | Hydrobiosidae | 9 |
| 6 | Leptophlebiidae | 9 |
| 7 | Velidae | 8 |
| 8 | Leptoceridae | 8 |
| 9 | Simulidae | 8 |
| 10 | Naucoridae | 7 |
| 11 | Batidae | 7 |
| 12 | Planaridae | 7 |
| 13 | Elmidae | 6 |
| Puntaje Total | | 109 |

| CLASE | CALIDAD | VALOR | SIGNIFICADO | COLOR |
|-------|---------|-------|-------------------|-------|
| I | Buena | >100 | Aguas muy limpias | Azul |

Anexo D. QBR para los puntos de muestreo, en la época de sequía.

| | | |
|---|---|----------------|
| Fecha: 30 de marzo de 2010 | | |
| Nombre: Quebrada san José | | |
| Lugar: Punto 1. Nacimiento de la quebrada San José | | |
| Criterio | | Puntaje |
| Grado de cubierta de la zona de ribera | | 35 |
| Estructura de la cubierta | | 30 |
| Calidad de la cubierta | | 30 |
| Grado de naturalidad el canal fluvial | | 25 |
| Tipo geomorfológico | | 3 |
| Puntaje Total | | 123 |
| Puntuación | Calidad | Color |
| > 95 | Ribera sin alteraciones, estado natural | Azul |

| | | |
|---|--|----------------|
| Fecha: 30 de marzo de 2010 | | |
| Nombre: Quebrada san José | | |
| Lugar: Punto 2. Zona junto a un camino real. | | |
| Criterio | | Puntaje |
| Grado de cubierta de la zona de ribera | | 25 |
| Estructura de la cubierta | | 25 |
| Calidad de la cubierta | | 25 |
| Grado de naturalidad el canal fluvial | | 10 |
| Tipo geomorfológico | | 3 |
| Puntaje Total | | 88 |

| | | |
|-------------------|--|--------------|
| Puntuación | Calidad | Color |
| 75 - 90 | Ribera ligeramente perturbada, calidad buena | Verde |

| | | |
|---|--|----------------|
| Fecha: 30 de marzo de 2010 | | |
| Nombre: Quebrada san José | | |
| Lugar: Punto 3. Metros debajo del camino real. | | |
| Criterio | | Puntaje |
| Grado de cubierta de la zona de ribera | | 25 |
| Estructura de la cubierta | | 25 |
| Calidad de la cubierta | | 25 |
| Grado de naturalidad el canal fluvial | | 25 |
| Tipo geomorfológico | | 3 |
| Puntaje Total | | 103 |

| | | |
|-------------------|---|--------------|
| Puntuación | Calidad | Color |
| > 95 | Ribera sin alteraciones, estado natural | Azul |

| | |
|--|----------------|
| Fecha: 30 de marzo de 2010 | |
| Nombre: Quebrada san José | |
| Lugar: Punto 4. Bocatoma del acueducto. | |
| Criterio | Puntaje |
| Grado de cubierta de la zona de ribera | 20 |
| Estructura de la cubierta | 20 |
| Calidad de la cubierta | 15 |
| Grado de naturalidad el canal fluvial | 25 |
| Tipo geomorfológico | 3 |
| Puntaje Total | 83 |

| | | |
|-------------------|--|--------------|
| Puntuación | Calidad | Color |
| 75 - 90 | Ribera ligeramente perturbada, calidad buena | Verde |

Anexo D. Presencia de las familias de macroinvertebrados encontrados en cada uno de los cuatro puntos de muestreo.

| Familia (Época de sequía) | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
|--------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Aeshnidae | | ✓ | ✓ | |
| Blepharoceridae | | ✓ | ✓ | |
| Elmidae | ✓ | | | ✓ |
| Gerridae | | ✓ | ✓ | ✓ |
| Helicopsychidae | ✓ | | | |
| Hydrobiosidae | | | | ✓ |
| Leptoceridae | | | ✓ | ✓ |
| Leptophlebiidae | | ✓ | ✓ | |
| Libellulidae | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Naucoridae | | ✓ | ✓ | ✓ |
| Perlidae | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Planaridae | ✓ | | ✓ | |
| Polythoridae | ✓ | | | |
| Psephenidae | ✓ | | ✓ | ✓ |
| Vellidae | ✓ | ✓ | | |

| Familia (Época de lluvia) | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
|--------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Aeshnidae | | | | |
| Batidae | ✓ | ✓ | | ✓ |
| Blepharoceridae | ✓ | | | ✓ |
| Coenagrionidae | ✓ | ✓ | | |
| Elmidae | | ✓ | ✓ | ✓ |
| Hydrobiosidae | | | | ✓ |
| Hydroptilidae | | ✓ | ✓ | |
| Leptoceridae | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Leptophlebiidae | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Naucoridae | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Oligoneuriidae | | ✓ | ✓ | ✓ |
| Perlidae | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Planaridae | | | ✓ | ✓ |
| Psephenidae | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Ptilodactylidae | | | ✓ | |
| Scirtidae | | ✓ | | |
| Simulidae | | | | ✓ |
| Vellidae | ✓ | ✓ | | ✓ |

Anexo F. Informe de resultados de análisis fisicoquímico.

| | | |
|-------------------------------|---|---|
| FORMATO INFORME DE RESULTADOS |  UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM | CODIGO: F-L-25 VERSIÓN: 1 No. 014 |
|-------------------------------|---|---|

| INFORME DE RESULTADOS | | | |
|---|----|--------------------------------|------------|
| TITULO: Análisis de Muestras de Aguas Natural | | | |
| FECHA | | | |
| DD | MM | AA | |
| 01 | 06 | 10 | |
| INFORMACION DEL CLIENTE | | | |
| NOMBRE | | DIRECCION | TELEFONO |
| DIANA GICELA BLANCO VEGA (Tesis) | | - | 3202216588 |
| MUESTRA | | | |
| TIPO DE MUESTRA: | | AGUA NATURAL | |
| NOMBRE DE LA MUESTRA: | | SITIO 3 – Agua Natural | |
| FECHA DE RECEPCIÓN | | MAYO 20 DE 2010 | |
| PROCEDENCIA: | | PROYECTO | |
| CODIGO: | | 10-0043 | |
| TOMA DE MUESTRA | | | |
| PROCEDIMIENTO DE MUESTREO | | MUESTRA TRAJIDA AL LABORATORIO | |

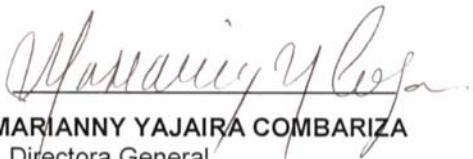
| RESULTADOS DE ANALISIS | | | | | |
|------------------------|------------------------|-----------|----------------------------|---------------------------|-----------|
| CODIGO | NOMBRE MUESTRA | PARAMETRO | METODO | UNIDADES | RESULTADO |
| 10-0043 | SITIO 3 - AGUA NATURAL | COLOR | Colorimétrico | Unid. Pt Co | 1,5 |
| 10-0043 | SITIO 3 - AGUA NATURAL | TURBIEDAD | 2130 B Standard Methods | NTU | 2 |
| 10-0043 | SITIO 3 - AGUA NATURAL | CLORUROS | 4500 Cl B Standard Methods | mg/L Cl ⁻ | 2 |
| 10-0043 | SITIO 3 - AGUA NATURAL | NITRATOS | SALICILATO (RODIER) | mg NO ₃ -N / L | <0,032 |
| 10-0043 | SITIO 3 - AGUA NATURAL | NITRITOS | 4500B Standard Methods | mg NO ₂ -N / L | <0,0024 |

| | | | |
|--------------------------------------|---|---|---|
| FORMATO INFORME DE RESULTADOS |  | UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM | CODIGO: F-L-25 VERSIÓN: 1 No. 014 |
|--------------------------------------|---|---|---|

| CODIGO | NOMBRE MUESTRA | PARAMETRO | METODO | UNIDADES | RESULTADO |
|---------|------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| 10-0043 | SITIO 3 - AGUA NATURAL | DUREZA | 2340C Standard Methods | mg/L CaCO ₃ | 5 |
| 10-0043 | SITIO 3 - AGUA NATURAL | ALCALINIDAD | Titrimétrico | mg/L CaCO ₃ | 15 |
| 10-0043 | SITIO 3 - AGUA NATURAL | COLIFORMES FECALES | NMP | NMP/100ml | 2 |
| 10-0043 | SITIO 3 - AGUA NATURAL | COLIFORMES TOTALES | NMP | NMP/100ml | 34 |

Nota: estos resultados se relacionan únicamente con las muestras analizadas. No se debe reproducir el informe, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del laboratorio.


YANETH QUINTERO LÓPEZ
 Directora de laboratorio


DRA. MARIANNY YAJAIRA COMBARIZA
 Directora General