

**DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA  
MICROCUEENCA SANCOTEA QUE ABASTECE EL 40% DEL  
ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO – SANTANDER**

**DIANA PATRICIA TORRES SOLANO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE QUÍMICA  
2007**

**DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA  
MICROCUENCA SANCOTEA QUE ABASTECE EL 40% DEL  
ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO – SANTANDER**

**DIANA PATRICIA TORRES SOLANO**

**Monografía de grado para optar al título de Especialista en  
Química Ambiental**

**Director  
RICARDO RESTREPO MANRIQUE  
Biólogo Esp. Química Ambiental**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE QUÍMICA  
2007**

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO	2
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2 JUSTIFICACIÓN	3
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos	5
2. ANTECEDENTES	6
3. MARCO REFERENCIAL	7
3.1 MARCO TEÓRICO	7
3.1.1 Limnología	7
3.1.2 Macroinvertebrados Acuáticos	7
3.1.3 Clasificación de macroinvertebrados acuáticos de acuerdo a su hábitat	9
3.1.4 Índices Ecológicos Cualitativos	10
3.1.5 Índices Ecológicos Cuantitativos	11
3.1.6 Índices de Contaminación	11
3.2 MARCO CONTEXTUAL	12
3.2.1 Descripción General de la Microcuenca Sancotea.	12
3.2.2 Descripción zona de estudio	12
3.2.3 Climatología Microcuenca Sancotea	13
3.2.4 Geomorfología de la Microcuenca Sancotea.	13
3.2.5 Aspecto Socioeconómico y Cultural	13
4. METODOLOGÍA	14
4.1 FASE I.	14
4.1.1 Estudio general de la zona.	14
4.1.2 Organización la información arrojada por los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y biológicos	14
4.1.3 Análisis y aplicación de los índices biológicos y de contaminación	15
4.2 FASE II.	22
4.2.1 Diagnóstico y evaluación.	22
5. RESULTADOS Y ANÁLISIS	23
5.1 ESTACIONES DE MUESTREO	23
5.2 GENERALIDADES DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO	24

	<b>Pág.</b>
5.2.1 Estación número 1: Carretera.	24
5.2.2 Estación número 2: Bocatoma.	25
5.2.3 Estación número 3: Aguas debajo de la Cascada.	26
5.2.4 Estación número 4: Predios UNILIBRE – Hacienda Majavita.	26
5.3 RESULTADOS DEL MUESTREO	27
5.3.1 Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party)	28
5.3.2 Clasificación taxonómica y caracterización ecológica de los macroinvertebrados acuáticos.	29
5.3 VARIABLES BIOLÓGICAS	37
5.4 INDICE DE CALIDAD DE RIBERA OBR.	37
5.4.1 Análisis de los resultados obtenidos.	37
5.5 INDICES ECOLÓGICOS CUANTITATIVOS	39
5.5.1 Índice de Diversidad de Shannon – Weaver.	39
5.5.2 Índice de Afinidad de Jaccard	41
5.6 ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN.	44
5.6.1 Índice de contaminación por materia orgánica - ICOMO.	44
5.6.2 Índice de contaminación por mineralización - ICOMI.	45
5.6.3 Índice de contaminación por sólidos suspendidos – ICOSUS	46
5.6.4 Índice de contaminación por pH – ICOpH.	47
5.6.5 Índice de contaminación biótico – ICOBIO	48
6. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	50
6.1 RECURSO AGUA	50
6.1.1 Descripción Quebradas Las Águilas Y Majavita.	50
6.1.2 Conflictos De Uso Del Recurso	50
6.2 RECURSOS SUELO, FLORA Y FAUNA.	51
6.2.1 Usos del suelo.	51
6.2.2 Recursos Flora y Fauna.	53
6.2.3 Conflictos de uso	53
6.3 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL RECURSO HÍDRICO	54
7. SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO	55
8. CONCLUSIONES	56
9. RECOMENDACIONES	58
10. BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS	

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla1. Puntuaciones Asignadas Familias de Macroinvertebrados Acuáticos para el índice B.M.W.P/ Colombia	16
Tabla 2. Clases de calidad de agua, valores B.M.W.P. & Acute para representación cartográfica	17
Tabla 3. Clases de calidad de ribera	20
Tabla 4. Grado de contaminación de acuerdo con los ICOs.	22
Tabla 5. Ubicación estaciones de monitoreo	23
Tabla 6. Puntuación BMWP	27
Tabla 7. Índice de Calidad de Ribera Q.B.R. de la Microcuenca Sancotea	38
Tabla 8. Resumen Índices Ecológicos.	42
Tabla 9. Resumen de Parámetros Físicoquímicos	42
Tabla 10. Resumen Índices de Contaminación	43
Tabla 11. Promedio Índices de Contaminación Por Estación	43

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Grupos Taxonómicos	8
Cuadro 2. Clasificación taxonómica y caracterización ecológica	31

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Familias de Macroinvertebrados Bentos.	9
Figura 2. Familias de Macroinvertebrados Neuston.	9
Figura 3. Familias de Macroinvertebrados Necton.	10
Figura 4. BMWP por épocas y estaciones	28
Figura 5. Comparación del BMWP entre estaciones	29
Figura 6. Índice de calidad de ribera	37
Figura 7. Índice de diversidad por épocas climatológicas	39
Figura 8. Comparación del índice de diversidad por estaciones	40
Figura 9. Índice de afinidad por épocas climatológicas	41
Figura 10. Índice de contaminación por materia orgánica - ICOMO	45
Figura 11. Índice de contaminación por mineralización - ICOMI	46
Figura 12. Índice de contaminación por sólidos suspendidos - ICOSUS	47
Figura 13. Índice de contaminación por pH - ICOpH	48
Figura 14. Índice de contaminación biótico - ICOBIO	49

## **ANEXOS**

- ANEXO A. Resumen Ficha de campo: Muestreos Durante las Estaciones Climáticas
- ANEXO B. Plano Calidad del Agua de la Microcuenca Sancotea
- ANEXO C. Ficha de campo. QBR
- ANEXO D. Índice de Diversidad de Shannon y Weaver
- ANEXO E. Afinidad de Jaccard

## GLOSARIO

**ABIÓTICO:** De un medio o ambiente donde es posible la vida de todas o de algunas especies animales o vegetales.

**AGUAS EUTRÓFICAS:** Aguas que suelen ser poco profundas, situadas muchas veces en llanuras bajas y alimentadas por aguas ya alteradas por el contacto con rocas y suelos erosivos; mantienen abundante vida vegetal microscópica (sobre todo algas y cianobacterias del fitoplancton) y, a veces, están rodeadas de nutridas comunidades de carrizos y plantas acuáticas sumergidas; también son comunes los peces de carne poco refinada (perca, carpa, barbo, rutilo, lucio).

**AGUAS LÉNTICAS:** Aguas quietas o remansos, ejemplo lagos y lagunas.

**AGUAS LÓTICAS:** Aguas agitadas o corrientes, ríos, arroyos.

**AGUAS MESOTRÓFICAS:** Aguas de lagos con poca transparencia y escasa profundidad, que no son ni oligotróficos ni eutróficos.

**AGUAS OLIGOTRÓFICAS:** Reservas de agua normalmente profundas, situadas en cuencas de montaña con rocas resistentes, transparentes y con poca vida animal y vegetal en los que típicamente predominan los salmónidos.

**ALÓCTONO:** Que no es originario del lugar donde se encuentra.

**AUTÓCTONO:** Que ha nacido o es originario del lugar donde se encuentra.

**BENTOS:** Expresión que adoptó el naturalista alemán Haeckel para designar el conjunto de organismos animales y vegetales que viven en el fondo de los cuerpos de agua o que vienen frecuentemente a posarse en él.

**CALIDAD DEL AGUA:** Características químicas, físicas y biológicas, relacionadas con el uso para un fin determinado. El agua puede ser de excelente, buena calidad para cierto propósito y de mala calidad

para otro, dependiendo de sus características y de las exigencias requeridas para su uso específico.

**CAPACIDAD DE ASIMILACIÓN:** Cantidad de carga contaminante que puede recibir y purificar un determinado cuerpo de agua, sin alterar los patrones de calidad referidos a los usos para los cuales se destina. Es función del flujo y de las condiciones de escurrimiento.

**CARGA CONTAMINANTE:** Cantidad de material transportado en un cuerpo de agua que ejerce efectos nocivos sobre determinados usos. Se expresa frecuentemente en términos de la DBO o la DQO.

**CAUDAL:** Volumen del fluido que pasa a través de una superficie en la unidad de tiempo.

**CONTAMINACIÓN DEL AGUA:** Dícese de la alteración de las características físicas, químicas y/o bacteriológicas del agua, originadas por descargas contaminantes, produciendo enfermedades y aún la muerte del consumidor (Decreto 1594/84).

**CUENCA HIDROGRÁFICA:** Es la superficie geográfica que drena hacia un punto determinado.

**DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO DBO:** Indicador de la capacidad de polución de una vertiente expresada por el consumo de oxígeno disuelto por parte de los microorganismos que descomponen la materia orgánica presente en la misma.. Para ello se parte de la capacidad autodepurativa del agua, conferida por los propios microorganismos.

**DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO:** Es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de dicromato en una solución ácida y convertirla en dióxido de carbono y agua. Se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que, o no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos.

**DENSIDAD:** Número de individuos de la misma especie que viven por unidad de superficie.

**DENTRITÍVOROS:** Consumidores de materia muerta (vegetal o animal) o saprobios, se nutre de cadáveres, residuos o

excrementos, que descomponen hasta mineralizar parcialmente y dar una materia orgánica nueva.

**DEPREDADOR:** Animal que devora las piezas que caza.

**DETRITUS:** Resultado de la descomposición de una masa sólida en partículas.

**DIVERSIDAD:** Abundancia de especies, ponderada o no, en un área concreta. En su expresión más simple, la diversidad se representa como la riqueza de la comunidad de un área, siendo ésta el número de especies presentes para un nivel taxonómico prefijado. La diversidad, en un sentido más estricto, ha de referirse a la abundancia relativa de las especies presentes.

**ECOSISTEMA:** Sistema dinámico relativamente autónomo formado por una comunidad natural y su medio ambiente físico.

**ESCORRENTÍA:** Esguerramiento superficial cuando se produce sobre el mismo terreno o en pequeñas cañadas o quebradas.

**ESTENOTÍPICOS:** Organismos cuyos rangos de tolerancia ambiental son estrechos y por ello son indicadores de una condición fisicoquímica concreta.

**EURITÍPICOS:** Organismos que se caracterizan por tolerar amplios rangos ambientales, por lo tanto, puede presentar gran distribución en la dimensión espacio temporal de los ecosistemas.

**FITOPLANCTON:** La porción de la comunidad planctónica compuesta por algas y cianobacterias.

**HÁBITAT:** lugar concreto o sitio físico donde vive un organismo (animal o planta), a menudo caracterizado por una forma vegetal o por una peculiaridad física dominante (un hábitat de lagunas o un hábitat de bosque).

**HETEROTROFIA:** se refiere a la ganancia de energía vía la degradación de las moléculas orgánicas producidas originalmente por los organismos autótrofos, degradación herbívora, omnívora, detritívora, carnívora y microbiana.

**HOLÍSTICO:** se designan como tales, aquellos enfoques o tratamientos investigativos que se orientan al estudio de lo global,

de la integralidad, en los cuales es más importante la visión totalizadora que las aproximaciones parciales o sectorizadas. Para el estudio de lo ambiental, es un requerimiento lógico manejar concepciones holísticas que permitan reflexiones globalizantes, junto con estudios particulares de las relaciones sociedad naturaleza.

**LARVA:** Estado inmaduro de los insectos que sufren mudas o transformaciones de forma y tamaño, antes de formar una pupa y alcanzar las características del adulto.

**LECHO:** Cauce, madre: el lecho de la quebrada.

**LIMNOLOGÍA:** Ciencia del agua dulce, se aplica al conjunto de las aguas continentales o interiores, separadas del mundo oceánico.

**LÍNEA BASE:** Los estudios denominados de línea base son aquellos en los cuales se evalúan los ecosistemas en su contexto global con el propósito de identificar las características más relevantes de su estructura y funcionamiento.

**MACRÓVOROS:** Macroinvertebrados acuáticos que se alimentan de animales o plantas mayores.

**MICRÓVOROS:** Macroinvertebrados acuáticos que se alimentan de organismos microscópicos.

**MONITOREO:** Recolección, con un propósito determinado, de mediciones y observaciones sistemáticas y comparables, en una serie espacio-temporal, de cualquier variable o atributo ambiental que proporcione una visión sinóptica o una muestra representativa del medio ambiente.

**MUESTREO ALEATORIO SIMPLE (M.A.S.):** Es aquel que confiere idénticas posibilidades de extracción a todos los individuos de una colección.

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

**NECTON:** Grandes invertebrados y peces que se encuentran en la zona limnética y capaces de nadar a pesar de la turbulencia.

**NEUSTON:** La comunidad de organismos asociados con la película producida por la tensión superficial, incluye al Hiponesuton y al Epineuston, que viven en la superficie, en la parte inferior y superior respectivamente.

**NINFA:** Insecto que ha pasado ya el estado de larva y prepara su última metamorfosis.

**NIVEL TRÓFICO:** Etapa en la red alimentaría de los organismos que utilizan las mismas fuentes alimenticias.

**OLIGOTROFÍA:** Disminución o falta de nutrición.

**QUEBRADA:** Pequeña corriente de agua de carácter permanente. Riachuelo.

**RIBERA:** Tierra que se riega con el agua de un cauce.

**RIPARIA:** Especies vegetales que de forma natural se sitúan en las márgenes de los cauces de aguas permanentes o estacionales y que cumplen, además, una serie de características como la de ser extraordinariamente fieles a los diversos nichos ecológicos ribereños, ser sensibles a factores tan limitantes como la eutrofización y/o contaminación de las aguas, ser relativamente independientes de las condiciones climáticas del entorno en el que se localizan o ser sensibles a la textura de los suelos sobre los que se asientan, entre otros.

**SOMERO:** A poca profundidad, superficial.

**SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL:** Se trata del equilibrio que puede alcanzar la sociedad y la naturaleza en sus mutuas relaciones, si la acción social sobre los recursos naturales se efectúa de manera que permita garantizar la continuidad de los mismos y, con ello, la supervivencia de los seres humanos y del Planeta.

**TAXON:** Grupo taxonómico. Unidad taxonómica de categoría proporcionalmente no especificada; podrá incluir especie, género, etc.

## RESUMEN

**Título.** DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA MICROCUENCA SANCOTEA QUE ABASTECE EL 40% DEL ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO – SANTANDER\*

**Autor.** Ing. DIANA PATRICIA TORRES SOLANO\*\*

**Palabras clave:** Monitoreo, macroinvertebrados, contaminación, índice de calidad del agua, índice de contaminación.

Dentro de microcuenca Sancotea se ubica el embalse de Aguilitas que suministra el agua para el 40% del sistema de acueducto del municipio del Socorro. El sector rural aledaño a la zona se abastece de los principales afluentes y nacimientos de la parte alta y media de la microcuenca, ya que el aprovechamiento del recurso hídrico en la parte baja no es posible, porque el municipio vierte sus aguas residuales directamente sobre el cauce principal; por tanto se hacía urgente determinar las características de calidad de la microcuenca.

El estudio desarrollado tenía como objetivo principal realizar el diagnóstico de la calidad del agua de la microcuenca Sancotea, mediante la aplicación de los índices ecológicos QBR (Quality of Biological Riverside) y BMWP (Biological monitoring working party) y los índices de contaminación (ICO): Índice de contaminación por mineralización (ICOMI), por sólidos suspendidos (ICOSUS), por materia orgánica (ICOMO), por pH (ICOPH) y el índice de contaminación biótico (ICOBIO); para evaluar su comportamiento como fuente de abastecimiento para el acueducto municipal. Está basado en el seguimiento de las variables bióticas y abióticas describiendo la hidrología, geomorfología y calidad del agua y del ecosistema, mediante la recolección de macroinvertebrados acuáticos y la aplicación de análisis fisicoquímicos, los cuales permitieron determinar que en la zona son frecuentes los cambios caracterizados por procesos de retención de materia orgánica y nutrientes, lo que afecta directamente la distribución de morfoespecies de macroinvertebrados y demás estructuras características del ecosistema de ribera; es decir, aguas y riberas moderadamente contaminadas y muy contaminadas; a pesar de ello se puede hablar de un proceso de recuperación de sus aguas a medida que transcurren las épocas climatológicas, al aumentar el caudal. Esto se respalda ya que se midió teniendo en cuenta diferentes periodos climatológicos que se relacionaron mutuamente. Finalmente se presentan algunas recomendaciones como son la continuación del monitoreo en la zona y la realización de programas de saneamiento y demás actividades de protección y recuperación de la microcuenca buscando la sostenibilidad medioambiental del ecosistema.

---

\* Monografía de grado

\*\* Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Especialización en Química Ambiental.

Director. Biol. Ricardo Restrepo Manrique Esp. Química Ambiental

## SUMMARY

**Title.** DIAGNOSTIC OF THE QUALITY OF THE WATER OF THE MICROCUENCA SANCOTEA THAT SUPPLIES 40% OF THE AQUEDUCT OF THE MUNICIPALITY OF THE AID - SANTANDER \*

**Author.** Ing. DIANA PATRICIA TORRES SOLANO \*\*

**Key words:** Monitory, macroinvertebrados, contamination, index of quality of the water, index of contamination.

The developed study had as main objective to carry out the diagnosis of the quality of the water of the microcuenca Sancotea, by means of the application of the ecological indexes QBR (Quality of Biological Riverside) and BMWP (Biological monitoring working party) and the indexes of contamination (ICO): Index of contamination for mineralization (ICOMI), for suspended solids (ICOSUS), for organic matter (ICOMO), for pH (ICOPH) and the index of contamination biotic (ICOBIO); to evaluate its behavior like source of supply for the aqueduct of the municipality of the Socorro Santander.

It is based on the pursuit of the variable biotic and abiotic describing the hydrology, geomorphology and quality of the water and of the ecosystem, by means of the gathering of aquatic macroinvertebrados and the application of physiochemical analysis, which allowed to determine that in the area they are frequent the changes characterized by organic and nutritious processes of matter retention, what affects the distribution of macroinvertebrados morphospecies and other characteristic structures of the riverside ecosystem directly; that is to say waters and riversides moderately polluted and very polluted. In spite of it one can speak of a process of recovery of their waters as the climatologically times lapse, when increasing the flow. This is supported since it was measured keeping in mind different climatologically periods that were related mutually. Finally some recommendations are presented like they are the continuation of the monitoring in the area and the realization of reparation programs and other protection activities and recovery of the microcuenca looking for the environmental sostenibilidad of the ecosystem.

---

\* Monograph

\*\* Ability of Sciences. School of Chemistry. Specialization in Environmental Chemistry.  
Director. Biol. Ricardo Restrepo Manrique Environmental Chemical Specialist

## INTRODUCCIÓN

El sistema de acueducto del municipio del Socorro se abastece de los embalses de La Honda y Aguilitas, éste último forma parte de la microcuenca Sancotea, pero debido a la poca retención de agua que caracteriza sus afluentes; principalmente en épocas de estiaje, la demanda del recurso hídrico sobrepasa la oferta.

El 40% de la población total del área urbana del municipio y en el sector rural aproximadamente ochenta familias se abastecen de los principales afluentes y nacimientos de la parte alta y media de la microcuenca Sancotea, ya que el aprovechamiento del recurso hídrico en la parte baja no es posible, debido a que el municipio vierte aguas residuales directamente sobre su cauce. Allí radica la urgencia de un diagnóstico de la calidad del recurso hídrico involucrando aspectos fisicoquímicos y biológicos que permitan no solo conocer una situación puntual sino también la evolución de ésta con respecto al tiempo.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por el Estudio General y Diagnóstico Ambiental de la Microcuenca Sancotea<sup>1</sup>, el cual permite corroborar que la base de la problemática ambiental y social de la zona es la baja calidad y cantidad del recurso; se establece la necesidad de conocer de forma detallada las causas y el impacto generado sobre la microcuenca involucrando los cambios de flora y fauna de un ecosistema, a través de la observación de las propiedades de las comunidades que en él habitan, detectando las diferentes fases de recuperación y/o degradación de este; para lo cual se utilizaron índices de calidad biológicos e índices de contaminación, los cuales llevaron a concluir que la microcuenca posee contaminación de tipo orgánica causada por los cambios del curso de agua generados por fuentes no puntuales de contaminación hídrica debido a escorrentías, descargas directas de aguas residuales domésticas, trapiches y beneficiaderos tradicionales; además del uso inadecuado del suelo, utilización de agroquímicos y deforestación intensiva.

---

<sup>1</sup> Cruz Aurora, Sanmiguel Sandra - 2003

## **1. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO**

### **1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Durante años el municipio del Socorro ha experimentado escasez en el abastecimiento de agua potable, debido a que la oferta del recurso hídrico en época de estiaje, no alcanza a suplir las necesidades de la población tanto del sector urbano como rural. Esto se debe principalmente al mal uso y aprovechamiento de los componentes y recursos ambientales, lo que se ve reflejado en la deforestación intensiva y el uso inadecuado del suelo; generando un bajo nivel de vida en los habitantes y frenado el desarrollo de la industria en el municipio.

El municipio del Socorro cuenta con un total de 5.250 usuarios para abastecimiento de agua potable de los cuales 2.296 pertenecen a la malla alta del acueducto que se surte del agua proveniente de la microcuenca Sancotea, la zona de interés en este diagnóstico. La población afectada equivale entonces al 40% de la población total del área urbana del municipio y en el sector rural las ochenta familias que se encuentran en el área de influencia de la microcuenca, las cuales se abastecen de sus principales afluentes, nacimientos y en algunos casos del acueducto municipal, el cual se soporta con el agua tomada del embalse Aguilitas, uno de los principales afluentes de la zona de carga de la microcuenca.

El aprovechamiento del recurso hídrico en la parte baja de la microcuenca no es posible, debido a que el municipio vierte sus aguas residuales directamente sobre el cauce de la microcuenca. Es por ello que se hace urgente un diagnóstico de la calidad del recurso hídrico involucrando aspectos fisicoquímicos y biológicos que permitan no solo conocer una situación puntual sino también la evolución de ésta con respecto al tiempo.

Dentro de esta evaluación se deben tener en cuenta aspectos como las fuentes no puntuales de contaminación hídrica debido a escorrentías, descargas directas de aguas residuales domésticas, trapiches y beneficiaderos tradicionales que han pasado de generación en generación sin implementación de tecnologías adecuadas que permitan mitigar problemas ambientales generados en sus procesos y operaciones, además del uso inadecuado del

suelo, utilización de agroquímicos y la deforestación intensiva, actividades que están generando y contribuyendo significativamente al deterioro en la calidad y cantidad del recurso agua y por ende la inestabilidad ecológica.

El bienestar y desarrollo socio - económico de una comunidad esta directamente ligado al recurso hídrico, del cual depende el progreso en cada una de las actividades laborales, principalmente la práctica y producción de la agricultura y ganadería que se convierten entonces en las actividades que sustentan económicamente al Socorro, pero dichas actividades también se han visto afectadas por la calidad y cantidad del recurso hídrico, reportando a través del tiempo baja producción y calidad de productos; incrementando así los costos de producción y ocasionando un daño general en la economía municipal. Con agua de buena calidad se mejora el nivel de vida, se evitan riesgos en la salud y se reactiva el comercio, la microempresa y la industria, además con este diagnóstico se pueden generar planes educativos para el cuidado de este recurso, formando en los habitantes una cultura ambiental de gran importancia para el mejoramiento de la calidad del recurso y la lucha por su preservación.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

El desarrollo de proyectos de reforestación sobre esta zona hace necesario buscar mecanismos que permitan determinar la evolución del ecosistema acuático sector hacia el cual se enfoca estos procesos; es por ello que la utilización de nuevas metodologías sencillas que permitan la determinación de la calidad del ecosistema acuático hacen necesario establecer un monitoreo permanente para correlacionar factores que inciden en el deterioro y/o mejoramiento del ecosistema y tener datos para que los sistemas de bioindicación adquieran un buen respaldo. Todo en miras del cumplimiento de la legislación ambiental que establece parámetros enmarcados en el uso correcto del agua (Decreto-Ley 2811 de 1974, Decreto 1541 de 1978) y las normas mínimas de calidad con que debe cumplir esta para el consumo, principalmente humano (Decreto 475 de 1998); entre muchas otras normas enmarcadas en el buen uso y aprovechamiento de los recursos naturales.

El uso que se le da al recurso hídrico en la zona de estudio hace necesario el monitoreo constante de su calidad y aunque la legislación colombiana ha adoptado unos parámetros basados en

pruebas fisicoquímicas y bacteriológicas que pueden medir en un instante la calidad del agua conociendo además el tipo de contaminante que le afecta de manera puntual; para poder conocer la historia de un punto en especial se hace necesario tomar varias muestras, pero debido al costo y la dificultad de conseguir personal experto, este trabajo se hace casi imposible.

Es por ello que desde la década de los 80s en Europa y América del Norte se han adecuado sistemas y metodologías a partir de variables biológicas que traen mejores bioindicadores a largo plazo, de igual modo representan menores costos y una mínima alteración sobre el medio.

Para valorar los ecosistemas de la microcuenca Sancotea, altamente impactado por las actividades antrópicas, se seguirá la metodología del BMWP (Biological Monitoring Working Party) y del QBR (Índice de calidad de ribera) aplicado a las estaciones establecidas luego de la determinación de la línea base. Para la determinación de los puntos se tiene en cuenta que estos sean técnicamente viables para la determinación de la calidad del agua de la microcuenca, teniendo en cuenta que sus aguas son usadas para el abastecimiento del 40% de la comunidad del municipio del Socorro, por lo tanto requiere de diversos y constantes análisis para asegurar calidad del servicio. Así mismo y para correlacionar estos datos con los reportados por los parámetros fisicoquímicos se aplicarán los índices de contaminación – ICOS, los cuales indican la variación de grados de contaminación dependiendo del tipo de parámetro analizado.

### **1.3 OBJETIVOS.**

#### **1.3.1 Objetivo General.**

- Realizar el diagnóstico de la calidad del agua, utilizando los índices biológicos BMWP, ICOBIO y los fisicoquímicos ICOMO, ICOMI, ICOPH e ICOSUS, de la microcuenca Sancotea que abastece el 40% del acueducto del municipio del Socorro – Santander

### **1.3.2 Objetivos Específicos.**

- Establecer las características fisicoquímicas de calidad del recurso agua por medio de la evaluación de los resultados de los análisis de laboratorio realizados durante dos periodos consecutivos de sequía-lluvia (agosto 2005 – mayo 2006), en cuatro puntos de monitoreo ubicados en la parte alta de la microcuenca.
- Determinar la calidad del agua por medio de la aplicación del índice BMWP (Biological monitoring working party) y QBR (Quality biological Riber) en cuatro estaciones de monitoreo ubicados en la parte alta de la microcuenca.
- Evaluar los índices de contaminación (ICO): Índice de contaminación por mineralización (ICOMI), por sólidos suspendidos (ICOSUS), por materia orgánica (ICOMO), por pH (ICOPH) y el índice de contaminación biótico (ICOBIO).
- Realizar el diagnóstico ambiental de calidad del recurso hídrico en la zona de estudio.
- Proponer un sistema de seguimiento y monitoreo en la zona con el propósito de conocer la evolución de la calidad del recurso hídrico.

## 2. ANTECEDENTES

Los métodos biológicos para evaluar la calidad del agua son de amplio uso en Europa, Estados Unidos y Canadá, pero debido a la diversidad de fauna acuática colombiana no pueden aplicarse en el trópico sin antes conocer qué tipo de organismos viven aquí, cuáles son sus exigencias ecológicas y su distribución geográfica.

El estudio de las aguas continentales en Colombia se inició hacia el año de 1949 desde el punto de vista bacteriológico. En 1954 Molano Campuzano, J. hace un estudio de la hidrobioquímica de las aguas continentales constituyendo un gran avance tanto para el plan de defensa del recurso natural agua, como para las proyecciones en la piscicultura. A partir de 1970 en la Universidad de Antioquia la Limnología adquiere su desarrollo bajo la dirección del profesor Gabriel Roldán Pérez, quien ha sido prácticamente el pionero en el estudio limnológico para Colombia. En 1973 se realizan los estudios en el río Medellín y el embalse de El Peñol, donde se comparan los parámetros físico-químicos y biológicos.

Estudios limnológicos aplicados en el país durante la década de los 90`s, muchos de ellos enfocados hacia el sector petrolero, han demostrado la viabilidad de la utilización de índices ecológicos para la determinación de la calidad del agua y de índices de contaminación para establecer los causantes de la alteración de los recursos hídricos; reafirmando que éstas variables son cambiantes a lo largo del ciclo anual y difieren de un año a otro y por lo tanto se requiere su constante aplicación.

De igual modo la información sobre este tipo de estudios en el país es muy limitada remitida a la arrojada por los estudios realizados por el Instituto Colombiano del Petróleo –ICP y a la expuesta en reuniones sobre limnología como la realizada en Leticia del 20 al 24 de mayo del 2002 y que se denominó NEOLIMNOS 2002, en donde se presentaron 39 exposiciones orales, entre las cuales se encuentran: Ecología de planicies inundables amazónicas, Ecología de grandes ríos con llanura aluvial, Comunidades de peces en bosques inundables, Ictiología continental en Colombia, Ictiofauna del río Amacuzac (México) y muchas más que buscan el incremento de conocimientos sobre los métodos de bioindicación para la determinación de la calidad de los ecosistemas.

### 3. MARCO REFERENCIAL

#### 3.1 MARCO TEÓRICO

**3.1.1 Limnología.** Estudio científico de los aspectos físicos, geográficos, químicos y biológicos de los sistemas terrestres de agua dulce, sin importar si pertenecen a corrientes lóxicas como son corrientes, arroyos y ríos o lénticas como los lagos y lagunas.

De igual modo dependiendo del área de investigación la limnología puede ser:

♦ **Limnología Básica.** Estudios fundamentales sobre las características físicas y químicas del agua, y sobre aspectos taxonómicos y ecológicos de las distintas comunidades acuáticas.

♦ **Limnología Experimental.** Estudios de campo o laboratorio con un claro diseño experimental para probar hipótesis relacionadas con la estructura o función de las comunidades acuáticas.

♦ **Limnología Aplicada.** Estudios en tópicos como acuicultura, pesquerías, bioindicación, eutroficación, recuperación de ecosistemas, conservación de especies, control de organismos acuáticos y manejo de especies introducidas.<sup>2</sup>

Dentro de esta línea se halla el estudio de macroinvertebrados acuáticos como uno de los apartes principales de la bioindicación, para determinar la calidad del agua.

**3.1.2 Macroinvertebrados Acuáticos.** Aquellos organismos que pueden ser observados a simple vista; viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a la vegetación y rocas; o nadando activamente sobre la superficie del agua o dentro de la misma; o enterrados en la arena y el fango. Entre ellos se encuentran los poríferos, celenterados, platelmintos, nematormorfos, anélidos, moluscos, insectos, crustáceos y arácnidos.

---

<sup>2</sup> RETOS DE LA LIMNOLOGÍA EN COLOMBIA: UNA EVALUACIÓN A PARTIR DE NEOLIMNOS 2002. Gabriel Pinilla, Presidente ACL-Limnos

Los macroinvertebrados poseen gran variedad de hábitos alimenticios, existen macroinvertebrados herbívoros (Efemerópteros, Tricópteros, algunos Hemípteros, Lepidópteros y algunos Dípteros), carnívoros (Algunas especies de Odonatos), detritívoros (Larvas de Plecópteros y Tricópteros) y omnívoros. Asimismo reflejan cualquier cambio sufrido en su hábitat ya sea en cuanto al oxígeno disuelto, temperatura, pH y conductividad, pues de éstas depende su presencia o ausencia en determinado curso de agua.

**Cuadro 1. Grupos Taxonómicos**

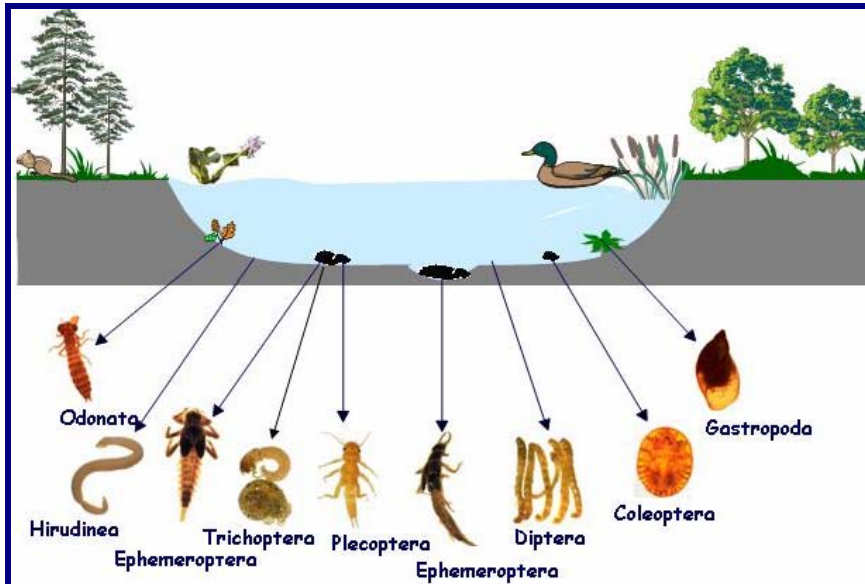
<b>PHYLUM</b>	<b>CLASE</b>	<b>ORDEN</b>
Coleoptera	Hydrozoa	Hidroida
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida
Nematomorpha		Gordioidea
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxia
	Hirudinera	Glossiphoniiformes Hirudiniiformes
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera
		Odonata
		Plecoptera
		Neuroptera
		Hemiptera
		Coleoptera
		Trichoptera
		Lepidoptera
	Diptera	
		Arachnoidea (Hidracarina)
Mollusca	Gastropoda	Mesogastropoda
		Basomatophora
	Bivalvia (Pelecypoda)	Unionoida
		Veneroida

Fuente: Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Gabriel Roldán Pérez.

### 3.1.3 Clasificación de macroinvertebrados acuáticos de acuerdo a su hábitat

- ♦ **Bentos.** Organismos asociados con el fondo de un cuerpo de agua, o con la interfase sólido-líquido de los sistemas acuáticos; es decir los que viven en el fondo o están enterrados en él.

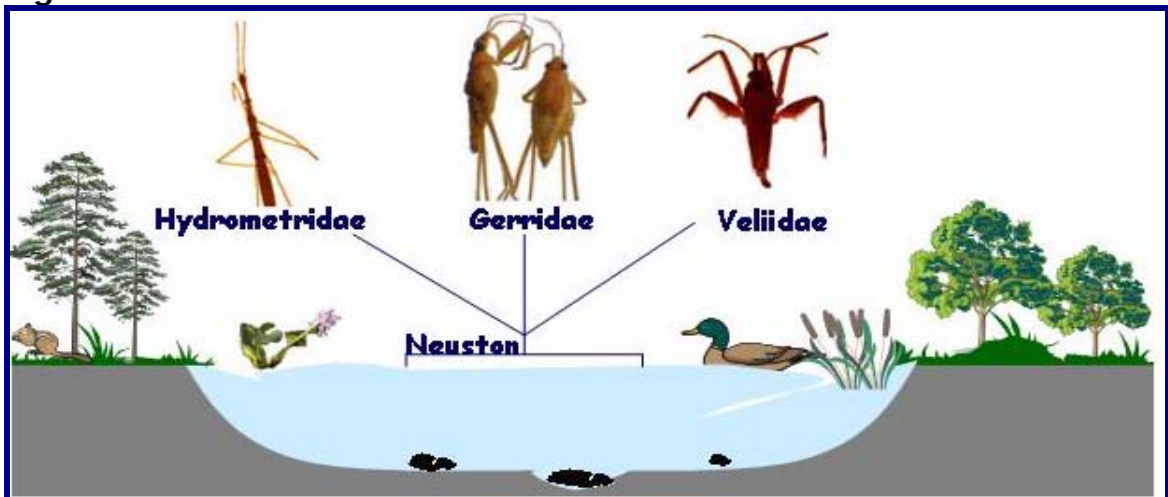
Figura 1. Familias de Macroinvertebrados Bentos.



Fuente: Conferencia Gabriel Roldán Bioindicación, Seminario de Limnología Aplicada 2002

- ♦ **Neuston.** Son los que nadan en la superficie del agua. Aquellos organismos asociados con la película producida por la tensión superficial, en ellos se incluyen al epineuston y al hiponeuston, que habitan el primero en la parte superior y el segundo en la parte inferior.

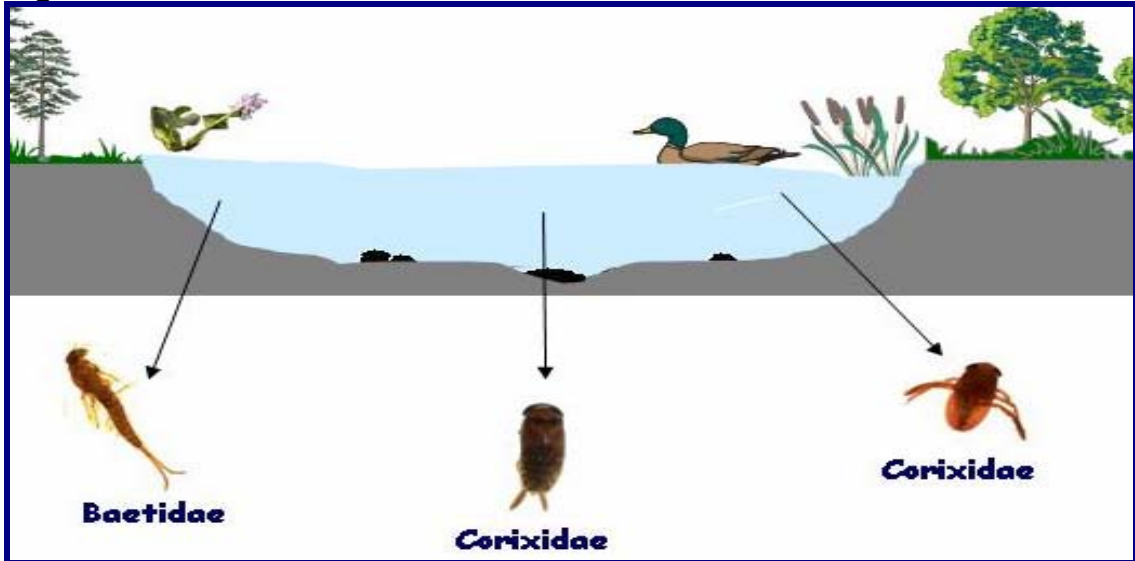
Figura 2. Familias de Macroinvertebrados Neuston.



Fuente: Conferencia Gabriel Roldán Bioindicación, Seminario de Limnología Aplicada 2002

- ♦ **Necton.** Aquellos que nadan activamente en el agua. Invertebrados que se encuentran en la zona limnética y son capaces de nadar a pesar de la turbulencia.

**Figura 3. Familias de Macroinvertebrados Necton.**



Fuente: Conferencia Gabriel Roldán Bioindicación, Seminario de Limnología Aplicada 2002

### 3.1.4 Índices Ecológicos Cualitativos

#### **Índice B.M.W.P. (Biological Monitoring Working Party).**

Mediante este índice se refleja las variaciones de la calidad del agua en cada una de las estaciones de muestreo, para lo cual a los organismos identificados en cada estación se les atribuye un valor de acuerdo a la familia a la que pertenece. El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación; la suma de los puntajes de todas las familias da el puntaje total B.M.W.P. Cuanto mayor es la puntuación final, menor es el grado de contaminación ambiental.

**Índice de calidad Q.B.R.** Basado en la descripción del estado actual del bosque de ribera. Se fundamenta en la valoración cuantitativa de las siguientes características del ecosistema:

- Importancia de la cubierta de la vegetación. La calidad de la zona de ribera disminuye a medida que lo hace su cubierta vegetal.
- Estructura de la cubierta de la vegetación. Calificación de la organización vertical de la ribera.

- Naturalidad y complejidad del sistema. Análisis geomorfológico de la zona.
- Grado de alteración del canal fluvial. Intromisión antrópica

Estos bloques cuantifican grupos de variables indicativas del estado natural del sistema, todos tienen la misma importancia en la cuantificación final y son valorados de manera individual en una calificación que va de 0 a 25 puntos.

### 3.1.5 Índices Ecológicos Cuantitativos

**Índice de Diversidad de Shannon- Weaver (1957).** Se refiere a la descripción cuantitativa de una comunidad, depende no sólo del número de especies presentes, sino también del número de individuos por especie.

Por medio de este índice se determina el número de especies y su abundancia relativa; Reporta un valor mínimo cuando todos los elementos pertenecen a una misma especie y un máximo cuando todos los elementos son de diferente especie.

**Índice de Disimilaridad o Afinidad de Jaccard (1908).** Busca establecer las presencias y ausencias de especies, mediante la comparación de muestras con otras adyacentes en los mismos ecosistemas o muestras homólogas de otros sistemas.

**3.1.6 Índices de Contaminación.** Éstos índices buscan determinar el grado de contaminación de un cuerpo de agua, de acuerdo a diferentes parámetros físicos. Están diseñados para valorar problemas ambientales diferentes y no se encuentran correlacionados los unos con los otros. Los siguientes índices permiten cuantificar el grado de contaminación de las aguas respecto a su condición general y no a contaminantes específicos.

**Índice de Contaminación por Mineralización – ICOMI.** Integra los siguientes parámetros: conductividad como reflejo de los sólidos disueltos, dureza por recoger los cationes de calcio y magnesio y la alcalinidad por relacionarse con los aniones de carbonatos y bicarbonatos.

**Índice de Contaminación por Materia Orgánica – ICOMO.** Conformado por la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes

totales y el porcentaje de saturación del oxígeno. Éstos en su conjunto recogen efectos distintos de contaminación orgánica, sin estar los unos correlacionados con los otros.

**Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos – ICOSUS.** Referente a los sólidos suspendidos totales. Pues los sólidos pueden hacer referencia sólo a compuestos inorgánicos.

**Índice de Contaminación por pH – ICOpH.** Teniendo en cuenta el valor del pH.

**Índice de Contaminación biótico - ICOBIO.** Tiene en cuenta las especies macroinvertebrados encontradas en cada una de las estaciones de muestreo mediante la comparación de pares de estaciones, estableciendo un valor de acuerdo al número de familias comunes.

Cada uno de estos índices puede ser aplicado con tan sólo uno de los parámetros que los componen, debido a la independencia de cada uno.

## **3.2 MARCO CONTEXTUAL**

**3.2.1 Descripción General de la Microcuenca Sancotea.** La microcuenca Sancotea se encuentra ubicada en el sector Norte de la parte alta del municipio del Socorro, Santander, entre las siguientes coordenadas geográficas:

1.211.000 - 1.205.000 mN  
1.087.000 - 1.097.000 mE

Nace en la faja altitudinal o cota 1725 y desemboca en la 650, formando parte las veredas de: Alto de Chochos, Alto de Reinas, Alto de la Cruz, Morros, Caraota y San Lorenzo

**3.2.2 Descripción zona de estudio.** La Quebrada Las Águilas está formada por una red de 18 afloramientos y una zona de humedal, discurre en dirección Este – Suroeste con una longitud de 3.34 Km. pasando el Embalse hasta llegar a un punto de infiltración ubicado metros abajo del bocatoma de las aguas sobrantes del embalse, de esta también se surten acueductos veredales. Sobre el cauce de ésta se construye el Embalse denominado Aguilitas aproximadamente a una distancia de 2.21 Km. desde el

afloramiento de origen de la quebrada Las Águilas hasta el inicio de la zona de inundación del Embalse, éste tiene una capacidad en volumen de 150.000 m<sup>3</sup>.

La Quebrada La García o Majavita, posee 4 afloramientos de los cuales uno es permanente; comienza aguas debajo de un sitio denominado Pozo Azul con ubicado a 1570 m.s.n.m y concluye después de atravesar los predios de la Hacienda Majavita de propiedad de la Universidad Libre.

**3.2.3 Climatología Microcuenca Sancotea.** El clima posee características que conllevan a la formación de suelos, asociados con vegetales y comportamiento hidrológico, los elementos a tener en cuenta son: precipitación, evaporación, evapotranspiración, temperatura. La temperatura es de 20.6°C, el mes de marzo es el mas caliente con una temperatura de 21.1° C y el menos cálido noviembre con 20.1° C. Los meses restantes oscilan entre 21.0 y 20.2° C. La Evapotranspiración potencial mensual es de 1.747 mm. y la precipitación media mensual es de 1.809 mm.<sup>3</sup>

**3.2.4 Geomorfología de la Microcuenca Sancotea.** Desde el punto de vista del proceso geomorfológico, se presentan laderas, escarpes, y algunas fases de erosión, donde la mayoría presentan pendientes complejas, con procesos erosivos, laminar y patevaca en el margen del valle de la microcuenca. Así mismo escarpes mínimos y cicatriz de deslizamientos en la parte alta de la microcuenca en la vereda Alto de Chochos.

**3.2.5 Aspecto Socioeconómico y Cultural.** Forman parte de la microcuenca las veredas Alto de Chochos, Alto de Reinas, Alto de la Cruz, Morros, Caraota y San Lorenzo. Su economía se basa en la explotación agrícola y pecuaria, agrupada en minifundios en donde predominan la ausencia de rotación de cultivos y la ausencia de prácticas de cultivo adecuadas.

---

<sup>3</sup> Esquema de ordenamiento territorial. Socorro. 2001.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1 FASE I.

Está comprendida por la recopilación de la información y la aplicación de los análisis fisicoquímicos y biológicos. El alcance que tiene esta fase del proyecto es obtener el análisis y evaluación de los datos. Comprende:

**4.1.1 Estudio general de la zona.** Incluye la descripción de las características geográficas, físicas y biológicas del ecosistema. Consiste en recopilar y procesar toda la información del área de influencia de la microcuenca Sancotea, con el objetivo de hacer un reconocimiento de la zona de estudio, teniendo en cuenta aspectos como generalidades del municipio, Geología, Geomorfología, Suelos, fauna y aspecto climatológico.

Esta información se obtiene del Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio (EOT), Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM), Corporación Autónoma de Santander (CAS), Federación Nacional de cafeteros, entre otros.

**4.1.2 Organización la información arrojada por los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y biológicos.** Haciendo un recorrido por la quebrada Las Águilas afluente principal de la microcuenca Sancotea, se definen cuatro puntos de monitoreo sobre los cuales se aplicaron los índices BMWP (recolección de macroinvertebrados acuáticos para determinación de la calidad del agua) y QBR (determinación de la calidad de ribera). Así mismo, se tomaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos (DBO<sub>5</sub>, DQO, alcalinidad total, conductividad, oxígeno disuelto, pH, temperatura, sólidos suspendidos totales, coliformes totales y coliformes fecales), durante dos periodos de sequía – lluvia que van desde agosto de 2005 a mayo de 2006.

La línea base se llevó a cabo colectando muestras biológicas de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones preliminares establecidas en la visita de reconocimiento, teniendo en cuenta un

periodo de lluvia – sequía comprendido entre los meses de mayo a agosto de 2005. Posteriormente se dio inicio al monitoreo en cada una de las estaciones fijas, cuyos datos de línea base las hagan representativas, teniendo en cuenta niveles altos y bajos de las aguas en las quebradas, por ello se realizó durante los periodos Sequía – Lluvia – Sequía – Lluvia comprendidos entre agosto de 2005 y mayo de 2006.

La recolección de muestras se hizo con intervalos de un mes en cada estación, lapso que se estipula teniendo en cuenta la renovación de la comunidad y presentación de lluvias que pueden dificultar la recolección de los organismos. El área fue definida en los primeros muestreos, teniendo en cuenta que permita un buen muestreo y permanencia de caudal; siempre se realizará el muestreo en la misma área, con ello se busca mayor confiabilidad al aplicar los índices de evaluación.

En las estaciones de monitoreo las aguas son lentas y con vegetación en las márgenes de la quebrada. Como instrumento para la recolección se usa la red triangular “D-net”, con la cual se hacen barridos en toda el área de toma de muestras.



Utilización de la Red “D´Net” para recolección de muestras

Se tomó una muestra para análisis fisicoquímico y microbiológico, en cada periodo estacional para cada una de las cuatro estaciones de muestreo.

**4.1.3 Análisis y aplicación de los índices biológicos y de contaminación.** Con los datos recopilados durante los diez meses

de monitoreo se procede a realizar el respectivo análisis. Se determina entonces la calidad de agua de acuerdo al índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), la calidad de ribera según el índice QBR (Quality of Biological Riverside) y se aplican los índices de contaminación (ICO): Índice de contaminación por mineralización (ICOMI), por sólidos suspendidos (ICOSUS), por materia orgánica (ICOMO), por pH (ICOPH) y el índice de contaminación biótico (ICOBIO).

### Índices Ecológicos Cualitativos.

**Índice Biológico B.M.W.P. (Biological Monitoring Working Party).** A los organismos identificados en cada estación de monitoreo se le asigna calificación que va de uno (1) a diez (10) de acuerdo a la familia a que pertenece. (Tabla 1)

**Tabla1. Puntuaciones Asignadas Familias de Macroinvertebrados Acuáticos para el índice B.M.W.P/ Colombia**

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

Fuente: Gabriel Roldán P.

Se suman el total de puntos por cada estación de monitoreo y se establece la calidad siguiendo los criterios expuestos en la tabla 2.

**Tabla 2. Clases de calidad de agua, valores B.M.W.P. & Acute para representación cartográfica**

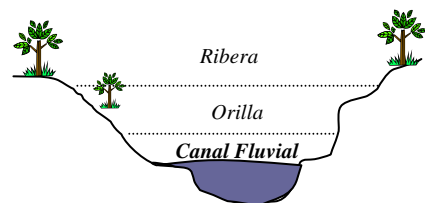
Clase	Calidad	BMWP/COL	Significado	Color
I	Buena	>150 101 – 120	Aguas muy limpias, no contaminadas o poco alteradas	<b>AZUL</b>
II	Aceptable	61 – 100	Aguas ligeramente contaminadas	<b>VERDE</b>
III	Dudosa	36 – 60	Aguas moderadamente contaminadas	<b>AMARILLO</b>
IV	Crítica	16 – 35	Aguas muy contaminadas	<b>NARANJA</b>
V	Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	<b>ROJO</b>

Fuente: Zamora-Muñoz y Alba-Tercedor, 1.996

**Índice de Calidad Q.B.R.** El puntaje total obtenido al analizar y evaluar cada uno de los factores ambientales expuestos en la ficha de campo, se relaciona con lo establecido en la tabla No. 3 y de esta manera se evalúa la calidad de la Ribera.

**Ficha de campo. Calificación de la zona de ribera de los ecosistemas fluviales índice QBR**

- Esta calificación debe ser aplicada en la zona de ribera de los ríos (para el caso las estaciones de monitoreo). Zonas inundadas periódicamente por las avenidas ordinarias y las máximas.
- Los cálculos se realizarán sobre el área que presenta una potencialidad de soportar una masa vegetal en la ribera. No se contemplan las zonas con sustrato duro donde no puede enraizar una masa vegetal permanente.



La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25.

Grado de cubierta de la zona de ribera

Puntuación entre 0 y 25

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%

**Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)**

**Puntuación entre 0 y 25**

<b>Puntuación</b>	
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	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50%.
+5	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50%.
+5	Si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque.
-5	Si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50%.
-5	
-10	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%.

**Calidad de la cubierta (depende del tipo geomorfológico de la zona de ribera\*)**

**Puntuación entre 0 y 25**

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

**Grado de naturalidad del canal fluvial**

**Puntuación entre 0 y 25**

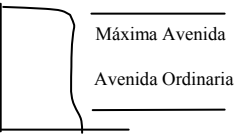
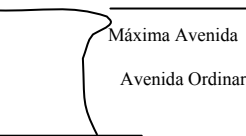
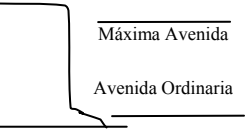
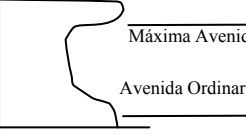
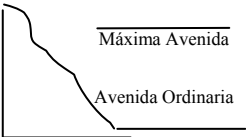
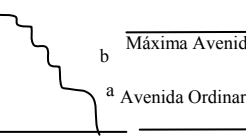
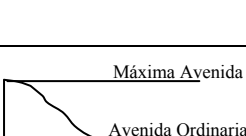
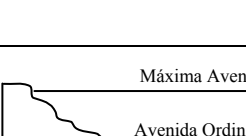
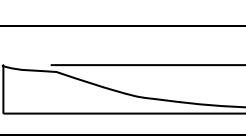
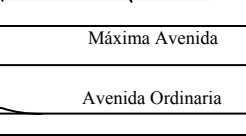

<b>Puntuación</b>	
25	El canal del río no ha estado modificado.
10	Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal.
5	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río.
0	Río canalizado en la totalidad del tramo.
-10	Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río.
-10	Si existe alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río.

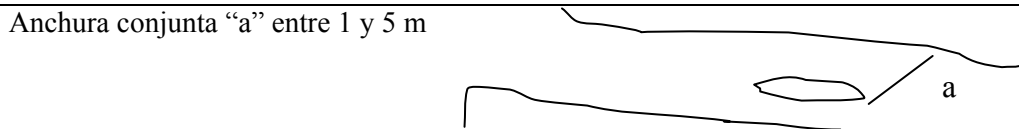
**Puntuación Final (suma de las anteriores puntuaciones)**

**\*Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera (apartado 3, calidad de la cubierta)**

Sumar el tipo de desnivel de la derecha y la izquierda de la orilla, y sumar o restar según los otros dos apartados.

**Puntuación**

Tipos de desnivel de la zona rapararía		Izquierda: Derecha	
Vertical/cóncavo (pendiente $>75^\circ$ ), con una altura no superable por las máximas avenidas			<b>6</b> <b>6</b>
Igual pero con un pequeño talud u orilla inundable periódicamente (avenidas ordinarias)			<b>5</b> <b>5</b>
Pendiente entre el $45^\circ$ y $75^\circ$ , escalado o no. La pendiente se cuenta con el ángulo entre la horizontal y la recta entre la orilla y el último punto de la ribera. $\sum a > \sum b$			<b>3</b> <b>3</b>
Pendiente entre el $20^\circ$ y $45^\circ$ , escalonado o no. $\sum a < \sum b$			<b>2</b> <b>2</b>
Pendiente $< 20^\circ$ ribera uniforme y llana			<b>1</b> <b>1</b>
<b>Existencia de una isla o islas en medio del lecho del río</b>			
Anchura conjunta "a" $> 5$ m			<b>-2</b>



**Potencialidad de soportar una masa vegetal de ribera. Porcentaje de sustrato duro con incapacidad para enraizar una masa vegetal permanente.**

> 80 %	No se puede medir
60-80%	+6
30-60%	+4
20-30%	+2

**Puntuación Total**

### Tipo geomorfológico según la puntuación

> 8	Tipo 1	Riberas cerradas, normalmente de cabecera, con baja potencialidad de un extenso bosque de ribera
Entre 5 y 8	Tipo 2	Riberas con una potencialidad intermedia para soportar una zona vegetada, tramos medios de los ríos
< 5	Tipo 3	Riberas extensas, tramos bajos de los ríos, con elevada potencialidad para poseer un bosque extenso

**Tabla 3. Clases de calidad de ribera**

Puntuación	Calidad	Color
≥ 95	Ribera sin 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 A., Solá C., Y PRAT N., QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera, Revista Tecnología del Agua N° 175, Departamento d'Ecología, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona, Barcelona, España, abril de 1998.

### Índices Cuantitativos

*Índice de Diversidad de Shannon – Weaver (1957).* Aplicación de la siguiente expresión para determinar el número de especies y su abundancia relativa.

$$H' = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

H' = índice de Diversidad Biológica.

$\sum p_i = 1$

$$p_i = \frac{N_i}{N}$$

N<sub>i</sub> = Número de individuos por especie

N = Número Total de individuos

*Índice de Disimilaridad o Afinidad de Jaccard (1908).* Presencia y ausencia.

$$A = 100 * \frac{C}{(A + B - C)}$$

C= Número de especies comunes para A y B

A= número de familias presentes en A

B= número de familias presentes en B

### **Índices de Contaminación.**

*Índice de contaminación por mineralización – ICOMI.* Es el valor promedio de cada una de las siguientes variables:

**I<sub>Conductividad</sub>.** Se obtiene de la siguiente expresión:

$$\text{Log}_{10} I_{\text{conductividad}} = -3.26 + 1.34 \text{Log}_{10} * \text{Conductividad}$$

$$I_{\text{Conductividad}} = 10^{\text{Log} I_{\text{Conductividad}}}$$

Valores de conductividad mayores a 270µS/cm., tienen un índice de conductividad = 1

**I<sub>Alcalinidad</sub>.** Se obtiene de la siguiente expresión:

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

Alcalinidades mayores a 250 gm<sup>-3</sup> tienen un I<sub>alcalinidad</sub>=1

Alcalinidades menores a 50 gm<sup>-3</sup> tienen un I<sub>alcalinidad</sub>=0

*Índice de contaminación por materia orgánica – ICOMO.* Es el valor promedio de los I<sub>oxígeno%</sub>, I<sub>DBO</sub>, I<sub>coliformes totales</sub> :

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

$$I_{\text{DBO}} = -0.05 + 0.70 \text{LogDBO}$$

$$I_{\text{Coliformes}} = -5.44 + 0.56 \text{LogColiformes totales}$$

%oxígeno mayores al 100% tienen un I<sub>oxígeno%</sub>=0

*Índice de contaminación por sólidos suspendidos – ICOSUS.*

$$\text{ICOSUS} = -0.02 + 0.003 \text{sólidos suspendidos} (gm^{-3})$$

Sólidos suspendidos mayores a 340 gm<sup>-3</sup> tienen ICOSUS=1

Sólidos suspendidos menores a 10 gm<sup>-3</sup> tienen ICOSUS=0

*Índice de contaminación por pH – ICO<sub>pH</sub>.*

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

*Índice de contaminación biótico – ICO<sub>BIO</sub>.* Es el resultado de 1 menos el valor reportado por el índice de Jaccard dividido en 100.

Los resultados arrojados por éstos índices se comparan con la tabla 4, por medio de la cual se le asigna una calificación.

**Tabla 4. Grado de contaminación de acuerdo con los ICOs.**

ICO	CARACTERIZACIÓN	CONTAMINACIÓN	COLOR
0-0,2	Aguas puras y quizá con aportes biogénicos	NINGUNA	AZUL
>0,2-0,4	Con leve incidencia antrópica	BAJA	VERDE
>0,4-0,6	Notable actividad antrópica	MEDIA	AMARILLO
>0,6-0,8	Incidencia importante de contaminación	ALTA	NARANJA
>0,8-1	Áreas muy contaminadas	MUY ALTA	ROJO

Fuente : RAMIREZ, R. RESTREPO y M. CARDENOSA. Índices de Contaminación para caracterización de aguas continentales y vertimientos. Formulaciones. CT&F – Ciencia, tecnología y Futuro- Volumen 1 Núm. 3 Diciembre 1997.

## **4.2 FASE II.**

Con los resultados obtenidos en la fase I se da paso a la presente fase, la cual contiene el diagnóstico ambiental de la calidad del recurso hídrico en la zona.

**4.2.1 Diagnóstico y evaluación.** Esta conformada por la determinación de la calidad del recurso hídrico de acuerdo a la información y los índices aplicados en la zona. Así como la definición de las posibles causas de la situación actual y las estrategias a aplicar para el mejoramiento de dicha situación.

## 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 5.1 ESTACIONES DE MUESTREO

La microcuenca Sancotea se encuentra ubicada en el sector Norte de la parte alta del municipio del Socorro – Santander, entre las siguientes coordenadas geográficas: 1.211.000 -1.205.000 mN y 1.087.000-1.097.000 mE. Nace a los 1725 m.s.n.m. y desemboca en el Río Suárez a los 650 m.s.n.m. De ella forman parte las veredas Alto de Chochos, Alto de Reinas, Alto de la Cruz, Caraota y San Lorenzo.

La zona de estudio se ubica en la parte alta y media de la microcuenca sobre los cauces principales que abastecen el acueducto municipal. A lo largo de la Microcuenca se ubicaron seis estaciones de muestreo, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- ✓ Variabilidad de microecosistemas y de las familias de Macroinvertebrados Acuáticos identificados a través de un muestreo preliminar.
- ✓ Entorno de la estación seleccionada, así como también la influencia que sobre el mismo tenga aspectos como el vertido de aguas negras y residuos sólidos.
- ✓ Facilidad de acceso al lugar donde se ubica la estación.

Se escogieron cuatro de las seis estaciones establecidas en la línea base (Tabla 5), teniendo en cuenta la relevancia y concordancia de las mismas con el objetivo del estudio.

**Tabla 5. Ubicación estaciones de monitoreo**

No.	Nombre Estación	Ubicación Espacial	Ubicación Geográfica
1	Carretera	Vda.: Alto de Reinas Fca: Alto de Reinas Prop: Wilson Peña	Altitud: 1639 m.s.n.m x=1103199 y=1476636
2	Bocatoma	Vda: Alto de Reinas Fca: Alto de Reinas Prop: Wilson Peña	Altitud: 1597 m.s.n.m x=1105077 y=1478488
3	Aguas abajo de la cascada	Vda: Alto de Chochos Fca: Majavita Prop: UNILIBRE	Altitud: 1473 m.s.n.m x=1104216 y=1479799
4	Predios UNILIBRE - Hacienda Majavita	Vda: Alto de Chochos Fca: Majavita Prop: UNILIBRE	Altitud: 1398 msnm x=1104164 y=1480609

Fuente. Torres Diana 2005

## 5.2 GENERALIDADES DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

**5.2.1 Estación número 1: Carretera.** Ubicada sobre la quebrada Las Águilas, en el inicio del área de inundación del embalse Aguilitas, cerca de una vía destapada que bordea el mismo.

- **Características bióticas.**

Con una cubierta vegetal del 30% y presencia de helófitos, el sector se encuentra cercado con alambre de púas y rodeado por potreros en donde se observan algunos arrayanes (*Myrcia popayanensis*), cedros (*Cedrela sp*), cucharos (*Rapanea ferruginea*) y guayabos (*Psidium guajava*).

- **Características hídricas**

Presenta un área inundable de 3.0 m., con una lámina de agua de 2.0 m. en época de lluvia y de 1.5 m. en época de sequía.

Durante las épocas monitoreadas se manejaron los siguientes caudales promedio: en las épocas de lluvia 11.68 L/seg. y en sequía 8.5 L/seg.

**Foto. Estación No. 1 Carretera**



Fuente. Torres Diana

**5.2.2 Estación número 2: Bocatoma.** El monitoreo se desarrolló sobre la quebrada Las Águilas, aguas abajo del embalse. En este sitio se encuentra la bocatoma que recoge las aguas sobrantes del embalse de Aguilitas (por medio de una tubería de 6 pulgadas), la cual consta de un canal en asbesto – cemento que va cubierto por una rejilla metálica, a dicho canal caen las aguas y son conducidas por una tubería hacia su sitio de tratamiento y distribución.

- **Características bióticas.**

Posee una franja de aproximadamente 15 m a lado y lado, con una cobertura vegetal superior del 70%, disposición de los árboles en galerías y concentración de helófitos en la orilla. Se destacan especies como el cucharo (*Rapanea ferruginea*), yarumo (*Cecropia sp*), guamo (*Inga codonantha*), cedro (*Cedrela sp*) y galapo (*Albizzia carbonaria*). El uso del suelo es exclusivo para cultivos principalmente café, con el riesgo que representa para el cauce el vertido de residuos de producto químicos utilizados.

- **Características hídricas.**

El área inundable es de 3.0 m., lámina de agua no supera los 30 cm en cualquier época estacional. Maneja caudales en la época de lluvia de 15 L/seg., en sequía de 9.2 L/seg. El agua en este sector presenta malos olores cuando empieza a disminuir los aguaceros, luego de una caída en cascada de aproximadamente 3.0 m. se infiltra y vuelve a aparecer aguas abajo antes de unirse con la quebrada Chochos.

**Foto Estación No. 2 Bocatoma**



Fuente. Torres Diana

**5.2.3 Estación número 3: Aguas debajo de la Cascada.** Estación ubicada sobre la quebrada Majavita, luego de una cascada de aproximadamente 25 m.

- **Características bióticas.**

Posee una cobertura de árboles del 30%, existe presencia de helófitos en las orillas dentro de las especies presentes se encuentra la caña brava (*Bambusa sp*) y galapos (*Albizzia carbonaria*). Este sitio es un atractivo turístico razón por la cual existe tránsito constante de personas por el lugar. Es predominantemente rocoso, la vegetación se da hacia las orillas.

- **Características hídricas.**

Área inundable de 10 m. La lámina de agua oscila entre 0.50 y 1.0 m de profundidad de acuerdo a la época estacional. Posee flujo constante de agua a pesar de las épocas. Los caudales promedio fueron: en época de lluvia 20 L/seg., en la época de sequía 18 L/seg.

**Foto Estación No. 3 Aguas abajo de la cascada**



Fuente. Torres Diana

**5.2.4 Estación número 4: Predios UNILIBRE – Hacienda Majavita.** Ubicada sobre la quebrada Nacuma. El sector se encuentra cercado y aislado del camino que conduce a los demás cafetales de la Hacienda.

- **Características bióticas.**

Con una cobertura vegetal del 80%, disposición de árboles en galería distanciados unos de otros y presencia de helófitos en la orilla. El uso del suelo es exclusivo para cultivo principalmente café y caña, con el riesgo que representa para el cauce el vertido de residuos de producto químicos utilizados. Dentro las especies presentes en el lugar se encuentra el pata de vaca (*Bahuinia sp*), guamo (*Inga codonantha*), y cucharo (*Rapanea ferruginea*).

- **Características hídricas.**

Posee un área inundable de 1.5 m., con láminas de agua en épocas entre 0.20 y 0.45 m de acuerdo con la época estacional. Ofrece un caudal constante aunque no es elevado. En época de lluvia maneja un caudal de 2.5 L/seg. y en sequía 1.2 L/seg.

**Foto Estación No. 4 Predios UNILIBRE – Hacienda Majavita**



Fuente. Torres Diana

### **5.3 RESULTADOS DEL MUESTREO**

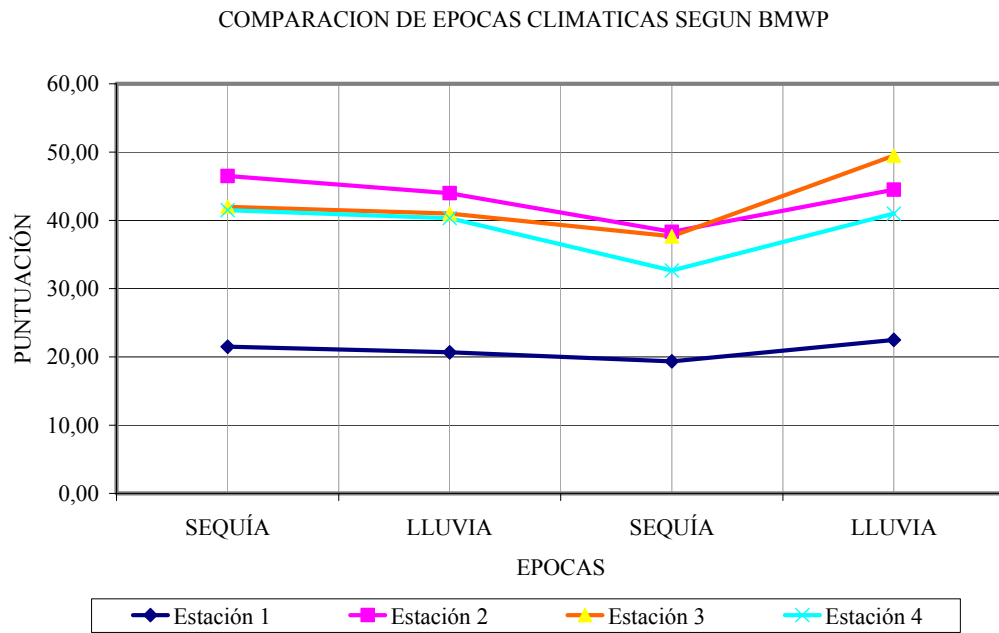
Los resultados del muestreo realizado se recopilan en la ficha de campo (anexo A) y las puntuaciones asignadas están dadas según la tabla. Dichas puntuaciones arrojan la calidad del agua según el BMWP (tabla 6).

### 5.3.1 Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party).

Tabla 6. Puntuación BMWP

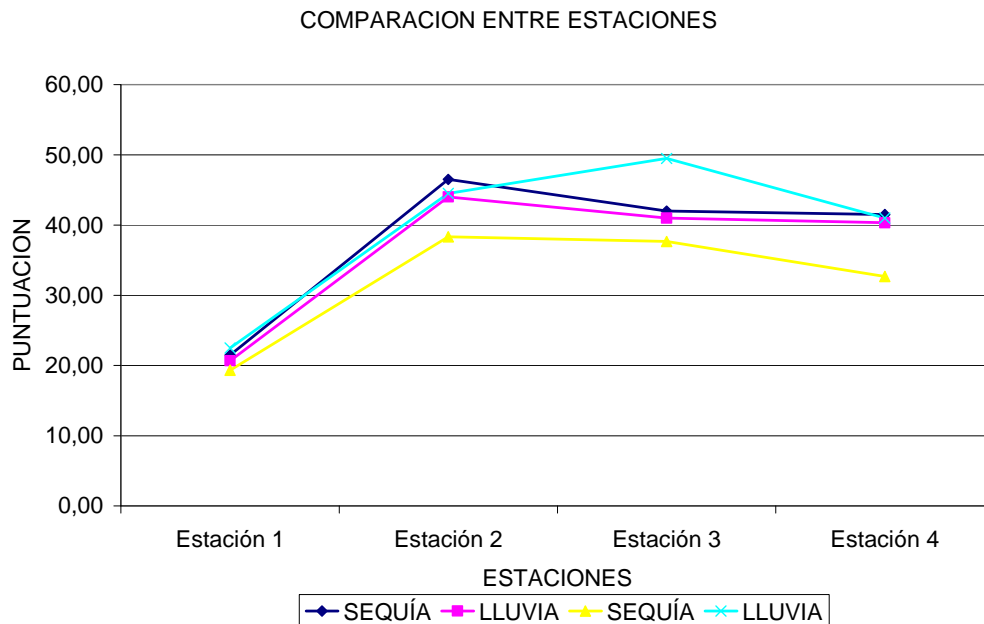
ESTACIÓN	BMWP				BMWP	
	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA	PROMEDIO SEQUÍA	PROMEDIO LLUVIA
1	21,50	20,67	19,33	22,50	20,42	21,585
2	46,50	44,00	38,33	44,50	42,42	44,25
3	42,00	41,00	37,67	49,50	39,84	45,25
4	41,50	40,33	32,67	41,00	37,09	40,665

Figura 4. BMWP por épocas y estaciones



Como se observa en la figura la estación que aportó el valor promedio más alto fue la estación número 3 con un puntaje de 45.25, seguida por la estación número 2 que obtuvo una puntuación de 44.25, del mismo modo la estación No. 3 obtuvo el promedio más alto por época durante el último periodo de lluvias alcanzando una calificación de 49.50. Las calificaciones más bajas las tuvo la estación número 1 que obtuvo un promedio de 21. (Ver representación cartográfica Anexo B)

**Figura 5. Comparación del BMWP entre estaciones**



Los datos arrojados por el BMWP obedecen a la disminución de los caudales en sequía y a la infiltración que se presenta en algunos tramos comprendidos en las mencionadas estaciones. Asimismo se identifican los efectos provenientes de la contaminación ocasionada por los vertimientos de aguas residuales por parte de los pobladores de la zona; situación que se agudiza porque la gran mayoría de los predios aledaños no poseen ningún tipo de tratamiento de aguas domésticas y agropecuarias, y al ser ésta una zona predominantemente agrícola se evidencia la fuerte invasión del cauce de las quebradas; las cuales por efectos de la deforestación con fines agrícolas amenazan con convertirse en su totalidad en un cauce estacional, un ejemplo de ello es la quebrada Las Águilas en la que la disminución del caudal en fuertes épocas de estiaje es superior al 70%.

**5.3.2 Identificación taxonómica y caracterización ecológica de los macroinvertebrados acuáticos.** Durante el periodo muestreo se encontraron en total 17 familias de macroinvertebrados. La familia más representativa y que se encontró en las cuatro estaciones de muestreo y en los periodos de sequía y lluvia fue *GERROMORPHA VELIIDAE* de orden HEMIPTERA y de acuerdo a su hábitat es un neuston; seguida por la familia

*ANISOPTERA LIBELLULIDAE*, de orden ODONATA y según su hábitat un bentos. (Cuadro 2)

La estación que presentó la mayor diversidad de especies es la número tres en la cual se presentaron en cada periodo estacional un promedio de ocho de las diecisiete familias registradas.

La estación con menor variedad de familias presentes es la número 1, estaciones que se encuentra en la parte alta de la microcuenca sobre la quebrada Las Águilas la cual tiende a secarse al presentarse sequías prolongadas y con ausencia total de lluvias, lo que repercute directamente en la viabilidad para que se den las condiciones en cuanto hábitat para el desarrollo de los macroinvertebrados. Además en este sector es frecuente el vertido de aguas residuales de las actividades agrícolas como el beneficio del café vaya directamente a la quebrada

Al momento de realizar la identificación se identificó hasta en nivel género, pero a la hora de tabular resultados se tiene en cuenta hasta el nivel familia, quien es quien nos da la calificación.

**Cuadro 2. Clasificación taxonómica y caracterización ecológica**

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Hábitat	Indicación	Relación de competencia
NEMATOMORPHA		GORDIOIDEA	<i>CHORDODIDAE</i>	Neochordodes	Corrientes limpias, adheridos a la vegetación y debajo de las piedras.	Aguas muy limpias o poco alteradas	Parásito
ANNELIDA	OLIGOCHAETA	HAPLOTAXIDA	<i>TUBIFICIDAE</i>	Tubifex	Sobre fondos lodosos con abundante materia orgánica en descomposición	Aguas eutroficadas	Herbívoros y detritívoros
	HIRUDINEA	GLOSSIPHONIFORMES	<i>GLOSSIPHONIIDAE</i>	Dacnobjella	Aguas quietas o de poco movimiento sobre troncos, plantas, rocas y residuos vegetales.	Aguas eutroficadas por efectos de contaminación orgánica	Carnívoras

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Género	Hábitat	Indicación	Relación de competencia
ARTHROPODA	INSECTA	EPHEMEROPTERA	<i>BAETIDAE</i>	Baetodes	Aguas rápidas, adheridos a vegetación sumergida y rocas	Aguas limpias, aunque pueden tolerar un poco de contaminación orgánica	Herbívoros
ARTHROPODA		ODONATA	<i>ANISOPTERA LIBELLULIDAE</i>	Erythemis	Aguas quietas, fondo lodoso	Aguas medianamente eutroficadas	Depredador
				Erythrodiplax	En vegetación sumergida y detritus	Aguas medianamente eutroficadas	Depredador
				Sympetrum illotum	Pozos y remansos con mucha vegetación	Aguas medianamente eutroficadas	Depredador
				Macrothemis	Aguas lólicas flujo lento, con vegetación	Aguas oligomesotróficas	Depredador

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Género	Hábitat	Indicación	Relación de competencia
ARTHROPODA	INSECTA	ODONATA	<i>ANISOPTERA LIBELLULIDAE</i>	Dasythemis	Aguas lóaticas y lénaticas con riberas cenagosas	Aguas mesotróficas	Depredador
			<i>GOMPHIDAE</i>	Progomphus	Lechos arenosos adaptados para cavar	Aguas oligomesotróficas	Depredador
			<i>AESHNIDAE</i>	Coryphaeshna	Léntico con abundante vegetación.	Aguas mesotróficas	Depredador
				Aeshna	Aguas de poca corriente con mucha vegetación, resisten poco la salinidad	Aguas mesotróficas	Depredador
			<i>COENAGRIONIDAE</i>	Argia	Lóticos moderados, entre piedras y vegetación	Aguas oligomesotróficas	Depredador
				Ischnura	Léntico con vegetación	Aguas oligomesotróficas	Depredador

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Género	Hábitat	Indicación	Relación de competencia
ARTHROPODA	INSECTA	HEMIPTERA	<i>NEPOMORPHA CORIXIDAE</i>	Centrocorisa	Remansos con abundante vegetación acuática	Aguas oligomesotróficas y eutróficas	Depredador
			<i>BELOSTOMATIDAE</i>	Lethocerus	Charcas y aguas más profundas	Aguas oligomesotróficas y eutróficas	Depredador
			<i>NAUCORIDAE</i>	Ambrysus	Charcas y remansos, adheridos a troncos, ramas y piedras	Aguas oligotróficas	Depredador
				Heleocoris	Charcos y remansos, adheridos a troncos, ramas y piedras	Aguas oligotróficas	Depredador
				Limnocoris	Charcas y remansos, adheridos a troncos, ramas y piedras. Algunos se entierran en el suelo arenoso	Aguas oligotróficas	Depredador

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Género	Hábitat	Indicación	Relación de competencia
ARTHROPODA	INSECTA	HEMIPTERA	<i>NAUCORIDAE</i>	Peleocoris	Aguas quietas con abundante vegetación	Aguas oligomesotróficas y eutróficas	Depredador
			<i>NOTONECTIDAE</i>	Notonecta	Lagos, charcas, aguas abiertas o con poca vegetación	Aguas oligomesotróficas y eutróficas	Depredador
			<i>GERROMORPHA VELIIDAE</i>	Rhagovelia	Prefieren aguas con mucha corriente, también en aguas quietas	Aguas oligotróficas	Depredador
				Stridulivelia	Aguas quietas y remansos con mucha vegetación	Aguas oligomesotróficas	Depredador
		COLEOPTERA	<i>GYRINIDAE</i>	Andogyrus	Viven en la interfase aire-agua, en vegetación sumergida y emergente	Aguas moderadamente contaminadas	Depredador

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Género	Hábitat	Indicación	Relación de competencia
ARTHROPODA	INSECTA	COLEOPTERA	<i>PTILODACTYLIDAE</i>	Anchytarsus	En márgenes de arroyos, sobre plantas herbáceas. Aguas someras, sobre la arena de ecosistemas lóticos.	Aguas moderadamente contaminadas	Herbívoros y detritívoros
		THRICOPTERA	<i>GLOSSOSOMATIDAE</i>	Mortoniella	Aguas de mucha corriente y muy oxigenadas	Aguas oligotróficas	Depredador
	CRUSTÁCEA	DECAPODA	<i>PSEUDOTHELPUSDAE</i>	Hypolobocera	Casi todas las aguas marinas y dulces. Hay especies terrestres	Aguas limpias o poco contaminadas	Depredadores

### **5.3 VARIABLES BIOLÓGICAS**

En el monitoreo realizado el número total de órdenes encontrados fue de nueve, de las cuales una pertenece a la clase Hirudinea, una a la Oligochaeta, cinco a la Insecta y una a la Crustácea. El número total de familias halladas fue de diecisiete a las cuales pertenecen veintisiete géneros. El número total de taxones hallados fue de mil setenta y nueve (1.079).

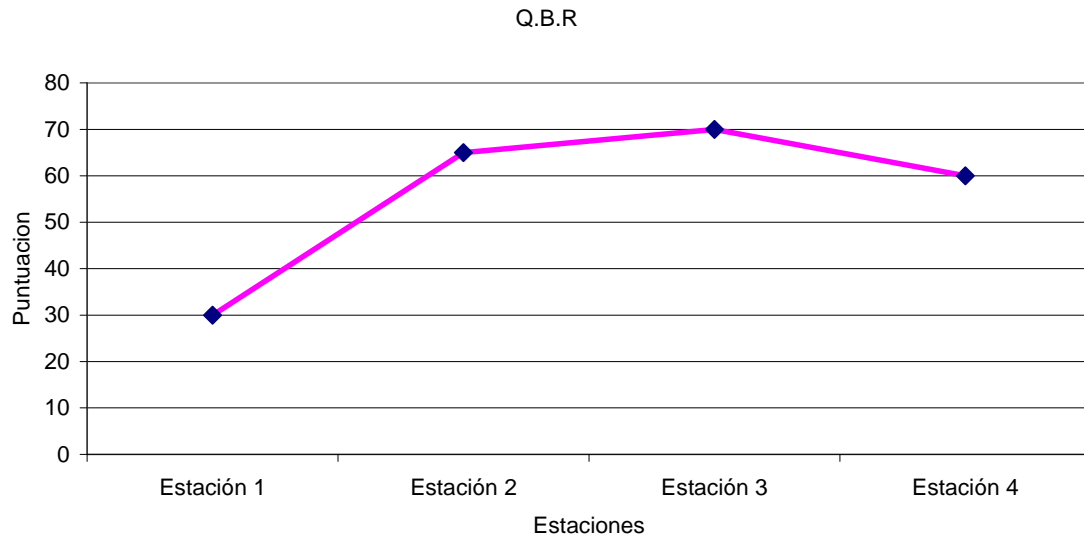
Se destaca el hecho de que la familia *GERROMORPHA VELIIDAE*, se encuentra en las cuatro estaciones muestreadas durante los diferentes periodos monitoreados y en una cantidad significativa; esto lleva a la conclusión de que esta especie es cosmopolita es decir que logró un grado de adaptación a las condiciones dadas en la zona y a pesar de ser característica de aguas oligotróficas, en este ecosistema subsiste a pesar de la evidente contaminación de tipo orgánico. Lo que demuestra la capacidad de adaptación de los macroinvertebrados acuáticos a los cambios dados en el ecosistema, una más de las razones por las cuales son estudiados en su conjunto y no individualmente, pues solo de este modo son indicadores de los más leves cambios dados en un cuerpo de agua.

### **5.4 INDICE DE CALIDAD DE RIBERA QBR.**

El objetivo del índice de Calidad de Ribera es evaluar el estado ecológico de los ecosistemas acuáticos; aportando a las características fisicoquímicas del agua y bacteriológicas, información valiosa basada en las comunidades vegetales asociadas a la ribera que allí viven y de esta manera conocer la situación del estado de las riberas.

**5.4.1 Análisis de los resultados obtenidos.** Este índice se evaluó durante todo el periodo de monitoreo, se asigna un solo valor por estación. (Anexo C)

**Figura 6. Índice de calidad de ribera**



El valor más bajo que se obtuvo fue el de 30 puntos en la estación No. 1; el más alto corresponde a 70 puntos en la estación No. 3. (Tabla 7)

En la estación 1 se determinó que la calidad de ribera tiene una alteración fuerte por lo tanto su calidad es mala, la causa directa de esta situación, es que la cubierta vegetal no supera el 30%, los árboles y arbustos existentes en el lugar se distribuyen en manchas y sin una continuidad, además el hecho de que en el lugar se encuentre el embalse, afecta directamente la calidad de ribera pues evidencia una fuerte modificación de la misma. Para las demás estaciones se determinó que la alteración es importante, pero la calidad de ribera es aceptable, se destaca la existencia de una mayor cobertura de árboles y arbustos, aunque para las estaciones 2 y 4 la cercanía de cultivos sobre la margen de la quebrada disminuye su puntaje; para la estación 3 se afecta negativamente la calidad de ribera por la presencia de residuos en el lugar, situación que se registra por el hecho de encontrarse cerca de una cascada y ser un sitio turístico.

**Tabla 7. Índice de Calidad de Ribera Q.B.R. de la Microcuenca Sancotea**

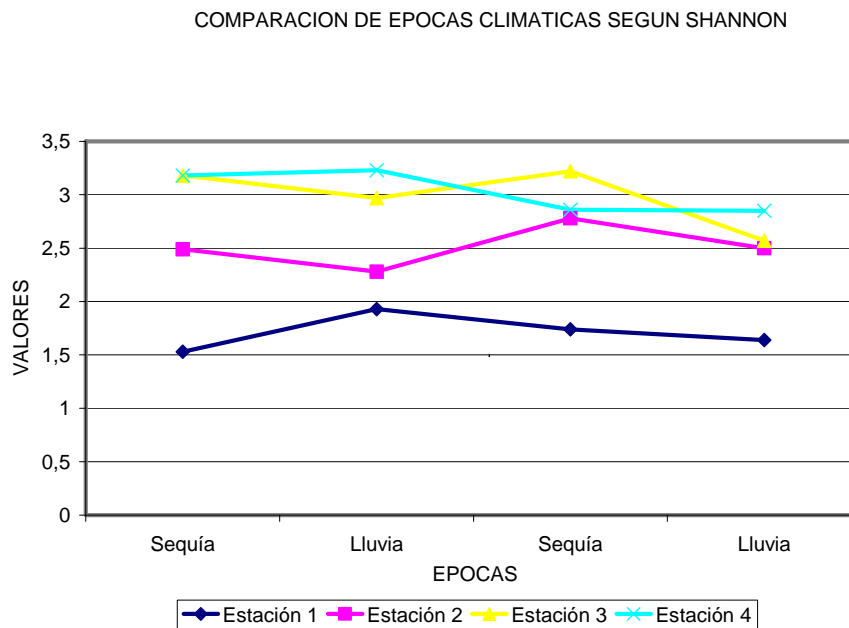
Estaciones	Q.B.R	Calidad de Ribera
Estación 1	30	Alteración fuerte, calidad mala
Estación 2	65	Inicio de alteración importante, calidad aceptable
Estación 3	70	Inicio de alteración importante, calidad aceptable
Estación 4	60	Inicio de alteración importante, calidad aceptable

## 5.5 INDICES ECOLÓGICOS CUANTITATIVOS

**5.5.1 Índice de Diversidad de Shannon – Weaver.** Cuando se habla de diversidad se hace referencia la riqueza o variedad de la comunidad de un área, siendo ésta el número de familias presentes durante el periodo de monitoreo. El índice varía entre 0 y 5; los valores menores de 1, son propios de aguas contaminadas; entre 1 y 3 son moderadamente contaminadas; y los mayores de 3 corresponden a aguas claras.

Las cuatro estaciones de muestreo presentaron valores diferentes de índices de diversidad según el periodo de muestreo. Para la aplicación de éste índice se tiene en cuenta el área muestreada en cada estación que fue de 6 m<sup>2</sup>. (Anexo D)

**Figura 7. Índice de diversidad por épocas climatológicas**



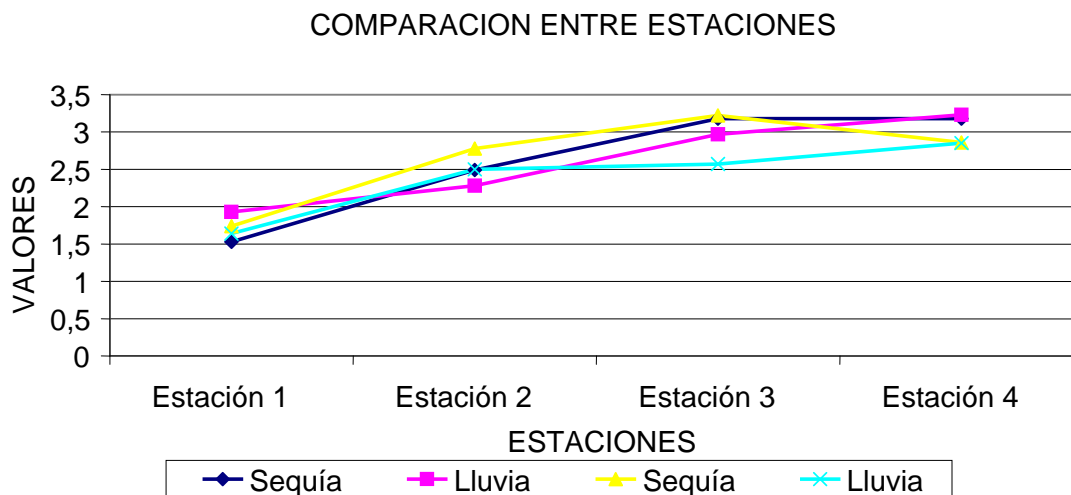
Como se aprecia en la figura los valores promedio por época son:

- Sequía (agosto – septiembre de 2005): 2.30
- Lluvia (octubre – diciembre de 2005): 2.45
- Sequía (enero – marzo de 2006): 2.70
- Lluvia (abril – mayo de 2006): 2.83

La estación que aportó el valor más alto con este índice fue la 4 con un valor de 3.23 durante la primera época de lluvia (octubre -

diciembre), valor que simboliza una diversidad media. Cabe anotar que en esta estación los valores aportados durante los periodos muestreados estuvieron dentro del rango de calidad de aguas moderadamente contaminadas. Los valores más bajos los reportó la estación 1 aunque se mantienen dentro del mismo rango de calificación por ser mayor a 1.

**Figura 8. Comparación del índice de diversidad por estaciones**



Como resultado de este estudio de monitoreo el valor reportado de diversidad fue bajo, aportando valores promedios superiores a 1 e inferiores a 3 lo que indica aguas moderadamente contaminadas.

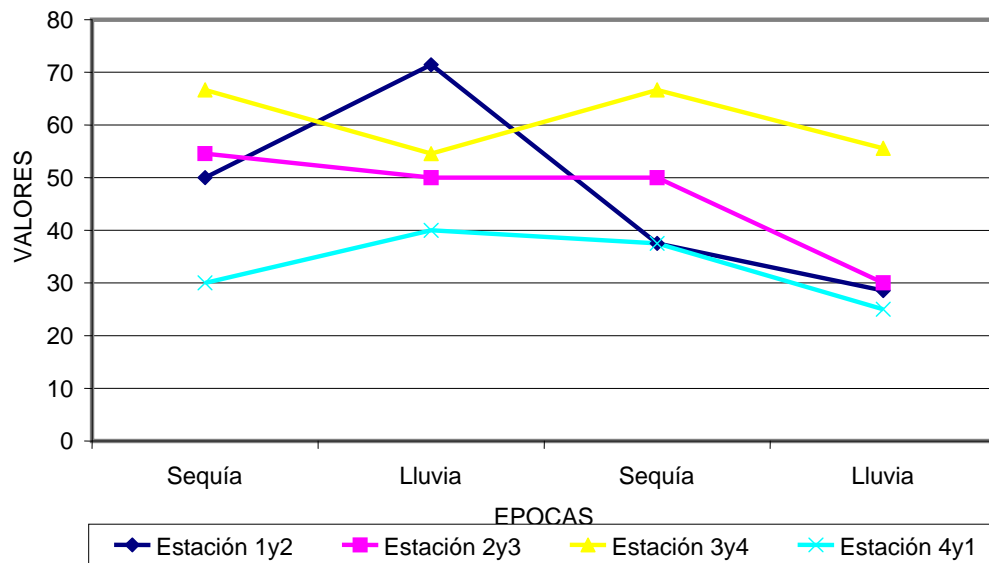
Las estaciones con el valor promedio de diversidad más alto son las número 3 y 4 quienes a su vez obtuvieron la calificación BMWP promedio (tabla 6) más alta que indica aguas de calidad dudosa y el Q.B.R. (tabla 7) calidad aceptable de ribera.

**5.5.2 Índice de Afinidad de Jaccard.** Con este índice indica presencia o ausencia de taxones en parejas de estaciones (anexo E). Los resultados se conservan dentro del siguiente margen de categorías:

- 0-25%      Baja
- 25-50%    Medio baja
- 50-75%    Media
- 75-100%   Alta

**Figura 9. Índice de afinidad por épocas climatológicas**

COMPARACION DE EPOCAS CLIMATICAS SEGUN JACCARD



El valor más alto alcanzado, es de 71.43% que corresponde a la estación 1 en relación con la 2 en la primera época de Lluvia (octubre – diciembre de 2005), seguida de 66.67% de la relación entre las estaciones 3 y 4 en las dos épocas de sequía monitoreadas. El valor más bajo obtenido es de 25% en la relación entre las estaciones 4 y 1 durante la última época de Lluvia (abril - mayo de 2006).

Las parejas estacionales 1-2, 2-3 y 3-4 mantienen valores de afinidad media es decir entre el 50-75%, exceptuando algunos casos en que los valores se ubican dentro del 25-50% es decir afinidad media – baja, como es el caso de las estaciones 1-2 durante los últimos periodos de sequía y lluvia y la pareja 2-3 en el último periodo de lluvia. La pareja 4-1 se mantuvo dentro de los rangos de afinidad media – baja es decir del 25-50% durante todo el periodo muestreado.

**Tabla 8. Resumen Índices Ecológicos.**

ÍNDICE	ESTACIÓN No.1				ESTACIÓN No. 2				ESTACIÓN No. 3				ESTACIÓN No. 4			
	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA
Biológico (BMWP)	21,5	20,67	19,33	22,5	46,5	44	38,33	44,5	42	41	37,67	49,5	41,5	40,33	32,67	41
Calidad de ribera (QBR)	30				65				70				60			
Diversidad (Shannon)	1,53	1,33	1,74	1,64	2,49	2,28	2,78	2,5	3,18	2,97	3,22	2,57	3,18	3,23	2,86	2,85
Afinidad (Jaccard)	50	71,43	37,5	28,57	54,55	50	50	30	66,67	54,55	66,67	55,56	30	40	37,5	25

**Tabla 9. Resumen de Parámetros Fisicoquímicos**

PARÁMETRO	ESTACIÓN No.1				ESTACIÓN No. 2				ESTACIÓN No. 3				ESTACIÓN No. 4			
	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA
	Sept. 08/05	Nov. 02/05	Feb. 01/06	May.23/06	Sept. 08/05	Nov. 02/05	Feb. 01/06	May.23/06	Sept. 15/05	Nov. 09/05	En. 31/06	May.16/06	Agst.31/05	Nov. 09/05	En. 31/06	May.16/06
<b>FISICO-QUÍMICO</b>																
Alcalinidad total (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	9,5	2	41	3,1	17,1	15,2	46,2	7,1	6,7	10,1	10,5	5,1	88,35	95	114,5	94,9
Color (UPC)	64,4	18,3	216	20,4	61,9	26,6	388	56,9	75	81	37,8	26,8	42,8	60	22,2	44,7
Conductividad (µS/cm)	19,6	16,7	85,6	14,3	33,4	32,6	15	32	34,6	35,3	53,3	30,6	346	359	486	349
DBO (mg/l O <sub>2</sub> )	5	3	7	1	4	11	25	ND	4	3	2	ND		2	2	ND
DQO (mg/l O <sub>2</sub> )	17,5	13,2	20	2,8	23,4	59,8	38	6,2	12,6	13,2	24	5,7	13		10	3,4
Oxígeno disuelto (mg/l O <sub>2</sub> )	0,1	1,1	0,4	3,3	2,1	2,3	1,2	4,8	2,5	2,7	5,5	6,2	2,5	2,4	3,8	5,9
%saturación oxígeno	1,43	16,37	5,95	49,11	29,91	34,02	17,91	69,57	35,06	44,12	80,06	90,38	32,72	35,93	55,88	85,51
pH	4,87	4,8	6,1	5,2	5,39	5,5	5,9	5,5	6,5	7,4	7,3	7	7,5	7,6	7,3	7,3
Temperatura (°C)	23	25	25	24,5	23,2	25	25,5	24	23,2	27,1	24,8	24,5	20	27,2	25,7	24,5
SST (mg/l)	86	14	58	3	4	7	40	4	83	8	56	7	90	23	2	16
<b>MICROBIOLÓGICO</b>																
Coliformes totales (UFC/100ml)	11.400	35.000	21.300	11.600	60000	96000	12300	22100	32000	153000	74000	16000	126000	108000	169000	93000
Coliformes fecales (UFC/100ml)	700	5.000	3.700	450	2200	22000	1600	1200	800	6000	4000	1000	1600	3000	2000	6000

**Tabla 10. Resumen Índices de Contaminación**

ICO	ESTACIÓN No. 1				ESTACIÓN No. 2				ESTACIÓN No. 3				ESTACIÓN No. 4			
	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA
ICOMI	0,015	0,012	0,107	0,010	0,030	0,025	0,010	0,029	0,032	0,033	0,057	0,027	0,545	0,613	0,601	0,612
ICOSUS	0,238	0,022	0,154	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,229	0,004	0,148	0,001	0,250	0,049	0,000	0,028
ICOMO	0,752	0,742	0,822	0,432	0,805	0,780	0,867	0,648	0,674	0,614	0,549	0,505	0,836	0,600	0,534	0,572
ICOpH	0,603	0,659	0,021	0,327	0,202	0,147	0,042	0,147	0,005	0,004	0,003	0,001	0,005	0,008	0,003	0,003
ICOBIO	0,500	0,290	0,630	0,710	0,450	0,500	0,500	0,700	0,330	0,450	0,330	0,440	0,700	0,600	0,625	0,750

**Tabla 11. Promedio Índices de Contaminación Por Estación**

ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN	PROMEDIO POR ESTACIÓN							
	EST. 1		EST. 2		EST. 3		EST. 4	
	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA	SEQUÍA	LLUVIA
ICOMI	0,061	0,011	0,020	0,027	0,044	0,030	0,573	0,612
ICOSUS	0,196	0,011	0,000	0,000	0,189	0,003	0,125	0,039
ICOMO	0,787	0,587	0,836	0,714	0,612	0,560	0,685	0,586
ICOpH	0,312	0,493	0,122	0,147	0,004	0,003	0,004	0,006
ICOBIO	0,565	0,500	0,475	0,600	0,330	0,445	0,663	0,675

CONTAMINACIÓN	COLOR
NINGUNA	AZUL
BAJA	VERDE
MEDIA	AMARILLO
ALTA	NARANJA
MUY ALTA	ROJO

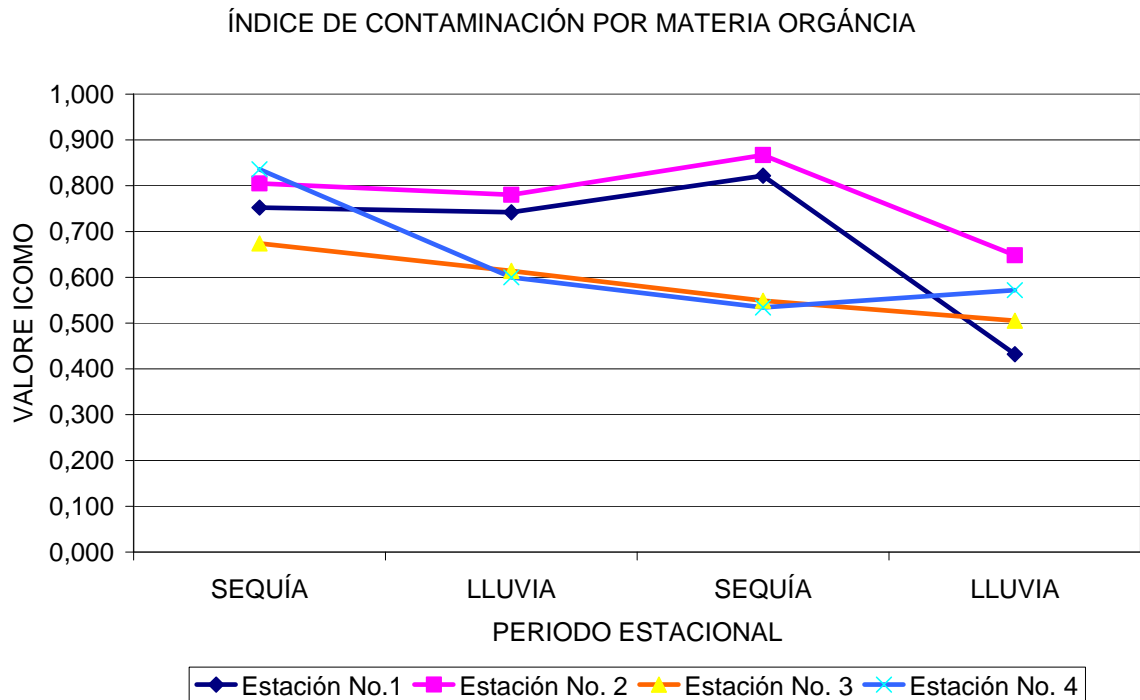
## 5.6 ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN.

Los índices de contaminación ICOS están diseñados para valorar problemas ambientales diferentes, no están correlacionados y son complementarios. Permiten cuantificar el grado de contaminación. (Tabla 4)

Los parámetros que se tuvieron en cuenta para evaluación de acuerdo a las características del sitio de muestreo y la vocación de uso del recurso fueron alcalinidad total, color, conductividad, DBO<sub>5</sub>, DQO, oxígeno disuelto, pH, temperatura, sólidos suspendidos totales, coliformes totales y fecales. Se tomaron cuatro muestras simples en cada uno de los puntos para su respectivo análisis, una en cada periodo estacional monitoreado. Los resultados obtenidos (ver tablas 9 y 10) se agruparon en los diferentes índices de contaminación y llevan a la conclusión que dichas aguas en su condición natural no son aptas para consumo humano y para ello requieren tratamiento principalmente de desinfección y aumento de pH según los parámetros dados por el decreto 475 de 1998. Estos resultados respaldan los obtenidos por el proceso de Bioindicación ya que se mantienen calidad de aguas críticas y dudosas para las cuatro estaciones de monitoreo.

**5.6.1 Índice de contaminación por materia orgánica - ICOMO.** Fue el que alcanzó los valores más altos en todas las estaciones de monitoreo, característicos de áreas muy contaminadas, esto se debe a los valores registrados por los análisis fisicoquímicos en cuando a Coliformes totales, DBO<sub>5</sub> y oxígeno disuelto. En el área estudiada los niveles de oxígeno disuelto bajos reportados, limitan la capacidad autopurificadora de los cuerpos de agua, esto es igualmente reportado por las familias de macroinvertebrados predominantes en la zona los cuales son indicativos de altas concentraciones de carga orgánica y por tanto valores de DBO<sub>5</sub> y DQO altos.

**Figura 10. Índice de contaminación por materia orgánica - ICOMO**



En cuanto al aspecto microbiológico la cantidad de coliformes totales y fecales presenta variaciones considerables, en la totalidad de estaciones se presentaron fuertes aumentos en la época de lluvia; proceso debido principalmente a en dicha época se desarrollaron actividades agrícolas como el beneficio del café y trabajos en los trapiches, esto junto al vertimiento de aguas residuales domésticas y que el cauce atravesase potreros y cultivos, hizo que al incrementarse las lluvias dichos materiales se vertieran sobre la quebrada.

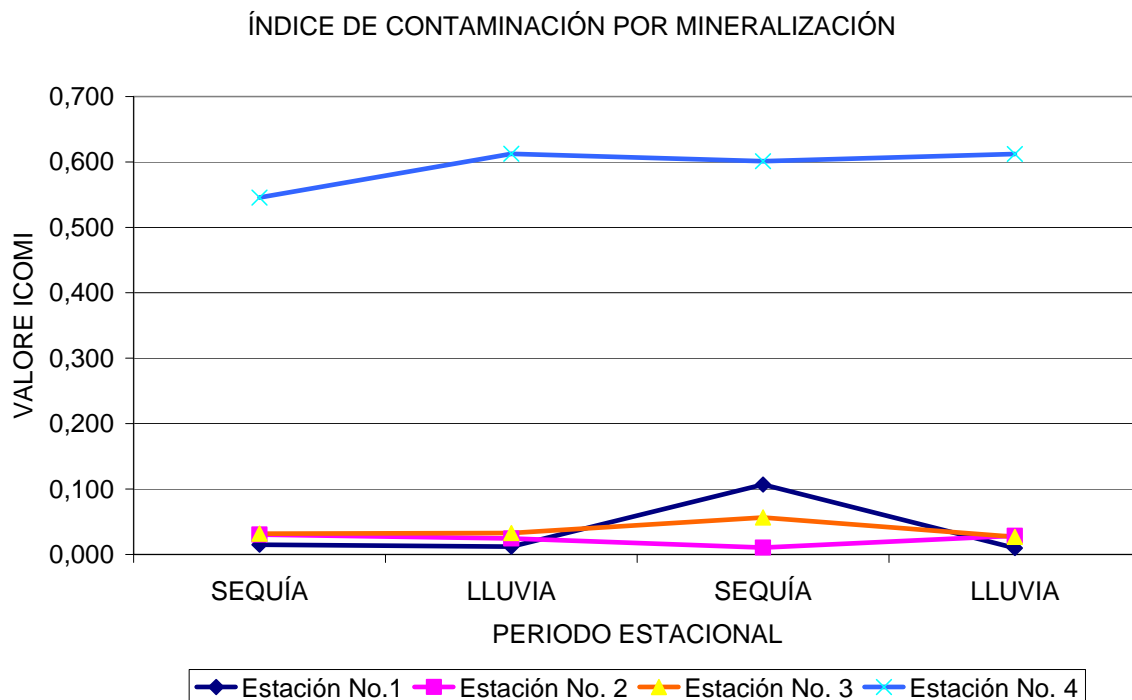
### **5.6.2 Índice de contaminación por mineralización - ICOMI.**

Recoge los datos obtenidos por la conductividad y alcalinidad. En general se mantuvieron en el rango de muy baja contaminación por mineralización a excepción de la estación No. 4 que reporta mediana contaminación por dicha causa.

La conductividad es el reflejo de todos los sólidos disueltos, mantuvo valores bajos durante el muestreo y la alcalinidad puede generarse por hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos como el calcio, magnesio, sodio o amonio, siendo la causa más común los bicarbonatos de calcio y magnesio. Los bicarbonatos se forman por

la acción de CO<sub>2</sub> sobre los materiales básicos del suelo. Es una medida de la capacidad que tiene una muestra de agua de neutralizar un ácido fuerte a un pH determinado. Aumenta al acercarse el pH a básico. En las estaciones muestreadas por lo general se mantuvo en valores inferiores a cien.

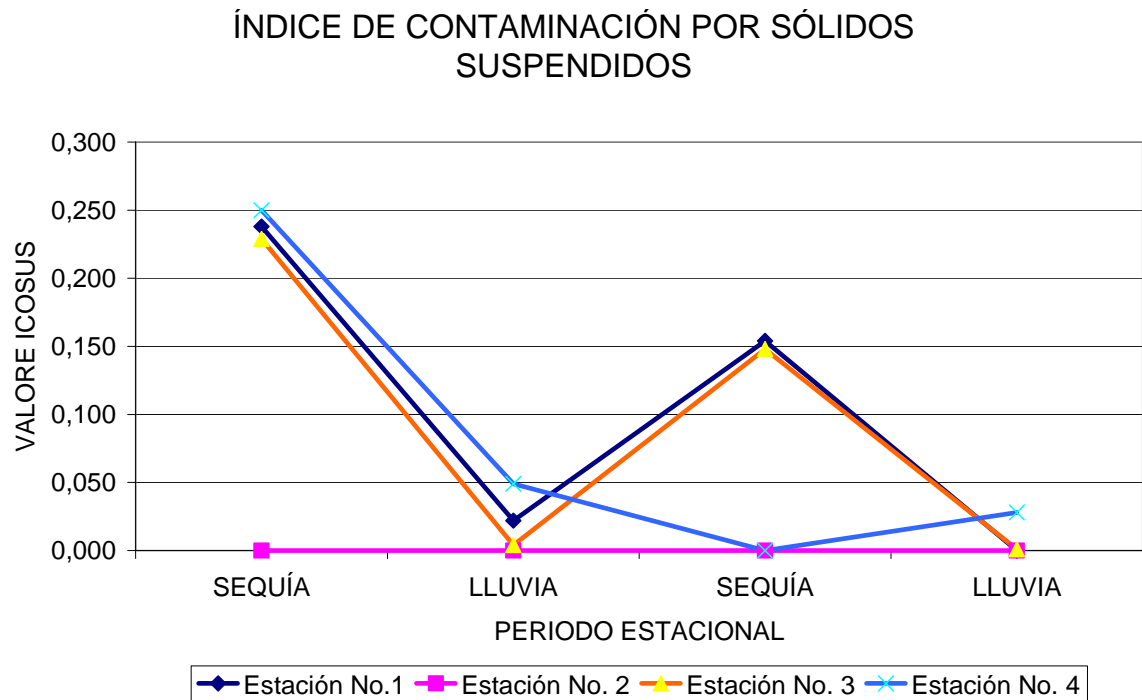
**Figura 11. Índice de contaminación por mineralización - ICOMI**



La estación No. 4 muestra los mayores valores de ICOMI que corresponde a las más altas conductividad y alcalinidad, esto se debe al hecho que dicha quebrada atraviesa varios potreros y zonas de cultivo de café cercanas a su cauce, lo que hace que discurran diversidad de sólidos, dentro de los que se incluyen restos de material vegetal y de fertilizantes químicos, lo que conlleva al aumento de estas dos variables y por ende al índice evaluado.

**5.6.3 Índice de contaminación por sólidos suspendidos – ICOSUS.** Hace referencia a compuestos inorgánicos en suspensión. En todas las estaciones monitoreadas se mantuvo en valores cercanos a cero, por lo tanto se dice que estas aguas no presentan contaminación por dicha causa.

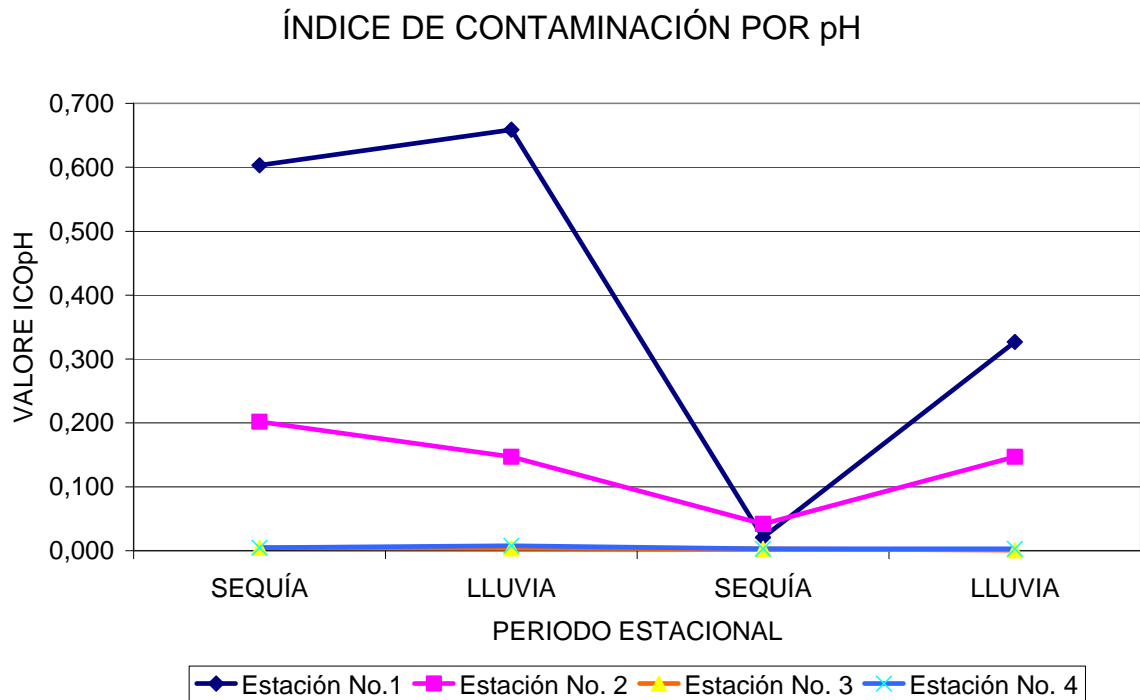
**Figura 12. Índice de contaminación por sólidos suspendidos - ICOSUS**



Muchos procesos generan cantidades de sólidos que influyen adversamente en los cuerpos de agua receptores, obstruyendo el paso de la luz solar disminuyendo la actividad fotosintética de las plantas acuáticas y por lo tanto la concentración de oxígeno disuelto. Es por ello que al aumentar la cantidad de sólidos suspendidos totales disminuye el oxígeno disuelto y por lo tanto la posibilidad de encontrar diversidad biológica en dicho lugar como se refleja en las estaciones de monitoreo.

**5.6.4 Índice de contaminación por pH – ICOpH.** En las estaciones 2, 3 y 4 no se reporta ningún tipo de contaminación por pH, la estación 1 reporta valores bajos de contaminación durante los periodos muestreados.

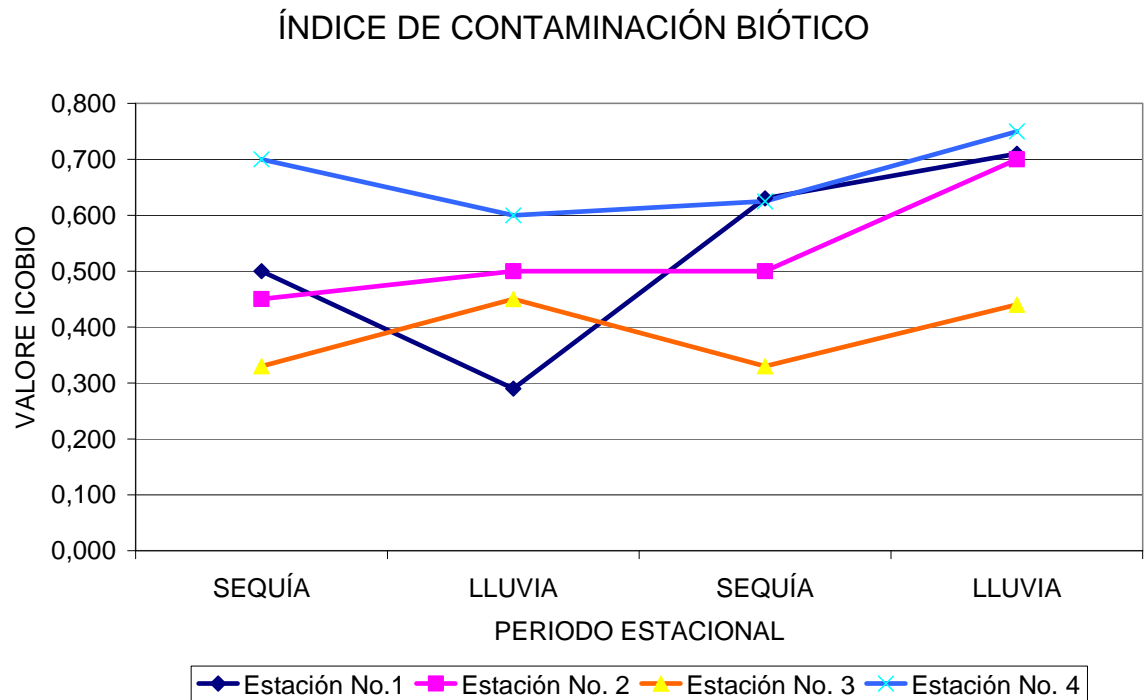
**Figura 13. Índice de contaminación por pH - ICOpH**



Para entender un poco más este resultado se debe tener en cuenta que el pH de las aguas naturales se debe a la naturaleza de los terrenos atravesados. El valor compatible con la vida de los peces está entre 5 y 9, siendo el más favorable entre 6 y 7.2. Es por ello que en la estación de monitoreo No. 1 Carretera, la diversidad de especies es baja en comparación con las demás debido a que los valores registrados de pH no llegan a 5 y solo sobrepasó este límite con un valor de 5.2 en la última época de lluvia (abril – mayo 2006).

**5.6.5 Índice de contaminación biótico – ICOBIO.** Este índice expresa la disimilitud de las comunidades de macroinvertebrados encontradas en las estaciones de muestreo. Para las estaciones 1 y 2 reporta mediana contaminación por dicha causa, en la 3 baja y en la 4 alto grado de contaminación. Esto se debe a que las dos primeras estaciones se encuentran en zonas dedicadas a actividades agrícolas en su gran mayoría y la número 4 a labores agropecuarias, lo que está ligado directamente con la variación del hábitat de los macroinvertebrados acuáticos, haciendo que tengan que adaptarse a las nuevas condiciones y muchos de ellos mueren en este proceso.

**Figura 14. Índice de contaminación biótico - ICOBIO**



Los aportes que se dan por actividades agrícolas se incrementan en las épocas de lluvia, discurriendo agua por dichas zonas lavando los agroquímicos haciendo de aporte respectivo por las lluvias al cuerpo de agua. Lo que afecta las características fisicoquímicas y biológicas del recurso hídrico.

## 6. DIAGNÒSTICO AMBIENTAL

### 6.1 RECURSO AGUA

**6.1.1 Descripción Quebradas Las Águilas Y Majavita.** La Quebrada Las Águilas, está ubicada hacia el norte de la Microcuenca Sancotea, su nacimiento principal se encuentra en una extensa mata de guadua de aproximadamente 70m de largo por 20m de ancho dentro del cauce. A pocos metros de su nacimiento se encuentra un bebedero para ganado. Discurre en dirección Este – Suroeste con una longitud de 3.34 Km. pasando el Embalse hasta llegar a un punto de infiltración aguas debajo de la estación No. 2, en la cual su cauce desaparece casi por completo.

De igual modo se caracteriza por tener en su área de influencia un total de 18 afloramientos de los cuales captan en acueductos veredales individuales aproximadamente nueve pulgadas de agua (sumatoria de captaciones) y 12" pulgadas de agua en época de sequía para el servicio de acueducto, que corresponde a la captación del Embalse (6") y a la bocatoma del sobrante (6")<sup>4</sup>.

La quebrada Majavita tiene su nacimiento aguas abajo del pozo conocido con el nombre Pozo Azul, posee cuatro nacimientos de agua; en este tramo se presentan zonas de relieve escarpado en donde predominan los cultivos de café con buen sombrío.

Luego de atravesar el predio de la Hacienda Majavita la quebrada toma el nombre de Sancotea y continúa con dicho nombre hasta desembocar en el río Suárez. Este sector recibe aguas residuales de Alcantarillado del municipio.

**6.1.2 Conflictos De Uso Del Recurso.** Se presentan conflictos por uso del agua debido a que la demanda es de categoría alta y la oferta, es media baja o muy baja, considerando la baja retención de agua en la zona debido principalmente a la extensión de la frontera agrícola, factor que se agudiza ya que las fincas aledañas tienen captación que van desde 1" hasta 3" y algunos con motor

---

<sup>4</sup> Esquema de Ordenamiento Territorial Socorro

eléctrico contribuyendo a que al presentarse fuertes épocas de estiaje se sequen los principales cauces de la microcuenca.

Los puntos de contaminación con mayor incidencia corresponden a zonas en donde el cauce de la quebrada se convierte en receptor de aguas de desecho ya sea actividades agrícolas como el beneficio del café que en noviembre encuentra su pico máximo de cosecha y la caña que es uno de los cultivos más importantes en la zona; o por aguas residuales domésticas ya que se evidencia que pequeños usuarios de la quebrada la toman como receptora de aguas de desecho.

## **6.2 RECURSOS SUELO, FLORA Y FAUNA.**

**6.2.1 Usos del suelo.** El suelo en la microcuenca se encuentra agrupado en las siguientes formas de uso: Cultivos, Pastos y o rastrojos y Bosques.

**Cultivos.** Dentro de éstos se destacan la caña panelera, café, plátano, frijol, maíz, tomate y hortalizas, yuca, frutales y pastos. Siendo los cultivos dominantes la caña panelera y el café.

El café se encuentra muy disperso a lado y lado de las quebradas, utilizando bosque como sombrío, pero en la mayoría de los casos llegando hasta el borde del cauce. El plátano, la yuca, el frijol, y el maíz son cultivados en superficies muy pequeñas. El cultivo de caña ocupa pendientes medias a fuertes, donde se ha venido extendiendo a regiones de nacimientos de agua realizando una ampliación de la frontera agrícola en prácticas del monocultivo. Además se debe tener en cuenta que la forma como se prepara el suelo para este cultivo es mediante la quema, un factor más que afecta la estabilidad del ecosistema en la zona.

Cultivo de café sobre el margen  
De la quebrada las Águilas



Preparación  
de suelos  
para cultivo



Realización de  
quemas para  
establecimiento de  
cultivos, al fondo un  
trapiche



**Pastos y Rastrojos.** Se agrupa en la unidad tanto pastos utilizados para ganadería, como rastrojos bajos, o zonas de rastrojos con la presencia de helechos.

Está extendida por los afluentes y en su gran mayoría en el sector bajo de la microcuenca ocupando, toda clase de pendientes, suelos y altitudes, aparece un continuo avance sobre los bosques especialmente al nororiente y suroriente de la microcuenca en las zonas de nacimientos, muchas veces dominante en razón a las condiciones climáticas y edáficas de la zona que no permiten otro uso diferente. En la zona de estudio es decir la zona de influencia para el abastecimiento del acueducto municipal no está tan marcada.

**Bosques.** La unidad de bosques corresponde a bosque húmedo premontano (bh- PM), cuyas características fisiográficas y climáticas crean condiciones para que exista una homogeneidad en sus especies, una tendencia es la vulnerabilidad que tienen al ser intervenidas ya que actúan como reguladores de caudales, la intervención es notoria particularmente en los valles estrechos de Aguilitas donde se presentan escasas zonas de protección que no superan los 5 metros a lado y lado de la quebrada.

**6.2.2 Recursos Flora y Fauna.** La zona de diagnóstico se ubica dentro el bosque húmedo Premontano (bh-PM) y bosque húmedo tropical (bh-T). Dichos componentes flora han sido fuertemente impactados, debido a la tala indiscriminada de los bosques naturales, ya sea dentro del área de influencia de la microcuenca o sobre las riveras y zonas de cargue de sus afluentes. Además de la explotación maderera la cual es utilizada con fines energéticos y de construcción.

**6.2.3 Conflictos de uso.** Las principales causas del deterioro del suelo están asociadas a inadecuadas prácticas de aprovechamiento del recurso, como son el sobre pastoreo, uso inadecuado de agroquímicos, deforestación para implementación de agricultura y ganadería y para producción de leña, tenencia de tierra. Lo que conlleva a la pérdida del suelo, reducción de la producción agrícola

y ganadera, problemas de erosión e infertilidad de los suelos, contaminación del agua, incremento de plagas en cultivos, disminución y pérdida de especies de flora y fauna.

### **6.3 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL RECURSO HÍDRICO**

El área de influencia de la zona de estudio tiene como actividad económica la producción agrícola y pecuaria, pero la falta de educación ha hecho que a pesar de existir nuevas prácticas para el manejo sostenible y mejor producción de los cultivos no se hayan aplicado; a pesar de ello no se puede desconocer la labor que en la actualidad se está implementando en algunas fincas cafeteras, ya que éstas tras la búsqueda de su certificación han venido mejorando las condiciones ambientales del sector con la colaboración y asesoría del comité departamental de cafeteros.

Resumiendo los factores más característicos de los cursos de agua estudiados se tiene que:

- ◆ Abastecen en un 40% al sector urbano del municipio del Socorro y las familias de su área de influencia en el sector rural.
- ◆ Posee un número considerable de afloramientos en la zona de cargue de la microcuenca, pero la baja retención de agua en la zona, los ha convertido en cauces estacionales.
- ◆ Existe contaminación por vertimientos de aguas residuales sobre el cauce de la microcuenca.
- ◆ No existe control ni vigilancia en la concesión de aguas y existen conexiones erradas en el sector rural.
- ◆ Excesiva disminución el caudal en época de estiaje.
- ◆ Pérdida de la capacidad de almacenamiento de agua en el embalse aguilitas en fuertes épocas de estiaje. Por tanto la demanda del recurso hídrico es mayor que la oferta del mismo en dicha época.
- ◆ Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos sobrepasan los parámetros establecidos por la ley para aguas de consumo humano especialmente por su contaminación de tipo orgánico, lo que obliga a implementar un sistema de tratamiento.

Para mitigar la situación actual en la zona se deben implementar programas para la recuperación de la cantidad y calidad del recurso hídrico. Esto se logra mediante el desarrollo de programas de

reforestación con especies nativas que estén enfocados al incremento de la capacidad de retención de agua y que a su vez estén asociados con mejores sistemas de producción agrícola para que de este modo sean atractivos para los habitantes de la zona. A su vez se debe tratar las aguas residuales domésticas y producto de diversas actividades agropecuarias, antes de su vertimiento final al cauce.

## **7. SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO**

Se debe establecer un programa de seguimiento y monitoreo en la zona con el propósito de conocer la evolución de la calidad del recurso hídrico, ya que los índices aplicados en el presente trabajo arrojan información sobre cualquier afectación positiva o negativa que se de en el lugar.

Este seguimiento se debe establecer no solo para darle continuidad al presente trabajo, sino también como un modelo de evaluación que indique la efectividad de las acciones de recuperación que sobre la zona está implementando la autoridad ambiental. De igual modo dicha información puede ser utilizada para prevenir los riesgos en la salud humana por la contaminación en los cuerpos de agua

Para ello se establece la implementación de una red de monitoreo sobre los puntos evaluados en el presente estudio; ya que por medio de ella se puede mejorar y controlar la calidad y cantidad de agua que es captada para consumo humano.

## 8. CONCLUSIONES

La calidad de agua y ribera de la Microcuenca Sancotea en su parte alta y media se encuentra dentro de los rangos de calidad dudosa y crítica, es decir, moderadamente y muy contaminadas, esto se debe básicamente a la intromisión antrópica. Es por ello que La familia *GERROMORPHA VELIIDAE* que tiene un potencial de multiplicación elevado en aguas con alto o moderado rango de contaminación, alcanza una dominancia completa hallándose en todas las estaciones monitoreadas. Con esto se demuestra que la competencia entre individuos es una característica de las comunidades de macroinvertebrados principalmente cuando la demanda de espacio, alimento, agua, luz, o la búsqueda de protección sobrepasa lo ofrecido por el medio.

Existe afinidad medio baja entre las estaciones de muestreo ya que al variar las condiciones del medio no sólo ambientales sino también de competencia, son muy pocas las familias de macroinvertebrados resistentes que se adaptan y subsisten; esto explica el por qué de la presencia o ausencia de especies de una estación a otra. De igual modo se obtuvo una diversidad biológica bajo, con valores promedios superiores a 1 e inferiores a 3 lo que indica aguas moderadamente contaminadas, que con el tratamiento de potabilización adecuado son aptas para el consumo humano como lo indican los análisis fisicoquímicos. Respaldados por los altos valores reportados por el índice de contaminación biótico, que reporta grados de contaminación alto, medio y bajo en las estaciones monitoreadas, principalmente causada por la intervención antrópica.

Se resalta el hecho de que como se observa en la figura 8 con el transcurso de los periodos estacionales la diversidad de especies fue incrementándose, lo que reafirma la hipótesis que a mayor caudal y permanencia de un sistema en lo referente a la presencia de lluvias a pesar de la época del año las comunidades tienden a estabilizarse y a habitar nuevas zonas. Reafirmando que cada índice por si solo no es fuente adecuada de estudio, a causa de factores diferentes a la contaminación como son el tipo de sustrato, la estabilidad del mismo, el clima o algún tipo de alteración en la cadena trófica que puedan afectar la comunidad.

Con relación a estos resultados se puede decir que en la zona se observan variados rangos de intromisión, se puede hablar de la doméstica con descargas de aguas residuales directas y procedentes de los pozos sépticos que se encuentran en estado obsoleto. Intromisión agrícola con el vertido de residuos y uso inadecuado de agroquímicos, prácticas culturales de siembra y rocería no aptas para los tipos de suelo, vertido de residuos producto del beneficio y procesamiento de productos agrícolas como la caña y el café y expansión de cultivos sobre las márgenes de las quebradas.

Intromisión pecuaria en la que se destaca el cambio del paisaje para dar paso a potreros y extensos cultivos de pasto de corte, permitiendo de esta manera el acceso de las reses a las quebradas sin ningún tipo de regulación lo que genera problemas de erosión por pisoteo de ganado y contaminación de las fuentes por excretas de los mismos.

Son este tipo de situaciones las que alteran las características fisicoquímicas microbiológicas y ecológicas del agua, lo que es claramente reflejado por los resultados obtenidos tanto por los índices de contaminación y los índices ecológicos aplicados.

Cabe anotar que con la presentación e incremento de las lluvias se dan cambios considerables en algunos de los parámetros; aumenta la temperatura lo que afecta en forma directa la solubilidad de los gases, de sales y por lo tanto la conductividad disminuye al igual que el pH y el color, ya que al aumentar la temperatura disminuye el crecimiento bacteriano y las velocidades de las reacciones químicas. Pero mejoran condiciones como la presencia de sólidos suspendidos totales, disminuye el DBO<sub>5</sub> y DQO en la mayoría de los casos, aumentando el oxígeno disuelto.

La microcuenca Sancotea es fundamental para el abastecimiento de agua de parte del área urbana del municipio al igual que de los sectores rurales dentro de su área de influencia, a pesar de ello se destaca que muchos de sus nacimientos y aljibes no son permanentes, son de tipo estacional y se alimentan de la acumulación de depósitos de aguas lluvias en el subsuelo. Esta situación se ha venido agudizando y en la actualidad la vegetación, el régimen hidrológico y climático, los suelos, los cauces y quebradas están perdiendo su capacidad de receptores y retenedores de agua, reflejándose en que dichos cauces

desaparezcan casi en su totalidad en temporadas de estiaje. De ahí radica la importancia de procesos de reforestación pues aunque esta zona tiene una alta biodiversidad de especies vegetales, es pobre en masa boscosa natural lo que la caracteriza como un sector que posee muy pocas zonas de protección forestal, fundamentales para el balance de los caudales de la microcuenca y con ello no solo mejorar la cantidad sino también la calidad del recurso hídrico.

## 9. RECOMENDACIONES

- Es importante continuar el seguimiento del comportamiento en cuanto a calidad que hasta el momento ha mantenido la Microcuenca Sancotea, para de este modo no sólo evaluar la efectividad de las actividades de reforestación y mejoramiento de las condiciones ambientales desarrolladas en la zona, por entidades como el comité de cafeteros.
- Es imprescindible la divulgación de los resultados obtenidos durante el muestreo, el cual abarcó no solo variables biológicas, sino también fisicoquímicas, las cuales permiten tener una visión global de la situación no solo actual sino durante los diferentes periodos estacionales anuales, en los que se registran cambios significativos en el comportamiento de las quebradas.
- Según los resultados de los índices aplicados, es urgente el mantenimiento y un mayor establecimiento de coberturas vegetales en la Microcuenca; tal como lo establece el código nacional de los recursos naturales (Decreto-ley 2811 de 1974), pues son de vital importancia para el aumento del caudal, protección de la cuenca y el mejoramiento de la calidad del agua y la zona de ribera.
- Mejoramiento e implementación de sistemas de acueducto rural; y de manejo adecuado de aguas residuales (instalación de trampas de grasas y pozos sépticos) y de residuos sólidos (elaboración de abonos para los residuos sólidos orgánicos, el reciclaje y la disposición final de residuos inorgánicos), son de vital importancia para la recuperación del sistema hídrico el cual reporta un alto grado de contaminación de tipo orgánico principalmente en periodos de cosecha.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- ♦ ACERO Duarte, Luis Enrique. Árboles de La Zona Cafetera; Colombia, Ediciones Fondo Cultural Cafetero.
- ♦ GRUPO LIMNOLÓGICO UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER, Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua de la zona media del Río Pamplonita, San José de Cúcuta, 2001.
- ♦ MARGALEF, Ramón. Ecología. Ediciones Omega S.A. Barcelona, 1998
- ♦ RAMIREZ, R. RESTREPO y M. CARDEÑOSA. Índices de Contaminación para caracterización de aguas continentales y vertimientos. Formulaciones. CT&F – Ciencia, tecnología y Futuro- Volumen 1 Núm. 3 Diciembre 1997.
- ♦ RAMIREZ, R. RESTREPO y M. CARDEÑOSA. Índices de Contaminación para caracterización de aguas continentales y vertimientos. Formulaciones. CT&F – Ciencia, tecnología y Futuro- Volumen 1 Núm. 5 Diciembre 1999.
- ♦ RAMÍREZ, A.; RESTREPO, R. y FERNÁNDEZ, N. "Evaluación de Impactos Ambientales ocasionados por vertimientos sobre aguas continentales". 2003. Revista Desarrollo y Ambiente. IDEAE - DET. N° 12. (junio):53-80.
- ♦ ROLDAN Pérez, Gabriel. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia, Uso del método BMWP/Col. Acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia. Junio 2003
- ♦ ROLDAN Pérez, Gabriel. Guía para el Estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia. Diciembre 1996
- ♦ SEMINARIO DE LIMNOLOGÍA APLICADA, Colombia, noviembre 28-29 de 2002.

# ANEXOS

## ANEXO A. FICHA DE CAMPO Y LABORATORIO No.1

### Resumen Ficha de campo: Muestreos Durante las Estaciones Climáticas

ESTACION N° 1

FAMILIA	EPOCA SEQUIA			SUMA EPOCA	EPOCA LLUVIA			SUMA EPOCA	EPOCA SEQUIA			SUMA EPOCA	EPOCA LLUVIA	
	NUESTRA 1	NUESTRA 2	N° ANIMALES		NUESTRA 1	NUESTRA 2	NUESTRA 3		NUESTRA 1	NUESTRA 2	NUESTRA 3		NUESTRA 1	NUESTRA 2
	AGOSTO 31/05	SEPT. 21/05			OCT.26/05	NOV. 20/05	DIC.17/05		ENERO 23/06	FEBRERO 13/06	MARZO 14/06		ABRIL 18/06	MAYO 23/06
	N° ANIMALES	N° ANIMALES			N° ANIMALES	N° ANIMALES	N° ANIMALES		N° ANIMALES	N° ANIMALES	N° ANIMALES		N° ANIMALES	N° ANIMALES
<i>TUBIFICIDAE</i>		5	5	5	3	15	23	10	6	6	22	8	3	
<i>ANISOPTERA LIBELLULIDAE</i>		1	1	2			2		1	1	2		2	
<i>BELOSTOMATIDAE</i>	2		2											
<i>NAUCORIDAE</i>		8	8		6	2	8	3	2	6	11	7	1	
<i>NOTONECTIDAE</i>	15		15											
<i>GERROMORPHA VELIIDAE</i>		10	10	7	15	4	26			5	5	5	5	
<i>GYRINIDAE</i>	10		10	15			15							
<b>TOTAL</b>	27	24	51	29	24	21	74	13	9	18	40	20	11	
	promedio			promedio			promedio			promedio				
<b>TOTAL PUNTUACION BMWP</b>	21	22	21,50	24	22	16	20,67	15	21	22	19,33	23	22	

ESTACION N° 2

FAMILIA	EPOCA SEQUIA		SUMA EPOC A	EPOCA LLUVIA			SUMA EPOC A	EPOCA SEQUIA			SUMA EPOC A	EPOCA LLUVIA		SUMA EPOC A	SUMA TOTAL
	NUESTRA 1	NUESTRA 2		NUESTRA 1	NUESTRA 2	NUESTRA 3		NUESTRA 1	NUESTRA 2	NUESTRA 3		NUESTRA 1	NUESTRA 2		
	AGOSTO 31/05	SEPT. 21/05		OCT.26/05	NOV. 20/05	DIC.17/05		ENERO 23/06	FEBRERO 13/06	MARZO 14/06		ABRIL 18/06	MAYO 23/06		
	N° ANIMALES	N° ANIMALES		N° ANIMALES	N° ANIMALES	N° ANIMALES		N° ANIMALES	N° ANIMALES	N° ANIMALES		N° ANIMALES	N° ANIMALES		
<i>TUBIFICIDAE</i>	8		8	8		2	10								18
<i>ANISOPTERA LIBELLULIDAE</i>	3	2	5	2	4	3	9	6	1	3	10	1	1	2	26
<i>COENAGRIONIDAE</i>		1	1					1	1		2	2	1	3	6
<i>NAUCORIDAE</i>	5	10	15	3	3	4	10	3	4		7				32
<i>GERROMORPHA VELLIIDAE</i>		18	18	11		15	26	15	22	18	55	20	15	35	134
<i>GYRINIDAE</i>	4	3	7	4	5	2	11			1	1	1	1	2	21
<i>PTILODACTYLIDAE</i>	1		1		1		1		3	4	7	3	2	5	14
<i>PSEUDOTHELPUSIDAE</i>	2	3	5	2	1	1	4			2	2	1	1	2	13
<b>TOTAL</b>	23	37	60	30	14	27	71	25	31	28	84	28	21	49	264
			promedio				promedio				promedio			promedio	promedio
<b>TOTAL PUNTUACION BMWP</b>	48	45	46,50	46	47	39	44	36	38	41	38,33	41	48	44,5	43,33

ESTACION N° 3

FAMILIA	EPOCA SEQUIA		SUMA EPOCA	EPOCA LLUVIA			SUMA EPOCA	EPOCA SEQUIA			SUMA EPOCA	EPOCA LLUVIA		SUMA EPOCA	SUMA TOTAL
	NUESTRA 1	NUESTRA 2		NUESTRA 1	NUESTRA 2	NUESTRA 3		NUESTRA 1	NUESTRA 2	NUESTRA 3		NUESTRA 1	NUESTRA 2		
	AGOST. 25/05	SEPT. 22/05		OCT. 28/05	NOV. 19/05	DIC. 15/05		ENERO 16/06	FEBRERO 14/06	MARZO 15/06		ABRIL 19/06	MAYO 24/06		
	N° ANIMALES	N° ANIMALES		N° ANIMALES	N° ANIMALES	N° ANIMALES		N° ANIMALES	N° ANIMALES	N° ANIMALES		N° ANIMALES	N° ANIMALES		
<i>BAETIDAE</i>					6	4	10	1	3	4	8	1	2	3	21
<i>ANISOPTERA LIBELLULIDAE</i>	1	1	2	1	2		3			2	2		3	3	10
<i>AESHNIDAE</i>	1		1							1	1	3	3	6	8
<i>CALEOPTERIDAE</i>		1	1												1
<i>COENAGRIONIDAE</i>		1	1	1			1								2
<i>BELOSTOMATIDAE</i>	1		1							1	1	1		1	3
<i>NAUCORIDAE</i>	10	4	14	8	21	13	42	16	26		42	16	15	31	129
<i>NOTONECTIDAE</i>				3			3								3
<i>GERROMORPHA VELIIDAE</i>	15	20	35	20	15	21	56	20	20	10	50	11	10	21	162
<i>GYRINIDAE</i>	4		4			6	6		1	3	4	2	1	3	17
<i>PSEUDOTHELPUSIDAE</i>		1	1	1	1		2	1			1				4
<b>TOTAL</b>	32	28	60	34	45	44	123	38	50	21	109	34	34	68	360
			promedio				promedio				promedio			promedio	promedio
<b>TOTAL PUNTUACION BMWP</b>	41	43	42,00	43	43	37	41,00	37	37	39	37,67	49	50	49,5	42,54

ESTACION N° 4

FAMILIA	EPOCA SEQUIA		SUMA EPOC A	EPOCA LLUVIA			SUMA EPOC A	EPOCA SEQUIA			SUMA EPOC A	EPOCA LLUVIA		SUMA EPOC A	SUMA TOTAL
	NUESTRA 1	NUESTRA 2		NUESTRA 1	NUESTRA 2	NUESTRA 3		NUESTRA 1	NUESTRA 2	NUESTRA 3		NUESTRA 1	NUESTRA 2		
	AGOST. 25/05	SEPT. 22/05		OCT. 28/05	NOV. 19/05	DIC. 15/05		ENERO 16/06	FEBRERO 14/06	MARZO 15/06		ABRIL 19/06	MAYO 24/06		
	N° ANIMALES	N° ANIMALES		N° ANIMALES	N° ANIMALES	N° ANIMALES		N° ANIMALES	N° ANIMALES	N° ANIMALES		N° ANIMALES	N° ANIMALES		
<i>BAETIDAE</i>			0					2			2		1	1	3
<i>ANISOPTERA LIBELLULIDAE</i>	2		2	1	5		6	2	2	3	7	1	2	3	18
<i>GOMPHIDAE</i>		2	2			1	1								3
<i>AESHNIDAE</i>	1		1	1	2	1	4	1		1	2		1	1	8
<i>COENAGRIONIDAE</i>	4	5	9	8			8		1		1	1		1	19
<i>CORIXIDAE</i>		1	1			1	1								2
<i>NAUCORIDAE</i>		4	4			5	5	6		7	13	11	8	19	41
<i>GERROMORPHA VELIIDAE</i>	18	16	34	18	20	20	58	12	25	15	52	10	12	22	166
<i>GYRINIDAE</i>	1		1		1		1								2
<i>PSEUDOTHELPUSIDAE</i>	1		1	1			1		1	1	2	1		1	5
<b>TOTAL</b>	27	28	55	29	28	28	85	23	29	27	79	24	24	48	267
			promedio				promedio				promedio			promedio	promedio
<b>TOTAL PUNTUACION BMWP</b>	44	39	41,50	42	41	38	40,33	33	31	34	32,67	42	40	41	38,88

## ANEXO C. FICHA DE CAMPO QBR

### Ficha de campo Estación número 1: Carretera

- Grado de cubierta de la zona de ribera.

Puntuación	Característica
5	10-50% de cubierta vegetal
-5	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema adyacente es entre 25 y 50%
Subtotal: 0	

- Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)

Puntuación	Característica
5	Recubrimiento de árboles inferior al 50% y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25%
+10	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior 50%
-5	Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad
Subtotal: 10	

- Calidad de la cubierta ( depende del tipo geomorfológico de la zona de ribera)

Puntuación	Característica
25	Número de especies diferentes de árboles autóctonos
-5	Si existen estructuras construidas por el hombre
Subtotal: 20	

- Grado de naturalidad del canal fluvial.

Puntuación	Característica
10	Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal
-10	Si existe alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río
Subtotal: 0	

Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones): 30
--

- Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera

Izquierda	Derecha	Tipo de desnivel
1	1	Pendiente < 20° ribera uniforme y llana
Subtotal: 2		

Tipo geomorfológico según la puntuación		
<5	Tipo 3	Riberas extensas, tramos bajos de los ríos, con elevada potencialidad para poseer un bosque extenso.

**Observación:** Esta estación de muestreo se ubica a la entrada del embalse de Aguilitas, el sector se encuentra cercado y bordeado por una vía interveredal.

## Ficha de campo No. 2 Estación número 2: Bocatoma

- Grado de cubierta de la zona de ribera.

Puntuación	Característica
10	50 – 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
10	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema adyacente es total
Subtotal: 20	

- Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)

Puntuación	Característica
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 arbustos superan el 25%
+10	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50%
Subtotal: 20	

- Calidad de la cubierta ( depende del tipo geomorfológico de la zona de ribera)

Puntuación	Característica
25	Número de especies diferentes de árboles autóctonos
+10	Si existe una continuidad de la comunidad a lo largo del río, uniforme y ocupado > 75% de la ribera (en toda su anchura)
-5	Si existen estructuras construidas por el hombre
Subtotal: 30	

- Grado de naturalidad del canal fluvial.

Puntuación	Característica
5	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río.
-10	Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río
Subtotal: -5	

Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones): 65

- Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera

Izquierda	Derecha	Tipo de desnivel
3	3	Pendiente entre el 45 y 75°, escalado o no. La pendiente se cuenta con el ángulo entre la horizontal y la recta entre la orilla y el último punto de la ribera $\Sigma a > \Sigma b$
Subtotal: 6		

Tipo geomorfológico según la puntuación		
Entre 5 y 8	Tipo 2	Riberas con una potencialidad intermedia para soportar una zona vegetada, tramos medios de los ríos

**Observación:** En este lugar se encuentra ubicada la bocatoma que recoge aguas sobrantes del embalse, existe canal de concreto con una rejilla que desemboca en una tubería.

**Ficha de campo No. 3 Estación número 3: Aguas debajo de la cascada**

- Grado de cubierta de la zona de ribera.

<b>Puntuación</b>	<b>Característica</b>
5	10 – 50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
10	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema adyacente es total
Subtotal: 15	

- Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)

<b>Puntuación</b>	<b>Característica</b>
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 arbustos superan el 25%
+5	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre el 25 -50%
Subtotal: 15	

- Calidad de la cubierta ( depende del tipo geomorfológico de la zona de ribera)

<b>Puntuación</b>	<b>Característica</b>
10	Número de especies diferentes de árboles autóctonos
+5	Si existe una continuidad de la comunidad a lo largo del río (entre 50-75% de la ribera)
Subtotal: 15	

- Grado de naturalidad del canal fluvial.

<b>Puntuación</b>	<b>Característica</b>
25	El canal del río no ha estado modificado
Subtotal: 25	

Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones): 70

- Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera

<b>Izquierda</b>	<b>Derecha</b>	<b>Tipo de desnivel</b>
6	6	Vertical / cóncavo (pendiente $>75^\circ$ ) con una altura no superable por las máximas avenidas.
Subtotal: 12		

<b>Tipo geomorfológico según la puntuación</b>		
> 8	Tipo 1	Riberas cerradas, normalmente de cabecera, con baja potencialidad de un extenso bosque de ribera

**Observación:** Antes del sitio de muestreo se encuentra una cascada de aproximadamente 20 m. de altura.

#### Ficha de campo No. 4 Estación número 4: Predios UNILIBRE

- Grado de cubierta de la zona de ribera.

Puntuación	Característica
10	50 – 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
10	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema adyacente es total
Subtotal: 20	

- Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)

Puntuación	Característica
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 arbustos superan el 25%
+10	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50%
Subtotal: 20	

- Calidad de la cubierta ( depende del tipo geomorfológico de la zona de ribera)

Puntuación	Característica
10	Número de especies diferentes de árboles autóctonos
+5	Si existe una continuidad de la comunidad a lo largo del río, 50- 75% de la ribera (en toda su anchura)
-5	Si existen estructuras construidas por el hombre
Subtotal: 10	

- Grado de naturalidad del canal fluvial.

Puntuación	Característica
10	Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho con reducción del canal.
Subtotal: 10	

Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones): 60

- Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera

Izquierda	Derecha	Tipo de desnivel
1	1	Pendiente < 20° ribera uniforme y llana
Subtotal: 2		

Tipo geomorfológico según la puntuación		
<5	Tipo 3	Riberas extensas, tramos bajos de los ríos, con elevada potencialidad para poseer un bosque extenso.

**Observación:** En este lugar se encuentra bordeado por cafetales y existe tránsito constante de personas y semovientes.

## ANEXO D. ÍNDICE DE DIVERSIDAD SHANNON Y WEAVER

<b>INDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON Y WEAVER</b>					
Epoca de Sequia (Agosto - Septiembre del 2005)					
Estaciones	Familias	Numero individuo muestra	Numero total de individuos (N)	$\sum p_i = 1$	Indice de Diversidad Biologica (H')
1	<i>TUBIFICIDAE</i>	5	51	1	2,32
	<i>ANISOPTERA LIBELLULIDAE</i>	1	51	1	3,93
	<i>BELOSTOMATIDAE</i>	2	51	1	3,24
	<i>NAUCORIDAE</i>	8	51	1	1,85
	<i>NOTONECTIDAE</i>	15	51	1	1,22
	<i>GERROMORPHA VELIIDAE</i>	10	51	1	1,63
	<i>GYRINIDAE</i>	10	51	1	1,63
	INDICE				1,53
2	<i>TUBIFICIDAE</i>	8	60	1	2,01
	<i>ANISOPTERA LIBELLULIDAE</i>	5	60	1	2,48
	<i>COENAGRIONIDAE</i>	1	60	1	4,09
	<i>NAUCORIDAE</i>	15	60	1	1,39
	<i>GERROMORPHA VELIIDAE</i>	18	60	1	1,20
	<i>GYRINIDAE</i>	7	60	1	2,15
	<i>PTILODACTYLIDAE</i>	1	60	1	4,09
	<i>PSEUDOTHELPUSIDAE</i>	5	60	1	2,48
	INDICE				2,49
3	<i>ANISOPTERA LIBELLULIDAE</i>	2	60	1	3,40
	<i>AESHNIDAE</i>	1	60	1	4,09
	<i>CALEOPTERIDAE</i>	1	60	1	4,09
	<i>COENAGRIONIDAE</i>	1	60	1	4,09
	<i>BELOSTOMATIDAE</i>	1	60	1	4,09
	<i>NAUCORIDAE</i>	14	60	1	1,46
	<i>GERROMORPHA VELIIDAE</i>	35	60	1	0,54
	<i>GYRINIDAE</i>	4	60	1	2,71
	<i>PSEUDOTHELPUSIDAE</i>	1	60	1	4,09
	INDICE				3,18
4	<i>ANISOPTERA LIBELLULIDAE</i>	2	55	1	3,31
	<i>AESHNIDAE</i>	1	55	1	4,01
	<i>COENAGRIONIDAE</i>	4	55	1	2,62
	<i>GERROMORPHA VELIIDAE</i>	18	55	1	1,12
	<i>GYRINIDAE</i>	1	55	1	4,01
	<i>PSEUDOTHELPUSIDAE</i>	1	55	1	4,01
	INDICE				3,18
PROMEDIO INDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON Y WEAVER (1957)					2,59

INDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON Y WEABER					
Epoca de Lluvia (Octubre - Diciembre del 2005)					
Estaciones	Familias	Numero de individuos por especie (Ni)	Numero total de individuos (N)	$\Sigma p_i = 1$	Indice de Divercidad Biologica (H')
1	<i>TUBIFICIDAE</i>	23	74	1	1,17
	<i>ANISOPTERA LIBELLULIDAE</i>	2	74	1	3,61
	<i>NAUCORIDAE</i>	8	74	1	2,22
	<i>GERROMORPHA VELIIDAE</i>	26	74	1	1,05
	<i>GYRINIDAE</i>	15	74	1	1,60
	INDICE				
2	<i>TUBIFICIDAE</i>	10	71	1	1,96
	<i>ANISOPTERA LIBELLULIDAE</i>	9	71	1	2,07
	<i>NAUCORIDAE</i>	10	71	1	1,96
	<i>GERROMORPHA VELIIDAE</i>	26	71	1	1,00
	<i>GYRINIDAE</i>	11	71	1	1,86
	<i>PTILODACTYLIDAE</i>	1	71	1	4,26
	<i>PSEUDOTHELPUSIDAE</i>	4	71	1	2,88
INDICE					2,28
3	<i>BAETIDAE</i>	10	123	1	2,51
	<i>ANISOPTERA LIBELLULIDAE</i>	3	123	1	3,71
	<i>COENAGRIONIDAE</i>	1	123	1	4,81
	<i>NAUCORIDAE</i>	42	123	1	1,07
	<i>NOTONECTIDAE</i>	3	123	1	3,71
	<i>GERROMORPHA VELIIDAE</i>	56	123	1	0,79
	<i>GYRINIDAE</i>	6	123	1	3,02
	<i>PSEUDOTHELPUSIDAE</i>	2	123	1	4,12
INDICE					2,97
4	<i>ANISOPTERA LIBELLULIDAE</i>	6	85	1	2,65
	<i>GOMPHIDAE</i>	1	85	1	4,44
	<i>AESHNIDAE</i>	4	85	1	3,06
	<i>COENAGRIONIDAE</i>	8	85	1	2,36
	<i>CORIXIDAE</i>	1	85	1	4,44
	<i>NAUCORIDAE</i>	5	85	1	2,83
	<i>GERROMORPHA VELIIDAE</i>	58	85	1	0,38
	<i>GYRINIDAE</i>	1	85	1	4,44
	<i>PSEUDOTHELPUSIDAE</i>	1	85	1	4,44
INDICE					3,23
PROMEDIO INDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON Y WEABER (1957)					2,60

INDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON Y WEABER					
Epoca de Sequia (Enero - Marzo del 2006)					
Estaciones	Familias	Numero de individuos por especie (Ni)	Numero total de individuos (N)	$\Sigma p_i = 1$	Indice de Diversidad Biologica (H')
1	<i>TUBIFICIDAE</i>	22	40	1	0,60
	<i>ANISOPTERA LIBELLULIDAE</i>	2	40	1	3,00
	<i>NAUCORIDAE</i>	11	40	1	1,29
	<i>GERROMORPHA VELIIDAE</i>	5	40	1	2,08
	INDICE				1,74
2	<i>ANISOPTERA LIBELLULIDAE</i>	10	84	1	2,13
	<i>COENAGRIONIDAE</i>	2	84	1	3,74
	<i>NAUCORIDAE</i>	7	84	1	2,48
	<i>GERROMORPHA VELIIDAE</i>	55	84	1	0,42
	<i>GYRINIDAE</i>	1	84	1	4,43
	<i>PTILODACTYLIDAE</i>	7	84	1	2,48
	<i>PSEUDOTHELPUSIDAE</i>	2	84	1	3,74
	INDICE				2,78
3	<i>BAETIDAE</i>	8	109	1	2,61
	<i>ANISOPTERA LIBELLULIDAE</i>	2	109	1	4,00
	<i>AESHNIDAE</i>	1	109	1	4,69
	<i>BELOSTOMATIDAE</i>	1	109	1	4,69
	<i>NAUCORIDAE</i>	42	109	1	0,95
	<i>GERROMORPHA VELIIDAE</i>	50	109	1	0,78
	<i>GYRINIDAE</i>	4	109	1	3,31
	<i>PSEUDOTHELPUSIDAE</i>	1	109	1	4,69
	INDICE				3,22
4	<i>BAETIDAE</i>	2	79	1	3,68
	<i>ANISOPTERA LIBELLULIDAE</i>	7	79	1	2,42
	<i>AESHNIDAE</i>	2	79	1	3,68
	<i>COENAGRIONIDAE</i>	1	79	1	4,37
	<i>NAUCORIDAE</i>	13	79	1	1,80
	<i>GERROMORPHA VELIIDAE</i>	52	79	1	0,42
	<i>PSEUDOTHELPUSIDAE</i>	2	79	1	3,68
	INDICE				2,86
PROMEDIO INDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON Y WEABER (1957)					2,65

INDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON Y WEAVER					
Epoca de Lluvia (Abril - Mayo del 2006)					
Estaciones	Familias	Numero de individuos por especie (Ni)	Numero total de individuos (N)	$\sum p_i = 1$	Indice de Diversidad Biologica (H')
1	<i>TUBIFICIDAE</i>	11	31	1	1,04
	<i>ANISOPTERA LIBELLULIDAE</i>	2	31	1	2,74
	<i>GERROMORPHA VELIIDAE</i>	10	31	1	1,13
	INDICE				1,64
2	<i>ANISOPTERA LIBELLULIDAE</i>	2	49	1	3,20
	<i>COENAGRIONIDAE</i>	3	49	1	2,79
	<i>GERROMORPHA VELIIDAE</i>	35	49	1	0,34
	<i>GYRINIDAE</i>	2	49	1	3,20
	<i>PTILODACTYLIDAE</i>	5	49	1	2,28
	<i>PSEUDOTHELPUSIDAE</i>	2	49	1	3,20
	INDICE				2,50
3	<i>BAETIDAE</i>	3	68	1	3,12
	<i>ANISOPTERA LIBELLULIDAE</i>	3	68	1	3,12
	<i>AESHNIDAE</i>	6	68	1	2,43
	<i>BELOSTOMATIDAE</i>	1	68	1	4,22
	<i>NAUCORIDAE</i>	31	68	1	0,79
	<i>GERROMORPHA VELIIDAE</i>	21	68	1	1,17
	<i>GYRINIDAE</i>	3	68	1	3,12
	INDICE				2,57
4	<i>BAETIDAE</i>	1	48	1	3,87
	<i>ANISOPTERA LIBELLULIDAE</i>	3	48	1	2,77
	<i>AESHNIDAE</i>	1	48	1	3,87
	<i>COENAGRIONIDAE</i>	1	48	1	3,87
	<i>NAUCORIDAE</i>	19	48	1	0,93
	<i>GERROMORPHA VELIIDAE</i>	22	48	1	0,78
	<i>PSEUDOTHELPUSIDAE</i>	1	48	1	3,87
	INDICE				2,85
PROMEDIO INDICE DE DIVERSIDAD DHANNON WEAVER (1957)					2,39

## ANEXO E. INDICE DE AFINIDAD DE JACCARD

<b>AFINIDAD DE JACCARD ( AJ )</b>				
Epoca de Sequia (Agosto - Septiembre del 2005)				
Estaciones	Numero de especies comunes a los dos ( C )	Numero de especies presentes en el inventario ( B )	Numero de especies presentes en el inventario ( A )	AJ
1 - 2	5	7	8	50,00
2 - 3	6	8	9	54,55
3 - 4	6	9	6	66,67
4 - 1	3	6	7	30,00

<b>AFINIDAD DE JACCARD ( AJ )</b>				
Epoca de Lluvia (Octubre - Diciembre del 2005)				
Estaciones	Numero de especies comunes a los dos ( C )	Numero de especies presentes en el inventario ( B )	Numero de especies presentes en el inventario ( A )	AJ
1 - 2	5	5	7	71,43
2 - 3	5	7	8	50,00
3 - 4	6	8	9	54,55
4 - 1	4	9	5	40,00

<b>AFINIDAD DE JACCARD ( AJ )</b>				
Epoca de Sequia (Enero - Marzo del 2006)				
Estaciones	Numero de especies comunes a los dos ( C )	Numero de especies presentes en el inventario ( B )	Numero de especies presentes en el inventario ( A )	AJ
1 - 2	3	4	7	37,50
2 - 3	5	7	8	50,00
3 - 4	6	8	7	66,67
4 - 1	3	7	4	37,50

<b>AFINIDAD DE JACCARD ( AJ )</b>				
Epoca de Lluvia (Abril - Mayo del 2006)				
Estaciones	Numero de especies comunes a los dos ( C )	Numero de especies presentes en el inventario ( B )	Numero de especies presentes en el inventario ( A )	AJ
1 - 2	2	3	6	28,57
2 - 3	3	6	7	30,00
3 - 4	5	7	7	55,56
4 - 1	2	7	3	25,00