

**EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA QUEBRADA DE LA HONDA DEL
MUNICIPIO DEL SOCORRO MEDIANTE LOS INDICES BMWP Y QBR**

ALBERTO CAMARGO DÍAZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA
2004**

**EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA QUEBRADA DE LA HONDA DEL
MUNICIPIO DEL SOCORRO MEDIANTE LOS INDICES BMWP Y QBR**

ALBERTO CAMARGO DÍAZ

Trabajo de Investigación

**Monografía para optar el título de
Especialista en Química Ambiental**

**Director
Ricardo Restrepo Manrique
Biólogo
Especialista en Ingeniería Ambiental**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA
2004**

*A Dios quien permite
que los esfuerzos se cristalicen
en realidades.*

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Mi esposa Soraya Salazar Agudelo por su invaluable colaboración y sacrificio, a mi Hijo Nicolás, por su paciencia y comprensión por el tiempo que compartimos en esta etapa.

Ricardo Restrepo Manrique, Biólogo y director de la monografía por su valiosa iniciativa en el presente tema y sus significativas orientaciones y críticas.

A Darío Velasco por la elaboración de los perfiles y la transcripción de los mapas.

Todos y todas aquellas personas que colaboraron con presente investigación cuyo aporte es de trascendental importancia para el desarrollo de proyectos que permitan ampliar los conocimientos en materia ambiental.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. TÍTULO	5
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	6
2.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	8
2.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	9
3. JUSTIFICACIÓN	10
4. OBJETIVOS	13
4.1 GENERAL	13
4.2 ESPECÍFICOS	13
5. MARCO REFERENCIAL	15
5.1 MARCO TEÓRICO	15
5.1.1 Desarrollo histórico	15
5.1.2 Los indicadores de la calidad del agua	18
5.1.3 Niveles de perturbaciones en los ríos con comunidades de Macroinvertebrados	20
5.1.4 Ventajas y desventajas de la evaluación química y biológica del Agua	20
5.1.5 Métodos de indicación físico-química: ventajas y desventajas	21
5.1.6 Métodos de bioindicación: ventajas y desventajas	25
5.2 MARCO CONCEPTUAL	28
5.2.1 Características ideales de un bioindicador	28
5.2.2 Los sistemas de bioindicación	31
5.2.3 índice de BMWP: Puntajes bióticos y valores	39
5.2.4 Macroinvertebrados como indicadores de calidad del agua	41

5.2.5 El hábitat acuático	42
5.2.6 Adaptaciones alimenticias	47
5.2.7 BMWP en Colombia	48
5.2.8 QBR: un índice rápido para la evaluación de la calidad de ribera	51
6. METODOLOGÍA	55
6.1 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	55
6.1.1 Información primaria	55
6.1.2 Información secundaria	57
6.2 POBLACIÓN DE REFERENCIA Y MUESTRA	59
6.2.1 Tamaño de la muestra (unidad de observación)	59
6.2.2 Criterios de inclusión	59
6.3 TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	60
7. IDENTIFICACIÓN Y MEDICIÓN DE TRAMOS QUE COMPRENDE LA QUEBRADA LA HONDA	61
7.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA QUEBRADA LA HONDA	61
7.1.1 Ubicación	63
7.1.2 Geomorfología de la cuenca	63
7.1.3 Hidrología	63
7.1.4 Climatología	64
7.2 ZONA DE VIDA, SEGÚN LESLIE R. HOLDRIGE	65
7.2.1 Vegetación	65
7.3 UBICACIÓN DE SITIOS DE MUESTREO	69
7.4 PERFILES DE VEGETACIÓN DE LAS ESTACIONES UBICADAS EN LA MICROCUENCA LA HONDA	70
7.4.1 Perfil de vegetación estación número 1	71
7.4.2 Perfil de vegetación estación número 2	73
7.4.3 Perfil de vegetación estación número 3	75
7.4.4 Perfil de vegetación estación número 4	77
7.4.5 Perfil de vegetación estación número 5	79

7.4.6 Perfil de vegetación estación número 6	81
7.5 ESTUDIOS REALIZADOS EN LA MICROCUENCA LA HONDA	83
8. MACROVERTEBRADOS DE LA MICROCUENCA “LA HONDA”	89
8.1 ÓRDENES Y FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS	89
8.1.1 Orden Basommatophora	89
8.1.2 Orden Coleoptera	90
8.1.3 Orden Diptera	95
8.1.4 Orden Hemíptera	97
8.1.5 Orden Trichoptera	102
8.1.6 Orden Tubificidae	105
8.1.7 Orden Odonata	107
8.1.8 Orden Ephemeroptera	107
8.1.9. Orden Neuroptera	110
8.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA APLICACIÓN BMWP Y DEL ÍNDICE DE JACCARD	129
8.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA APLICACIÓN BMWP, DEL ÍNDICE DE DISIMILARIDAD DE JACCARD Y EL ÍNDICE DE CALIDAD DE RIBERA	131
9. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE RIBERA QBR	132
10. VALORACIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE RIBERA, QBR	140
11. PROPUESTAS DE LINEAMIENTOS PARA ESTABLECER EL MONITOREO	149
CONCLUSIONES	151
BIBLIOGRAFÍA	152
ANEXOS	157

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ventajas y desventajas de los métodos de Bioindicación	27
Tabla 2. Aceptación de los diversos Taxa como indicadores de la calidad del agua (Ghetti y Bonazzi, 1981)	30
Tabla 3. Ventajas y desventajas de los grupos de organismos acuáticos como indicadores de la calidad del agua	31
Tabla 4. Criterios para el dictamen de calidad de aguas corrientes basado en el sistema Saprobio	33
Tabla 5. Clases de calidad de agua, valores B.MW.P. & Acute; colores para representaciones cartográficas	40
Tabla 6. Puntuaciones asignadas a las familias de Macroinvertebrados acuáticos para la obtención del índice B.MW.P.A. para Antioquia (Colombia)	50
Tabla 7. Calificación de la zona de ribera de los ecosistemas fluviales. Índice QBR (ver página siguiente)	53
<i>Tabla 8. Anuarios Meteorológicos de CENICAFÉ</i>	65
Tabla 9. Ubicación de los sitios de muestreo de la quebrada la honda y afluentes mediante el G.P.S.	70
Tabla 10. Resultados de los análisis fisicoquímicos de las aguas para el proyecto de construcción del embalse “La Honda”	84
Tabla 11. Resultados de los análisis bacteriológicos del agua para el proyecto de construcción del embalse “La Honda”	85
Tabla 12. Resultados obtenidos en el estudio microbiológico de las aguas de las Microcuencas “Sancotea”, “La Honda” y sus respectivos embalses.	87
Tabla 13. Análisis fisicoquímicos de las once estaciones	88

Tabla 14. Rasgos morfológicos y aspectos ecológicos de las familias del orden Basommatophora encontradas en la Microcuenca “La Honda”	90
Tabla 15. Rasgos morfológicos y aspectos ecológicos de las familias del orden Coleoptera encontradas en la Microcuenca “La Honda”	91
Tabla 16. Rasgos morfológicos y aspectos ecológicos de las familias del orden Díptera encontradas en la Microcuenca “La Honda”	97
Tabla 17. Rasgos morfológicos y aspectos ecológicos de las familias del orden Hemíptero encontradas en la Microcuenca “La Honda”	99
Tabla 18. Rasgos morfológicos y aspectos ecológicos de las familias del orden Trichoptera encontradas en la Microcuenca “La Honda”	103
Tabla 19. Rasgos morfológicos y aspectos ecológicos de las familias de las familias del orden Tubificidae encontradas en la Microcuenca “La Honda”	106
Tabla 20. Rasgos morfológicos y aspectos ecológicos de las familias del orden Odonata encontradas en la Microcuenca “La Honda”	108
Tabla 21. Rasgos morfológicos y aspectos ecológicos de las familias del orden Ephemeroptera encontradas en la Microcuenca “La Honda”	110
Tabla 22. Rasgos morfológicos y aspectos ecológicos de la familia del orden Neuroptera encontrada en la Microcuenca “La Honda”	111
Tabla 23. Niveles o rangos de la calidad de ribera	139

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. B.M.W.P., Departament of Environment – Biological Monitoring Working Party Score Sistem for National River Survey 1980 The British Experience. HELLAWELL	157
Anexo B. Puntuaciones Asignadas a las Diferentes Familias de Macroinvertebrados Acuáticos para la Obtención de índice BMWP, Modificado y adaptado a la Fauna Española. Alba Tercedor et al (1988)	158
Anexo C. Puntuaciones Asignadas a las Diferentes Familias de Macroinvertebrados Acuáticos para la Obtención de índice BMWP, Modificado y adaptado (Preliminar) para la Zona Media del Río Norte de Pamplonita – Santander (Sánchez – Ortega 2000 – 2001)	159
Anexo D. Monitoreo de la calidad del agua mediante el índice BMWP estación lluvias (septiembre – octubre de 2002)	160
Anexo E. Monitoreo de la calidad del agua mediante el índice BMWP estación intermedia (noviembre – diciembre de 2002)	161
Anexo F. Monitoreo de la calidad del agua mediante el índice BMWP estación sequía (enero de 2003)	162
Anexo G. Monitoreo de la calidad de ribera de la microcuenca de la Honda del municipio del Socorro (enero 2003)	163

GLOSARIO

ABIÓTICO: de un medio o ambiente donde no es posible la vida de todas o de algunas especies animales o vegetales.

AGUAS LÉNTICAS: término utilizado en Limnología para las aguas quietas o remansos.

AGUAS LÓTICAS: término utilizado en Limnología para las aguas agitadas o corrientes.

AGUA POTABLE: agua que por reunir los requisitos organolépticos, Fisicoquímicos y Microbiológicos es apta para el consumo humano.

ALTITUD: altura de un punto de la tierra con relación al nivel del mar.

ALÓCTONO: se dice del suelo o formación más o menos profunda cuyos materiales proceden de rocas distantes de la subyacente. Se dice así mismo de toda formación geológica que no se halla en su yacimiento primitivo sino que ha sido transportada por el agua, movimientos orogénicos, etc.

ALCALINIDAD: capacidad de las aguas de neutralizar compuestos de carácter ácido, derivada del contenido de carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos, y ocasionalmente de boratos, silicatos y fosfatos.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL AGUA: pruebas de laboratorio que se le realizan a una muestra para determinar sus características Físicas y Químicas.

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

ANTROPOGÉNICO: que tiene su origen en las actividades del hombre; impactos sobre el medio ambiente causados por la acción del hombre.

AREAS PROTEGIDAS: territorio en que la autoridad competente establece ciertas limitaciones de acceso y uso, a fin de preservar sus valores naturales.

AUTÓCTONO: el ser o haber sido formado in situ, significa nativo. Se usa para designar especies de flora y fauna cuyo hábitat no presenta variaciones.

BENTOS: también conocida como Fauna Béntica. Vocablo 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.

BIODEGRADABLE: que se descompone perdiendo sus propiedades en contacto con el medio ambiente.

BIOTA: conjunto de los componentes vivos (bióticos) de un ecosistema. Todas las especies de plantas y animales existentes en un área determinada.

BOSQUE HÚMEDO PREMONTANO: se caracteriza por presentar una precipitación mayor de 1.000 a 2.000 mm., siendo catalogado como un sector templado, con una altura sobre el nivel del mar de 800 a 2.000 m., y una temperatura de 17 a 24 °C.

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.

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.

CONDUCTIVIDAD: la medida indirecta de los electrolitos en el agua.

CONTAMINACIÓN DEL AGUA: dicese 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: es una medida de la cantidad de oxígeno consumido en el proceso biológico de oxidación de la materia orgánica contenida en el agua. Es el parámetro de uso más frecuente para medir el grado de contaminación.

DEGRADACIÓN: erosión del lecho de un río.

DESCARGA: liberación al ambiente de una corriente residual o de cualquiera de sus componentes.

DIVERSIDAD: variedad de especies biológicas que se presenta en una dimensión espacio-temporal definida, resultante de conjuntos de interacción entre especies que se integran en un proceso de selección, adaptación mutua y evolución, dentro de un marco histórico de variaciones medioambientales locales.

ECOSISTEMA: unidad básica funcional y estructural de la naturaleza; incluye tanto a los organismos como al medioambiente no viviente, cada uno interactuando con el otro y ambos necesarios para el mantenimiento de la vida en la tierra. Todos los componentes vivos e inertes de una comunidad.

EDÁFICO: se refiere al suelo, particularmente en relación con el material derivado de los suelos o a su influencia.

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

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

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

EUTROFICACIÓN: crecimiento desordenado y acelerado de vegetales en cuerpos de agua (lagos, lagunas, caños), por acumulación excesiva de nutrientes o materia orgánica (nitritos, nitratos y fosfatos). Los nutrientes provienen generalmente de la sobre utilización de fertilizantes químicos.

FAUNA: conjunto de animales que viven en un país o región.

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

FLORA: Lista de todos los vegetales de diverso rango taxonómico (especie, subespecie, variedad) de una localidad o un territorio dado.

HÁBITAT: medio en el que vive y se desarrolla en condiciones normales un organismo, animal o planta.

LÉNTICO: se refiere al agua quieta, como en los estanques y lagos. Término empleado en Limnología.

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.

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

LÓTICO: se refiere al agua corriente, como en los ríos y arroyos. Término empleado en Limnología.

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: 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. Nombre que se da al conjunto de los organismos acuáticos que pueden trasladarse por sí mismo, nadando.

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

NIVEL TRÓFICO: etapa en la red alimentaria de los organismos que utilizan las mismas fuentes alimenticias.

OLIGOTROFÍA: disminución o falta de nutrición. Dícese de la condición del agua pobre en nutrientes vegetales y sus consecuencias.

PERIFITON: la biota adherida a superficies sumergidas. Comunidad de organismos tanto vegetales como animales fijados a los tallos y a las hojas de las plantas enraizadas o que se adhieren a ellos o a otros sustratos o superficies de los ríos, lagos y quebradas.

PRESERVACIÓN: prevención de acciones futuras que puedan afectar un ecosistema.

QUEBRADA: pequeña corriente de agua de carácter permanente. Riachuelo.

RECURSOS HÍDRICOS: cantidad de las aguas superficiales o subterráneas disponibles para el uso en una región determinada.

RECURSOS: aspecto del ambiente humano que facilita la satisfacción de las necesidades humanas y el alcance de los objetivos sociales.

RECURSOS NATURALES: bienes naturales en sentido amplio, bienes procedentes de la naturaleza o transformada por el hombre entre los que se incluye el aire, el agua, el paisaje, la vida silvestre en cuanto son capaces de satisfacer las necesidades humanas.

RECURSOS RENOVABLES: recursos que están disponibles con distintos intervalos de tiempo. El empleo de las fuentes actuales no disminuye la disponibilidad futura, siempre que la tasa de consumo no exceda a la generación.

RIPARIA: vegetación propia de las orillas de los ríos y otras corrientes o masas de agua. Sinónimo de ribereño.

RIBEREÑO: se refiere a la costa de un río o quebrada; tierra que bordea a la corriente.

SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (S.D.T.): residuo filtrable después de la evaporación de una muestra calibrada de agua filtrada; generalmente se expresa en gramos por litro o miligramos por litro.

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.

TOLERANCIA: capacidad de un sistema ambiental para absorber determinados impactos de duración e intensidad tales que su calidad y estabilidad no se afecten hasta el punto de volverlo inadecuado para los usos a que está destinado.

TITULO* EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA QUEBRADA DE LA HONDA DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO MEDIANTE LOS INDICES BMWP Y QBR

AUTOR ALBERTO CAMARGO DIAZ *

PALABRAS CLAVES: Bioindicación, índice de calidad de ribera (QBR), evaluación ambiental, macroinvertebrados (BMWP), índice de disimilaridad (Jaccard)

DESCRIPCIÓN

El análisis de la problemática de la contaminación del agua de la quebrada La Honda del municipio de El Socorro comúnmente analizado a través de los tradicionales análisis fisicoquímicos, limitando el conocimiento que pueden arrojar otros métodos como los que se plantea en esta investigación como es el uso de bioindicadores y el índice de calidad de la ribera. Estos métodos biológicos para evaluar la calidad del agua son de amplio uso en países desarrollados como Europa y América, pero debido a que la fauna acuática allí existente es diferente, no pueden aplicarse en el trópico sin antes conocer qué tipo de organismos viven y cuáles son sus exigencias ecológicas. Con base en estudios limnológicos de Gabriel Roldan y Tito Antonio Machado Cartagena, en Antioquia, se inicia el análisis de los macroinvertebrados (BMWP) indicadores de la calidad del agua, adoptándose este método para evaluar los ecosistemas de montaña, adicionando el conocimiento de la cuenca con su perfil geomorfológico, de cobertura vegetal y de impacto antrópico.

Se propone en esta región santandereana como es el Socorro, ciudad con reconocida problemática no solo por la escasez de agua sino por su dudosa potabilidad, la adopción de dos métodos para la evaluación ambiental de la microcuenca de la Honda, relacionando la calidad del agua con el estado de los ecosistemas de ribera, utilizando a los macroinvertebrados como bioindicadores, ya que por su duración, arrojó información importante y complementaria con los métodos fisicoquímicos y bacteriológicos tradicionales, pero a través de índice de disimilaridad o afinidad (Jaccard).

Los resultados obtenidos son positivos y enriquecen la investigación en la región gracias a los aportes de las metodologías que dejan abierto el espacio para su utilización en futuros estudios y análisis de calidad de las aguas.

* Trabajo de Investigación

* Facultad de Ciencias, Escuela de Química Especialización en Química Ambiental, MANRIQUE RESTREPO Ricardo, director.

TITLE ENVIRONMENTAL EVALUATION OF THE GULCH LA HONDA OF THE MUNICIPALITY OF THE SOCORRO BY MEANS OF THE INDEX BMWP AND QBR *

AUTHOR: ALBERTO CAMARGO DÍAZ**

KEY WORDS: Bioindication, index of riverside quality (QBR), environmental evaluation, macroinvertebrates (BMWP), dissimilarity index (Jaccard)

DESCRIPTION

The analysis of the problem of the contamination of the water of the gulch La Honda of the municipality of The Socorro commonly analyzed through the traditional physiochemical analyses, limiting the knowledge that other methods can throw such as those presented in this research which are the bioindicators use and the index of quality of the riverside. These biological methods to evaluate the quality of the water are widely used in developed countries both in Europe and America, but because the aquatic fauna which exists there is different, they can not be applied in the tropic without knowing in advance what type of organisms live there and which their ecological demands are. Based on limnology studies by Gabriel Roldán and Tito Machado Cartagena, in Antioquia, the analysis of the macroinvertebrates (BMWP) indicators of the quality of the water, is initiated, thus, this method is adopted to evaluate mountain ecosystems adding the knowledge of the basin with its geomorphologic profile of vegetal covering of anthropic impact.

The region of the El Socorro is suggested not only because its problem is well-known with respect to water shortage but also because the doubtful potability of its water. Because of the above, the purpose is to adopt two methods for the environmental evaluation of the microbasin of La Honda, relating the quality of the water with the state of the riverside ecosystems using the macroinvertebrates as bioindicators since its duration has yielded important and complementary information with the traditional physiochemical and bacteriological methods, but through the dissimilarity or affinity index (Jaccard).

The obtained results are positive and they enrich the investigation in the region thanks to the contributions of the methodologies which have an open space for their use in future studies and analyses of quality of water.

* Research paper

** Sciences College, School of Chemical, Specialization in Environmental Chemistry, RESTREPO MANRIQUE, Ricardo, director.

INTRODUCCIÓN

La existencia de diversos criterios de calidad para evaluar los ecosistemas acuáticos, lénticos y lóticos, ha permitido establecer parámetros básicos que califican las aguas en función del uso al cual se vayan a destinar.

La mayoría de los parámetros usados para la evaluación de la calidad del agua son de carácter físico-químico y microbiológico, basados en la composición química y bacteriana, cuyo seguimiento y vigilancia se lleva a cabo mediante la toma de muestras y posterior análisis, para ello es necesario disponer de personal y los medios técnicos que llegan a imposibilitar su realización, a esto se suma los costos, periodicidad y calidad de toma de muestras, reactivos altamente contaminantes y el número de estaciones de vigilancia.

Situación que ha generado serias reflexiones a los encargados de la vigilancia y control de la calidad de sus aguas, resultando difícil llevar un programa confiable y llegando a la conclusión de que puede hacerse viable mediante la evaluación biológica, caracterizada hoy por hoy como más confiable debido a la duración media de su periodo de vida y el tamaño, además de establecer bioindicadores con la presencia de macroinvertebrados acuáticos.

Vale la pena enfatizar en que un organismo indicador de calidad de agua es aquel que se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y su población aventaja porcentualmente o es similar al resto de los organismos con los que comparte su hábitat. Es así como en quebradas o ríos de montaña de aguas frías, oligotróficas, transparente y muy oxigenadas, se espera encontrar siempre poblaciones dominantes de

efemerópteros, tricópteros y plecópteros, además de hallarse en pocas cantidades odonatos, hemípteros, dípteros, neurópteros, ácaros, crustáceos y algunos grupos menores.

Así mismo en ríos y quebradas que están siendo contaminadas con materia orgánica, de aguas turbias, con poco oxígeno y eutroficadas, se espera siempre encontrar poblaciones dominantes de oligoquetos, chironómidos, culicidae y ciertos moluscos; pero eventualmente pueden presentarse algunos pocos individuos que se consideran indicadores de aguas limpias.

En ambientes intermedios, o sea en aguas que comienzan a mostrar síntomas de contaminación, o por el contrario que comienzan a recuperarse, es común encontrar poblaciones dominantes de veliidae, hirudíneos, ciertos moluscos (Lymnaeidae y Physidae), de quironomidos y oligoquetos, mezcladas en menor proporción con ciertos efemerópteros y tricópteros.

De acuerdo con lo anterior la presente investigación en primer lugar entrega un aporte con el cual se destacó la importancia que tiene para los análisis de calidad de agua utilizar este tipo de estudios; en segundo lugar, luego de una juiciosa observación, se hizo la determinación y presencia de estos MI en las aguas de la Quebrada la Honda del Socorro Santander y en tercer lugar dejó establecida la línea base para utilizar metodologías más efectivas que determinan la calidad de las aguas y a su vez se planteó una nueva perspectiva que puede dar certeza de su alta potabilidad o baja calidad en la zona de influencia.

Hay que tomar en cuenta que en apariencia, resulta fácil de aplicar y de entender este tipo de análisis, especialmente para una persona experimentada como un ecólogo acuático o limnólogo, que a simple vista y en campo puede afirmar con relativa seguridad el comportamiento de las aguas, haciendo una inspección de macroinvertebrados y con las características de olor y color; en otras palabras se puede afirmar con relativa

seguridad que si el ecosistema se encuentra o no perturbado, descubriendo algunos síntomas que lo hacen pensar en que algo pueda estar sucediendo y poderlo confirmar mediante pruebas de laboratorio mas rigurosas.” En este caso, un conocimiento detallado de los organismos a nivel individual es fundamental; es decir, a nivel de género y especie, si quiere que su diagnóstico sea lo más exacto posible. Si a esto se suman una serie de análisis fisicoquímicos y microbiológicos, el ecólogo acuático o limnólogo, podrá con mayor certeza diagnosticar el verdadero estado del ecosistema”.¹

En Colombia el estado de conocimiento que se tiene de la fauna de macroinvertebrados acuáticos no ha llegado a tal refinamiento como en Estados Unidos y en Europa, donde se dispone de claves hasta el nivel de especie y se puede trabajar con índices bióticos y de diversidad que permiten, con mayor claridad y detalle, ver la estructura de la comunidad, sus micro-hábitat y nichos ecológicos.

Por tanto el valor que tiene la bioindicación como método para evaluar la calidad del agua es el de permitir hacerlo con la presencia de una comunidad que nos indica que las condiciones que allí prevalecen y sus fluctuaciones no son lo suficientemente fuertes como para generar un cambio significativo. Tal es el caso de encontrar zonas de ecosistemas lénticos con altos contenido de oxígeno, baja turbiedad, bajo color y baja conductividad con fauna de chironomios, oligoquetos y moluscos; no hay duda que en dicho sitio prevalecen la mayor parte del tiempo condiciones de extrema contaminación y que los momentos de alta oxigenación, bajo color, olor y conductividad que puedan ocurrir son tan fugaces que no son suficientes como para provocar cambios significativos en la estructura de la comunidad. Esta condición es probable encontrar después de un fuerte aguacero, en el cual el agua se

¹ ROLDAN, Gabriel, Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua, Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y naturales, Volumen 23 (88); 375-387, Medellín, 1999

oxigena por la dilución y la turbulencia, generándose además cambios en los otros parámetros.

Para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera se practicó el índice **QBR** aprobado por la Comisión Europea y que ha sido aplicado en algunos ríos de España, gracias a un amplio estudio que logró simplificar la valoración y que teniendo en cuenta 4 aspectos que son: el grado de cubierta de la zona de ribera, la estructura de la cubierta, la naturalidad y complejidad de la cubierta y el grado de alteración del canal fluvial, los datos necesarios para generar una base que indicó el comportamiento de los ecosistemas acuáticos mediante la instalación de estaciones de monitoreo y control para generar mayor conocimiento de ecosistemas acuáticos y de las especies bioindicadoras de su calidad y su correlación con los parámetros físico-químicos y bacteriológicos.

Con la introducción de los anteriores parámetros objeto de aplicación de esta monografía se espera generar una conducta de mayor atención de los entes de control y vigilancia, sobre el conocimiento de las aguas naturales de la región cuyas características claras en cuanto a calidad y potabilidad se hacen evidentes solo con los exámenes tradicionales dejando de lado otras alternativas viables como las metodologías utilizadas y validadas en el presente estudio.

1. TÍTULO

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA QUEBRADA DE LA HONDA DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO MEDIANTE LOS INDICES BMWP Y QBR.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Generar un espacio que permita a la comunidad educativa, de cualquier sector, elaborar sistemas de estudio y monitoreo de las aguas de su localidad mediante un proceso de investigación, ya validado en Europa, para determinar la calidad de las aguas naturales y residuales a través del inventario de la fauna acuática que la habita se hizo prioritario debido a que el interés de la mayoría es conocer el estado de potabilidad y determinar la calidad del agua hoy por hoy de dudosa credibilidad debido a que en algunas oportunidades los exámenes tradicionales entre ellos los fisicoquímicos y bacteriológicos, en la mayoría de los municipios colombianos no arrojan un acertado índice de potabilidad y por ende de calidad, afectando no solo la credibilidad, sino lo que representa para todos este preciado líquido.

El municipio de El Socorro históricamente ha tenido problemas de suministro de agua que se acentúa de manera crítica en épocas de sequía, a esto se suma que en algunas evaluaciones sobre la calidad del agua realizadas por la Secretaría de Salud, no han sido muy bien calificadas; algunas de las causas que se pueden mencionar entre otras, son el uso indiscriminado de agroquímicos, prácticas inadecuadas en el uso de la tierra, la tala y quema y la falta de políticas claras sobre la protección de las cuencas.

En el mejoramiento del servicio de agua para el municipio del Socorro se han invertido grandes cantidades de dinero para optimizar los sistemas de captación, transporte y sistema de potabilización, pese a ello no se ha logrado un impacto significativo en la cantidad y calidad del preciado líquido.

Las grandes inversiones hechas, entre ellas la construcción de un sistema de acueducto regional (San Gil – Socorro) en donde según las investigaciones periodísticas se gastaron cerca de 2,5 millones de dólares en la década del 80 para intentar solucionar el problema de escasez, esto solo favoreció al Municipio de San Gil con el mejoramiento de su sistema de potabilización, ya que el funcionamiento general del sistema hasta el Socorro fracasó.

La época de la descentralización administrativa dio oportunidad de mayores recursos a los municipios y con la creación de Fondos de financiación se apoyó la construcción de 2 embalses, también con altos costos y con muchas deficiencias, las cuales que hasta ahora no se han podido superar, pese a los millonarios aportes de más de 5.000 millones de pesos, el problema no son las grandes obras, ni los sistemas de acueducto, el problema es valorar la cantidad y el estado del preciado líquido para garantizar la vida de los seres y de su hábitat, en la zona no se prioriza la óptima potabilidad, sino que se invierten altas sumas en sistemas de purificación que se podía evitar si se evaluara con juicio las condiciones ambientales de las fuentes de agua.

En la actualidad el sistema de suministro de agua potable es administrado por una empresa particular, que mediante un contrato de administración con el municipio, ha venido trabajando en la regulación del suministro, y tiene la obligación de realizar los estudios físico-químicos y bacteriológicos sobre la calidad de las aguas naturales provenientes de la quebrada la Honda.

Al hacerse una revisión histórica sobre la causas de problemática de la principal fuente de agua que alimenta el acueducto local y observar las actuales condiciones, se observa la necesidad de aportar una metodología que indique el comportamiento de la microcuenca con la ayuda de la biodiversidad biológica que la habita, ya que hasta el momento se desconocen formas de revisar el impacto que se da en las comunidades

bióticas de dicho ecosistema, aportando una nueva información que ayudará a la evaluación integral de la microcuenca junto con los análisis de laboratorio físico-químicos y bacteriológicos tradicionales.

2.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La Microcuenca de la quebrada “La Honda”, fuente hídrica que abastece a una población aproximada de 24.183 habitantes² de los municipios de El Socorro y Palmas del Socorro, no se escapa al panorama nacional y, por qué no decirlo, mundial, es objeto de descargas contaminantes provenientes del sector agrícola, bien sean las aguas del lavado del café, aguas mieles de trapiches, escorrentías de venenos usados para cítricos y cultivos transitorios como tomate, fríjol, pepino, entre otros, que a causa de su cercanía con la Microcuenca, en algunos casos a 8 metros de distancia, son fácilmente conducidas a la quebrada, a eso se suma la deforestación en las áreas de protección que agravan aún más las condiciones de potabilidad. Resulta entonces preocupante que una fuente tan importante pueda incidir de manera negativa en la salud de las diferentes comunidades que se abastecen del preciado líquido.

De otra parte, son muy débiles las iniciativas para asumir nuevos retos en la implementación de alternativas que permitan aportar mayor información para la búsqueda de soluciones que mitiguen la contaminación de las aguas, muy seguramente porque se desconoce su existencia; se deben implementar en el sector nuevas metodologías confiables, prácticas y económicas, como las que permitieron abordar y demostrar con este estudio.

² Datos DANE – 2002.

2.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el grado de calidad de las aguas de la quebrada la Honda del municipio del Socorro, Santander, según la aplicación de los índices BMWP Y QBR?

3. JUSTIFICACIÓN

Tradicionalmente, la gestión del manejo del agua para consumo humano se ha centrado en cubrir un déficit siempre creciente con nuevas ofertas del preciado líquido. Este modelo de gestión debe sustituirse por otro basado en el uso racional y sostenible del recurso y en la protección del medio, tal y como prevén las nuevas leyes en dicho ámbito. Efectivamente, la gestión hídrica del futuro más inmediato radica en satisfacer simultáneamente los usos humanos y las necesidades ambientales. Para tener éxito en esta tarea, debe examinarse por qué la gestión del pasado ha resultado insatisfactoria y cuál es la mejor estrategia de gestión para una región como la de El Municipio de El Socorro, sobre todo por la falta de información sobre el recurso con estudios más acertados que permitan controlar y corregir las variables.

El presente estudio cobró importancia porque aporta la línea base para que se establezcan sistemas de monitoreo de las aguas naturales de cualquier sistema de potabilización, tal como es el caso del municipio del Socorro ya que es de vital importancia el conocimiento de su verdadero estado, el que no solo incide en la salud de sus habitantes tanto del área urbana como rural, sino en la optimización de las operaciones de tratamiento y potabilización.

La presente propuesta se dio como resultado fundamental para tener criterios confiables y de costo moderado para su aplicación periódica ya que el alto costo de los exámenes físico-químicos y bacteriológicos de las aguas naturales impiden a cualquier entidad que maneja sistemas de potabilización poder monitorear la calidad de sus fuentes en forma periódica y eficiente. Por ello se propuso la metodología sobre el uso de los índices **BMWP** y **QBR**,

que además de ser fácil de realizar, tiene bajo costo y aportó información valiosa para alimentar una base de datos confiable que se puede combinar con los datos dados por los parámetros físico-químicos y bacteriológicos, que por norma, se realizan de manera periódica en cualquier sistema de acueducto.

Los datos que arrojan estas pruebas contribuyen con la organización de una información global sobre el comportamiento de las fuentes hídricas que surten el acueducto municipal y permiten de manera continua mejorar los planes de manejo de los ecosistemas.

La investigación se justificó toda vez que son los seres vivos quienes determinan la calidad de las aguas y sus riberas. Vale la pena señalar que los índices biológicos son parámetros que miden la calidad del medio hídrico con base en los organismos indicadores que lo pueblan, pues dependiendo de la sensibilidad de cada organismo a la contaminación, el índice biológico le asigna un valor a cada especie y la suma de valores de la comunidad biótica arroja un resultado numérico que informa sobre el estado del medio en el punto o tramo observado.

Estas metodologías desde su introducción han demostrado ser instrumentos útiles para el control de los ecosistemas acuáticos y han complementado la información provista por los parámetros fisicoquímicos clásicos lo cual, además, ha permitido optimizar los recursos disponibles de una manera holística y ambiental en beneficio de la vida y el equilibrio de las futuras generaciones.

Los índices biológicos, a diferencia de los parámetros fisicoquímicos, constituyen buenos integradores porque indican el estado del agua en un periodo prolongado de tiempo (la presencia de un organismo indicador

asegura una calidad del agua relativa durante, al menos, la duración de su ciclo vital), pero, en cambio, no funcionan como analistas, ya que no identifican los agentes contaminantes, por tanto es importante que periódicamente se complementen, sobre todo cuando las poblaciones tienen variaciones que demuestran cambios en el medio.

Sin el aporte del presente estudio no se pudo iniciar un proceso permanente de control de la calidad de las riberas y las aguas de las quebradas, que como la Honda aporta su fluido para el consumo humano y pueden evitar los riesgos de salud de toda una comunidad de aproximadamente 30.000 habitantes. Cuando las aguas están contaminadas son el sitio de incubación de más del 95 por ciento de virus y bacterias que ocasionan un sin número de enfermedades, que si se entra a analizar de acuerdo con los índices de morbilidad de la región aportados por la Empresa Prestadora de Servicios de Salud, las enfermedades diarreicas agudas, las infecciones respiratorias agudas y virales, especialmente en la población infantil, se encuentra entre los cinco primeros.

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Identificar los Macroinvertebrados Acuáticos y la flora de la quebrada la Honda fuente que abastece a los habitantes del Municipio de El Socorro para determinar la calidad del agua y de ribera aportando al conocimiento una metodología, ágil y económica en la evaluación de su comportamiento.

4.2 ESPECÍFICOS

- ★ Efectuar la identificación y medición de los tramos que abarca la quebrada la Honda del Municipio del Socorro (cauce principal) y los afluentes que la conforman hasta el sitio de captación (embalse).
- ★ Comparar y analizar los estudios físico-químicos y bacteriológicos existentes en la quebrada la Honda como medio de control sobre la calidad de sus aguas.
- ★ Identificar los macroinvertebrados existentes mediante trabajo de campo en la microcuenca de la Honda y establecer su calificación mediante el índice **BMWP** y el índice de Disimilaridad de **Jaccard**.
- ★ Determinar el índice **QBR** sobre la calidad ecológica de la micro cuenca mediante una evaluación de los factores bióticos y abióticos existentes en la zona y su conformación geomorfológico.

- ★ Proponer el establecimiento de estaciones de monitoreo de la calidad del agua de la quebrada la Honda mediante la aplicación de la metodología descrita.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO TEÓRICO

El desarrollo del marco teórico está organizado de forma tal que se trataron dos aspectos importantes de manera paralela: por un lado el desarrollo histórico y por otro el desarrollo conceptual. Desde hace mucho tiempo la degradación de los recursos acuáticos ha sido motivo de preocupación del ser humano, pero sin el conocimiento preciso para desarrollar su mejoramiento y recuperación, lo que ha causado grandes estragos en la población, como los acaecidos en Europa a finales de la Edad Media cuya población sufrió la peste negra debido a la contaminación de las fuentes de agua. Sólo después de que Pasteur dio a conocer la existencia del mundo microscópico de las bacterias y demás organismos generadores de enfermedades como la lepra, la tuberculosis, etc y demuestra que el agua es principal portador de la inmensa mayoría de estas y otras enfermedades, es cuando se entiende qué su impotabilidad ocasiona epidemias y desastres en la salud humana.

5.1.1 Desarrollo histórico. En Europa de principio del siglo XX se obtienen los primeros estudios que determinaban el daño ecológico que generaban los residuos domésticos e industriales, realizados por Kolkwitz y Marsson (1908-1909), mediante la creación de las bases del sistema saprobio que muy rápidamente fue adoptado por todo el continente, especialmente por Alemania; es a partir de la década de los años 50s cuando comenzaron a utilizarse diferentes metodologías de evaluación de calidad del agua mediante el uso de los indicadores biológicos, las cuales evaluarían las

condiciones de las corrientes de aguas continentales. Se discuten al mismo tiempo el concepto de diversidad de especies basado en el uso de índices matemáticos derivados de la teoría de la información, la cual parte de que a mayor información se tenga de un hecho, el conocimiento resultante es mayor y más preciso.

“Por ello si se parte de que una comunidad natural se caracteriza por poseer muchas especies y pocos individuos por especie (como es el caso ofrecido por condiciones ambientales poco fluctuantes a lo largo del tiempo, promedio ideal: ni muy frío ni muy cálido), o estar constituido por pocas especies y muchos individuos por especie (como es el caso de ecosistemas sometidos a condiciones ambientales fluctuantes a lo largo del tiempo, o de presión ambiental natural, como ocurre en las grandes profundidades en los lagos, las partes altas en las montañas y las latitudes extremas polares)”³. Es así que conociendo las condiciones naturales de buena calidad de las aguas será muy fácil determinar el impacto de los residuos orgánicos e industriales causados por el tipo de comunidades que lo habitan y su comparación con las mas susceptibles a los cambios, denominadas bioindicadoras.

Con el incremento del conocimiento de los sistemas bióticos y sus interrelaciones aparecen una gran cantidad de índices de diversidad, bióticos y de similitud, los cuales son analizados en su aplicabilidad a los sistemas Biológicos y su relación con los parámetros físico-químicos y bacteriológicos, encontrándose en un comienzo una muy baja correlación. De ello se ha venido deduciendo que en cada región hay que hacer los respectivos estudios de la riqueza biológica y analizar su comportamiento, tal como se

³ ROLDAN, Gabriel, Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua, Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y naturales, Volumen 23 (88); 375-387, Medellín, 1999

propone en el uso de Biological Monitoring Working Party, BMWP⁴ y del índice River Water Quality, QBR⁵, índices que han sido el resultado de investigaciones exhaustivas que han logrado simplificarse a través de la experiencia científica de varios años en los países europeos y en América con el uso de un ciento de índices, y que pueden de una manera fácil, rápida y económica valorar un ecosistema léntico o lótico, el primero de los cuales establece mediante puntos de monitoreo la calidad de las aguas a través del uso de bioindicadores macroinvertebrados, y el segundo, la calidad de las riberas evaluando el estado de conservación de los bosques de ribera, valorando su funcionalidad y la biodiversidad frente a las perturbaciones a que se someten.

En Colombia el estudio de las aguas continentales se inicia en el año de 1949 desde el punto de vista bacteriológico. En 1954 se hace un estudio de la hidrobioquímica de las aguas para la defensa del recurso y las proyecciones en piscicultura realizadas por J. Molano Campuzano. Para los años 70s la limnología inicia un vertiginoso desarrollo gracias al interés de la Universidad de Antioquia bajo la dirección del profesor Gabriel Roldán Pérez quien ha sido el pionero de los estudios de limnología para Colombia. A partir de 1973 se realizan estudios limnológicos en el río Medellín y el embalse del Peñol, donde se comparan los parámetros físico-químicos y biológicos.

En la década de los 80s, se inician los trabajos en la Universidad del Valle para luego tomar impulso en otras regiones del país como es en Norte de

⁴ Ibidem

⁵ 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 Biología, Universitat de Barcelona, Barcelona, España, abril de 1998

Santander donde se han preocupado por investigar en sus aguas durante la década del 90. El objetivo principal de estos estudios radicaron en establecer el grado de contaminación del río Pamplonita y deducir el proceso de recuperación a lo largo de su curso y proveer los diferentes grados de tratamiento para lograr mitigar el impacto causado, ya que es preocupante su deterioro dada su importancia geográfica, económica y social.

Con el establecimiento de todos los estudios de la fauna bentónica en estos sitios del país se iniciaron los ajuste a las tablas de valoración del índice BMWP, criterios dados a nivel de familia, que podrán ser la base de nuevas investigaciones que determinen la identificación de las especies mas susceptibles a dichos cambio. El objetivo principal del estudio fue poder establecer el grado de contaminación del río y deducir el proceso de recuperación que se opera a lo largo de su curso y proveer el tipo de tratamiento que deben someterse las aguas usadas de la ciudad a fin de mantener el río en condiciones aceptables, aguas abajo del vertimiento.

5.1.2 Los indicadores de la calidad del agua. Para poder determinar la calidad de las aguas se han establecido indicadores que muestran los principales tipos de perturbaciones ocasionadas por el hombre, los niveles de perturbación y los métodos de evaluación fisicoquímicos y biológicos, conociéndose de estos las ventajas sobre los primeros, en cuanto guardan una información del ecosistema por un tiempo largo, mientras que la valoración fisicoquímica es puntual. Sin embargo, con la indicación biológica se desconocen las sustancias perturbadoras, las cuales solo se pueden determinar con el otro método. Para una mejor valoración de un sistema lèntico o lòtico debe combinarse eficientemente las dos metodologías e

iniciar la correlación entre los dos para obtener datos mas detallados que permitan una mejor información.

Entre los principales tipos de perturbaciones antròpicas a los cuerpos de agua se presentan las contaminaciones de origen domèstico, industrial, agrícola, minero y la deforestación, como las mas importantes, las cuales Roldan las resume como aquellas que van directo al lecho del río o quebrada y afectan la regulación del flujo, lo desvían; hay destrucción del hábitat mediante dragado, revestimiento de orillas; canalización parcial o total y la construcción de presas; la alteración de la temperatura con emisiones de aguas de caldera o de enfriamiento, cambios del pH e incremento de la salinidad; vertimiento de tóxicos como metales pesados (Hg, Pb, Cr, Tl, etc), pesticidas, abonos químicos, aguas servidas o sustancias radiactivas, ó la manipulación de la cadena alimenticia introduciendo especies vegetales o animales exóticas.

De manera indirecta afectan el lecho de la quebrada y río en el área de captación o en la zona riparia. En la primera le afectan las prácticas forestales que inciden en la erosión de los suelos y el arrastre de sedimentos, las quemas liberando hierro que absorbe el oxígeno disuelto y libera sales de magnesio, sodio, etc., que salinizan el ecosistema, la construcción de vías que obstruyen el canal natural, la substracción irracional de agua y el desvío de esta mediante canales, la contaminación del aire por la industria o los automotores y las prácticas agrícolas inadecuadas entre otras. En la zona de ribera le afectan la insolación, como uno de los efectos en la productividad primaria, alteración de la temperatura del agua, disturbios en dinámica de los nutrientes, incrementándose la materia orgánica, aportes de especies alóctonas, el incremento en la dinámica de los sedimentos y los cambios en la morfología del cauce.

Los anteriores impactos pueden medirse y cuantificarse mediante el uso adecuado de indicadores cuyo valor y peso indicativo debe previamente definirse. Dentro de la bioindicación, los macroinvertebrados son los que tienen mayores ventajas por su manejo y permanencia dentro de los ecosistemas.

5.1.3 Niveles de perturbaciones en los ríos con comunidades de macroinvertebrados. Los diferentes niveles de perturbación de los ecosistemas acuáticos continentales afectan a las comunidades de macroinvertebrados que allí se han establecido tal como lo plantean Prat & Ward (1994) tanto en la riqueza de especies, en diversidad y en la productividad, caracterizándose naturalmente por ser diversas y heterogéneas y cuando aparecen perturbaciones moderadas las comunidades sensibles van desapareciendo y las más tolerantes se van posicionando del sector y puede presentarse aumento de la depredación con altas perturbaciones, desaparecen las comunidades mas intolerantes y las tramas alimenticias se hacen mas simples, mas lineales, y cuando la contaminación es mas elevada sólo aparecen unas pocas especies extremadamente tolerantes en grandes números. En condiciones extremas de contaminación aparecerán bacterias, ciliados y algas.

5.1.4 Ventajas y desventajas de la evaluación química y biológica del agua. Según Gabriel Roldán, en 1998 Prat hace una comparación de la ventajas y desventajas que ofrecen tanto los métodos químicos como biológicos. Las ventajas ofrecidas por los métodos químicos están: los cambios temporales detallados, la determinación precisa de la contaminación y la fácil estandarización; y como desventajas: la posible contaminación de la muestras, los costos elevados y la no integración temporal.

En cuanto a los análisis biológicos estos tienen la ventaja de hacer integraciones temporales y espaciales, hacer estudios de bioacumulación, dar respuestas a contaminaciones crónicas y puntuales y medir la degradación del hábitat, y como desventajas: la sensibilidad temporal baja, dificultades de cuantificación y estandarización, así como las aguas subterráneas.

5.1.5 Métodos de indicación fisicoquímica: Ventajas y desventajas. Los parámetros fisicoquímicos nos miden la calidad del agua en un punto y en un instante con lo cual se estaría midiendo características efímeras sin que nos de un reporte histórico de lo que está sucediendo, pero con ello se conoce el posible contaminante. Entre los parámetros más importantes tenemos los siguientes:

Oxígeno disuelto: El Oxígeno disuelto en los cuerpos de agua es uno de los gases más importantes en la dinámica y caracterización de los sistemas acuáticos y su presencia y concentración definen el tipo de organismo presente de acuerdo con sus rangos de tolerancia y adaptación. La difusión y la solubilidad de oxígeno disuelto en el sistema depende de los factores: Aireación por contacto directo con la atmósfera, presión atmosférica, Temperatura y el grado de pendiente del terreno, por la fotosíntesis de algas y fitoplancton y la respiración vegetal y animal.

El volumen del oxígeno disuelto en el agua, depende de tres factores fundamentalmente: la temperatura del agua, la presión parcial de los gases atmosféricos (altitud), y la concentración de las sales disueltas (salinidad). Debido a la incidencia de estos factores, la solubilidad del oxígeno, es más conveniente expresar los resultados del oxígeno en porcentaje de saturación.

El Oxígeno Disuelto tomado según el decreto 1594/84 para aguas crudas, cumple con la norma establecida, menos en el punto 1, esto debido posiblemente a la escasa fuerza de escorrentía, lo cual no permite la oxigenación del agua. La regularidad en los otros puntos fluctúa entre 5,9 y 7,9 puntos de pH.

La Temperatura: La temperatura está determinada por la cantidad de energía calorífica que es absorbida por un cuerpo de agua y juega un papel importante en todos los procesos biológicos. La temperatura promedio del agua también presenta escasas variaciones que oscilan entre 19°C y 23°C, normal para el piso térmico de estudio y cumple con la norma del decreto 1594/84, indicando que no hay posibles perturbaciones en sus efluentes que cambien drásticamente la Temperatura.

El pH: El pH representa el potencial de iones (hidrogeniones H^+) e indica la concentración de estos iones en el agua. La concentración de hidrogeniones debe estar expresada en moles / L. El pH se puede definir como:

$$pH = - \log [H^+]$$

Existen varias fuentes de modificación del pH en el agua en los cuerpos de tales como el agua lluvia, cuya concentración de hidrogeniones es de condición ácida y altera el pH de las corrientes superficiales, los factores edáficos propios de la composición del suelo, formación de ácidos húmicos por descomposición vegetal de desechos orgánicos y la mineralización de la materia orgánica. En el agua completamente pura, la relación del número de hidrogeniones e hidroxilo es de uno, siendo, por lo tanto la relación en general de carácter neutro. En sistemas acuáticos depende en gran parte a

las concentraciones de CO₂ y O₂ que se han producidos y absorbidos por los organismos que allí habitan, además de la capacidad buffer que tenga el agua.

El pH se puede correlacionar con los componentes de mineralización como la alcalinidad, conductividad y sólidos disueltos, a través del índice contaminación mineral ICOMI⁶. El medio acuático se torna ácido con la respiración y básico con la fotosíntesis.

Conductividad: La Conductividad se basa en la capacidad que tiene una solución de electrolitos (iones) disueltos en el cuerpo de agua para conducir la corriente eléctrica en función su concentración. La conductividad eléctrica mide la cantidad total de iones. La concentración total de sustancias o minerales disueltos en las aguas naturales es un parámetro útil para conocer las relaciones edáficas y la productividad en un cuerpo de agua. La conductividad eléctrica mide la cantidad totales de iones, por lo tanto, se relaciona con la salinidad, por definición la conductividad es el recíproco de la resistencia medida entre dos electrodos de un centímetro cuadrado y distanciados entre si por un centímetro. Se espera que soluciones con mayor concentración iónica presentan mayores conductividad y por consiguiente menor resistencia. Aguas muy oligotróficas o pobres en iones presentarán bajas conductividades y bajas resistencias.

A través de la conductividad se puede conocer otras informaciones muy valiosas acerca del ecosistema. Como la magnitud de la concentración iónica en la cual los responsables de la conductividad son los llamados

⁶ RAMÍREZ, A., RESTREPO, R., VIÑA, G., Índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulaciones y aplicaciones, Ciencia tecnología y futuro, Vol. 1 Número 5, Bogotá, 1999

macronutrientes (calcio, magnesio, potasio, sodio, carbonatos, cloruros y sulfatos) otros factores son la variación diaria de la conductividad que proporciona acerca de la productividad primaria y descomposición de materia orgánica, además de la detección de fuentes de contaminación, y la naturaleza geoquímica del terreno.

Según Gabriel Roldán (1992), la conductividad es uno de los parámetros más importantes en limnología, pues correlaciona altas diversidades de especies con bajas conductividades y altas conductividades con baja diversidad de especies presentes. En un ecosistema acuático los valores de la conductividad aportan información con la cual podemos inferir sobre la cantidad de iones de calcio, magnesio, potasio, carbonatos, cloruros y sulfatos principalmente; sobre la productividad primaria y la descomposición de la materia orgánica, la detección de posibles fuentes de contaminación y la naturaleza geoquímica del terreno.

Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅: La Demanda Bioquímica de Oxígeno, es la cantidad de oxígeno requerida por las bacterias para descomponer la materia orgánica en condiciones aeróbicas. Esta prueba se usa para determinar el grado de contaminación de las aguas domésticas e industriales en términos de oxígeno que estas requieren para oxidar toda la materia orgánica, bajo condiciones aeróbicas. Las reacciones involucradas en la prueba de DBO₅ son el resultado de una actividad biológica y, por lo tanto están regulados por el número de organismos (población) y por la temperatura.

Los resultados de la DBO₅ son dióxido de carbono y agua en medios aeróbicos y los resultados se expresan en mg/l. En conclusión esta prueba

permite conocer la cantidad de materia orgánica presente en un cuerpo de agua a través de una serie de mediciones de oxígeno. Para su determinación se mide el oxígeno disuelto inicial que se encuentra en la muestra (OD). Luego se somete a incubación a 20 °C durante un período de 5 días (OD) y se calcula la disminución o abatimiento de oxígeno. Roldan (1991).

5.1.6 Métodos de bioindicación: Ventajas y Desventajas. Los índices biológicos son parámetros que miden la calidad del medio basándose en los organismos indicadores que lo pueblan. Dependiendo de la sensibilidad de cada organismo a la contaminación, el índice biológico le asigna un valor; de la suma de valores de la comunidad resulta un número que nos informa del estado del medio en el punto o tramo observado.

Desde su introducción, han demostrado ser buenos instrumentos de control de los ecosistemas acuáticos y han complementado la información provista por los parámetros fisicoquímicos clásicos lo cual, además, ha permitido optimizar los recursos disponibles.

Los índices biológicos, a diferencia de los parámetros fisicoquímicos, constituyen buenos integradores porque indican el estado del agua en un periodo prolongado de tiempo (la presencia de un organismo indicador asegura una calidad del agua relativa durante, al menos, la duración de su ciclo vital), pero, en cambio, no funcionan como analistas, ya que no identifican los agentes contaminantes.

La valoración de algunos métodos biológicos por parte de Prat en 1998 lo hace a nivel de especies de macroinvertebrados, macrófitas y algas como indicadores puntuales de materia orgánica (MO), eutrofización y acidificación.

Tienen la ventaja de ser simples y baratos, y los inconvenientes son los de no tener un conocimiento adecuado de su taxonomía.

En la tabla 1, Prat resume las ventajas y desventajas cuando se utilizan comunidades, métodos microbiológicos, bioquímicos, bio-ensayos, análisis químicos o estudios histológicos y morfológicos. Allí se puede evidenciar que ofrecen métodos mas simples, baratos y sensitivos.

Para Restrepo y Ramírez (2001) los cambios en las estructuras de la comunidades bióticas de las aguas continentales se deben a causas tanto a naturales como antrópicas, las primera asociadas a los cambios climáticos y la segunda se deben cuando el hombre supera la capacidad ambiental del sistema. Al seleccionar las comunidades de estudio según Restrepo y Ramírez se hace necesario su análisis al tenor de las siguientes temáticas: Importancia ecológica, tolerancia y estabilidad, elasticidad, identificación de problemas de contaminación y problemas concernientes a su estudio.

En relación con la importancia ecológica, las comunidades bentónicas e ícticas por ser heterótrofas, pueden sustentar grupos de anfibios, reptiles, aves, mamíferos o al hombre mismo frente al perifiton, comunidad, autótrofa que se alimenta de detritus y aporta poco oxígeno frente al generado por la escorrentía.

Respecto a la tolerancia y estabilidad, según evaluaciones recientes de Restrepo y Ramírez, la comunidad bentónica es la mas sensible, seguida de la ictiofauna y el perifiton. Los bentos son mas sensibles frente a la contaminación orgánica, los peces a los cambios de temperatura y algunas

especies al oxígeno disuelto en tanto que el perifiton es influido por cambios en los nutrientes (nitrógeno y fósforo). Sin embargo se presenta controversia entre los organismos eurítipicos que son resistentes tanto a cambios ambientales como antrópicos y no son escogidos como bioindicadores, mientras los estenotípicos son susceptibles a los cambios climáticos como generados por las actividades humanas, fluctuando con facilidad, lo que hace muy difícil precisar si dichos cambios se deben a una u otra causa. Evidencias de la anterior dificultad se ha dado durante cinco años de programas de monitoreo en Cusiana-Cupiagua y bloque Piedemonte.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de los métodos de Bioindicación

	Organismos usados	Usos	Contaminación indicada	Ventajas	Desventajas
Especies Individuales Macrófitas	Invertebrados tendencias algas	Impactos. Puntuales eutroficación básicos	Materia Orgánica. baratos acidificación	simples uso local no equipos	Taxonomía eutroficación cambio natural.
Estudios Compuesto Tóxicos	invertebrados	evaluación tendencias impactos	Materia Orgánica. eutroficación Tóxicos	Ídem	Uso local cambio natural.
Método Microbio- Lógico	bacterias	impactos vigilancia	salud Materia Orgánica	simples baratos salud	Resultados falsos (transporte)
Fisiología Bioquímica	invertebrados algas peces	impactos advertencia	Materia Orgánica eutroficación tóxicos	sensitivo s medidas en continuo	técnicas y conocimiento s complejos
Bioensayo Test toxicidad	invertebrados peces	vigilancia advertencia impactos	Materia Orgánica. pesticidas tóxicos	rápidos simples continuos	Laboratorio diferente campo
Análisis químicos organismos	peces moluscos plantas	impactos tendencias	tóxicos pesticidas salud	Salud	Caros equipos complejos
Histología Morfología	invertebrados peces	impactos advertencia básicos	Tóxicos pesticidas Materia Orgánica.	Sensibles	Complejidad

Fuente: (Prat, 1.998)

En cuanto a la elasticidad se refiere, esta depende de las tasas reproductivas, la estacionalidad asociada con ésta y el potencial de diseminación (arrastre y locomoción). En las comunidades de perifiton se recuperan de las afectaciones muy rápidamente, en semanas; mientras las comunidades de bentos e íctica requieren de varios meses incluso hasta un año, haciéndolas más sensibles ante eventuales deterioros. Además muchas de estas especies solo se reproducen una vez por año.

En la identificación de otros problemas ambientales, la ictiofauna sirve para medir la bioacumulación (hidrocarburos) y biomagnificación (metales pesados, plaguicidas), cuya información puede extrapolarse a problemas de morbilidad humana, mutagénesis, carcinogénesis y teratogénesis. Para pruebas de toxicidad son seleccionados tanto peces como organismos del bentos.

En lo concerniente a problemas con su estudio, se hace referencia a dos aspectos: uno es el nivel de identificación en una comunidad y el otro la objetividad de su valoración en el medio natural. El bajo conocimiento hasta especie hace difícil ser específico en condiciones ambientales, ya que a niveles taxonómicos superiores se congregan más individuos con un rango mayor de adaptaciones que dificultan la inferencia de problemas ambientales. Respecto a la comunidad de bentos es la más objetiva en términos cuantitativos, dificultándose en cauces o muy rápidos o profundos.

5.2 MARCO CONCEPTUAL

5.2.1 Características ideales de un bioindicador. Los bioindicadores ecológicos son aquellos utilizados de manera común en los estudios de

campo y para ello su elección que suele hacerse esta condicionada a muchos factores, desde la metodología hasta la relevancia de sus resultados. Las características del grupo bioindicador deberían darnos el perfil ideal que debería incluir:

- Son abundantes, de amplia distribución y fáciles de recolectar
- Relativamente fáciles de identificar, si se comparan con otros grupos menores
- Son sedentarios en su mayoría y reflejan las condiciones locales
- Poseen ciclos de vida largos
- Son apreciables a simple vista
- Se pueden cultivar en el laboratorio
- Varían poco genéticamente









Determinar las características ideales de un bioindicador, se refiere a que sólo unos pocos organismos podrían estrictamente llenar estos requerimientos y para ello debe conocerse la flora y fauna acuática de la región motivo de estudio. En Europa y Estados Unidos ya existen organismos identificados hasta el nivel de especie con su valor y peso indicativo. En nuestros países tropicales como Brasil y Colombia, este conocimiento es aun muy deficiente y solo se tiene un conocimiento hasta nivel de familias o en el mejor de los casos hasta género. Dentro de los bioindicadores, según Roldan, en 1981 Ghetti & Bonazzi identifican que son los macroinvertebrados son los de más amplia aceptación dadas las siguientes ventajas:

- Son abundantes, de amplia distribución y fáciles de recolectar
- Relativamente fáciles de identificar, si se comparan con otros grupos menores

- Son sedentarios en su mayoría y reflejan las condiciones locales
- Poseen ciclos de vida largos
- Son apreciables a simple vista
- Se pueden cultivar en el laboratorio
- Varían poco genéticamente
- Responden rápidamente a los tensores ambientales

Para Ghetti & Bonazzi (1981), los macroinvertebrados acuáticos son considerados como los mayor popularidad en la bioindicación, debido a tener un tiempo de vida largo y se observan a simple vista. Le siguen en su orden; algas, protozoos y bacterias, y el resto, hongos, virus, macrófitas y peces solo ocupan un 10% del total de organismos acuáticos. En la tabla 2, Ghetti y Bonazo resumen este grado de aceptación.

Tabla 2. Aceptación de los diversos Taxa como indicadores de la calidad del agua (Ghetti y Bonazzi, 1981)

Grupo	Porcentaje %			
	0	10	20	30
Virus				
Bacterias				
Hongos				
Algas				
Macrófitas				
Protozoos				
Macroinvertebrados				
Peces				

Las ventajas y desventajas entre los diferentes organismos bioindicadores han hecho que los investigadores prefieran los macroinvertebrados por su tamaño al ser observables a simple vista, por su amplia distribución, poseer ciclos de vida relativamente largos y adaptarse la mayoría de los grupos a características muy definidas de agua. Prat resume estas ventajas y desventajas en la tabla 3.

5.2.2 Los sistemas de bioindicación. A partir de los años 50s, la tendencia a la evaluación biológica ha sido la de producir índices, de los cuales hoy se conocen cerca de 100 de ellos, estando de acuerdo los entendidos en que son los macroinvertebrados los mejores bioindicadores de la calidad del agua y distinguiéndose tres enfoques principales para evaluar la respuesta de las comunidades de los macroinvertebrados a la contaminación. Estos enfoques según Metcalf (1989) son: el sapróbico, el de diversidad y el biótico.

Tabla 3. Ventajas y desventajas de los grupos de organismos acuáticos como indicadores de la calidad del agua

Organismo	Ventajas	Desventajas
Bacterias	Crecimiento rápido Fácil cultivo	Incertidumbre viabilidad Tiempos de vida cortos
Protozoos	Fácil muestreo Sistemas saprobios	Problemas de taxonomía Problemas deriva
Algas	Problemas muestreo cuantitativo. Eutrofia bien	No indicadas metales. Pesticidas. Población .taxonómica.
Macroinvertebrados	Tiempo vida largo Indicadores sencillos	Muestreo cuantitativo Grupos heterogéneos
Macrófitas (biomasa)	Visibles fácilmente Fácil muestreo	Cambios naturales Poca variedad
Peces	Mucha información Arriba red trófica	Movilidad Muestreo difícil

Fuente: (Prat, 1.998)

1. El enfoque sapróbico. Se fundamenta en la tolerancia contaminación de las especies indicadoras presentes en un ecosistema y según Liebmann ya desde mitad del siglo XIX ya se hablaba de organismos de aguas limpias y de aguas contaminadas. Entre 1902 a 1909, Kolkwitz & Marsson se basaron inicialmente en los microorganismos del plancton y el perifiton presentes en las corrientes de los ríos de Europa Central, posteriormente se comenzaron a usarse los macroinvertebrados, las macrófitas y los peces.

El sistema saprobio desarrolló su propio índice, denominado índice saprobio y actualmente se usa en Alemania utilizando todos los organismos acuáticos desde hongos y algas hasta vertebrados como indicadores de calidad del agua.

Para su aplicación es necesario conocer los organismos hasta el nivel de especie y tener en cuenta algunos parámetros fisicoquímicos como el oxígeno disuelto, la DBO5 y el amonio. De igual manera se incluye “el índice saprobio” el cual nos da un valor entre 1.0 a 4.0, obteniéndose mediante la ecuación abajo descrita y sus resultados arrojan siete clases de aguas que van desde las muy limpias hasta las mas críticamente contaminadas, tal como se presenta en la tabla 4.

Tabla 4. Criterios para el dictamen de calidad de aguas corrientes basado en el sistema Saprobio

Clase	Grado Cont. Orgánica	Grado de saprobiedad	Índice saprobio	DBO ₅ mg/l	NH ₄ -N mg/l	O ₂ mg/l
I	Poca o ninguna contaminación	Oligosaprobio	1,0 - <1,5	1	trazas	8
I – II	Poca contaminación	Oligosaprobio – betamesosaprobio	1,5 - <1,8	1 – 2	0,1	8
II	Mediana contaminación	Betamesosaprobio	1,8 - <2,3	2 – 6	< 0,3	6
II – III	Contaminación crítica	Alfa-betamesosaprobio	2,3 - <2,7	5 – 10	< 1,0	4
III	Contaminación Fuerte	Alfamesosaprobio	2,7 - <3,2	7 – 13	0,5	2
III – IV	Contaminación muy fuerte	Alfamesosaprobio y polisaprobio	3,2 - <3,5	10 – 20	0,5	< 2
IV	Super contaminado	Polisaprobio	3,5 – <4,0	15	0,5	< 2

Fuente: Liebmann (1962)

2. Índice Saprobio

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n S_i A_i G_i}{\sum_{i=1}^n A_i G_i}$$

Donde S = índice sapróbico, S_i = valor de la saprobiedad en el número de orden i de taxones, A_i = cifra de abundancia de los taxones, G_i = peso

indicativo de los taxones y n = número de taxones.

La ventaja del sistema sapróbico es que incluye una gran variedad de taxones y comunidades y es aplicable a todo tipo de ríos. La desventaja es la de que solo en muy pocas regiones se tiene un conocimiento de los organismos hasta el nivel de especie.

3. El enfoque de la Diversidad. Este enfoque usa tres componentes básicos de la estructura de una comunidad, a saber: riqueza, uniformidad y abundancia para describir la respuesta de la comunidad a la calidad ambiental. Toda comunidad natural tiene como característica una alta diversidad o riqueza y un bajo número de individuos por especie, y cuando se halla bajo condiciones de presión debido a la contaminación, se caracteriza por poseer un bajo número de especies, pero muchos individuos por especie. Esto es provocado también por condiciones naturales extremas. Bajo este criterio, la diversidad de la comunidad se toma como una medida de la calidad del agua de la quebrada o río.

Existen muchos índices para medir la diversidad, siendo el más conocido y usado el de Shannon-Weaver, creado en 1949. Éste índice refleja igualdad, mientras más uniforme es la distribución entre las especies que componen la comunidad, mayor es el valor. También existen otros índices de diversidad menos conocidos como el de Margalef, generado en 1951 y el de Simpson de 1949, quienes tienen como limitante la identificación de los organismos hasta nivel de especie.

El concepto de diversidad puede llegar a ser muy atractivo en teoría, pero sus resultados llegan a variar mucho con los métodos de muestreo, la naturaleza del sustrato y la época del año.

Índice de Diversidad (Shannon-Weaver, 1949)

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{n} \ln \left(\frac{n_i}{n} \right)$$

Donde H' = índice de diversidad, n_i =número de individuos por especie, n = número total de individuos, \ln = logaritmo natural.

4. El enfoque biótico. Es el resultado de la combinación de aspectos esenciales de la saprobiedad y de la diversidad, combinando una medida cuantitativa de diversidad de especies con la información cualitativa sobre la sensibilidad ecológica de taxones individuales en una expresión numérica simple. En 1955 **Beck** propuso el índice biótico en los Estados Unidos el cual se basa en la relación entre especies intolerantes y tolerantes a la contaminación con una escala de valoración entre 0 -10. Este índice parece haberse originado en el Trent Biotic Index (TBI) el cual fue usado por primera vez por el Trent River Board en los años 50 y descrito posteriormente por su proponente **Woodwiss** en 1964.

Índice biótico (Beck,1955)

$$I = 2S_2 - 2S_1$$

Donde S_2 = número de especies intolerantes, S_1 = tolerantes a la contaminación (Rara vez excede de 10)

En esta categoría existen otros índices utilizados como son el de déficit de especies de Kothé de 1962 y saprobiedad de Pantle & Buck de 1955; en el primero se tiene en cuenta el grado de saprobiedad (Liebmann,1955) y en el segundo, el número de especies aguas arriba y aguas abajo después de la descarga.

5.2.2 Evaluación de impactos. La valoración de las comunidades en términos de impactos sólo debería hacerse cuando ocurren cambios en las condiciones de las aguas pero desafortunadamente los análisis fisicoquímicos se restringen a compuestos conocidos por el ser humano, desconociendo otras sustancias que pudieran estar presentes e incluso se desconoce en la mayoría de los casos efectos sinérgicos entre ellos. La evaluación de las comunidades bióticas puede hacerse de dos modos: uno, estudio *in situ* y otro, pruebas de toxicidad.

En cuanto a los estudios *in situ* se debe tomar muestras representativas de las comunidades elegidas tanto aguas arriba como aguas abajo del efluente y a una distancia menor a 500 m. Para la comunidad de bentos debe hacerse los muestreos con mallas tipo surber en sustratos duros y con draga en blandos, en tamiz de 500 micras y preservado en alcohol al 70% y formol al 10%.

Para perifiton se dispone de un frasco de 0,25 m² de cobertura, raspando con una cuchilla o navaja, colectándose de 5 a 10 litros con preservación de formol al 10% y lugol para su tinción.

El análisis comparativo de la estructura de las comunidades se hace entre 2 estaciones por medio de los siguientes índices de disimilaridad:

- Análisis de Presencia- Ausencia de Jaccard (1908).

$$D = 1 - \frac{a}{a + b + c}$$

D = Disimilaridad entre 2 estaciones.

a = numero de taxones en común entre las 2 estaciones.

b = Número de taxones que solamente hay aguas arriba (en lóticos); número de taxones que solamente hay en las proximidades del vertimiento (en lénticos).

c = Número de taxones que solamente hay aguas abajo (en óticos); número de taxones que solamente hay en el centro o en el extremo de la radial según se compare el centro o el extremo de la radial con el punto próximo al vertimiento (en lénticos).

Para valoraciones cuantitativas es mejor realizar los cálculos con base a densidades relativas, es decir, e porcentajes y el muestreo debe ser exhaustivo y se calcula de manera como se haya diseñado el muestreo, cualitativa o cuantitativamente. Como lo que se pretende es hacer comparaciones espacio-temporales, se debe eliminar los efectos estacionales que afecten la estructura de las comunidades y se ha logrado mediante programas de monitoreo estacionales, anuales, etc.

Cuando existen altas disimilaridades entre las comunidades en estudio, valores mayores de 0,6, se puede evidenciar la presencia de condiciones ambientales diferentes por parte de algún vertimiento, ó, en caso contrario en donde las disimilaridades sean menores a 0,4, no existe un impacto significativo y no hay mayor variabilidades entre las dos estaciones en comparación.-----

- Densidades de Bray y Curtis (1957)

$$D = \frac{Xiar - Xiab}{Xiar + Xiab}$$

D = disimilaridad entre las dos estaciones

Xiar = abundancia del taxón i agua arriba (en lóticos); abundancia del taxón i en proximidades del vertimiento (en lénticos).

X_{iab} = abundancia del taxón aguas abajo (en lóticos); abundancia del taxón i en el centro o en el extremo de la radial según se compare el centro o el extremo de la radial con el punto próximo al vertimiento (en lénticos).

En las valoraciones de tipo cuantitativo se sugiere realizar los cálculos a partir de densidades relativas y si se emplea el índice de presencia-ausencia, el muestreo debe ser exhaustivo de la taxa presente y se puede determinar se haya diseñado el muestreo cualitativo o cuantitativo. Valores de disimilaridades superiores a 0,6, denotan condiciones ambientales muy diferentes entre las dos estaciones ocasionado por algún vertimiento y si es menor de 0,6 la disimilaridad, es dado que entre las dos estaciones no hay mayor diferencia de condiciones.

Las pruebas de toxicidad se realizan cuando no se pueden ejecutar in situ, debido a que no hay condiciones favorables para su realización. Estas pruebas son bioensayos implementados en el laboratorio, en donde se someten poblaciones de una o mas especies acuáticas ante diferentes concentraciones de un compuesto, contaminante, tóxico o vertimiento, para determinar los efectos letales (toxicidad aguda) ó sub-letales (toxicidad crónica).

Las pruebas de toxicidad aguda se realizan a 24, 48, 72 y 96 horas y allí se determina la concentración que produce la mortalidad al 50 % de la población expuesta, dicha concentración letal se denomina CL_{50}^{24} , CL_{50}^{48} , CL_{50}^{72} ó CL_{50}^{96} , concentración que al multiplicarse por un factor define la concentración máxima permisible de dicho compuesto en un vertimiento. En el decreto 1594/84 expone los factores a multiplicar para usos del agua de preservación de flora y fauna. A excepción del clorofenol, los difenil policlorados, el oxígeno y el sulfuro de Hidrógeno, los parámetros se definen a 48 y 96 horas. Dichas concentraciones no se han establecido en Colombia.

El decreto 1594/84 expone los factores a multiplicar para usos del agua de preservación de flora y fauna. A excepción del clorofenol, los difenil policlorados, el oxígeno y el sulfuro de Hidrógeno, los parámetros se definen a 48 y 96 horas. Dichas concentraciones no se han establecido en Colombia.

Además de las pruebas letales, los trabajos en toxicidad pueden hacer pruebas de bioacumulación, biodepuración, crecimiento poblacional ó crecimiento corporal.

5.2.3 Índice BMWP: puntajes bióticos y valores. El Biological Monitoring Working Party, BMWP, aparece en Inglaterra en 1970 ideado por Hellawell (Anexo A), para evaluar los ríos Británicos como un método simple de puntaje para todos los grupos de macroinvertebrados bioindicadores de calidad de las aguas, identificados hasta el nivel de familia y que requiere solo datos cualitativos (presencia/ ausencia)⁷. De acuerdo a su grado de tolerancia con la contaminación orgánica su puntaje varia de 1 a 10, siendo los mas tolerantes a ella los de puntaje 1 y los más sensibles con valoración de 10. Por ejemplo familias como Perlidae y Oligoneuridae tienen una puntuación de 10 por ser muy sensibles, mientras la familia Oligochaeta recibe una puntuación de 1 por ser de las tolerantes a la materia orgánica.

La sumatoria de los puntajes de todas las familias en un sitio arroja el puntaje total de BMWP. El puntaje promedio establecido para cada taxón es conocido como ASPT (Average Score per Taxon) esto es, el puntaje BMWP dividido por el numero de los taxa es un índice valioso para la evaluación del

⁷ ZAMORA-MUÑOZ, Carmen, et al, Are biological indices BMWP and ASTP and their significance regarding water quality seasonally dependent? factors explaining their variations

sitio. Dichos valores en cada familia revelan su grado de tolerancia a la contaminación basado en el conocimiento de abundancia y distribución. Zamora-Muñoz & Alba-Tercedor (Anexo B) hicieron en 1978 una adaptación del BMWP inglés para España y lo denominaron BMWP^{acute}; incluyendo algunas familias que no aparecen en la fauna inglesa, cambiando algunas puntuaciones comunes, siendo estos valores superiores pero fuertemente correlacionados. Alba-Tercedor asigna 5 clases de calidad en tal manera que los puntajes asignados califiquen el sitio monitoreado (tabla 5), cada uno asignándosele un color (que corresponden a símbolos internacionales) para el tramo evaluado. En una representación cartográfica los van coloreados según la calificación del trayecto evaluado.

Tabla 5. Clases de calidad de agua, valores B.MW.P. & Acute; colores para representaciones cartográficas

Clase	Calidad	B.MW.P. & Acute;	Significado	Color
I	Buena	150 101-120	Aguas muy limpias Aguas no contaminadas o poco alteradas	Azul
II	Aceptable	61-100	Se evidencian efectos de la contaminación	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas situación crítica	Rojo

Fuente: Zamora-Muñoz y Alba-Tercedor, 1.996

5.2.4 Macroinvertebrados como indicadores de calidad del agua. Desde la aparición de los estudios limnológicos estos se basaron en estudiar las relaciones fundamentales y de productividad de las comunidades acuáticas existentes en los cuerpos de agua dulce y la manera como estas son

afectadas por el ambiente físico, químico y biológico, de manera natural o por afectación de las actividades humanas.

El Primer Congreso Internacional de Limnología, es realizado en Kiel (Alemania 1.922), en donde se definió la Limnología como: *“El estudio ecológico de todas las masas de agua continentales independientemente de su origen, dimensión o salinidad”*.

En 1.971 se lleva a cabo en la Unión Soviética el Congreso Internacional de Limnología en donde se propuso que el objetivo más importante de la Limnología es de estudiar la circulación de materiales, especialmente de sustancias orgánicas, en un cuerpo de agua. Por lo tanto, los fenómenos bióticos y abióticos se interrelacionan, siendo el balance del ecosistema la parte principal de esta interpretación.

La limnología estudia la productividad biológica de las aguas continentales y de los factores físicos, químicos, biológicos y metereológicos que determinan la calidad de los productos biológicos. En 1984 en un estudio de limnología sanitaria presentado por S. Murgel, explica que los objetivos prácticos de esta ciencia son “el conocimiento del grado y naturaleza del efecto causado por el vertimiento de sustancias sobre los ecosistemas, con el objetivo de proteger los seres acuáticos; el estudio de los efectos de las altas densidades poblacionales sobre la calidad del agua potable y las interferencias en los sistemas de tratamiento; y el conocimiento de la dinámica de los procesos ecobiológicos”,(Inventario de la entomofauna acuática de la quebrada la Padilla, fuente del acueducto de Honda (Tolima), Rodrigo A. Vergara Ruiz, otros, , 1994

Dentro de los organismos indicadores de la calidad de las aguas dulces se encuentra los macroinvertebrados, que gozan de una gran aceptación por sus grandes cualidades para su estudio. Dentro de esta categoría están los Poríferos, los Hidrozoo, los Turbelarios, los Oligoquetos, los Hirudineos, los Insectos, los Arácnidos, los Crustáceos, los Gasterópodos y los Bivalvos, con tamaño superior a 0,5 mm de largo.

El conocimiento de las comunidades de macroinvertebrados en el neotrópico es aún escaso, con información fragmentada y esparcida en numerosas publicaciones europeas, norteamericanas y algunas suramericanas, de poca circulación, sin embargo ya existen trabajos que han permitido el inicio de estudios en Antioquia, Valle del Cauca, Santander y Norte de Santander entre otros en dicho campo.

En 1988 Gabriel Roldán publicó una guía para la identificación de los macroinvertebrados más comunes en el departamento de Antioquia (Colombia), la cual ha servido de modelo de trabajo en distintas regiones del Neotrópico con características climáticas similares. Dentro de lo estudiado se ha podido tener información sobre su hábitat, adaptaciones alimentarias y su indicación de la calidad del agua.

5.2.5 El hábitat acuático. Dentro de los estudios realizados, se ha observado que viven cada familia con características propias tales como: Los que viven enterrados en el sustrato; otros sobre él, adheridos a rocas, piedras y restos de vegetación; otros prefieren las orillas de ríos y lagos donde viven adheridos a la vegetación ribereña; unos nadan sobre la superficie del agua, en tanto que otros se desempeñan muy bien como nadadores, al igual que los peces, otros prefieren corrientes rápidas y otros,

lentas; y, por último, unos prefieren fondos lodosos, en cambio otros fondos arenosos o pedregosos.

En los hábitat lóticos (ríos, riachuelos y quebradas) la fauna de macroinvertebrados en una corriente es muy diferente dependiendo de las zonas en la que se localiza, ya sea en franjas de rápidos, remansos y orillas.

En las corrientes en las cuales la velocidad del agua es lo suficientemente fuerte y se caracteriza por formaciones de rocas, piedras y arena. la fauna existente posee estructuras como ventosas y ganchos para resistir la velocidad de la corriente. Cuando la corriente es muy lenta generando sustratos fangoso y arenosos las especies tiene adaptaciones diferentes que les permiten nada, siendo escasa la diversidad, pero unas familias pueden alcanzar números elevados.

Los habitats lénticos son aquellos de aguas quietas o estancadas como lagos, lagunas, represas y charcas en donde regularmente se presenta vegetación acuática que favorece el crecimiento y desarrollo de numerosas especies asociadas a las raíces de las macrófitas, según estudios de Viña, Restrepo y Mojica⁸, siendo las mismas reportadas como bentónicas, en ecosistemas similares propios de las zonas templadas. Este hallazgo ha significado la tendencia de estos organismos bentónicos a emigrar hacia las capas superficiales del agua, trasladando su nicho a las raíces de las plantas acuáticas como la *Eichhornia crussipes* (jacinto) y la *Limnobium stoloniferum* (buchón).

Este tipo de ecosistema esta regulado por épocas de inundación y estiaje y mediante la evaluación de algunos de ellos en Colombia, la tendencia a ser menos densos en la población bentónica, revelando una pobreza en el bentos, frente a las

⁸ VIÑA, Gerardo, RESTREPO, Ricardo, otro, El Bentos y los Organismos Asociados a Macrófitas en Ecosistemas Planos de Inundación, Segundo Seminario de Limnología, 1996.

mayores densidades de individuos y mayor composición de morfo-especies ubicadas en las raíces de las plantas acuáticas. En las zonas de inundación la tendencia de los organismos bentónicos es desplazarse hacia las raíces de las macrófitas debido a la dinámica propia de estos ecosistemas que presentan una alta sedimentación e inestabilidad de los fondos, la baja concentración de oxígeno disuelto, restringiendo por tanto el desarrollo de una importante variedad de fauna de invertebrados. En cambio las raíces de las plantas acuáticas ofrecen un sustrato con mayor estabilidad física, refugio y protección y la disponibilidad de suficiente alimento por la producción de fitoplancton y zona de difusión de nutrientes que permiten la dispersión de las poblaciones.

Como posible explicación de esta migración, según Viña y otros propone como posibles factores, los siguientes: Inestabilidad física de los sedimentos; bajas concentración del oxígeno disuelto y a las condiciones temporales o semi-permanentes de ausencia de oxígeno (anoxia) en las profundidades generando H_2S , gas tóxico para la fauna; a la dinámica de las estaciones de inundación-estiaje, ya que en la primera temporada se incrementa el consumo de oxígeno disuelto gracias a la descomposición de la materia orgánica que ha sido capturada en la inundación y su mayor producción de H_2S y anoxia, lo que se relaciona con las bajas densidades del bentos y de los organismos asociados.

- **Tipos de hábitat acuáticos.**

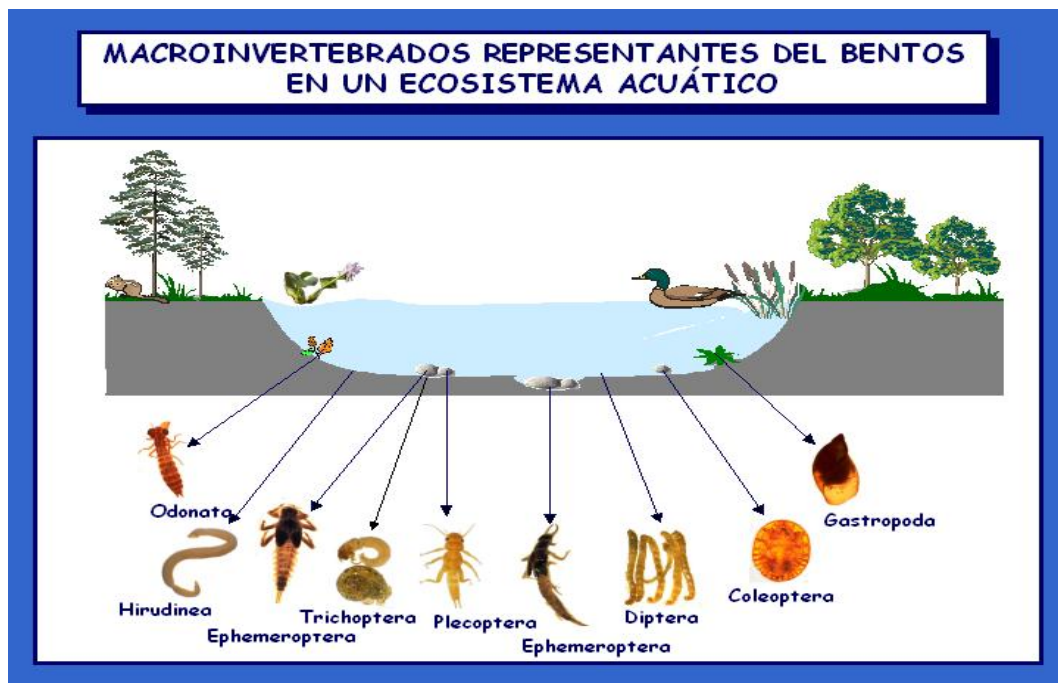
Dependiendo del sitio donde vivan dentro de un cuerpo de agua, los macroinvertebrados reciben diferentes nombres, ya sea que vivan en el fondo, naden o floten.

Aquellos que viven en el fondo de lagos y ríos adheridos a sustratos, tales como: rocas, piedras, plantas acuáticas o residuos vegetales, ó enterrados en el sustrato, (debajo de rocas, troncos y residuos vegetales), se denominan Bentónicos, en donde es común encontrar una gran variedad de Efemerópteros,

Tricópteros, Coleópteros, Plecópteros, Dípteros y Megalópteros. Algunos están adheridos al sustrato a través de ventosas como los Blefaricéridos y Sanguijuelas; otros mediante ganchos y uñas, como muchos Tricópteros, constructores de casas (Glososomátidos y Helicopsíquidos). Algunas ninfas de Efemerópteros como Eutiplócidos y Polimitárcidos hacen túneles en el fondo de sustrato blandos. Ciertas larvas de Odonatos, especialmente Zigópteros, se adhieren mediante sus uñas a la vegetación sumergida. Los Turbelarios (Planarias), de cuerpos muy aplanados, simplemente se pegan a la superficie del sustrato, ofreciendo de esta manera poca resistencia al paso del agua.

Comunidad Bentos.

Figura 1. Macroinvertebrados representantes del bentos.



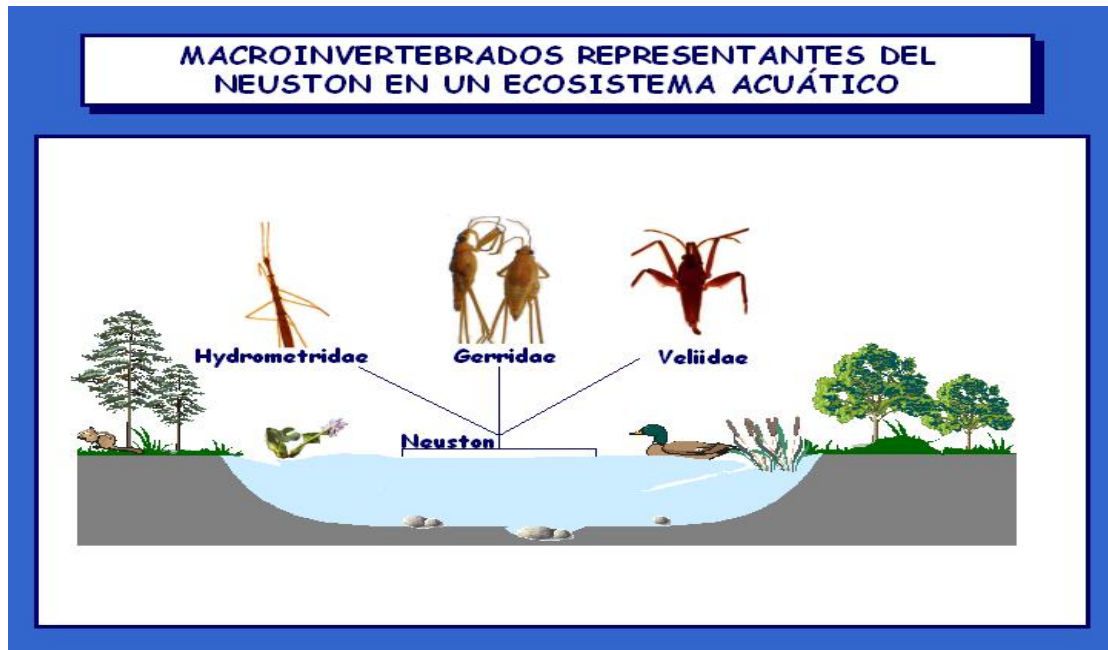
Fuente: Conferencia Gabriel Roldán Bioindicación, Seminario de Limnología Aplicada 2002

Para aquellos que viven en la superficie del agua, en la zona intermedia entre la capa líquida y la atmósfera, ya sea caminando, patinando o brincando, se les denomina fauna de Neuston. Sus uñas, sus patas y su exoesqueleto en general están cubiertos por una especie de cera que los hace impermeables

al agua; dentro de este tipo de organismos se encuentran los Gérridos y los Mesovelios.

Comunidad Neuston.

Figura 2. Macroinvertebrados representantes del neuston.



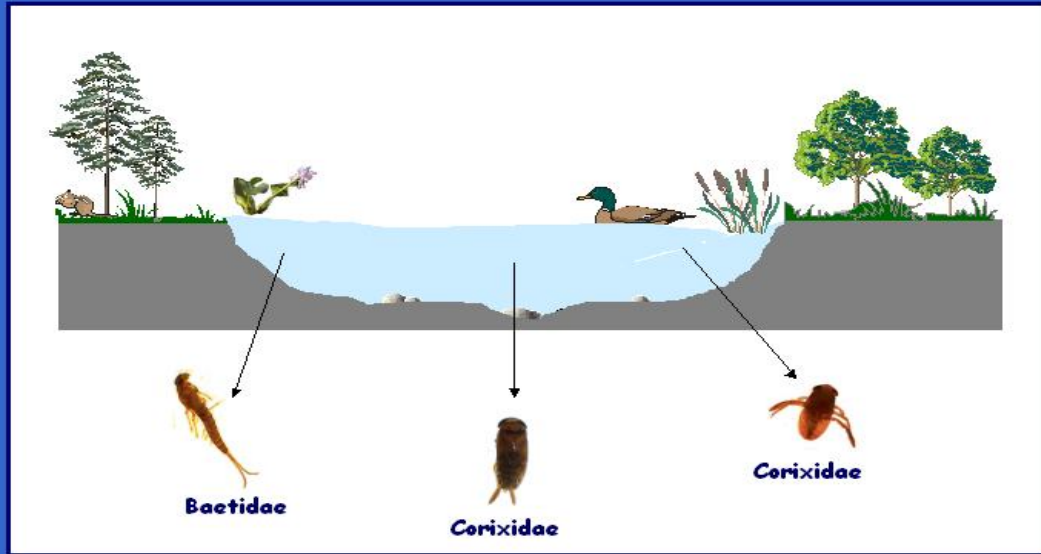
Fuente: Conferencia Gabriel Roldán Bioindicación, Seminario de Limnología Aplicada 2002

Bajo el término Necton se agrupan todos aquellos organismos que nadan activamente en el agua, de la misma forma que lo hacen los peces; dentro de estos organismos se encuentran Efemerópteros de la familia Baetidae, Hemípteros de las familias Corixidae y Notonectidae, y, Coleópteros de las familias Dytiscidae y Gyrinidae.

Comunidad Necton.

Figura 3. Macroinvertebrados representantes del necton.

MACROINVERTEBRADOS REPRESENTANTES DEL NECTON EN UN ECOSISTEMA ACUÁTICO



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

5.2.6 Adaptaciones alimenticias. En los macroinvertebrados acuáticos existe una gran diversidad de hábitos alimenticios, unos son carnívoros, otros herbívoros, otros detritívoros y otros omnívoros. El alimento puede ser microscópico, conformado en este caso por algas, bacterias, hongos, protozoos, rotíferos y micro crustáceos, entre otros y quienes se alimentan de este tipo de organismos se denominan Micróvoros. El alimento microscópico está representado por Celenterados, Platelminetos, Anélidos, Insectos, Crustáceos y Moluscos, dentro de los animales; y, por plantas acuáticas, dentro de los vegetales. Quienes se alimentan de animales o plantas mayores se denominan Macróvoros.

Animales herbívoros son aquellos que se alimentan de vegetales exclusivamente, como algunas larvas de Tricópteros y Lepidópteros, que se alimentan de tejidos vasculares y algas filamentosas. Así mismo algunos

Coleópteros de las familias Hydrophilidae, Chrysomelidae y Curculionidae, también se alimentan de algas y tejidos vegetales. Otros insectos se alimentan de diatomeas y algas incrustadas en troncos y rocas (Perifiton), dentro de esta categoría se tienen una gran variedad de Efemerópteros, Tricópteros, algunos Hemípteros, Lepidópteros y algunos Dípteros.

Los animales carnívoros se alimentan de otros animales y pertenecen a esta categoría entre otros algunos Celenterados, Turbelarios y gran variedad de insectos. A los carnívoros que atacan la presa y la devoran de inmediato se les denominan Depredadores y los que atacan a individuos de la misma especie reciben el nombre de Caníbales. Algunas especies de Odonatos están equipadas con poderosos labios con los cuales sujetan a la presa para luego devorarla y algunos llegan a devorar peces similares a su tamaño. Los Hemípteros tienen sus partes bucales modificadas en un largo pico (rostró) que utilizan para succionar los fluidos del cuerpo de su presa. Dentro de los Efemerópteros, Dípteros, Coleópteros y Plecópteros también se encuentran numerosos representantes que son carnívoros y algunas especies de Hirudíneas son chupadoras de sangre, por lo que se les considera también dentro de esta categoría.

Los Detritívoros se alimentan de detritos de origen animal y vegetal, aprovechando al mismo tiempo los hongos y bacterias que en ellos se encuentran, tales como algunas larvas de Plecópteros y Tricópteros que pertenecen a esta categoría.

5.2.7 El BMWP en Colombia. Debido al bajo nivel de conocimiento de la flora y fauna de agua dulce colombiana y sus exigencias ambientales y distribución geográfica, la implementación de los índices utilizados en Europa y América se ha hecho dispendiosa, además de la gran diferencia de

especies.

Es a partir de los años 70s que se inicia el conocimiento de la fauna y flora acuática del neotrópico con los trabajos de Gabriel Roldan y su grupo de investigación en limnología de la Universidad de Antioquia y posteriormente en la Universidad del Valle, que se generan los conocimientos a nivel de Familia, como un estadio intermedio de conocimiento. Con los trabajos actuales se espera obtener información a nivel de género, la cual es mas precisa para la evaluación de los cuerpos de agua.

Los macroinvertebrados más conocidos en Colombia son los insectos y algunos anélidos y moluscos, referenciados a través de metodologías europeas y americanas, hasta el momento no existe una propuesta basada en las condiciones propias de una región como la provincia santandereana; ecosistemas tropicales americanos y las comunidades a ellos asociadas. Por ello no se puede utilizar índices exigentes como el del sistema saprobio alemán. Aún a pesar de ello se tiene una buena experiencia en bioindicación en varias partes del territorio nacional, la mayoría para establecer sistemas de monitoreo para evaluar fuentes abastecedora de consumo humano.

Con base a los estudios realizados en la década de los 80s en Antioquia se genera la primera tabla en Colombia denominada BMWPA (ver tabla 6), que sirve de base para el trabajo en otra regiones del País.

Tabla 6. Puntuaciones asignadas a las familias de Macroinvertebrados acuáticos para la obtención del índice B.MW.P.A. para Antioquia (Colombia)

FAMILIAS	PUNTUACIÓN
Perlidae, Oligoneuridae, Helicopsychidae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Lampiridae, Odontoceridae, Blepharoceridae, Psephenidae, Hidridae, Chordodidae, Lymnessiidae, Hidracáridae, Polythoridae, Gomphidae,	10
Leptophlebiidae, Euthyplocidae, Leptoceridae, Xiphocentronidae, Dystiscidae, Polycentropodidae, Hydrobiosidae, Gyrinidae,	9
Veliidae, Gerridae, Philopotamidae, Simuliidae, Pleidae, Saldidae, Lestidae, Pseudothelphusidae Hebridae, Hydrobiidae,	8
Baetidae, Calopterygidae, Glossossomatidae, Corixidae, Notonectidae, Leptohiphidae, Dixidae, Hyalellidae, Naucoridae, Scirtidae, Dryopidae, Psychodidae, Coenagrionidae, Planariidae, Hydroptilidae, Coenidae.	7
Ancylidae, Lutrochidae, Aeshnidae, Libellulidae, Elmidae, Staphylinidae, Linmychidae, Neritidae, Pilidae, Megapodagrionidae, Corydalidae,	6
Hydropsychidae, Gelastocoridae, Belostomatidae, Nepidae, Pyralidae, Pleuricoridae, Tabanidae, Thiaridae, Planerbiidae	5
Chrysomelidae, Mesovelidae, Stratyiomidae, Empididae, Dolichopodidae Sphaeridae, Lymnacididae,	4
Hirudinea (Glossiphoniidae, Cyclobdellidae), Physidae, Hidrometridae, Hydrophilidae, Tipulidae, Ceratopogonidae,	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae	2
Oligochaeta (Tubificidae)	1

Fuente: Gabriel Roldán, 2002

Le siguen experiencias las tablas elaboradas con los trabajos en Universidad del Valle (ver anexo 1), haciendo ajustes a la de Antioquia, pero todas con base a la elaborada por Alba-Tercedor. En Santander con la evaluación de los sistemas lóticos del área de jurisdicción de la CDMB, realizado por la Universidad Industrial de Santander en el año 2000 y en Norte de Santander se da la experiencia sobre el estudio del río Pamplonita en el 2001 por parte de U. Francisco de Paula Santander (Anexo C).

5.2.8 QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de ribera.

La evaluación y calidad de ribera de los sistemas ribereños es presentada ante la Comisión Europea de Políticas de Aguas a través de un índice denominado QBR, el cual había sido experimentado en tres cuencas mediterráneas: el Besós, el Llobregat y el Foix con un total de 64 estaciones, y aprobado en el año 2000. Con éste se evalúa el entorno inmediato del río, zonas de máxima inundación, terrazas aluviales, el estado del bosque aledaño, comparando el estado actual del sistema a estudiar con uno en donde solo existan perturbaciones de forma natural.

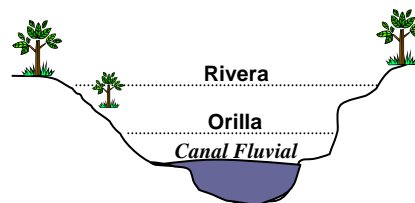
El índice QBR es de segundo tipo, que tiene la voluntad de ser utilizado sin unos conocimientos amplios y detallados de biología, geología, química o estadística, de fácil calculo y que se requiera poco tiempo para su aplicación por parte de un amplio colectivo de profesionales. Está inspirado en sistemas ya usado en Europa y se fundamenta en cuatro bloques de características del ecosistema con el mismo peso o valoración en el resultado final. Cada bloque hace una calificación de atributos diferentes del ecosistema de ribera: El primero revisa la importancia de la cubierta de la vegetación, el segundo, la estructura de la cubierta, el tercero su naturalidad y complejidad con respecto a las especies y las comunidades vegetales esperable, y el cuarto el grado de alteración del canal fluvial debido a las acciones antrópicas.

Cada bloque tiene un puntaje independiente con un mínimo de 0 puntos y un máximo de 25, y el resultado final será la suma de los puntajes que cada bloque arroje. El índice se calcula mediante una hoja de campo (tabla 7) que en cada apartado tiene cuatro ingresos, entre los que se debe escoger uno, con puntuaciones de 0,5,10 y 25 puntos según sea indicado el estado de la zona ribereña más o menos alejado del valor de referencia. Pero esta puntuación puede ser modificada positiva o negativamente, mediante la suma o resta de 5 ó 10 puntos cuantas veces sea necesario, según los parámetros allí establecidos. Sin embargo al final de cada bloque la puntuación no puede excederse de los 25 puntos ni podrá ser negativa; los puntos en exceso o defecto no se tendrán en cuenta.

Tabla 7. Calificación de la zona de ribera de los ecosistemas fluviales. Índice QBR (ver página siguiente)

CALIFICACIÓN DE LA ZONA DE RIBERA DE LOS ECOSISTEMAS FLUVIALES. INDICE QBR

- Esta calificación debe ser aplicada en toda la zona de ribera de los ríos (orilla y ribera propiamente dicha). 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.

Estación	
Fecha	

Puntuación entre 0 y 25.

Grado de cubierta de la zona de ribera

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

Puntuación	
25	Recubrimiento de árboles superior al 75%.
10	Recubrimiento de árboles entre el 50 y 75% o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50% y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25%.
5	Recubrimiento de árboles inferior al 50% y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25%.
0	Sin árboles y arbustos por debajo del 10%.
+10	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	Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad.
-10	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

		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
25	Número de especies diferentes de árboles autóctonos.	>1	>2	>3
10	Número de especies diferentes de árboles autóctonos.	1	2	3
5	Número de especies diferentes de árboles autóctonos.	-	1	1 – 2
0	Sin árboles autóctonos			
+10	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.			
+5	Si el número diferente de especies de arbustos es:	>2	>3	>4
-5	Si existen estructuras construidas por el hombre.			
-5	Si existe alguna sp. de árbol introducida (alóctona)** aislada.			
-10	Si existen sp. de árboles alóctonas** formando comunidades.			
-10	Si existen vertidos de basuras.			

Grado de naturalidad del canal fluvial

entre 0 y 25

Puntuación

Puntuación	
25	El canal del río no ha estado modificado.
10	Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal.
5	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río.
0	Río canalizado en la totalidad del tramo.
-10	Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río.
-10	Si existe alguna presa 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 (apartado3, 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.

Tipos de desnivel de la zona raparía	Puntuación			
	Izquierda:	Derecha		
Vertical/cóncavo (pendiente >75°), con una altura no superable por las máximas avenidas			6	6
Igual pero con un pequeño talud u orilla inundable periódicamente (avenidas ordinarias)			5	5
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. $\Sigma a > \Sigma b$			3	3
Pendiente entre el 20 y 45°, escalonado o no. $\Sigma a < \Sigma b$			2	2
Pendiente < 20° ribera uniforme y llana			1	1

Existencia de una isla o islas en medio del lecho del río

Anchura conjunta "a" > 5 m		-2
Anchura conjunta "a" entre 1 y 5 m		-1

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

- ** Especies frecuentes y consideradas alóctonas**
- Teca (*Tectona grandis*)
 - Ficus (*Ficus sycomorus*)
 - Araucaria (*Araucaria imbricata*)
 - Almendro (*Terminalia catappa*)
 - Pino Patula (*Pinus patula*)
 - Eucalipto (*Eucalyptus grandis*)
 - Acacia Amarilla (*Cassia siamea*)
 - Acacia Roja (*Delonix regia*)

6. METODOLOGÍA

El enfoque metodológico que se abordó es el deductivo, pues se partió de diferentes premisas hipotéticas que fueron aportadas por los índices trabajados en campo. El tipo de investigación que se abordó fue la descriptiva, toda vez que se partió de la observación participante en el sitio para determinar la validez en la aplicación de las metodologías mencionadas para hacer la valoración de la calidad de las aguas de la Microcuenca “La Honda” mediante la aplicación, de forma cualitativa (presencia/ausencia de las comunidades acuáticas), mediante el índice B.M.W.P. (Tabla 6)

6.1 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

6.1.1. Información Primaria

1. Evaluación preliminar. El primer paso para iniciar el estudio consistió en el análisis de la documentación bibliográfica referente al lugar de estudio, como es la Microcuenca “La Honda”, valorando aspectos generales relativos a cartografía, hidrografía, estudios ecológicos, terrestres o acuáticos hechos con antelación, para seleccionar la información pertinente.

Dada la estrecha dependencia de los ecosistemas dulceacuícolas con las características climáticas se incluyó también la pluviosidad, temperatura y caudal entre otras.

Paralelamente se llevó a cabo una observación parcial del área con el propósito de precisar los principales ambientes naturales y ecosistemas allí presentes, identificando así primordiales actividades antrópicas del sitio de estudio. Posteriormente se amplió la documentación literaria, tanto sobre

los aspectos biológicos (rangos adaptativos de las especies y claves taxonómicas) como metodológicos (técnicas físicoquímicas, tipos de muestreos y diseño de muestreos), para el buen desarrollo de la investigación.

2. Reconocimiento del área y ubicación de estaciones de muestreo. Se recorrió en su totalidad la Microcuenca “La Honda” desde su nacimiento 1.761 metros sobre el nivel del mar donde recibe el nombre de “San Bernardo”, hasta la desembocadura en el río Suárez 750 m.s.n.m. se inspeccionó la zona para ratificar la veracidad de los datos obtenidos en la evaluación preliminar y complementar con datos de campo.

La ubicación de las estaciones se determinó de manera sistemática, referenciada apropiada como punto de inicio y teniendo en cuenta que en cada una de las estaciones escogidas se tuviera accesibilidad para su llegada y el caudal permanente.

La ubicación de las estaciones obedece primordialmente a los objetivos de la monografía; para el caso, se ubicaron teniendo en cuenta básicamente los puntos considerados como críticos o que ofrecieran alguna significación ambiental no sólo del cauce principal sino también de sus afluentes, para determinar así la calidad de las aguas en las diferentes estaciones de estudio.

Inicialmente se escogieron aproximadamente veintitrés estaciones, tanto del cauce principal como de sus afluentes, pero a medida que transcurrió el periodo de lluvia y fue comenzando el de sequía, se fueron suprimiendo estaciones por no reunir requisitos mencionados anteriormente, quedando solo seis estaciones.

Se determinaron las coberturas arbóreas en cada una de las estaciones de monitoreo, se le realizó la clasificación de zonas de vida de Leslie R. Holdridge, Posteriormente se realizaron los perfiles de vegetación correspondientes a cada estación, para lo cual se determinó, en primer lugar, las especies arbóreas, tanto por su nombre vulgar como científico, en un transecto de 600 metros cuadrados.

Se tomó el diámetro de altura de pecho y diámetro con un metro a partir de la clasificación determinada por DANSEREAU (1957)

3. Muestreo en las estaciones de monitoreo. Debido a que se trabajó con el índice B.M.W.P., el cual se basa en la existencia de una comunidad de Macroinvertebrados que actúa como sensor ambiental, se hizo necesario efectuar un muestreo representativo que incluyera representantes de las familias habitantes en el punto de estudio. Para ello se realizó un muestreo de tipo cualitativo por medio de batidas con las redes en todos los microhábitats existentes de la zona: orillas con o sin vegetación, zonas de piedras, de arenas, en corriente y sin ella.

Para conocer los microhábitats existentes se realizaron recorridos visuales del tramo de la quebrada, y se procedió a hacer un muestreo (utilizando redes de tipo D-Net) de aguas abajo a aguas arriba, procurando coleccionar las especies capturadas en un recipiente blanco con un contenido preservante de alcohol, formol y glicerina en una proporción de 7:2:1. Las muestras capturadas se depositaron en frascos colectores y se transportaron al laboratorio para la comparación mediante guías.

6.1.2 Información secundaria

1. Análisis de las comunidades de Macroinvertebrados acuáticos capturados. Para el análisis se tomó en cuenta la relación entre las especies y las variables medio ambientales para describir la respuesta de una especie ante las variaciones de unos gradientes ambientales (naturales o artificiales).

El valor asignado para calificar cada familia ha venido siendo establecido por los limnólogos como Roldan y Zúñiga.

La valoración de los Macroinvertebrados se realizó en el laboratorio con un Estereoscopio (marca Olympus) por comparación a nivel de Familia que es la información aceptada por el índice BMWP, en este caso se utilizó como base la existente para el departamento de Antioquia (Roldan, 2002)

2. Calificación con el Índice B.M.W.P. El uso del índice B.M.W.P. establece identificar los Macroinvertebrados a nivel de Familia.

Tras el análisis de los Macroinvertebrados se realizó una lista o inventario con las familias presentes en cada estación y con ello se hizo una sumatoria de la puntuación para dar una calificación al respecto.

6.2.2 Elección de variables físicoquímicas y bacteriológicas. Las variables físicoquímicas y bacteriológicas describen las características generales de la calidad de las aguas, y que suelen incluirse en estudios limnológicos, son, entre otras: conductividad, alcalinidad, oxígeno disuelto, coliformes totales y fecales, DBO5 y DQO, sólidos suspendidos, temperatura, pH, caudal.

En relación con los procesos de alteración de los cuerpos de agua es imperativo conocer que las cuatro principales fuentes de contaminación son: aguas residuales domésticas, aguas residuales industriales, escorrentía superficial de terrenos agrícolas y contaminación natural. En consecuencia, la elección de las variables que se manejaron se hizo con la finalidad de relacionar los datos obtenidos por medio de los Macroinvertebrados analizados en los diferentes puntos de estudio.

6.2 POBLACIÓN DE REFERENCIA Y MUESTRA

Para la determinación de la calidad de las aguas de la microcuenca de la Honda se escogieron en primer lugar 6 estaciones donde se realizaron los muestreos, para capturar poblaciones de individuos existentes hasta que no aparecieran especies nuevas. La toma de muestras se hizo cada 20 días, dos veces por temporada durante un período de seis meses.

6.2.1 Tamaño de la muestra (unidad de observación). El tamaño de la muestra fue variable debido a que las condiciones climáticas y ambientales perturban el crecimiento de las poblaciones y por ende su selección es al azar, escogiéndose la totalidad de los individuos capturados que serán materia de observación en laboratorio para comparar con las guías taxonómicas.

6.2.2 Criterios de inclusión. Entre los criterios de inclusión para la realización del muestreo se tuvo en cuenta varios aspectos primordiales:

- ★ Realizar el muestreo en tres temporadas continuas como son lluvias, época intermedia y sequía.

- ★ Hacer muestreo durante un período no inferior a dos horas por estación para tratar de capturar el mayor número de individuos.
- ★ Al momento de la captura seleccionar los insectos pequeños para ser preservados aparte de los grandes para evitar destrozos entre ellos.
- ★ Los insectos capturados deben ser llevados lo más pronto posible al laboratorio para su identificación a fin de que no se descompongan y se pierda la muestra colectada.

6.3 TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La recolección de la información se realizó teniendo en cuenta una etapa de lectura análisis documental mediante consultas bibliográficas y de internet, así como se buscó y contó con las asesorías de limnólogos y biólogos especialistas en taxonomía de insectos acuáticos para configurar una base conceptual confiable.

En la segunda etapa y con base en las metodologías propuestas adoptadas en el presente estudio, se realizaron visitas de campo in situ para coleccionar las muestras de insectos. Luego en una tercera etapa destinada al análisis de laboratorio, donde a través de los instrumentos ópticos se hizo la determinación y clasificación de las familias; una vez clasificadas se les asignó el valor ambiental que los relacione con la calidad del agua en su temporada de vida.

7. IDENTIFICACIÓN Y MEDICION DE TRAMOS QUE COMPRENDE LA QUEBRADA LA HONDA

La Microcuenca de la Honda del municipio del Socorro esta determinada por información primaria correspondiente al trabajo de campo donde se identifico una serie de puntos de muestreo de los índices BMWP y QBR, así como también se hizo la identificación de la vegetación y los perfiles de la misma, además de de contarse con información secundaria para determinar su geomorfología, climatología, hidrología, etc.

Al efectuar el recorrido total de la cuenta se evidenciaron algunos trabajos anteriores sobre aspectos hidrométricos y se identificaron las zonas de mayor facilidad de toma de muestras, con base en la permanencia de la escorrentía durante las épocas de muestreo, la ubicación geo-espacial, el acceso a la zona y que dichos puntos hayan tenido valoración bacteriológica o fisicoquímica.

7.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA QUEBRADA DE LA HONDA

La Microcuenca la Honda, es una fuente hídrica que abastece a una población aproximada de 27.202 habitantes⁹, de dos localidades, los municipios de El Socorro y Palmas del Socorro, tanto del área urbana como rural.

Según los estudios efectuados se demostró que debido a la falta de educación y controles, su cauce al igual que la gran mayoría de los cuerpos de agua, están contaminados y por ende degradado su ecosistema, ocasionado por a las practicas agropecuarias inadecuadas, observándose

⁹ Datos DANE – 2002.

que reciben descargas contaminantes provenientes del lavado del café, las aguas mieles de algunos trapiches paneleros, las escorrentías de venenos y abonos químicos usados en cultivos transitorios como tomate, frijol, pepino, entre otros y que a causa de su cercanía de la escorrentía logran llegar fácilmente, pues no existe una barrera ni natural ni artificial que los separe; la deforestación es tan grave que los cultivadores arrasan hasta el borde de la quebrada. Este diagnóstico preliminar motiva a que se le conozca y vigile para promover propuestas de mitigación y mejoramiento, con datos reales a través de un sistema de monitoreo que aporten datos para su comportamiento.

La vigilancia de las agua naturales se ha reducido al control de la entrada y salida de los sistemas de potabilización de cada localidad, lo que ha permitido el descuido de los entes vigilantes de este ecosistema fundamental. Esto puede convertirse en una bomba de tiempo para la salud de las poblaciones circundantes, porque si bien se hace tratamiento de tipo convencional, no hay quien vigile y controle el uso de sustancias como los organoclorados y organofosforados, aplicados a la gran mayoría de cultivos. No se tiene el conocimiento claro de que esta ocurriendo debido las deficiencias en la información, pese a ser relevante para la salud.

Al analizar la calidad de las aguas se logró identificar que sí existe algún grado de contaminación, ya que en algunos estudios realizados en tesis de grados por la Universidad Industrial de Santander, han detectado anomalías en la mayoría de los acueductos, que deben vigilarse con cierta regularidad, según el Decreto 475 de 1998, así como las aguas naturales se deben ajustar a los requerimientos del Decreto 1594/84. Por consiguiente debe existir un organismo que reporte periódicamente datos confiables para su control y vigilancia con un conjunto de pruebas fisicoquímicas, bacteriológicas, biológicas y toxicológicas.

7.1.1 Ubicación. La quebrada de la Honda está compuesta por una red de afluentes que van la cota de los 1800 m.s.n.m en su nacimiento, hasta los 750 m.s.n.m. en su desembocadura en el río Suárez, su recorrido es de 14,5 kilómetros aproximadamente; nace en el municipio del El Socorro cursando desde el noreste hacia el sudeste y termina su recorrido en el Municipio de Palmas del Socorro, sobre el Río Suárez. El área de estudio para el presente trabajo se localiza en jurisdicción del Municipio del Socorro, comprende un área aproximada de 23 km² e irriga a las veredas de Alto de Chochos, La Honda y Árbol Solo, en un trayecto aproximado de 8 kilómetros, estas veredas se benefician de sus aguas, tanto para el consumo humano como para las prácticas agropecuarias.

7.1.2 Geomorfología de la cuenca. El modelamiento del área de la cuenca de la quebrada la Honda se debe principalmente al tectonismo, sumado a los lentos procesos de erosión (laminar) y de meteorización típica de cada litología.

En su sección transversal la cuenca es asimétrica con una longitud de 13 km, siendo su ladera izquierda menos inclinada que la derecha estando su drenaje influido por el mismo rumbo de los estratos que sigue una dirección Noroeste-Suroeste. En la parte alta de la cuenca se hallan las pendientes mas fuertes, pero en general las pendientes varían desde suavemente inclinadas a muy inclinadas, con predominio de las primeras.

7.1.3. Hidrología. La cuenca de la Quebrada la Honda está ubicada en la cordillera oriental, en la margen oriental de la vertiente del río Suárez. El caudal de la Quebrada está formado por la confluencia de diversos aportantes que nacen desde los 1800 m.s.n.m en una red de 215 nacimientos distribuidos a lado y lado de su escorrentía, siendo los mas importantes: Qdas San Bernardo, San Miguel, el Oratorio, Las abejas, San

Francisco, la Platanala, la lajita, la guadua, el espanto, el Vergel, y otras pequeñas cañadas, las cuales tienen comportamientos muy irregulares de escorrentía, siendo abundantes en lluvia y escasas en sequía.

Tiene una pendiente del 5%, calculada como pendiente equivalente desde su nacimiento hasta la zona del embalse y su corriente se infiltran en diversos puntos, aún en época de lluvia, debido a varios factores que hacen que no exista continuidad en su fluido tal como lo describen estudios anteriores de la década de los años 80s y 90s, posiblemente debido a la deforestación y el tipo de suelo, que parece ser bastante poroso, debido a su formación Simití (Kits) el 70% y formación Tablazo (kit) el 30 % del área de la microcuenca.

7.1.4 Climatología. Para la determinación de algunas variables climáticas se hizo referencia a estaciones meteorológicas y pluviométricas del área de influencia, reportadas por **CENICAFE**, con datos continuos de los últimos 5 años incluido el 2002. Estas estaciones son: Alberto Santos (meteorológica) ubicada en la vereda Morros del Municipio del Socorro, La Chapola (pluviométrica) en la vereda el Bosque, la Plazuela (pluviométrica) y las Delicias (pluviométrica) en el Municipio de Palmas del Socorro.

Precipitación. En promedio estas estaciones nos dan una información aproximada de la precipitación promedio anual que se encuentra entre los 1300 mm 1750 mm de agua. (Tabla 8).

Esta precipitación se reparte en cuatro periodos muy marcados, uno de lluvias altas entre abril y junio y el otro entre mitad de agosto y mitad de noviembre, y dos periodos secos comprendidos, el uno entre noviembre y marzo y el otro entre julio y mitad de agosto.

Tabla 8. Anuarios Meteorológicos de CENICAFÉ

ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS	AÑOS					
	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Alberto Santos	1.356,7	1.511,3	1.850,1	1.542,8	1.532,9	1595
La Chapola	1.418,0	---	1.814,0	1.481,0	1.438,0	1.480,0
La Plazuela	1.266,0	1.552,0	---	1.310,0	1.479,0	1.749,0
Las Delicias	---	---	2.732,0	1.687,0	2.122,0	1.749

Fuente: CENICAFÉ

Temperatura. La temperatura en la cuenca también es producto de la correlación de datos de acuerdo con las estaciones y con Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio, oscila entre los 20,5° C y los 23° C, promedio anual, predominando la temperatura entre los 21° C y los 22° C. (EOT).

Humedad relativa. De acuerdo a la estación Alberto Santos, la zona presenta una humedad relativa que oscila entre el 75% y el 80%

Brillo solar. El brillo solar promedio reportado por la estación Alberto Santos de este quinquenio es de 1540 horas/anuales

7.2 ZONA DE VIDA, SEGÚN LESLIE R. HOLDRIGE

De acuerdo a la biotemperatura de la zona de estudio, la precipitación anual promedio y la altura sobre el nivel del mar, se clasifica como bosque húmedo Pre- Montano (bh.PM) y con ello se establece que tipo de vegetación debe tener el sector.

7.2.1 Vegetación. Según las especies vegetales encontradas en la zona de la Microcuenca “La Honda”, desde su nacimiento hasta su embalse y

teniendo como referencia sus condiciones altitudinales y de temperatura, derivadas de Holdridge para las formaciones vegetales del mundo, se estableció un inventario florístico especialmente de especies arbóreas, arbustivas e hierbas, dividida en tres niveles así: en el primero, la capa más alta, de árboles esparcidos; en el segundo, las copas de los árboles que forman una masa continua y en el tercero, árboles que crecen a la sombra que por lo general son de troncos delgados y pequeños.

Abundan las epifitas, las lianas y las enredaderas. La vegetación autóctona se encuentra altamente intervenida a causa de las prácticas inadecuadas y rudimentarias de cultivo y manejo de los suelos que son utilizadas tradicionalmente por el campesino, provocando problemas de deforestación y erosión dentro de la franja protectora de las quebradas.

En el trayecto del recorrido que realiza la Microcuenca “La Honda” se identificaron, entre otras, las siguientes especies vegetales nativas: de la familia *acantaceae*: Aro (*Trichantera gigantea*); familia *anacardiaceae*: Caracolí (*Anacardium excelsum*), Ciruelo (*Spondias purpurea*), Jobo (*Spondias mombin*), Marañón (*Anacardium accídentele*), Marañón (*Anacardium occidentale*), Mango (*Mangifera indica*); familia *anonaceae*: Guanábana (*Anona muricata*), Níspero (*Anona squamosa*); familia *arecaceae*: Corozo (*Acrocomia antioquiensis*); familia *astertaceae*: Indio viejo (*Bemonia brasillence*); familia *bambusaceae*: Guadua (*Bambusa guadua*), Caña brava (*Bambusa comunis*); familia *betulaceae*: Aliso (*Alnus jorullensis*); familia *bignoniaceae*, Guayacán rosado (*Tabebuia rosea*), Totumo (*Crescentia kujete*), Gualanday (*Jacaranda Caucana*), Mión (*Spatrodea campanulata*); familia *bombacaceae*, la Ceiba (*Ceiba pentandra*), Balso (*Ochroma pyramidale*), Zapote (*Quararibea cordata*); familia *boraginaceae*: Asemos (*Cordia sp.*), Mónico (*Cordia alliodora*); familia *caesalpinaceae*: Guamo macho (*Sclerodlubium sp*), Cañafístulo (*Cassia grandis*), Pata de

vaca (*Bahunia sp*), Palo cruz (*Brownea ariza*), Algarrobo (*Hymenaea palustres*); familia caricaceae: Papayo (*Carica papaya*); familia clusiaceae: Gaque (*Clusia grandiflora*); familia compositae: Mulato (*Pallolestia sp.*); familia cyatheaceae: Helecho macho (*Trichipteris frigia*); familia esterculiaceae, el Guácimo (*Guazuma ulmifolia*), Cacao (*Theobroma cacao*); familia euphorbiaceae: Paraguas (*Euforbia pullquerrima*), Barbasquillo (*Phyllanthus*), Cauchillo (*Sapium sp.*); familia fabaceae: Matarratón (*Gliricidalia sepium*), Anaco (*Eritrina peoppigiana*), familia flacuriaceae: Elemento (*Cassearia corymbosa*); familia gramineae: Bambú (*Bambusa vulgaris*); familia litraceae: Picurito (*Adenaria sp.*); familia melastomataceae: Miconia (*Miconia sp.*); familia meliaceae, el Cedro (*Cedrela sp*); familia moraceae: Higuerón (*Ficus glabarata*), Arbol del pan (*Artocarpus comunis*), Cauchillo (*Castilloa elastica*), Moral (*Chlororophora tinctoria*), Yarumo (*Cecropia sp.*); familia Mimosaceae: Guamo macheto (*Inga spectabilis*), Piñón de orejo (*Enterolobium cyclocarpum*), Gallinero (*Pithecellobium dulce*), Galapo (*Albizzia carbonaria*), Guamo copero (*Inga heteroptera*), Guamo (*Unga sp*), Orejo (*Enterolobium cyclocarpum*), Leucaena (*Leucaena leucocephala*), Nauno (*Pseudosamanea guachapele*), Saman (*Samanea saman*), Carbonero (*Albizzia carbonaria*); familia myrsinaceae: Cucharo (*Myrcia guianensis*); familia myrtaceae: Arrayán (*Mirilla popayanensis*), Calistemo (*Callistemun sp.*), Guayabo (*Psidium gaujaba*), Guayabo pomarroso (*Campomaneua lineatiflora*), Pomarroso (*Eugenia jambos*); familia oleaceae, Urapán (*Fraxinus chinensis*); familia ulmaceae: Raspador (*Trema micantrea*); familia piperaceae: Cordoncillo (*Piper sp.*); familia rutaceae: Tachuelo (*Zanthoxylum sp*), Cítricos (*Citrus sp*); familia sapindaceae: Mamoncillo (*Melicocca bijuga*); familia sapotaceae: Caimo (*Chrysiphyllum caimito*); familia sterculiaceae: Guácimo (*Guazuma ulmifolia*); familia styracaceae: Hueso (*Styrax sp*).

También se hallaron especies aloctónas como las siguientes: de la familia moraceae, el Ficus (*Ficus sycomorus*); familia araucariaceae, la Araucaria (*Araucaria imbricata*); familia combretaceae, el Almendro (*Terminalia catappa*); familia pinaceae, el Pino Patula (*Pinus patula*), familia myrtaceae, el Eucalipto (*Eucalyptus grandis*), familia caesalpinaceae, la Acacia Amarilla (*Cassia siamea*), Acacia roja (*Delonix regia*), familia combretaceae, el Almendro (*Terminalia catappa*).

En el sector encontramos además los siguientes cultivos perennes: de la familia anonaceae, la Guanábana (*Anana muricata*); familia caricaceae, el Papayo (*Carica papaya*); familia euphorbiaceae, la Yuca (*Manihot sculenta*); familia fabaceae, el Frijol (*Phaseolus vulgaris*); familia gramíneas, el Maíz (*Zea mays*), la Caña de Azúcar (*Saccharum officinalis*); familia musaceae, el Plátano (*Musa sapientum*); familia rubiaceae, el Café (*Coffea arabica*); familia retaceae, los Cítricos (*Citrus sp.*).

Para el pastoreo de ganado se encontraron las siguientes gramíneas: puntero (*Andropogon bicornis*), Bermuda (*Cynodon dactylon*), Pasto cuaresma (*Echinochloa colonum*), Guinea (*Panicum maximum*), Pasto sabana (*Zoysia matrella*), Pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*), Rabo de cachorro (*Polypogon elongant*).

7.3 UBICACIÓN DE SITIOS DE MUESTREO

Para el establecimiento de los sitios o puntos de monitoreo se tuvo en cuenta que la escorrentía fuera permanente, para así poder tener datos representativos en el muestreo biológico durante las épocas del trabajo. Inicialmente se tomaron cerca de 23 puntos, los cuales tuvieron que ser

descartados algunos de ellos, unos por su difícil acceso y los otros por falta de agua. Este periodo de ubicación se mantuvo durante todo el tiempo de trabajo ya que habría de revisarse el comportamiento en las tres épocas: lluvia, intermedia y sequía.

Como resultado se definieron 6 sitios, cinco dentro del cauce principal de la Honda, las estaciones demarcadas como 1, 2, 3, 5, 6 y una fuera de ella, en uno de sus afluentes, lajita, la estación 4. A continuación en la tabla 8 se muestran los datos de ubicación por sitio (finca, dueño), ubicación espacial tomada con un G.P.S. marca Trhimble, la altura y la vereda. Los datos de posicionamiento espacial fueron tomados de manera continua en todas las temporadas para tener mayor seguridad. Algunos datos no se tomaron directamente en el cauce por dificultades de recepción de satélites por la densidad de la cubierta arbórea.

Tabla 9. Ubicación de los sitios de muestreo de la quebrada la Honda y afluentes mediante el G.P.S.

ESTACION N°	SITIO	UBICACIÓN GEOGRAFICA	ALTURA (msnm)	VEREDA
1	Finca San Bernardo. Oscar Rugeles	N 6° 27' 36,66" W 73° 12' 53,15" PDOP : 3,90	1761	La Honda
2	Desembocadura de la San Miguel Hernando Corzo	N 6° 27' 48,28" W 73° 13' 36,83" PDOP : 5,68	1665	La Honda
3	Las Huellas, Qda. San Bernardo. Mercedes Castellanos	N 6° 27' 41,85" W 73° 13' 41,39" PDOP : 4,32	1609	La Honda
4	Qda. La Lajita (parte alta) Cristancho Mendoza	N 6° 27' 04,53" W 73° 14' 18,76" PDOP : 4,11	1502	La Honda
5	Desembocadura de la Lajita en la Honda. Cristancho Mendoza	N 6° 27' 9,24" W 73° 14' 22,47" PDOP : 5,01	1482	La Honda
6	Puente. Finca la Rosita Luis Acelas	N 6° 26' 17,52" W 73° 15' 4,58," PDOP : 3,11	1377	La Culebra

Fuente: El autor

7.4 PERFILES DE VEGETACIÓN DE LAS ESTACIONES UBICADAS EN LA MICROCUENCA “LA HONDA”

En cada uno de los 6 sitios de muestreo se realizó un perfil de Vegetación y se escogió un transecto con un área de 600 m², tomados a 30 m. a lado de la ribera y 10 m. en el sentido del cauce. Se determinaron, en primer lugar, las especies

arbóreas, tanto por su nombre vulgar como científico; luego, a cada árbol se le tomó el diámetro a la altura de pecho (D.A.P.); después, utilizando un Hipsómetro, se halló la altura del Fuste (H. Fuste); igualmente, en ambas márgenes se midió la distancia del árbol al cauce, y, por último, se determinó la escala vertical (altura total del árbol) y horizontal (diámetro de la copa del árbol) para cada árbol. Los datos arrojados nos permiten evaluar la calidad de ribera en el sitio y la posible influencia en el hábitat acuático para los macroinvertebrados acuáticos de la zona.

7.4.1 Perfil de vegetación Estación número 1. Este primer perfil se toma en el nacimiento de la quebrada “San Bernardo”, importante afluente de la Microcuenca “La Honda”, la cual no presenta franja protectora en algunos tramos, y en los pocos donde existe sólo la hay a uno de sus costados, con una distancia no mayor de tres metros del cauce; presentando además cultivos de café con la particularidad de estar sembrados a una distancia menor de un metros del cuerpo de agua y con ello aportando gran cantidad de contaminantes de sus abonos químicos y fumigaciones utilizados para la fertilización y control de plagas, los cuales son conducidos sin ninguna mediación por escorrentía al cauce. La muestra se tomó en el sitio mas densamente poblado de vegetación y los datos los podemos a continuación en la figura 4, ubicando la vegetación, sus cantidades, la altura máxima, el DAP, su cubierta vista en planta y el perfil pendiente del sector

El área inundable es de 3,0 m, con una lámina de agua de aproximadamente 1,1 m, en lluvia; y en sequía de 0,42 m; con caudales calculados de 2,5 l/s en lluvia, en intermedio de 2 l/s, y, en sequía de 1,2 l/s. Según la clasificación de bosques de Dansereau¹⁰ el perfil determinado se encuentra dentro de la zona densa, lo cual indica que la proyección horizontal se encuentra cubierta en un ochenta por ciento (80%) de la superficie.

¹⁰ Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Guía para la elaboración de estudios del medio físico, Madrid, España, 1992.

7.4.2 Perfil de vegetación Estación número 2. Esta ubicada en la desembocadura de la quebrada San Miguel afluente importante de la Microcuenca “La Honda”, especialmente en épocas de lluvia, toda vez que durante el sequía su aporte es poco significativo por cuanto allí se encuentra construida una bocatoma que abastece del recurso hídrico a cuarenta y cinco familias, aproximadamente.

En este sector la franja protectora en algunos de sus tramos es de aproximadamente treinta metros a lado y lado, protegidos con cercados en poste y alambre, creciendo allí vegetación nativa, contribuyendo al mejoramiento y permanencia de los caudales de agua.

Según la clasificación de bosques de Dansereau, el perfil se localiza dentro de la zona densa lo cual indica que la proyección horizontal se encuentra cubierta en un ochenta por ciento (80%) de la superficie (**Figura 5**). En la época de lluvia de los meses de septiembre a diciembre, la calidad del agua se ve deteriorada a causa de las descargas que recibe de los beneficiaderos de café ubicados en fincas aledañas.

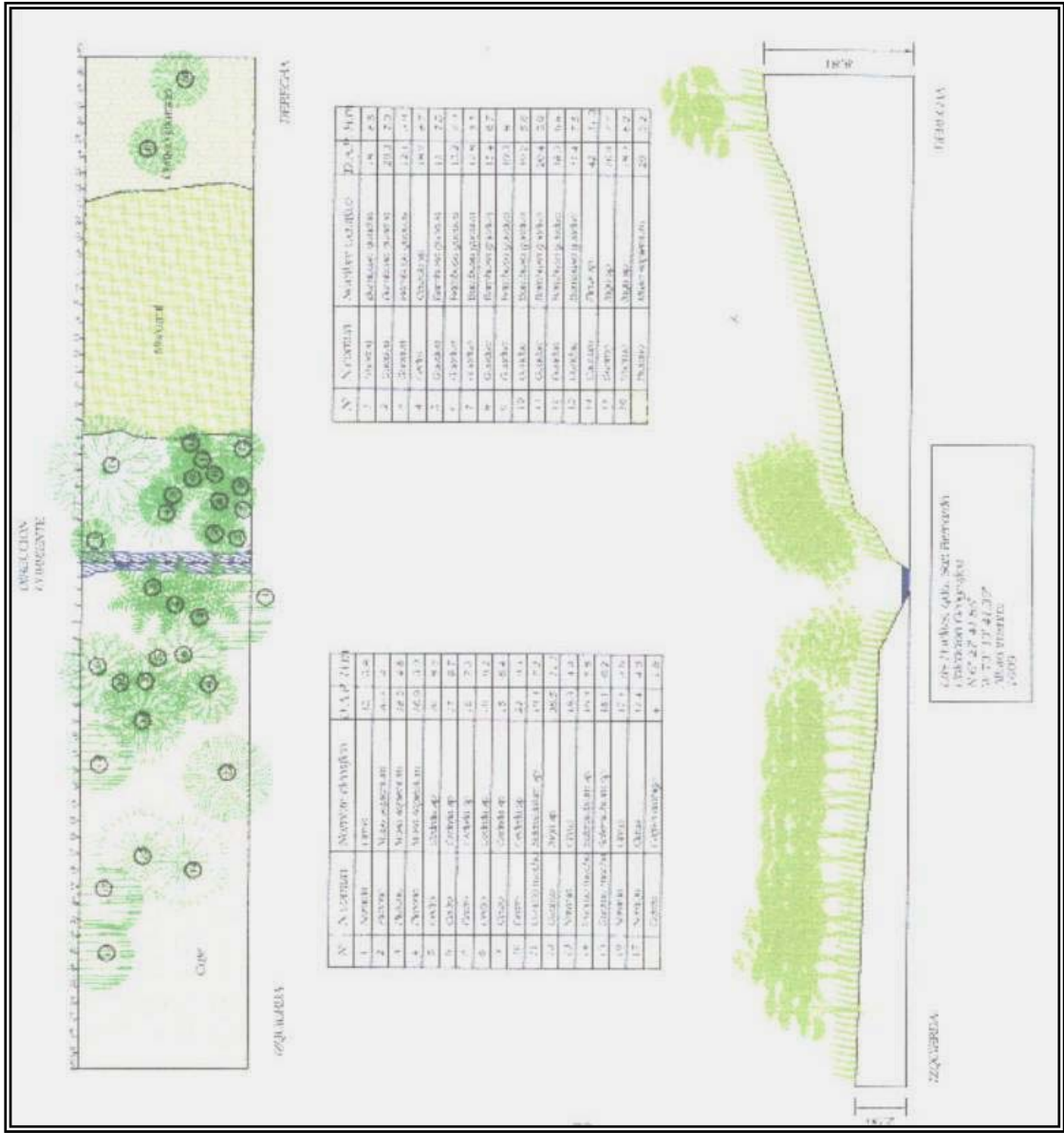
El área inundable en el sitio es de 4,6 m, en lluvia presenta una lámina de agua de 3,1 m, y, en sequía de 1,2 m., maneja caudales de 3,0 L/s en lluvia, de 2,5 L/s en intermedio, y, de 1,0 L/s en sequía.



7.4.3 Perfil de vegetación estación 3. El uso potencial del suelo en el sector es exclusivo para el cultivo del café, y en menor escala, el frijol y el tomate; debido a la cercanía de dichos cultivos a las riberas de la quebrada son potenciales fuentes contaminantes de las aguas del cauce.

El área inundable en la estación 3, es de 5,2 m, en lluvia presenta una lámina de agua aproximada de 2,8 m, mientras que en época de sequía se observó de 1,0 m . Los caudales calculados son: en lluvia de 4 L/s, en intermedio de 3,2 L/s, y, en sequía de 1,14 L/s

En este sitio el perfil identificado se halló dentro de los ligeramente “ralos”, lo cual indicó que los árboles existentes se encuentran considerablemente distanciados y su proyección horizontal cubre, aproximadamente, un setenta 70% de la superficie. (Figura 6). La vegetación predominante es la guadua, el cedro y cítricos.



N°	NOMBRE	Nombre científico	H.A.P. (cm)
1	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
2	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
3	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
4	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
5	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
6	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
7	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
8	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
9	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
10	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
11	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
12	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
13	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
14	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
15	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
16	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
17	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
18	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
19	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
20	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12

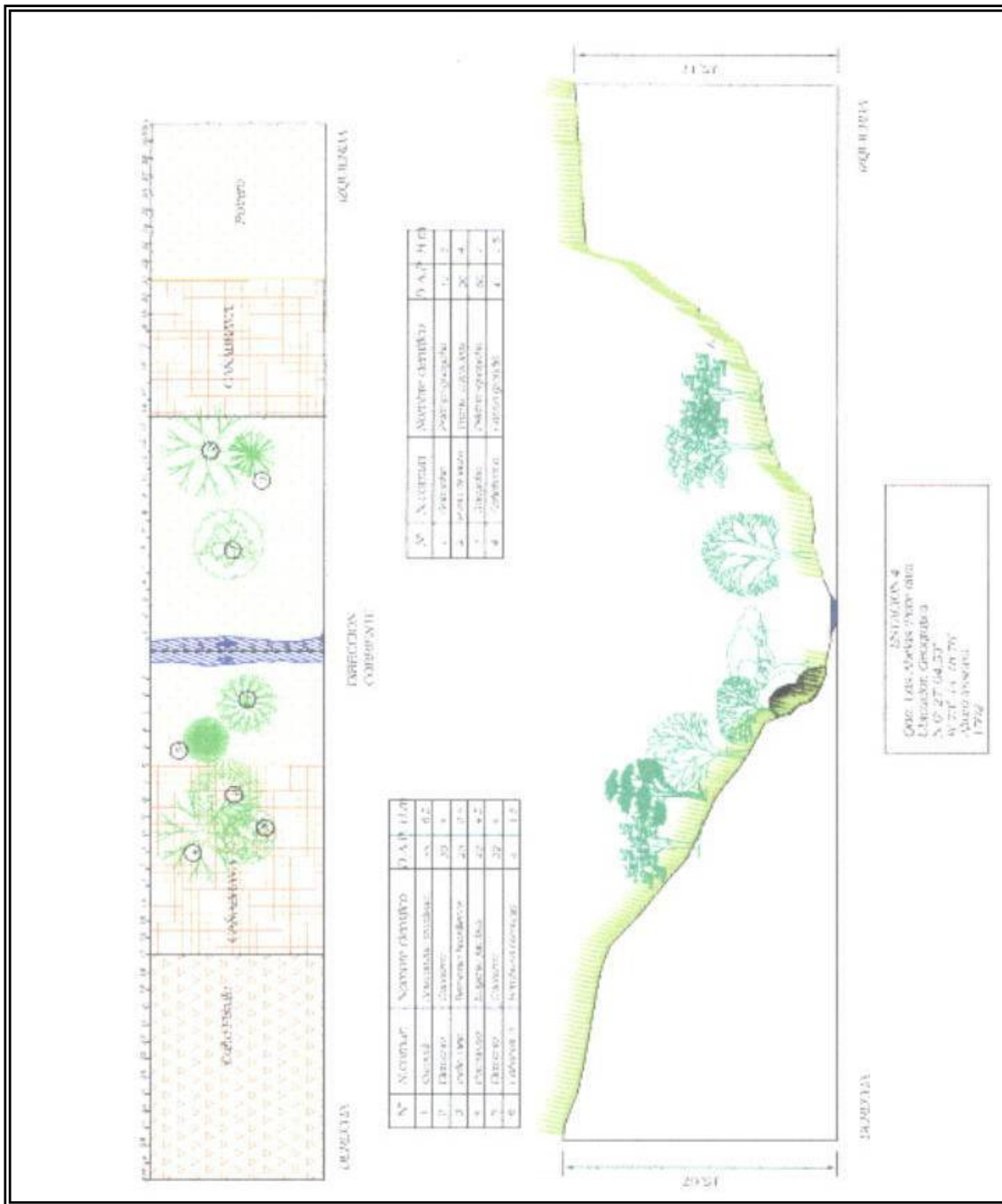
N°	NOMBRE	Nombre científico	H.A.P. (cm)
1	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
2	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
3	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
4	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
5	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
6	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
7	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
8	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
9	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
10	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
11	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
12	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
13	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
14	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
15	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
16	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
17	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
18	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
19	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12
20	Arboleda	Arboleda	12, 12, 12

C.A. INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 C.A. INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 C.A. INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 C.A. INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 C.A. INGENIERIA Y ARQUITECTURA

7.4.4 Perfil de vegetación Estación 4. Esta estación se ubica en La quebrada, La Lajita o también denominada las abejas, por hallarse colonias silvestres. Fuente considerada como duna de las más constantes y aportantes a la Honda. En este sector el uso potencial del suelo es exclusivo para ganadería. El área inundable de esta quebrada es de 4,5 m; en lluvia se observa una lámina de agua de 2,2 m, mientras que en época de sequía sólo presenta 1,1 m. Los caudales que maneja son: en lluvia 8 L/seg, en intermedio 6,5 l/s y, 2,92 l/s en sequía. El uso potencial del suelo es exclusivo para ganadería, con amplia protección de vegetación hasta dentro del cauce. (Figura 7).

La vegetación es esencialmente nativa pero bastante rala de árboles, pero se halla tupida de caña brava, la cual protege la ribera de esta fuente de agua. Tiene varios aljibes, lo que le permite el drenaje constante de agua

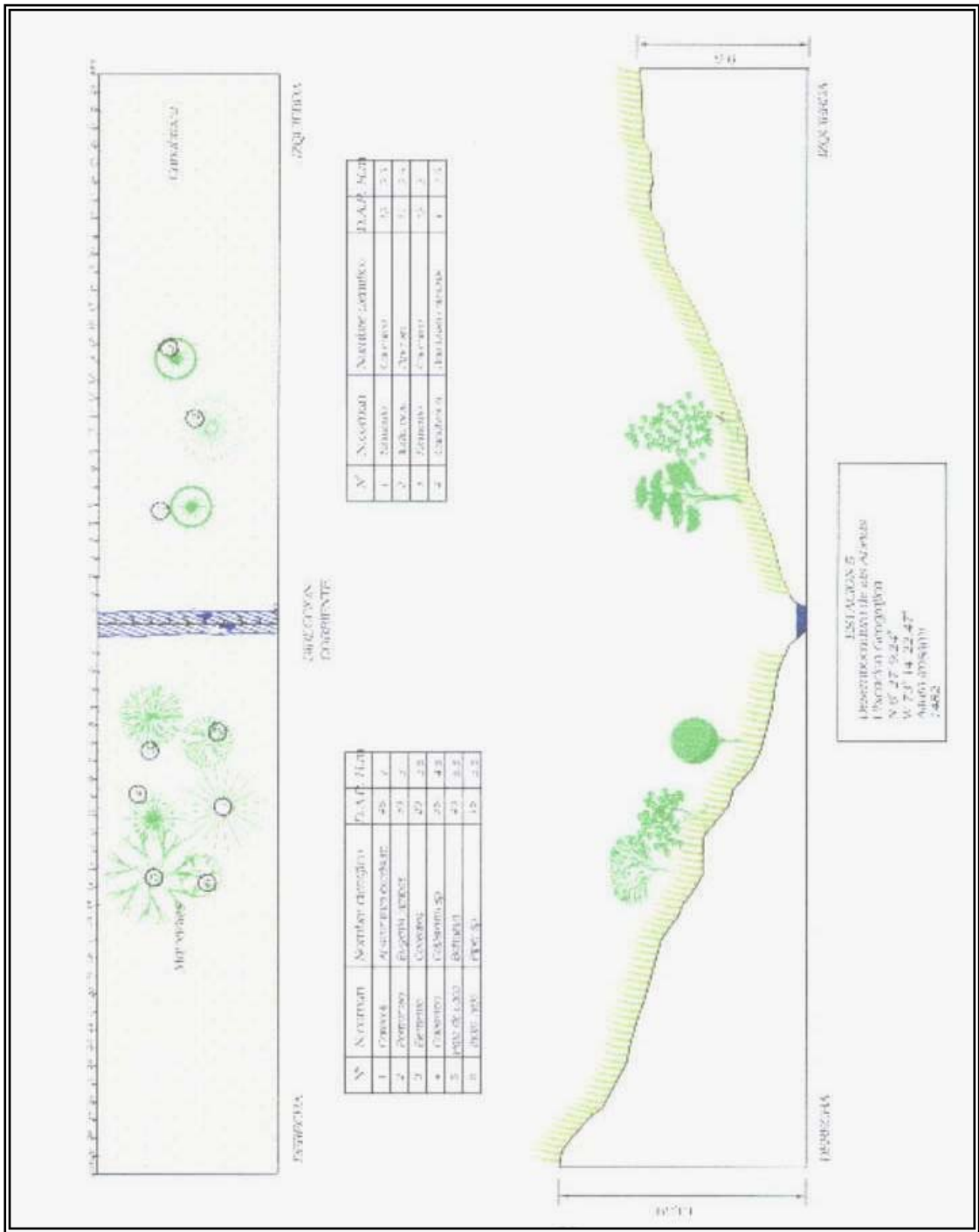
El perfil se encuentra dentro de los ligeramente ralos, lo cual indica que los árboles existentes se encuentran medianamente distanciados y su proyección horizontal cubre un 70% de la superficie de la zona.



7.4.5 Perfil de vegetación estación 5. El área inundable en este sitio es de aproximadamente 5,5 m, con una lámina de agua, en lluvia, de aproximadamente 2,1 m, y de 1,0 m, en sequía; los caudales calculados son: en lluvia de 9 L/s, en intermedio de 7 L/s, y, en época de sequía, de 1,82 L/s .

Este punto se ubica en la desembocadura de la quebrada la Lajita o Abejas y teniendo en cuenta los mismos parámetros utilizados en las anteriores estaciones, la vegetación se puede catalogar como “súper densa”, toda vez que las ramas de los árboles se entrecruzan cubriendo el cauce mediante un dosel, lo cual contribuye a la protección y conservación del recurso hídrico (Figura 8).

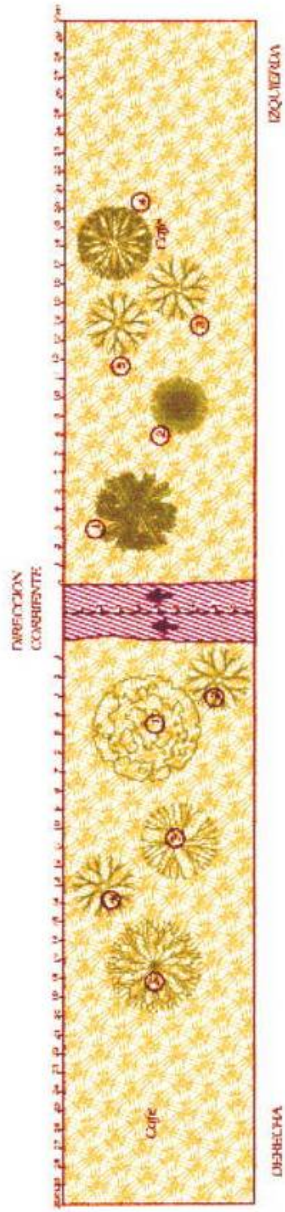
La vegetación está compuesta de cañabrava, caimos, guamos, ceibas, orejos y moral, generando una barrera protectora que permite aislar de las zinas de cultivo en parte.



7.4.6 Perfil de vegetación estación 6. La estación 6 pertenece al cauce principal de la Microcuenca “La Honda” a escasos 600 m del embalse, presentando un buen caudal en todas las épocas, gracias a la afluencia de un nacimiento cercano al sector de estudio.

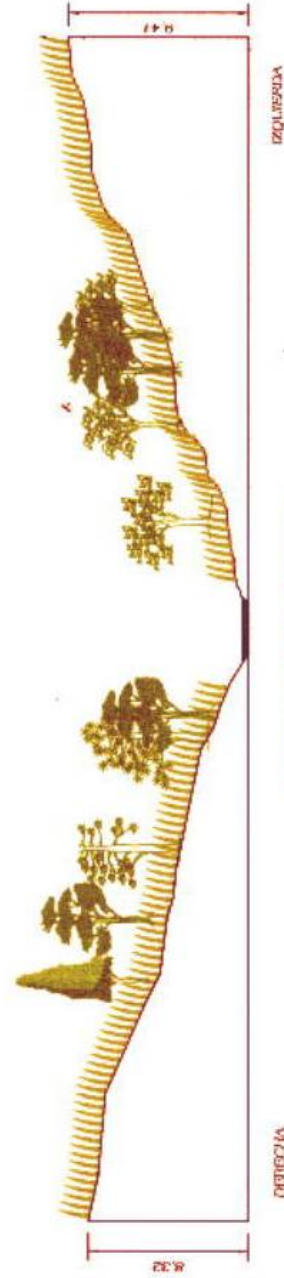
El área inundable de este punto es de aproximadamente 6,5 m, en lluvia se observó una lámina de agua de 2,8 m, y en sequía de 1,9 m; con caudales calculados de 15 L/s en lluvia, de 12 L/s en intermedio, y, en sequía de 6,5 L/s (véase tabla14).

El bosque se puede catalogar dentro de los ligeramente ralos ya que se tiene en cuenta que la proyección horizontal se encuentra cubierta en un 70% de la superficie, encontrándose que este perfil presenta la misma particularidad de las estaciones anteriores, la del monocultivo del café con algunos cultivos de cítricos. (Figura 8). En este sitio existe llamado una estructura de concreto, puente Acelas.



N°	N. común	Nombre científico	D.A.P.	H.m
1	Palma	<i>Chorophyllum palmatum</i>	.75	2.8
2	Cañamo	<i>Eragrostis sp.</i>	.78	3
3	Cañamo	<i>Eragrostis sp.</i>	.78	3.2
4	Morco	<i>Chorizanthe dactyloides</i>	.80	3.5
5	Cañamo	<i>Eragrostis sp.</i>	.75	3.6
6	Cajup	<i>Coffea arabica</i>	4	1.8

N°	N. común	Nombre científico	D.A.P.	H.m
1	Cajup	<i>Coffea arabica</i>	.45	6.5
2	Morco	<i>Chorizanthe dactyloides</i>	.50	3.8
3	Cajup	<i>Coffea arabica</i>	.55	6.2
4	Cañamo	<i>Eragrostis sp.</i>	.58	4.2
5	Cañamo	<i>Eragrostis sp.</i>	.60	4.0
6	Cajup	<i>Coffea arabica</i>	4	1.8



ESTACION 6
 Puente de Las Arenas
 Ubicación Geográfica
 N 6° 26' 17.52"
 W 73° 15' 4.58"
 Altura 1058m
 1377

7.5 ESTUDIOS REALIZADOS EN LA MICROCUENCA DE LA HONDA

En la microcuenca de la Honda se han realizado algunos estudios de diferente índole para evaluar el estado de los bosques, hidrología, en la calidad bacteriológica de sus aguas o para la presentación de algunos proyectos como el de la construcción del embalse que hoy lleva su nombre, se realizaron análisis de tipo fisicoquímico y bacteriológico, porque lo exigía el tipo de obra a realizar. También se han realizado algunos estudios de diferente índole para evaluar el estado de los bosques, hidrología, en la calidad bacteriológica de sus aguas o para la presentación de algunos proyectos como los de la realización del embalse que hoy lleva su nombre, se realizaron análisis de tipo fisicoquímico y bacteriológico, porque lo exigía el tipo de obra a realizar.

A pesar de la importancia de la cuenca para los municipios de El Socorro y Palmas del Socorro, debido a que de ella se extraen el agua para sus acueductos tanto municipales como veredales, al igual que para uso agropecuario, no se ejerce ningún control sobre su calidad y cantidad de extracción. Razón que hace necesario iniciar procesos de manera sistemática y desarrollar un programa de vigilancia y control que permita obtener datos para una adecuada gestión de calidad y cantidad del recurso hídrico. Como información histórica conocida se tienen los análisis fisicoquímicos y bacteriológico que se desarrollaron en la parte media de cuenca como parte del estudio, "Declaratoria de Efecto Ambiental del Proyecto de Embalse La Honda", realizado por el geólogo Cesar Julio Trujillo en 1993, y que fueron ejecutados por el Laboratorio de Consultas Industriales de la Universidad Industrial de Santander, cuyo contenido lo podemos apreciar en las tablas 10 y 11.

Tabla 10. Resultados de los análisis fisicoquímicos de las aguas para el proyecto de construcción del embalse “La Honda”

PARÁMETRO	Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4	Nº 5
pH	7.42	7.47	7.35	7.14	6.96
Color (UPC)	10.00	5.00	10.00	35.00	20.00
Turbidez (UNT)	3.50	3.00	3.00	14.00	3.50
Sólidos Totales (mg/ L)	103.40	166.30	83.40	76.10	118.20
Sólidos suspendidos (mg/ L)	0.80	86.90	8.60	2.80	31.40
Sólidos Disueltos (mg/ L)	102.60	79.40	74.80	73.30	86.80
Sulfatos (mg SO4 /L)	8.50	9.50	9.50	15.70	1.80
Tensoactivos (mg/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Acidez	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Alcalinidad total (mg CaCO3/L)	81.40	76.30	71.20	66.10	91.50
DQO (mg O2 /L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
DBO5 (mg O2 /L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Oxígeno Disuelto (mg O2 /L)	7.24	7.50	5.00	4.30	4.70

Fuente: Laboratorio Químico de Consultas Industriales - Universidad Industrial de Santander.

Nº 1: Qda. La Honda

Nº 2: Qda. La Laja

Nº 3: Qda. La Chorrera

Nº 4: Qda. El Espanto

Nº 5: Qda. Innominada

N.D: No detectable

Tabla 11. Resultados de los análisis bacteriológicos del agua para el proyecto de construcción del embalse “La Honda”

QUEBRADA	N.M.P. COLIFORMES TOTALES/ml	N.M.P. COLIFORMES FECALES/ml
Qda. “La Laja”	15	3
Qda. “La Honda”	9	4
Qda. “La Lajita”	9	0
Qda “El Espanto”	40	4

Fuente: Laboratorio Químico de Consultas Industriales - Universidad Industrial de Santander.

En ellas se observó que las aguas son de buena calidad en los parámetros medidos, fisicoquímicos y bacteriológicos, cumpliendo con lo establecido en el decreto 1594/84. Para esta época los niveles de contaminación no eran apreciables porque en el sector no existía una explotación igual de intensa en el área agropecuaria como lo está hoy día con la incorporación de nuevos cultivos tales como los de cítricos, guanábana y el incremento de los cultivos de caña de azúcar, la destrucción de las zonas de protección de las márgenes de la quebrada, y el posible incremento de productos químicos con niveles y concentraciones desconocidas hasta ahora.

Para el año 2001, la empresa prestadora del servicio de agua potable “EMSERCO S.A. E.S.P., inicia un estudio sobre la calidad bacteriológica de las aguas de las fuentes abastecedoras, la Honda y la Sancotea, en donde determinan sitios de muestreo bajo características específicas respecto a la permanencia del caudal en el año, los afluentes y los posibles sitios de contaminación. Establecieron como criterios de selección de los puntos de monitoreo la importancia y permanencia del caudal en lluvia y sequía, en las

redes principales demarcando sitios alto, medio y bajo, los focos de contaminación y los puntos de permanente llegada de agua a la planta y el agua tratada.

El número de puntos de muestreos de la quebrada la Honda y sus afluentes fueron 31, en los puntos críticos por posible contaminación, 39, para un total de 70 muestras. De estos sitios de muestreos, seis de ellos coincidieron con los establecidos en el monitoreo biológico del presente estudio, cuyos resultados se relacionan en la tabla 12, para las épocas de lluvia de 2001 (Noviembre) y sequía de 2002 (sequía).

Haciendo un paralelo entre los resultados de 1993 con el estudio de impacto ambiental del embalse de la Honda y los muestreos actuales realizados por la firma administradora del acueducto, se evidencio un incremento en la contaminación orgánica de los cauces y sus afluentes, causados posiblemente por el lavado del café, las aguas mieles de los trapiches paneleros, los químicos utilizados en el abono y fumigación de los cultivos permanentes y transitorios, las aguas servidas de las viviendas así como las posibles infiltraciones de los pozos sépticos, que no se les hace vigilancia, y las basuras de diversas procedencias que terminan en las fuentes de agua.

Para la realización del presente estudio se realizó una muestra en la época de sequía, para revisar las condiciones de Oxígeno Disuelto, Temperatura, pH, conductividad y salinidad. En este muestreo se tomó toda la cuenca para observar el comportamiento desde su nacimiento hasta cuando desemboca en el río Suárez (ver tabla 18). Durante el muestreo, se descalibró el conductímetro a partir del punto 5 y por ello no se reportaron estos datos en los puntos restantes. Analizando los parámetros tomados se puede observar lo siguiente:


Tabla 12. Resultados obtenidos en el estudio microbiológico de las aguas de las Microcuencas “Sancotea”, “La Honda” y sus respectivos embalses.

PUNTO DE MONITOREO	NOVIEMBRE 2001		MARZO 2002	
	Coliformes fecales N.M.P.	Coliformes Totales N.M.P.	Coliformes fecales N.M.P.	Coliformes Totales N.M.P.
Quebrada San Bernardo alto	39.000	39.000	150.000	240.000
Quebrada San Miguel desembocadura San Bernardo	75.000	93.000	----	----
Quebrada San Bernardo (Huellas)	150.000	210.000	----	----
Quebrada La Lajita parte alta	40.000	40.000	93.000	240.000
Quebrada La Lajita desembocadura La Honda	43.000	75.000	150.000	240.000

Tabla 13. Análisis fisicoquímicos de las once estaciones

CENTRO DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES AMBIENTALES CEIAM		INFORME DE RESULTADOS							
OFICINA: CENTRO DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES AMBIENTALES (CEIAM) - UJS REALIZADO POR: Oca. Esp. Oca. Ambiental. YANETH QUINTERO LOPEZ Oco. Esp. A.M.A. URIEL SALOMÓN BARRAGÁN CARDOZO		Enero 23 del 2003 RNo. 00093							
TITULO: ANALISIS FISICOQUIMICO MICROCUENCA "LA HONDA" - MUNICIPIO DEL SOCORRO									
NOMBRE	PUNTO	FECHA	HORA	pH	T (°C)	OD mg/l O2	CONDUCTIVIDAD microS/cm	DBO5 mg/l O2	SÓL. DISU. mg/l
QBDA. SAN BERNARDO ALTO	PTO1	15/01/03	8:03AM	5.93	19	1.8	38.2	5.0	16.7
QBDA. SAN MIGUEL	PTO2	15/01/04	9:50AM	6.6	19	6.3	25.5	2.9	12.9
QBDA. SAN BERNARDO HUELLAS	PTO3	15/01/05	10:50AM	7.11	18.8	7.5	48	3.94	24.2
QBDA. LA LAJITA	PTO4	15/01/06	4:15PM	7.8	21.6	8.9	...	4.4	...
DESEMBOCADURA LA LAJITA	PTO5	15/01/07	12:04AM	7.3	21.4	7.4	...	3.17	...
PUENTE LUIS ACELAS	PTO6	15/01/08	4:00PM	7.8	22	8.4	...	5.32	...
KM. 8 DE BAJO DEL EMBALSE	PTO7	16/01/03	5:25PM	7.7	22.5	6.8	...	1.1	...
KM.9 LA HONDA	PTO8	16/01/04	8:00AM	7.6	19.9	7.8	...	4.3	...
BOCATOMA ACUEDUCTO PALMAS	PTO9	16/01/05	9:25AM	7.8	21.2	7.8	...	3.6	...
PISCINA LA HONDA	PTO10	16/01/06	10:25AM	7.2	22.5	8.3	...	4.4	...
DESEMBOCADURA RIO SUÁREZ	PTO11	16/01/07	12:35PM	7.5	24.5	5.4	...	4.8	...

(...) Equipo en mal estado por lo tanto no se pudo realizar la medición


YANETH QUINTERO LÓPEZ
 Jefe Laboratorio CEIAM

Sede Guatiguará Km. 2 vía El Relojero Teléfono: 6550801 Piedemonte Santander

8. MACROINVERTEBRADOS DE LA MICROCUENCA “LA HONDA”

8.1 ÓRDENES Y FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS

Los Taxas encontrados en las aguas de la Microcuenca “La Honda” pertenecen a 8 de los ordenes conocidos: Basommatophora, Coleoptera, Díptera, Hemíptera, Trichoptera, Tubificidae, Neuroptera, Odonata y Ephemeroptera, a los cuales pertenecen 26 familias capturadas en las tres épocas a las que se les realizó un análisis tendiente a establecer su clasificación, mediante el uso de las guías Alba- Tercedor (1988), de Roldan (2002) para el departamento de Antioquia, la del Valle del Cauca (1994) y la preliminar de Sánchez –Ortega (2001) para Norte de Santander. Hasta familia se logró la comparación con la guía ya que no se contaba ni con el conocimiento de un entomólogo ni las claves necesarias para su adecuada clasificación a nivel de género ó de especie. A continuación se hace una descripción de las características más relevante de los órdenes y familias presentes en el muestreo, tomados de los anteriores estudios:

8.1.1 Orden Basommatophora. Son gasterópodos pulmonados, poseen un sólo par de tentáculos y los ojos están situados cerca de la base de los mismos; se les puede considerar indicadores de aguas duras y alcalinas. Pertenecen a este grupo formas dulceacuícolas y algunas marinas. Se consideran de importancia económica y ecológica debido a su participación como hospederos intermediarios de parásitos.¹¹ Los rasgos morfológicos y aspectos ecológicos de las familias encontradas en los sitios de muestreo y

¹¹ ROLDÁN PÉREZ, Gabriel. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia. Editorial. Presencia Ltda., 1988.

época, según literatura de Roldan y Sánchez- Ortega, se pueden observar en tabla 14.

Tabla 14. Rasgos morfológicos y aspectos ecológicos de las familias del orden Basommatophora encontradas en la Microcuenca “La Honda”

FAMILIA	RASGOS MORFOLÓGICOS	ASPECTOS ECOLÓGICOS	ESTACIONES DE MUESTRO
Physidae	<p>Concha sinostrógrira y cónica; viven en todo tipo de agua y son resistentes a la contaminación.</p> <p>El género típico es <i>Physa</i>. Ampliamente distribuidos en toda Suramérica.</p>	<p>Son abundantes en aguas depositadas y de poca corriente.</p> <p>COMUNIDAD: Bentos</p>	5, (sequía)

8.1.2. Orden Coleoptera. El orden Coleoptera es uno de los más extensos y complejos, y debido a que muchos de ellos son semiacuáticos, frecuentemente resulta difícil definirlos como acuáticos o terrestres; aún más, algunas formas terrestres pueden caer accidentalmente al agua durante los muestreos, lo que hace aún más difícil su clasificación para quienes no son expertos. Dentro de los anteriores están las familias Heteroceridae, Chrysomelidae y Curculionidae.

El conocimiento de los coleópteros acuáticos del trópico americano aún es incipiente y las claves existentes son en su mayoría antiguas y poco

ilustradas, y la poca información existente se encuentra esparcida en distintas publicaciones a nivel mundial y los especímenes están depositados principalmente en museos europeos y algunos norteamericanos.

Los coleópteros presentan una metamorfosis completa pero son muy diferentes morfológicamente el adulto y la larva. Su ciclo de vida presenta un período que puede variar de meses a años, dependiendo de la especie. A nivel del trópico los procesos de reproducción no son muy conocidos. Presentan como etapas de su ciclo de vida huevo-larva-pupa y adulto. Los huevos son depositados en el agua sobre la vegetación acuática, troncos en descomposición, en rocas o grava.¹² Los rasgos de las familias presentes se pueden observar en la tabla 15.

Tabla 15. Rasgos morfológicos y aspectos ecológicos de las familias del orden Coleoptera encontradas en la Microcuenca “La Honda”

FAMILIA	RASGOS MORFOLÓGICOS	ASPECTOS ECOLÓGICOS	ESTACIONES DE MUESTREO
Ptilodactylidae	De 3 a 15 mm Convexos Alargados Ovalados Color rojo ladrillo Antenas filiformes Presentan pubescencia sobre sus cuerpos.	En márgenes de los arroyos, en plantas herbáceas, las larvas se encuentran en aguas someras, sobre la arena de ecosistemas lóticos; generalmente son herbívoros.	2, (lluvias, intermedio)

¹² Ídem.

		COMUNIDAD: Bentos	
Elmidae	De 1,2 a 7 mm De color negro o pardo. Presentan bandas transversales En los adultos se observa que para cada mandíbula existe un diente pequeño. Son generalmente delgados y ovalados.	De aguas lóaticas, ocasionalmente en lagunas y charcas; algunos adultos viven en la interfase aire-agua. En medios de corrientes moderadas se adhieren a rocas, gravas, troncos y hojas en descomposición, en materiales limosos y vegetación sumergida. Se encuentran en aguas poco profundas. Son colectores, herbívoros. COMUNIDAD: Neuston	3, (sequía)
Dyticidae	Tamaño de 1,5 a 4 mm Cuerpos compactos Patatas medias en	Viven en aguas lénticas y lóaticas, de aguas someras en vegetación	3, 4, (sequía, intermedio)

	<p>forma de remo con largos pelos</p> <p>Sin pubescencia</p> <p>Se caracterizan por ser excelentes nadadores. Por lo general de color rojo, negro o amarillo, con bandas o punteados.</p>	<p>emergente, en charcas y zanjas.</p> <p>Son indicadores de aguas claras y algunos géneros de aguas moderadamente contaminadas.</p> <p>COMUNIDAD: Necton</p>	
Gyrinidae	<p>De 2 a 15 mm. de tamaño. De color negro, su cuerpo presenta forma hidrodinámica.</p> <p>Presentan adaptaciones para el nado en ojos, patas y antenas.</p>	<p>De aguas lóaticas y lénticas. Viven en la Interfase aire-agua. En vegetación sumergida y emergente. Son depredadores.</p> <p>COMUNIDAD: Neuston</p>	<p>1 (lluvias, sequía, intermedio);</p> <p>3, (sequía, intermedio);</p> <p>4, (sequía);</p> <p>5, (sequía);</p>
Hidrophilidae	<p>De un tamaño entre 1,5 a 45 mm, antena en forma de porra, pata media y posterior aplanada en forma de remo, de color negro, algunos presentan una quilla esternal. Su color puede ser negro o pardo con manchas</p>	<p>Viven en aguas lénticas y lóaticas de aguas someras en vegetación emergente, en charcas y zanjas.</p> <p>Son indicadores de aguas muy contaminadas. Los adultos por lo</p>	<p>1, 2 (sequía, intermedio); 4, (sequía);</p> <p>5, (sequía);</p>

	o puntos.	general son herbívoros, se alimentan de algas, hojas en descomposición. Las larvas son depredadoras	
Scirtidae	De 2 a 4 mm. Generalmente los adultos son convexos y ovalados, élitros blandos, de color amarillo a negro; las antenas de las larvas son multi-segmentadas.	Las larvas se encuentran en ecosistemas lénticos. Los adultos se encuentran en la vegetación ribereña, son terrestres. Generalmente se alimentan de material vegetal en descomposición; son detritívoros y herbívoros. COMUNIDAD: Bentos	3, (sequía)

8.1.3 Orden Díptera. Insectos de tamaño pequeño o mediano, de colores vivos y metalizados aunque generalmente son de colores opacos. El cuerpo está cubierto por sedas y escamas.

El orden Díptera se considera uno de los grupos de insectos más evolucionados, junto con el Lepidoptera y el Trichoptera. Las hembras ponen los huevos bajo la superficie del agua, adheridos a rocas y vegetación flotante y su período de desarrollo larval puede ser de una semana o hasta de un año.

La característica más importante de las larvas de los dípteros es la ausencia de patas torácicas, su cuerpo está formado por tres segmentos torácicos y nueve abdominales, es blando y cubierto de cerdas, espinas apicales o corona de ganchos en prolongaciones que ayudan a la locomoción y adhesión al sustrato, su coloración puede ser amarillenta, blanca o negra.

Son conocidos comúnmente como mosquitos y moscas y para facilitar el movimiento de las alas y patas poseen un sistema muscular muy desarrollado en los adultos, su sistema digestivo es completo con glándulas anexas, la excreción se realiza por Tubos de Malpighi, tienen un sistema circulatorio abierto y un sistema nervioso ganglionado así como un complejo endocrino retrocerebral muy desarrollado. Además pueden presentar un sin número de órganos sensoriales.

De los dípteros se puede decir que no hay hábitat en que no estén presentes, ya sea como larva o adulto; los adultos pueden ser fitófilos (se alimentan de néctar) y **zoófitos** (se alimentan de fluidos e otros seres vivos). La mayoría se alimentan de néctar y de fluidos vegetales o animales procedentes de materia orgánica en descomposición, algunas veces perforan la piel de sus

victimas para poder absorber los líquidos que en la mayoría de los casos es sangre. La hematofagia la ejerce la hembra ya que necesita efectuar tomas de sangre para que sus huevos puedan madurar, fenómeno que se conoce como concordancia trofagónica. Por lo anterior, los Dípteros ejercen un papel activo en la transmisión de enfermedades a las plantas y a otros animales incluyendo al hombre, ya que actúan como vectores biológicos o mecánicos de muchos organismos patógenos.

Su hábitat es muy variado; se encuentran en ríos, arroyos, quebradas, lagos, en todas las profundidades, depósitos de agua, en las brácteas de muchas plantas y en orificios de troncos viejos y aún en las costas marinas. Existen representantes de aguas muy limpias como la familia Simuliidae o contaminadas como la Tipulidae y Chironomidae ¹³. Los rasgos de las familias presentes se pueden observar en la tabla 16.

¹³ Ídem.

Tabla 16. Rasgos morfológicos y aspectos ecológicos de las familias del orden Díptera encontradas en la Microcuenca “La Honda”

FAMILIA	RASGOS MORFOLÓGICOS	ASPECTOS ECOLÓGICOS	ESTACIONES DE MUESTREO
Chironomidae	Placa labial con número par o impar de dientes, placa paralabial presente, segmentos del cuerpo sin cerdas.	Presente en aguas lóxicas y lénticas, en fango, arena y con abundante materia orgánica en descomposición. Indicadores: aguas mesoeutróficas. COMUNIDAD: Bentos	3, 5, (Sequía)
Tipulidae	De 6,8 a 8 mm. Seg. Torácicos y abdominales cortos, manchados dorsales.	Semiacuáticos en algas que crecen sobre piedras emergentes. Indicadores: <i>aguas mesotróficas</i> . COMUNIDAD: Bentos	3, (Sequía)

8.1.4 Orden Hemiptera. También llamados chinches de agua, se caracterizan por presentar aparato bucal picador suctor, se alimentan siempre de líquidos que obtienen picando y succionando. Los fitófagos toman jugos vegetales; los zoófagos se alimentan de líquidos internos de huevos,

larvas o imagos y sangre de vertebrados; muchos pueden ser vectores de enfermedades causadas por protozoos o virus tanto en plantas como animales y el hombre. Lo anterior permite que este orden tenga gran importancia económica. Viven en remansos de ríos y quebradas; pocos resisten las corrientes rápidas. Son frecuentes también en lagos, ciénagas y pantanos. Algunas especies resisten cierto grado de salinidad y las temperaturas de las aguas termales¹⁴.

La cabeza es poco móvil, presenta ojos compuestos bien desarrollados. Antenas formadas por pocos artejos, los segmentos torácicos están muy irregularmente desarrollados. El primer par de alas es mayor que el segundo. Abdomen formado por once segmentos, las patas presentan muchas modificaciones y variaciones dependiendo de los hábitos que poseen los especímenes (Tabla 17).

¹⁴ Ídem.

Tabla 17. Rasgos morfológicos y aspectos ecológicos de las familias del orden Hemíptero encontradas en la Microcuenca “La Honda”

FAMILIA	RASGOS MORFOLÓGICOS	ASPECTOS ECOLÓGICOS	ESTACIONES DE MUESTREO
<p>Naucoridae</p>	<p>▪ <i>Género: Limnocoris.</i> De 5 a 10 mm.; color amarillo y castaño; márgenes internos de los ojos divergen en su extremo anterior. Patas anteriores delgadas, fémur no robusto, cuerpo fuertemente convexo dorsalmente.</p> <p>▪ <i>Género. Pelocoris.</i> De 9 a 12 mm.; amarillo y castaño; márgenes internos de los ojos convergen en su extremo anterior. Cuerpo bastante robusto visto lateralmente.</p>	<p>▪ Presentes en charcas y remansos de ríos y quebradas, adheridos a troncos, ramas y piedras. Algunas especies se entierran en el suelo arenoso de ríos. Indicadores: <i>aguas oligotróficas.</i></p> <p>COMUNIDAD: Bentos</p> <p>▪ Aguas quietas con abundante vegetación. Indicadores: <i>aguas oligomesotróficas y eutróficas.</i></p> <p>COMUNIDAD: Bentos</p>	<p>.3, (Sequía); 4, (Sequía, Lluvias); 5, (Intermedio).</p>

Nepidae	20,0-23,0 mm; cuerpo alargado, primeras patas raptoriales, el fémur con un canal longitudinal terminado en dos protuberancias	Charcas con desechos vegetales y fango. Indicadores de aguas mesoeutróficas COMUNIDAD:	2, 5 (sequía, intermedio)
Belostomatidae	20,0- 110,0 mm, la cabeza no termina en forma cómica; patas posteriores no aplanadas	Ciénagas y charcas al borde del camino, con abundante vegetación y muchos residuos. Indicadores de aguas oligomesotróficas y eutróficas. COMUNIDAD:	2, 5 (sequía, intermedio)
Veliidae	▪ Género: <i>Rhagovelia</i> . De 4,5 a 5,2 mm. de tamaño. Amplia gama en el tercer segmento tarsal de la segunda pata.	▪ Prefieren aguas con mucha corriente, pero también se pueden encontrar en aguas quietas. Indicadores: aguas oligotróficas.	1, 2, 3 (Sequía, Intermedio, Lluvias); 4, (Lluvias, Sequía); 5, (Sequía, Intermedio, Lluvias).

	<p>▪ Género: <i>Stridulivelia</i>. De 5 a 5,4 mm. de tamaño; primer tarso con tres segmentos; antena insertada un poco más allá de los ojos; dentado en fémures posteriores.</p>	<p>▪ Aguas quietas y remansos con mucha vegetación. Indicadores: <i>aguas oligomesotróficas</i>. COMUNIDAD: Necton</p>	
Corixidae	<p>De 7 a 8 mm. De tamaño. Color amarillento o castaño; pronoto con bandas transversales cafés. Escudete cubierto por el pronoto.</p>	<p>Presentes en lagos, estanques y remansos de ríos, con abundante vegetación acuática. Indicadores: <i>aguas oligomesotróficas y eutróficas</i>. COMUNIDAD: Necton</p>	<p>2, (Intermedio, Lluvias).</p>
Notonectidae	<p>De 5 a 8,5 mm. de tamaño. Blancuzco, alargado; parte anterior de la comisura de los hemiélitros con una depresión oval</p>	<p>Lagos, charcas y estanques; pocos en orillas de corrientes, en aguas abiertas o con poca vegetación.</p>	<p>1, 2, (Lluvias, Intermedio, Sequía); 3, (Lluvias, Sequía); 4, (Sequía, Intermedio,</p>

	rodeada de pelillos. Antena del adulto con tres segmentos.	Indicadores: <i>aguas</i> <i>oligomesotróficas.</i> COMUNIDAD: Necton	Lluvias); 5, (Lluvias, Sequía)
--	--	--	--------------------------------------

8.1.5 Orden Trichoptera. Los Tricópteros son insectos que se caracterizan por hacer casas o refugios que construyen en un estado larval, los cuales sirven a menudo para su identificación, se caracterizan por vivir en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, son buenos indicadores de aguas oligotróficas.

Son insectos holometábolos cuyas larvas viven en todo tipo de hábitat acuático (lóticos y lénticos), siendo en los lóticos fríos donde parece presentarse la mayor diversidad.

La mayoría de los tricópteros requieren de uno a dos años para su desarrollo y la etapa de pupa dura de dos a tres semanas, al cabo de las cuales sale el adulto, lo cuales son muy activos en las primeras horas de la noche. Las hembras depositan los huevos en el agua y los encierran por lo regular en una masa gelatinosa para su protección. Las larvas se alimentan de material vegetal y algas que se encuentran en las rocas. Algunas larvas son depredadoras. ¹⁵(Tabla 18).

¹⁵ Ídem.

Tabla 18. Rasgos morfológicos y aspectos ecológicos de las familias del orden Trichoptera encontradas en la Microcuenca “La Honda”

FAMILIA	RASGOS MORFOLÓGICOS	ASPECTOS ECOLÓGICOS	ESTACIONES DE MUESTREO
Hydrobiosidae	De 10 a 12 mm. de tamaño. Por lo general no construyen casas, viven libremente o construyen refugios de material sedoso en sitios aislados. Primeras patas muy modificadas.	Aguas corrientes frías y muy oxigenadas; sustrato pedregoso y poco material vegetal. Categoría funcional: Depredadores; consumen animales enteros o partes. Indicadores de <i>aguas oligotróficas</i> . COMUNIDAD: Bentos	Sequía:1,3
Hydropsychidae	De 15 a 17 mm. de tamaño. Agallas abdominales y en los dos últimos segmentos torácicos, formadas por un	Presentes en aguas corrientes con mucha vegetación; toleran aguas con un poco de contaminación; muy abundantes. Indicadores: <i>aguas</i>	Sequía: 5.

	<p>tallo central; casas en forma de red para capturar alimento.</p>	<p><i>oligo a eutróficas.</i></p> <p>COMUNIDAD: Bentos</p>	
Leptoceridae	<p>▪ <i>Género: Atanatolica.</i> 6 a 8 mm. de tamaño. Esclerito en forma de barra primer segmento abdominal; agallas abdominales simples, casas cónicas de material mineral.</p> <p><i>.Género: Triplectides.</i> 21 a 23 mm. de tamaño. Primer trocáncer muy notorio; primer segmento torácico esclerotizado; casa de pedazos de ramas en forma cilíndrica.</p>	<p>▪ Presente aguas corrientes y sustratos pedregosos, bien oxigenadas.</p> <p>Indicadores: <i>aguas oligotróficas.</i></p> <p>COMUNIDAD: Bentos</p> <p>▪ Aguas corrientes con sustrato vegetal en descomposición, toleran cierta contaminación.</p> <p>Indicadores: <i>aguas oligotróficas a eutróficas.</i></p> <p>COMUNIDAD: Bentos</p>	<p>Sequía: 3.</p>

Philopotamidae	De 10 mm. aprox. de tamaño. Saliente en la primera coxa con una seta; las casas o refugios son redes tubulares de seda sobre rocas y piedras.	Aguas de poca corriente, oxigenadas, fondo pedregoso; poco comunes. Indicadores: <i>aguas oligotróficas</i> . COMUNIDAD: Bentos	Sequía: 3.
-----------------------	---	--	------------

8.1.6 Orden Tubificidae. Anélidos dulceacuícolas que pertenecen a la fauna béntica, se pueden encontrar en los más variados depósitos de aguas continentales, tanto lénticas como lólicas, depósitos de lodos. Algunos pueden formar tubos en torno del cuerpo a partir de secreciones tegumentarias y partículas del entorno, otros pueden nadar ó ubicarse sobre plantas acuáticas y suelen ser abundantes en aguas dulces, aunque también se han reportado en zonas litorales y profundidades marinas.

Son capaces de sobrevivir durante cierto tiempo en condiciones anaerobias, bien sea en Ríos o quebradas contaminadas con materia orgánica y aguas negras, convirtiéndose estos en indicadores de alta contaminación acuática.¹⁶ (Tabla 19).

¹⁶ Ídem.

Tabla 19. Rasgos morfológicos y aspectos ecológicos de las familias de las familias del orden Tubificidae encontradas en la Microcuenca “La Honda”

FAMILIA	RASGOS MORFOLÓGICOS	ASPECTOS ECOLÓGICOS	ESTACIONES DE MUESTREO
Tubificidae	<p>Con metaméricos gruesos, cuerpo opaco, con hemoglobina, viven en sedimento pobre en oxígeno. Miden 2 o más centímetros de longitud. Son Oligoquetos clitelares, los huevos los depositan en cocones (capullos). Construyen galerías perturbando la estructura superficial del sedimento. Disponen la parte anterior en galería horizontal pero asoman y hace oscilar la parte posterior del cuerpo por encima del nivel del sedimento.</p>	<p>Presente en aguas lénticas eutroficadas y con abundante cantidad de detritos, habitan fondos lodosos y aguas lénticas poli, alfa, beta meso y oligotróficas. Reciclan continuamente el material del sedimento ingiriéndolo en la superficie o en un espesor más alto. Suelen encontrarse donde hay un importante transporte horizontal de sedimentos alóctonos, pueden durar de 4 a 6 años. Categoría Funcional: Detritívoros. Utilidad en la alimentación de peces de estanque.</p>	sequía: 3.

8.1.7 Orden Odonata. Insectos que pueden medir entre 30 y 90 cm. de longitud, presentaron coloraciones llamativas, viven en aguas limpias o ligeramente eutroficadas. Tienen una cabeza que posee ojos bien desarrollados, abdomen con once segmentos.

Los Odonatos han sobrevivido unos doscientos millones de años sin ningún cambio apreciable y la mayoría ponen sus huevos sobre la vegetación flotante o emergente, los cuales eclosionan entre los 5 y 40 días posteriores a la postura. La mayor parte de las especies Neotropicales completan su desarrollo larval entre 100 y 200 días¹⁷.

Las larvas son generalmente depredadores, para lo cual juega un papel muy importante su aguda visión. El intercambio gaseoso lo realizan a través de la piel y agallas anales. Los Odonatos viven en pozos, pantanos, márgenes de lagos y corrientes lentas y poco profundas; por lo regular se encuentran rodeados de abundante vegetación acuática sumergida o emergente. Viven en aguas limpias o ligeramente eutroficadas.¹⁸ (Tabla 20)

8.1.8 Orden Ephemeroptera. Insectos de variado tamaño, viven por lo regular en aguas limpias bien oxigenadas, se consideran indicadores de buena calidad del agua aunque algunos géneros no lo son, sus ninfas son acuáticas y ocupan diversos hábitat, lo cual conlleva a gran variación morfológica, su aparato bucal es de tipo masticador, bien desarrollado.

Los efemerópteros reciben este nombre debido a su vida corta o efímera, que llevan como adultos, ya que viven muy poco, desde algunas hasta alcanzar un mes de longevidad.

¹⁷ Corbet (1.980).

Tabla 20. Rasgos morfológicos y aspectos ecológicos de las familias del orden Odonata encontradas en la Microcuenca “La Honda”

FAMILIA	RASGOS MORFOLÓGICOS	ASPECTOS ECOLÓGICOS	ESTACIONES DE MUESTREO
<p>Coenagrionidae</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Género: Argia.</i> 11 mm. de tamaño, sin contar agallas; patas aplanadas. ▪ <i>Género Ischnura.</i> 14 mm. de tamaño, sin contar agallas: cabeza más ancha que larga; las agallas se ven como partidas. ▪ <i>Género Acanthagrion.</i> 11 a 12 mm. de tamaño, sin contar agallas; agallas con bandas o nervaduras traqueales. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presente en ambientes Lóticos moderados, entre piedras y vegetación. Indicadores: <i>aguas oligomesotróficas.</i> COMUNIDAD: Necton ▪ Lénticos, con vegetación. Indicadores: <i>aguas oligomesotróficas.</i> COMUNIDAD: Necton ▪ Lénticos, con vegetación. Indicadores: <i>aguas oligomesotróficas</i> COMUNIDAD: Necton 	<p>Lluvias: 2,4,5. intermedio: 2,4,5 Sequía: 3,4,5</p>
<p>Libellulidae</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ De 12 a 20 mm. de tamaño. 8 a 12 setas mentonianas 6 a 11 setas palpaes. ▪ <i>Género desconocido.</i> Tamaño aproximado: 10 mm. Lóbulos laterales del labio 4-5 setas; abdomen con ganchos dorsales gruesos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presente en vegetación sumergida y detritus. Indicadores: <i>aguas medianamente eutroficadas.</i> ▪ Presente en ambientes lénticos y lóticos en rocas, raíces y ramas. Indicadores: <i>aguas mesoeutróficas.</i> COMUNIDAD: Necton 	<p>Sequía, Intermedio e Lluvias: 1,2,3,4, y 5.</p>
<p>Calopterygidae</p>	<p><i>Género: Hetaerina.</i> 18 a 23 mm. de tamaño. Cabeza triangular, primer segmento con antena más largo.</p>	<p>Presente en ambientes lóticos, sobre desechos, plantas y rocas. Indicadores: <i>aguas oligomesotróficas</i></p> <p>COMUNIDAD: Necton</p>	<p>Lluvias: 1,3. Intermedio: 1,3,5. Sequía: 1,2,3, 5.</p>

¹⁸ Ídem.

Gomphidae	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Género: Phyllogomphoides</i>. 17 a 22 mm. de tamaño; protuberancia cerca de la base de la antena; último par de patas muy largas. 	Presente en aguas Lóticas, fondo arena y grava. Indicadores: aguas <i>oligomesoeutróficas</i> COMUNIDAD: Necton	Lluvias: 3. Intermedio: 3 Sequía: 2,3,5;
Aeshnidae	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Género: Aeshna</i>. 30 a 48 mm. de tamaño. Cabeza aplanada, ojos prominentes, sin ganchos dorsales. ▪ <i>Género: Anax</i>. 39 a 62 mm. de tamaño. Cuerpo delgado, labio muy largo, sin ganchos dorsales. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presente en aguas de poca corriente con mucha vegetación, resisten un poco de salinidad. Indicadores: <i>aguas mesotróficas</i>. COMUNIDAD: Necton ▪ Aguas lentas, con mucha vegetación. Indicadores: <i>aguas mesotróficas</i>. COMUNIDAD: Necton 	Lluvias: 1, 2,3,4,5. Semosequía: 1,2,4,5 Sequía: 2,3,4,5
Megapodagrionidae	De 11 a 12 mm. de tamaño sin contar agallas; cabeza triangular; con ganchos dorsales.	Presente en ambientes Lóticos, con vegetación en la orilla. Indicadores: <i>aguas oligotróficas</i> . COMUNIDAD: Necton	Sequía: 2,3,4,5.

Las ninfas ocupan gran diversidad de hábitat, tanto en aguas lóticas como lénticas, preferiblemente bien oxigenadas y limpias, por lo que tienen cierta importancia como bioindicadores de la calidad del agua. Algunas ninfas tardan tres años en completar su desarrollo, pueden presentarse de 23 a 45 mudas ninfales.

Las ninfas y los subimagos son presas preferidas de muchos peces, por ello desempeñan un papel apreciable en la productividad piscícola.

Los adultos son presas de las aves en las horas diurnas y de los murciélagos durante las horas crepusculares y nocturnas; las ninfas pueden estar

ectoparasitadas por larvas de chironómidos y endoparasitadas por protozoos y nematodo.¹⁹ (Tabla 21).

Tabla 21. Rasgos morfológicos y aspectos ecológicos de las familias del orden Ephemeroptera encontradas en la Microcuenca “La Honda”

FAMILIA	RASGOS MORFOLÓGICOS	ASPECTOS ECOLÓGICOS	ESTACIONES DE MUESTREO
Baetidae	De 4,5 a 5 mm. de tamaño. Agallas abdominales, 1 a 5 seg., agallas coxales presentes; uñas con dientecillos, el primero más grande; color pardo oscuro.	Presente en aguas rápidas, debajo de troncos, rocas, hojas y adheridos a vegetación sumergida. Indicadores de <i>aguas limpias</i> , aunque pueden tolerar un poco de contaminación orgánica. COMUNIDAD: Necton- Bentos	Lluvias: 4 Sequía: 2,3
Tricorythidae	De 4 a 5 mm. De tamaño. Agallas del segundo seg. ovaladas, cubren las demás; una corona de espinas en el fémur de la primera pata; uñas con 3 a 4 dientecillos; color pardo amarillento.	Presente en aguas lentas, en remansos; debajo de rocas, hojas y vegetales. Indicadores de <i>aguas ligeramente contaminadas</i> . COMUNIDAD: Necton- Bentos	Sequía: 3.
Leptophlebiidae	De 6 a 10 mm. de tamaño. Agallas 1 a 7 seg. bifurcadas y disminuyendo progresivamente de tamaño; uñas con 6 a 10 dientecillos; color pardo amarillento a pardo oscuro.	Presente en aguas rápidas, debajo de piedras, troncos, hojas. Indicadores de <i>aguas limpias</i> . COMUNIDAD: Bentos	Intermedio: 2

8.1.9 Orden Neuroptera. Del presente orden, en el neotrópico solo se ha encontrado el suborden megaloptera al cual pertenecen las familias

¹⁹ Ídem.

Corydalidae y Syalidae, de las cuales Roldan reporta la primera. En las zonas templadas su desarrollo completo toma hasta dos o tres años, pero al respecto se conoce muy poco. Sus huevos son puestos sobre la vegetación semi-acuática.

Se encuentran ampliamente distribuidos en toda América, pero los reportes son escasos, lo que aporta información real al respecto. Viven en corrientes limpias, debajo de piedras, troncos y vegetación sumergida y son grandes depredadores. Se consideran indicadores de aguas oligotróficas o levemente mesotróficas. (Tabla 22)

Tabla 22. Rasgos morfológicos y aspectos ecológicos de la familia del orden Neuroptera encontrada en la Microcuenca “La Honda”

FAMILIA	RASGOS MORFOLÓGICOS	ASPECTOS ECOLÓGICOS	ESTACIONES DE MUESTREO
Corydalidae	El tamaño de los individuos de la familia Corydalidae varia entre 10,0 y 70,0 mm, siendo tal vez uno de los insectos mas grandes que se encuentran en el agua. Se caracterizan por poseer un par de mandíbulas fuertes y grandes y un par	Presente en aguas limpias, debajo de troncos, rocas, hojas y adheridos a vegetación sumergida. Indicadores de <i>aguas limpias</i> , aunque pueden tolerar levemente la contaminación orgánica.	Lluvias: 4 Sequía: 2,3

	de propatas anales, diferencia que tienen con la familia Syalidae, su coloración por lo regular es oscura.	Se ha encontrado distribuida en el piso térmico Se caracterizan por poseer un par de mandíbulas fuertes y grandes y un par de propatas anales, diferencia que tienen con la familia Syalidae, su coloración por lo regular es oscura. de los 1000 a 2000 m.s.n.m. COMUNIDAD: Bentos	
--	--	--	--

Cuadro comparativo de los resultados biológicos (cualitativo), y fisicoquímico respecto a las variaciones espacio-temporales.

FECHA: 8 de octubre al 19 de noviembre de 2002. Época de lluvias

<i>Estación</i>	<i>Familias de Macroinvertebrados (Cualitativo)</i>	<i>Puntaje BMWP</i>	<i>Índice de Disimilaridad</i>	<i>Parámetros Físicoquímicos</i>	
1	Gyrinidae Noctonetidae Veliidae Libellulidae Calopterygidae Aeshnidae Número de Familias: 6	9 7 8 6 7 6	Entre las estaciones 1 y 2: ID: 0,64	OD mg/l T °C DBO5 mg/l pH Cond.µS Caudal, l/s	19 5,93 2,5
	Total	43			
CALIDAD DE AGUA	Clase III .Calidad “ Dudosa ” Aguas moderadamente contaminadas Rep. Cartográfica: Amarillo		Condiciones ambientales diferentes	Datos Insuficientes	



Estación Nº 1 San Bernardo parte alta

<i>Estación</i>	<i>Familias de Macroinvertebrados (Cualitativo)</i>	<i>Puntaje BMWP</i>	<i>Índice de Disimilaridad</i>	<i>Parámetros Físicoquímicos</i>		
2	Ptilodactylidae	10	Entre las estaciones 2 y 3: ID: 0,70	OD mg/l	20	
	Chrysomelidae	4		T °C		
	Noctonetidae	7		DBO5		
	Corixidae	7		mg/l		
	Veliidae	8		pH		6,08
	Libellulidae	6		Cond.µS		4
	Coenagrionidae	7		Caudal, l/s		
	Aeshnidae	6				
	Número de Familias 8					
	Total	55				
CALIDAD DE AGUA	Clase III. Calidad “Dudosa” Aguas moderadamente contaminadas Rep. Cartográfica: Amarillo		Condiciones ambientales diferentes	Datos insuficientes		



Estación 2. “San Miguel” desembocadura “San Bernardo”

Estación	Familias de Macroinvertebrados (Cualitativo)	Puntaje BMWP	Índice de Disimilaridad	Parámetros Físicoquímicos	
3	Gomphidae Noctonetidae Veliidae Libellulidae Calopterygidae Número de Familias: 5	10 7 8 6 7	Entre las estaciones 3 y 4: ID: 0,67	OD mg/l T °C DBO5 mg/l pH Cond.µS Caudal, l/s	23 6,20 4
	Total	38			
CALIDAD DE AGUA	Clase III .Calidad “ dudosa ” Aguas moderadamente contaminadas Rep. Cartográfica: Naranja		Condiciones ambientales diferentes	Datos insuficientes	



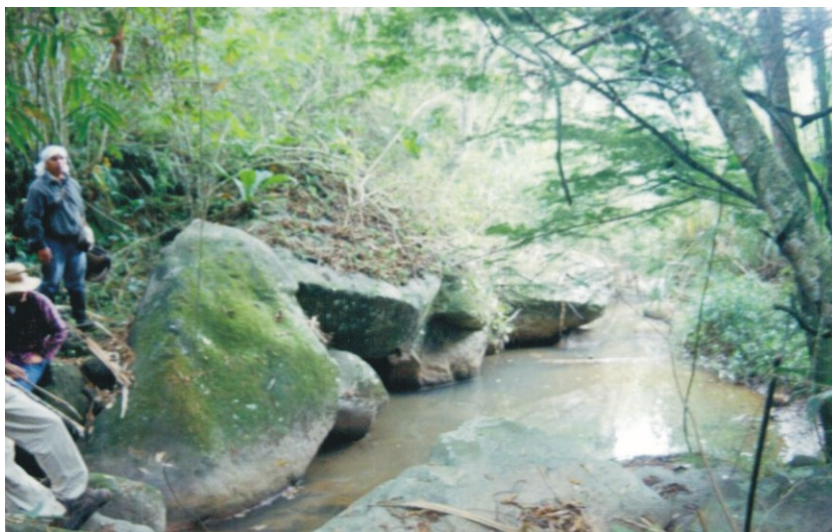
Estación 3. “San Bernardo” – “Huellas”

Estación	Familias de Macroinvertebrados (Cualitativo)	Puntaje BMWP	Índice de Disimilaridad	Parámetros Físicoquímicos	
4	Baetidae Noctonetidae Veliidae Libellulidae Coenagrionidae Aeshnidae Naucoridae Corydalidae Número de Familias 8	7 7 8 6 7 6 7 6	Entre las estaciones 4 y 5: ID: 0,29	OD mg/l T °C DBO5 mg/l pH Cond.µS Caudal, l/s	20 6,8 8
	Total	54			
CALIDAD DE AGUA	Clase III .Calidad “Dudosa” Aguas moderadamente contaminadas Rep. Cartográfica: amarilla		Condiciones ambientales similares	Datos insuficientes	



Estación 4. “La Lajita” parte alta

<i>Estación</i>	<i>Familias de Macroinvertebrados (Cualitativo)</i>	<i>Puntaje BMWP</i>	<i>Índice de Disimilaridad</i>	<i>Parámetros Físicoquímicos</i>	
5	Noctonetidae Veliidae Libellulidae Coenagrionidae Aeshnidae Número de Familias: 5	7 8 6 7 6	Entre las estaciones 5 y 6: ID: 0,43	OD mg/l T °C DBO5 mg/l pH Cond.µS Caudal, l/s	21 6,85 9
	Total	34			
CALIDAD DE AGUA	Clase IV .Calidad “ crítica ” Aguas muy contaminadas Rep. Cartográfica: Naranja		Condiciones ambientales similares	Datos insuficientes	



Estación 5. “La Lajita” desembocadura “La Honda”

<i>Estación</i>	<i>Familias de Macroinvertebrados (Cualitativo)</i>	<i>Puntaje BMWP</i>	<i>Índice de Disimilaridad</i>	<i>Parámetros Físicoquímicos</i>		
6	Baetidae	7		OD mg/l	21	
	Noctonetidae	7		T °C		
	Veliidae	8		DBO5		
	Libellulidae	7		mg/l		
	Coenagrionidae	6		pH		6,75
	Naucoridae	7		Cond.µS		
	Número de Familias : 6			Caudal, l/s	15	
	Total	42				
CALIDAD DE AGUA	Clase III .Calidad “ Dudosa ” Aguas moderadamente contaminadas Rep. Cartográfica: amarilla			Datos insuficientes		



Estación 6. Puente Luis Acelas – Microcuenca “La Honda”

DISIMILARIDAD DE JACCARD (DJ)				
Época de lluvias (Octubre 8 - Noviembre 19)				
Estaciones	Numero de especies comunes a los dos (a)	Numero de especies presentes aguas arriba (b)	Numero de especies presentes aguas abajo (c)	DJ
1 - 2	4	3	4	0,64
2 - 3	3	5	2	0,70
3 - 4	3	2	4	0,67
4 - 5	5	2	0	0,29
5 - 6	4	1	2	0,43

La información resumida de la temporada de lluvias se encuentra en un mapa de la microcuenca anexo que nos indica el comportamiento de cada tramo estudiado mediante el color correspondiente a la escala cartográfica. (ver anexo D, Septiembre-October)

FECHA: 19 de noviembre al 12 de diciembre de 2002. EPOCA INTERMEDIA DE LLUVIAS-SEQUÍA.

<i>Estación</i>	<i>Familias de Macroinvertebrados (Cualitativo)</i>	<i>Puntaje BMWP</i>	<i>Índice de Disimilaridad</i>	<i>Parámetros Físicoquímicos</i>	
1	Gyrinidae Noctonetidae Veliidae Libellulidae Calopterygidae Aeshnidae Hydrophilidae Número de Familias: 7	9 7 8 6 7 6 3	Entre las estaciones 1 y 2: ID: 0,67	OD mg/l T °C DBO5 mg/l pH Cond.µS Caudal, l/s	21 5,08 2
		46			

CALIDAD DE AGUA	Clase III .Calidad “ dudosa ” Aguas moderadamente contaminadas Rep. Cartográfica: amarillo	Condiciones ambientales diferentes	Datos insuficientes
------------------------	---	------------------------------------	---------------------

Estación	Familias de Macroinvertebrados (Cualitativo)	Puntaje BMWP	Índice de Disimilaridad	Parámetros Físicoquímicos	
2	Ptilodactylidae Chirysomelidae Noctonetidae Veliidae Libellulidae Coenagriomidae Aeshnidae Corydalidae Hydrophilidae Belastomatidae Nepidae Número de Familias: 11	10 4 7 8 6 7 6 6 3 5 5	Entre las estaciones 2y 3: ID: 0,79	OD mg/l T °C DBO5 mg/l pH Cond. µS Cauda l, l/s	22 6,05 2,5
	Total	67			
CALIDAD DE AGUA	Clase II .Calidad “ Aceptable ” Son evidentes algunos efectos de contaminación Rep. Cartográfica: verde		Condiciones ambientales diferentes	Datos insuficientes	

Estación	Familias de Macroinvertebrados (Cualitativo)	Puntaje BMWP	Índice de Disimilaridad	Parámetros Fisicoquímicos	
3	Gyrinidae Leptophlebiidae Veliidae Libellulidae Calopterygidae Gomphidae Corydalidae Número de Familias: 7	9 9 8 6 7 10 6	Entre las estaciones 3 y 4: ID: 0,90	OD mg/l T °C DBO5 mg/l pH Cond. µS Cauda l, l/s	20 6,30 3,7
	Total	55			
CALIDAD DE AGUA	Clase III. Calidad: "dudosa" Aguas moderadamente contaminadas Rep. Cartográfica: Amarilla		Condiciones ambientales diferentes	Datos insuficientes	

Estación	Familias de Macroinvertebrados (Cualitativo)	Puntaje BMWP	Índice de Disimilaridad	Parámetros Fisicoquímicos	
4	Noctonetidae Libellulidae Coenagrionidae Aeshnidae Número de Familia: 4	7 6 7 6	Entre las estaciones 4 y 5: ID: 0,67	OD mg/l T °C DBO5 mg/l pH Cond. µS Caudal, l/s	18 6,6 6,5
	Total	26			

CALIDAD DE AGUA	Clase IV .Calidad “ crítica ” Aguas muy contaminadas Rep. Cartográfica: Naranja	Condiciones ambientales diferentes	Datos insuficientes
------------------------	--	------------------------------------	---------------------

Estación	Familias de Macroinvertebrados (Cualitativo)	Puntaje BMWP	Índice de Disimilaridad	Parámetros Fisicoquímicos	
5	Naucoridae Veliidae Libellulidae Calopterygidae Aeshnidae Belastomatidae Nepidae Número de Familias: 7	7 8 6 7 6 5 5	Entre las estaciones 5 y 6: ID: 0,67	OD mg/l T °C DBO5 mg/l pH Cond.µS Caudal, l/s	19 6,8 7
	Total	44			
CALIDAD DE AGUA	Clase III. Calidad “ dudosa ” Aguas moderadamente contaminadas Rep. Cartográfica: amarilla		Condiciones ambientales diferentes	Datos insuficientes	

Estación	Familias de Macroinvertebrados (Cualitativo)	Puntaje BMWP	Índice de Disimilaridad	Parámetros Fisicoquímicos	
6	Hydrometidae Naucoridae Veliidae Libellulidae Coenagrionidae Scirtidae Número de Familias:: 6	3 7 8 6 7 7		OD mg/l T °C DBO5 mg/l pH Cond.µS Caudal, l/s	24 6,64 12
	Total Familias 6	38			
CALIDAD DE AGUA	Clase III .Calidad “ dudosa ” Aguas moderadamente contaminadas Rep. Cartográfica: Amarillo			Datos insuficientes	

DISIMILARIDAD DE JACCARD (DJ) Época Intermedia (Noviembre 19 -Diciembre 12 del 2002)				
Estaciones	Numero de especies comunes a los dos (a)	Numero de especies presentes aguas arriba (b)	Numero de especies presentes aguas abajo (c)	DJ
1 - 2	5	4	6	0,67
2 - 3	3	7	4	0,79
3 - 4	1	6	3	0,90
4 - 5	3	2	4	0,67
5 - 6	3	2	4	0,67

La información resumida de la temporada de intermedia se encuentra en un mapa de la microcuenca anexo que nos indica el comportamiento de cada tramo estudiado mediante el color correspondiente a la escala cartográfica. (anexo E. Noviembre- Diciembre)

FECHA: 28 de diciembre de 2002 al 10 de enero de 2003. Época de sequía.

<i>Estación</i>	<i>Familias de Macroinvertebrados (Cualitativo)</i>	<i>Puntaje BMWP</i>	<i>Índice de Disimilaridad</i>	<i>Parámetros Fisicoquímicos</i>	
1	Gyrinidae Noctonetidae Veliidae Libellulidae Calopterygidae Hidrobiosidae Hidrophilidae Número de Familias: 7	9 7 8 6 7 9 3	Entre las estaciones 1 y 2: ID: 0,58	OD mg/l T °C DBO ₅ mg/l pH Cond.µS Caudal, l/s STD	1,8 19 5,0 5,93 38,2 1,2 16,7
	Total	49			
CALIDAD DE AGUA	Clase III .Calidad “ dudosa ” Aguas moderadamente contaminadas Rep. Cartográfica: Amarilla		Condiciones ambientales diferentes	Calidad aceptable, decreto 1594/84	

Estación	Familias de Macroinvertebrados (Cualitativo)	Puntaje BMWP	Índice de Disimilaridad	Parámetros Físicoquímicos	
2	Baetidae Noctonetidae Veliidae Libellulidae Calopterygidae Aeshnidae Gomphidae Megapodagrionidae Hidrophilidae Belastomatidae Nepidae Número de Familias: 11	7 7 8 6 7 6 10 6 3 5 5	Entre las estaciones 2 y 3: ID: 0,68	OD mg/l T °C DBO5 mg/l pH Cond. µS Cauda I, l/s STD	6,3 19 2,9 6,6 25,5 1,0 12,9
	Total	70			
CALIDAD DE AGUA	Clase II .Calidad “ aceptable ” Son evidentes algunos efectos de contaminación Rep. Cartográfica verde		Condiciones ambientales diferentes	Buena Calidad de Agua. decreto 1594/84	

Estación	Familias de Macroinvertebrados (Cualitativo)	Puntaje BMWP	Índice de Disimilaridad	Parámetros Físicoquímicos	
3	Gyrinidae Noctonetidae Veliidae	9 7 8	Entre las estaciones 3 y 4:	OD mg/l T °C	7,5 18,8 3,94

	Libellulidae	6	ID: 0,64	DBO ₅	
	Calopterygidae	7		mg/l	7,11
	Aeshnidae	6		pH	4,8
	Elmiade	6		Cond.	2,5
	Dytiscidae	9		μS	
	Chironomidae	2		Cauda	24,2
	Tipulidae	3		I, I/s	
	Baetidae	7		STD	
	Tricorythidae	6			
	Naucoridae	7			
	Gomphidae	10			
	Coenagrionidae	7			
	Tubificidae	1			
	Philopotamidae	8			
	Hydrobiosidae	9			
	Leptorecidae	9			
	Scirtidae	7			
	Número de Familias: 20				
	Total	124			
CALIDAD DE AGUA	Clase I .Calidad “buena” Aguas muy limpias Aguas no contaminadas o poco alteradas Rep. Cartográfica: Azul			Condiciones ambientales diferentes	Buena calidad del agua, decreto 1594/84

Estación	Familias de Macroinvertebrados (Cualitativo)	Puntaje BMWP	Índice de Disimilaridad	Parámetros Físicoquímicos	
4	Gyrinidae	9	Entre las estaciones 4 y 5: ID: 0,59	OD	7,4
	Noctonetidae	7		mg/l	21,4
	Veliidae	8		T °C	3,17
	Libellulidae	6		DBO5	
	Coenagrionidae	7		mg/l	7,8
	Aeshnidae	6		pH	
	Dytiscidae	9		Cond.	2,92
	Naucoridae	7		μS	
	Hidrophilidae	3		Cauda	
	Número de Familias: 9			I, l/s	STD
	Total	62			
CALIDAD DE AGUA	Clase II .Calidad “ aceptable ” Son evidentes algunos efectos de contaminación Rep. Cartográfica: Verde		Condiciones ambientales diferentes	Buena calidad del agua, decreto 1594/84	

Estación	Familias de Macroinvertebrados (Cualitativo)	Puntaje BMWP	Índice de Disimilaridad	Parámetros Físicoquímicos	
5	Gyrinidae	9	Entre las estaciones 5y 6: ID: 0,63	OD	8,9
	Noctonetidae	7		mg/l	21,6
	Veliidae	8		T °C	4,4
	Libellulidae	6		DBO5	
	Calopterygidae	7		mg/l	7,8
	Aeshnidae	6		pH	

	Physidae	3		Cond.	2,5
	Chironomidae	2		μS	
	Naucoridae	7		Cauda	
	Coenagrionidae	7		l, l/s	
	Gomphidae	8		STD	
	Hydropsychidae	5			
	Hidrophilidae	3			
	Belastomatidae	5			
	Nepidae	5			
	Número de Familias:	5			
	15				
	Total	88			
CALIDAD DE AGUA	Clase II .Calidad “ aceptable ” Son evidentes algunos efectos de contaminación Rep. Cartográfica: verde		Condiciones ambientales diferentes	Buena calidad del agua, decreto 1594/84	

Estación	Familias de Macroinvertebrados (Cualitativo)	Puntaje BMWP	Índice de Disimilaridad	Parámetros Físicoquímicos	
6	Gyrinidae	9		OD	8,4
	Naucoridae	3		mg/l	22
	Veliidae	8		T °C	5,32
	Libellulidae	6		DBO5	
	Calopterygidae	7		mg/l	7,8
	Coenagrionidae	7		pH	
	Hydrobiosidae	9		Cond.	2,5
	Número de Familias: 7			μS	
				Cauda	
				l, l/s	
				STD	
	Total	49			

CALIDAD DE AGUA	Clase III .Calidad “ dudosa ” Aguas muy contaminadas Rep. Cartográfica: Amarilla		
------------------------	---	--	--

DISIMILARIDAD DE JACCARD (DJ) Época de Sequía (Enero - Febrero del 2003)				
Estaciones	Número de especies comunes a los dos (a)	Número de especies presentes aguas arriba (b)	Número de especies presentes aguas abajo (c)	DJ
- 2	5	2	5	0,58
2 - 3	7	3	12	0,68
3 - 4	8	13	1	0,64
4 - 5	7	2	8	0,59
5 - 6	6	9	1	0,63

La información resumida de la temporada de sequía se encuentra en un mapa de la microcuenca anexo que nos indica el comportamiento de cada tramo estudiado mediante el color correspondiente a la escala cartográfica. (anexo F, Enero)

8.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL LA APLICACIÓN DEL BMWP Y DEL ÍNDICE DE JACCARD

1. Se hizo una revisión las tres temporadas: lluvia, intermedia y sequía , es esta última la que tiene mejor comportamiento, gracias a la mayor cantidad de familias reportadas, pero en la disimilaridad está en el límite de presentar grandes diferencias entre todos sus puntos.

2. La temporada estacional con menos biodiversidad es la de lluvias posiblemente por la conjugación de algunos factores como son las fuertes lluvias que no permiten el establecimiento de la mayoría de las especies, como también que es la temporada de cosecha del café y todo los residuos de la faena de evacuan a los cuerpos de agua. También en esta época quien trabaja con cultivos diferentes al café tiene que fumigar para poder mantener controlado los hongos y demás organismos asociados a las plagas.
3. Al relacionar los resultados con los parámetros fisicoquímicos todavía no se encuentra alguna relación, pues el agua en apariencia es buena para consumo humano, pero son los organismos que la habitan los que pueden dar una mayor información por su tiempo de permanencia en el ecosistema.
4. La temporada de lluvia presente baja variabilidad entre sus puntos, pero es la que se comporta con la biodiversidad mas baja, lo que nos podría indicar que es una época a la que hay vigilar no solo con los parámetros convencionales, sino revisando la existencia de sustancias tóxicas y así como la regularidad de lluvias torrenciales.
5. La tendencia a mejorar la biodiversidad en el verano habría que explorarse en la mitad y a la culminación del mismo para poder analizar su comportamiento

8.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL LA APLICACIÓN DEL BMWP, DEL ÍNDICE DE DISIMILARIDAD DE JACCARD Y EL ÍNDICE DE CALIDAD DE RIBERA

1. La calidad del ecosistema de ribera esta muy por debajo de los límites normales, pues al parecer ha sido bastante afectado por las acciones antrópicas y puede reflejarse en el hábitat de los macroinvertebrados. Habría que investigar que variables son comunes entre si y cual es el grado de afectación mutuo.

2. Al cruzar la información que arrojan los índices observamos que los mejores resultados del QBR, en el punto tres, puede tener alguna relación con el comportamiento de un BMWP de excelente calidad e incidir en el hábitat de dicha estación.

9. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE RIBERA QBR

La determinación del índice de Calidad de Ribera es una propuesta para evaluar el estado ecológico de los ecosistemas acuáticos que se estudian aportando a las características fisicoquímicas del agua y bacteriológicas, las comunidades que allí viven, la situación del estado de las riberas. Dentro de la propuesta se indica que los elementos claves para la clasificación ecológica son fundamentalmente sus componentes biológicos la que lo determina.

El entorno inmediato de los ríos y quebradas son los elementos claves en el funcionamiento del ecosistema fluvial, lo que incluye la zona de crecidas extraordinarias y las terrazas aluviales, así como el estado de salud del bosque de ribera que puede generar abundante sobre la situación ecológica que afronta el sistema en cuestión, ya que bajo estas interacciones se refleja su estado de conservación y calidad.

El objetivo de la determinación de este índice es la de establecer la calidad del estado de conservación del bosque de ribera. Se compara el estado actual del sistema a estudiar con uno de referencia “donde la biodiversidad y funcionalidad del ecosistema solamente estarían influidas por las perturbaciones que se dieran de forma natural”.²⁰ Con ello se busca encontrar un índice que permita establecer un valor relativo del lugar a estudiar en relación a una situación sin alterar, haciéndolo de manera simple pero efectiva.

²⁰ 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 Biología, Universitat de Barcelona, Barcelona, España, abril de 1998.

Según diversos autores se ha logrado establecer la aplicación de estudios fisicoquímicos, bioindicación con macroinvertebrados y el estudio de las comunidades vegetales de ribera e incluso las orníticas, estas dos últimas variables hasta ahora no se habían tendido en cuenta para la valoración cuantitativa de la calidad del ecosistema fluvial.

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

Buscar la manera de simplificar estos estudios, generando un índice mas sencillo que califique la calidad del ecosistema sin tener que medir tantas variables, tanto ambientales como biológicas, ni tener un amplio conocimiento sobre fauna y flora para que pueda ser aplicado por un amplio colectivo de profesionales a fin de que realicen su gestión ambiental, y es ahí donde nace el índice QBR, considerado de segundo tipo, a pesar de que hasta ahora no se ha relacionado exhaustivamente con otras variables, si se ha tenido en cuenta los conocimientos precedentes de los ecosistemas estudiados para su planteamiento. La idea es que el índice refleje de una manera ponderada las características de los sistemas de ribera determinando su calidad.

El logro establecido por el QBR está inspirado en sistemas ya usados en Europa, aportando una información distribuida en cuatro bloques que poseen

el mismo peso en el resultado final. Cada bloque califica atributos diferentes del sistema de ribera, intentando cuantificar de manera separada grupos de variables que indican el estado natural del sistema y su puntuación total, al adicionársele será con un máximo de cien puntos; estos cuatro bloques son: la importancia de la cubierta vegetal, la estructura de la cubierta vegetal, la naturalidad y complejidad del sistema y el grado de alteración del canal fluvial debido a la acción de las relaciones antrópicas, desde el punto de vista físico.

Cada apartado es calificado de manera independiente con mínimo de 0 puntos y un máximo de 25 puntos, para un total de 100 puntos como valor máximo y se calcula mediante una hoja de campo en donde estas estipuladas las observaciones que hay que realizar con los valores correspondientes para cada ítem. En cada apartado hay cuatro opciones de las cuales se debe escoger una, cuyos valores son 0, 5, 10 y 25, según el estado de ribera. Esta puntuación puede ser modificada de manera positiva o negativa si se da alguna de las características específicas de cada apartado, mediante la suma o resta de 5 ó 10 puntos, tanta veces como sea necesario. Al final en cada apartado la sumatoria no puede ser superior a 25 puntos ni inferior a 0.

Para hacer la calificación en un determinado sitio de muestreo, debe hacerse la observación de la totalidad de la zona de ribera (la orilla y la ribera propiamente dicha) en una longitud más o menos de unos cien metros. La orilla es la zona de avenidas ordinarias de dos o tres años.

No necesariamente en las avenidas debe existir vegetación arbórea y es además la zona sometida a avenidas de recurrencia e incluye las terrazas aluviales. Para los cálculos se tiene en cuenta el área con potencialidad de albergar una masa vegetal permanente, o sea que no se tiene en cuenta los sustratos duros.

En cada hoja de campo debe registrarse la localidad y la fecha de muestreo, marcando las opciones, no solo el resultado final para tener una idea más amplia de la zona muestreada y contrastar con los resultados, posteriormente se tendrá un registro histórico de su comportamiento.

Los apartados incluidos en el índice, contienen la siguiente información, descrita para evaluar adecuadamente el ecosistema. El primer apartado evalúa el grado de cubierta de la zona de ribera que en su estado natural tiende a estar cubierta por vegetación, siempre y cuando que tanto el sustrato, la recurrencia de las avenidas y la geomorfología lo permitan, su calidad disminuye en la medida en que lo hace la cubierta vegetal, sin tener en cuenta su estructura vertical; cabe destacar el papel del bosque de ribera como elemento estructurador del río o quebrada y su papel en la fijación del sustrato frente a las avenidas. Para su cálculo se requiere que tenga un sustrato apto para el enraizado de las plantas, de las cuales se tienen en cuenta los matorrales y los arbustos, pero no las plantas anuales.

Se evalúa la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adjunto, gracias a las interacciones que se puedan establecer. Se tiene en cuenta las dos márgenes y se considera que su conectividad es total cuando no existe ninguna alteración antrópica ni longitudinal ni paralela. Los caminos de herradura que no sean más anchos de cuatro metros, no se tienen en cuenta y si la conectividad entre el bosque y el ecosistema forestal adyacente es de un 50%, no se altera la puntuación.

En el apartado dos, se evalúa la estructura de la cubierta, que consiste en la combinación de árboles, arbustos y matorrales que permite una mejor estructuración gracias a la biodiversidad, dando una idea de cómo está organizado verticalmente el bosque de ribera. Se inicia su puntuación según el porcentaje de recubrimiento de árboles ó arbustos, cuya presencia mejora

la calidad en la orilla gracias a su complejidad e incremento de la biodiversidad. Cuando se ha impactado sobre la vegetación de ribera y ésta se halla distribuida en manchas aisladas, sin continuidad, se desestructura su continuidad lo que permite una disminución de su biodiversidad y por tanto deterioro del corredor biológico afectando las interacciones con la fauna. Las plantaciones de árboles a menudo alóctonos bien alineados disminuyen su calidad así como las actividades que le afecten y por ello existen las puntuaciones negativas como en el apartado anterior que disminuye su puntuación. Dado que el sotobosque ayuda a la reestructuración del ecosistema de ribera, pero cuando cubre más del 50% la penalización no se altera la puntuación.

En el apartado dos, se evalúa la estructura de la cubierta, que consiste en la combinación de árboles, arbustos y matorrales que permite una mejor estructuración gracias a la biodiversidad, dando una idea de cómo está organizado verticalmente el bosque de ribera. Se inicia su puntuación según el porcentaje de recubrimiento de árboles ó arbustos, cuya presencia mejora la calidad en la orilla gracias a su complejidad e incremento de la biodiversidad. Cuando se ha impactado sobre la vegetación de ribera y ésta se halla distribuida en manchas aisladas, sin continuidad, se desestructura su continuidad lo que permite una disminución de su biodiversidad y por tanto deterioro del corredor biológico afectando las interacciones con la fauna. Las plantaciones de árboles a menudo alóctonos bien alineados disminuyen su calidad así como las actividades que le afecten y por ello existen las puntuaciones negativas como en el apartado anterior que disminuye su puntuación. Como el sotobosque ayuda a la reestructuración del ecosistema de ribera y éste cubre más del 50% la penalización es menor.

En el apartado 3, Naturalidad y complejidad de la cubierta, la biodiversidad de especies que puede albergar una ribera, va a depender de una gran

cantidad de factores ligados a la disponibilidad de recursos, condiciones ambientales y heterogeneidad en el medio, las cuales se pueden resumir en las características de la geomorfología del cauce. Por ello antes de medir el presente apartado, se debe determinar el tipo geomorfológico de la ribera descritas en el anexo 2. Se establecen tres tipos, en donde el tipo 1 corresponde a riberas cerradas, generalmente de cabecera y con baja potencialidad para desarrollar un extenso bosque de ribera, el tipo 2 que corresponde a las zonas medias del río, tienen una potencialidad intermedia para soportar vegetación y el tipo 3, con elevada potencialidad para tener un extenso bosque, e incluso pueden existir islas fluviales.

En la determinación del tipo morfológico de la zona riparia, se determinó un sistema que valora el desnivel del margen derecho con el izquierdo (anexo 2, primer apartado); en el caso de existir islas en medio del canal fluvial, se restaran 1 ó 2 puntos (anexo 2, segundo apartado). Según el porcentaje de sustrato duro que impida el enraizamiento de una masa vegetal permanente se pueden sumar puntos (anexo 2, tercer apartado). Si el puntaje es superior a 8 es de tipo geomorfológico 1, si el puntaje está entre 5 y 8, es tipo 2, y si es inferior a 5, el tipo es 3. Ya ubicado el tipo geomorfológico, se procede a evaluar la naturalidad que está relacionada con las especies arbóreas autóctonas que se tendrían que hallar en una situación sin alteración y que su número debería aumentar al igual que aumenta la anchura y la complejidad geomorfológica de la zona riparia.

El conocimiento de la naturalidad se basa en el conocimiento de las especies arbóreas y arbustivas potencialmente posibles y compararlas con las existentes en la zona. Con el número de especies autóctonas nos determina la puntuación inicial según el tipo geomorfológico, la cual puede ser modificada sumando 5, 10 puntos cuando la comunidad vegetal tenga continuidad a lo largo del río, exista una disposición en galerías de las

diferentes comunidades o existan diferentes especies arbustivas (de acuerdo al tipo geomorfológico), es decir tener en cuenta todos los elementos que influyan en la complejidad. La presencia de estructuras construidas por el hombre como bocatomas, las especies alóctonas y los vertidos de basuras hacen que la naturalidad disminuya y por tanto se disminuye la complejidad y naturalidad, restando 5 ó 10 puntos, según la intensidad de estas perturbaciones.

En el apartado 4 se evalúa el grado de alteración del canal fluvial, ya que este está relacionado íntimamente con el bosque de ribera y que puede ser alterado por diferentes actuaciones del hombre. Su grado de alteración depende de la intensidad de su modificación, distinguiéndose tres situaciones base: La modificación de las terrazas adyacentes al lecho del río ó quebrada, reduciendo el cauce pero sin infraestructuras construidas por el hombre; la presencia de infraestructuras rígidas discontinuas y paralelas al río que modifiquen el canal y, finalmente, la canalización total del tramo modificando las orillas ó toda la ribera. El canal puede llegar a alterarse por la presencia de estructuras sólidas en el lecho ó transversales a éste (presas, bocatomas, des-arenadores, etc.) aun cuando el canal no sufra modificaciones de su amplitud. Los pequeños puentes de cemento o pasarelas que permitan el paso vehicular o presas de menor tamaño, se consideran elementos que hacen disminuir la calidad, y no se consideran los puentes ni los pasos vehiculares sin cimentar.

Una vez examinado el ecosistema mediante los cuatro apartados, indicándose cuales opciones fueron escogidas, se calcula la puntuación de cada uno y se procederá a totalizar. Con el total del puntaje obtenido se establece el grado de calidad del sistema de ribera comparándola con los niveles de calidad que se definen a continuación en la tabla 0, que hace referencia a cinco niveles de calidad que estableció la propuesta de directiva

marco sobre las aguas mencionadas al inicio. Con los colores que se indican se puede representar gráficamente en un mapa lo que permite comparar con otros sistemas o evaluar la evolución del mismo frente a perturbaciones naturales (riadas) o antrópicas.

Tabla 23. Niveles o rangos de la calidad de ribera.

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

10. VALORACIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE RIBERA, QBR

Para cada uno de los puntos se hizo la respectiva valoración a fin de lograr una visión mas detallada de dicho ecosistema y al final se tomó la valoración de todo el ecosistema estudiado, como el promedio de los 6 puntos determinados. Para su valoración se revisó 100 m arriba y 100 m abajo del punto, para tener una mayor información del sector.

ESTACION 1. Nacimiento quebrada San Bernardo. FEBRERO DE 2003.

APARTADO	ENTRADA Y/O MODIFICACION	PUNTAJE
<i>APARTADO</i> 1: Grado de cubierta de la zona de ribera	<ul style="list-style-type: none"> • 50-80% de cubierta vegetal de la zona de ribera. • Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25-50%. 	10
		-5
	Subtotal	5
<i>APARTADO</i> 2: Estructuras de la cubierta.	<ul style="list-style-type: none"> • Cubrimiento 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%. • Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad 	10
		-5
	Subtotal	5
<i>APARTADO</i> 3: Naturalidad y complejidad de la cubierta. *	<ul style="list-style-type: none"> • Número de especies diferentes de árboles autóctonos. Tipo geomorfológico 2. 	25
	<ul style="list-style-type: none"> • Si existe una continuidad en la comunidad a lo largo del río ó quebrada (entre el 50-75% de la ribera). 	10
	<ul style="list-style-type: none"> • Si existen estructuras construidas por el hombre. 	-5
	<ul style="list-style-type: none"> • Si existen especies alóctonas** formando comunidades. 	-5
	<ul style="list-style-type: none"> • Si existen vertidos de basuras. 	-5
	Subtotal	20

APARTADO 4: Grado de naturalidad del canal fluvial	<ul style="list-style-type: none"> • Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río o quebrada. • Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río. 	5
		-10
	Subtotal	0
	TOTAL	30

* Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera (apartado 3, calidad de la cubierta de la estación 1). Sumar el tipo de desnivel de la derecha y la izquierda, y sumar o restar según los otros dos apartados.

** Especies alóctonas:

Tipos de desnivel de la zona riparia	Esquema	Puntuación Izquierda	Puntuación derecha
Pendiente entre el 45° y 75°, escalonado o no. La pendiente se cuenta con el ángulo entre la horizontal y la recta de la orilla y el último punto de la ribera. $\Sigma a > \Sigma b$		3	3
Potencialidad de soportar una masa vegetal de ribera. Porcentaje de sustrato duro con incapacidad para enraizar una masa vegetal permanente.	30-60 %	+4	+4
Puntuación total		7	7

Tipo geomorfológico según la puntuación: Tipo 2

ESTACION 2. FEBRERO DE 2003.

APARTADO	ENTRADA Y/O MODIFICACION	PUNTAJE
APARTADO 1: Grado de cubierta de la zona de ribera	<ul style="list-style-type: none"> • 50-80% de cubierta vegetal de la zona de ribera. • Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25-50%. 	10
		-5
	Subtotal	5

APARTADO 2: Estructuras de la cubierta.	<ul style="list-style-type: none"> Cubrimiento 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%. 	10
	<ul style="list-style-type: none"> Si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque. 	5
	<ul style="list-style-type: none"> Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad 	-5
	Subtotal	10
APARTADO 3: Naturalidad y complejidad de la cubierta. *	<ul style="list-style-type: none"> Número de especies diferentes de árboles autóctonos. Tipo geomorfológico 2. 	10
	<ul style="list-style-type: none"> Si existe una continuidad en la comunidad a lo largo del río ó quebrada (entre el 50-75% de la ribera). 	5
	Subtotal	15
APARTADO 4: Grado de naturalidad del canal fluvial	<ul style="list-style-type: none"> Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río o quebrada. 	5
	<ul style="list-style-type: none"> Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río. 	-10
	Subtotal	0
	TOTAL	30

* Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera (apartado 3, calidad de la cubierta de la estación 1). Sumar el tipo de desnivel de la derecha y la izquierda, y sumar o restar según los otros dos apartados.

Tipos de desnivel de la zona riparia	Esquema	Puntuación Izquierda	Puntuación derecha
Pendiente entre el 45° y 75°, escalonado o no. La pendiente se cuenta con el ángulo entre la horizontal y la recta de la orilla y el último punto de la ribera. $\Sigma a > \Sigma b$		3	3
Potencialidad de soportar una masa vegetal de ribera. Porcentaje de sustrato duro con incapacidad para	30-60 %	+4	+4

enraizar una masa vegetal permanente.			
Puntuación total		7	7

Tipo geomorfológico según la puntuación: Tipo 2

ESTACION 3.. FEBRERO DE 2003.

APARTADO	ENTRADA Y/O MODIFICACION	PUNTAJE
<i>APARTADO</i> 1: Grado de cubierta de la zona de ribera	<ul style="list-style-type: none"> • 50-80% de cubierta vegetal de la zona de ribera. • Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema adyacente es entre el 25% y el 50% • Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25-50%. 	10 5 -5
	Subtotal	10
<i>APARTADO</i> 2: Estructuras de la cubierta.	<ul style="list-style-type: none"> • Cubrimiento 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%. • Si en la orilla la concentración de heliófitas o arbustos es entre el 25 y el 50% • Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad 	10 5 -5
	Subtotal	10
<i>APARTADO</i> 3: Naturalidad y complejidad de la cubierta. *	<ul style="list-style-type: none"> • Número de especies diferentes de árboles autóctonos. Tipo geomorfológico 2. • Si existe una continuidad en la comunidad a lo largo del río ó quebrada (entre el 50-75% de la ribera). 	10 10
	Subtotal	20
<i>APARTADO</i> 4: Grado de naturalidad del canal fluvial	<ul style="list-style-type: none"> • Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río o quebrada. • Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del 	5 -10
	Subtotal	0
	TOTAL	40

* Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera (apartado 3, calidad de la cubierta de la estación 1). Sumar el tipo de desnivel de la derecha y la izquierda, y sumar o restar según los otros dos apartados.

Tipos de desnivel de la zona riparia	Esquema	Puntuación Izquierda	Puntuación derecha
Pendiente entre el 45° y 75°, escalonado o no. La pendiente se cuenta con el ángulo entre la horizontal y la recta de la orilla y el último punto de la ribera. $\Sigma a > \Sigma b$		3	3
Potencialidad de soportar una masa vegetal de ribera. Porcentaje de sustrato duro con incapacidad para enraizar una masa vegetal permanente.	30-60 %	+4	+4
Puntuación total		7	7

Tipo geomorfológico según la puntuación: Tipo 2

ESTACION 4.. FEBRERO DE 2003.

APARTADO	ENTRADA Y/O MODIFICACION	PUNTAJE
APARTADO 1: Grado de cubierta de la zona de ribera	<ul style="list-style-type: none"> 50-80% de cubierta vegetal de la zona de ribera. 	10
	<ul style="list-style-type: none"> Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25-50%. 	-5
	Subtotal	5
APARTADO 2: Estructuras de la cubierta.	<ul style="list-style-type: none"> Cubrimiento 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%. 	10
	<ul style="list-style-type: none"> Si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque 	5
	<ul style="list-style-type: none"> Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad 	-5
	Subtotal	10

APARTADO 3: Naturalidad y complejidad de la cubierta. *	<ul style="list-style-type: none"> Número de especies diferentes de árboles autóctonos. Tipo geomorfológico 2. Si existe una continuidad en la comunidad a lo largo del río ó quebrada (entre el 50-75% de la ribera). 	10
		5
	Subtotal	15
APARTADO 4: Grado de naturalidad del canal fluvial	<ul style="list-style-type: none"> Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río o quebrada. Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del 	5
		-10
	Subtotal	0
	TOTAL	30

* Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera (apartado 3, calidad de la cubierta de la estación 1). Sumar el tipo de desnivel de la derecha y la izquierda, y sumar o restar según los otros dos apartados.

Tipos de desnivel de la zona riparia	Esquema	Puntuación Izquierda	Puntuación derecha
Pendiente entre el 45° y 75°, escalonado o no. La pendiente se cuenta con el ángulo entre la horizontal y la recta de la orilla y el último punto de la ribera. $\Sigma a > \Sigma b$		3	3
Potencialidad de soportar una masa vegetal de ribera. Porcentaje de sustrato duro con incapacidad para enraizar una masa vegetal permanente.	30-60 %	+4	+4
Puntuación total		7	7

Tipo geomorfológico según la puntuación: Tipo 2

ESTACIÓN 5. FEBRERO DE 2003.

APARTADO	ENTRADA Y/O MODIFICACION	PUNTAJE
<i>APARTADO</i> 1: Grado de cubierta de la zona de ribera	<ul style="list-style-type: none"> • 50-80% de cubierta vegetal de la zona de ribera. • Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25-50%. 	10 -5
	Subtotal	5
<i>APARTADO</i> 2: Estructuras de la cubierta.	<ul style="list-style-type: none"> • Cubrimiento 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%. • Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad 	10 -5
	Subtotal	5
<i>APARTADO</i> 3: Naturalidad y complejidad de la cubierta. *	<ul style="list-style-type: none"> • Número de especies diferentes de árboles autóctonos. Tipo geomorfológico 2. • Si existe una continuidad en la comunidad a lo largo del río ó quebrada (entre el 50-75% de la ribera). 	10 5
	Subtotal	15
<i>APARTADO</i> 4: Grado de naturalidad del canal fluvial	<ul style="list-style-type: none"> • Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río o quebrada. • Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del 	5 -10
	Subtotal	0
	TOTAL	25

* Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera (apartado 3, calidad de la cubierta de la estación 1). Sumar el tipo de desnivel de la derecha y la izquierda, y sumar o restar según los otros dos apartados.

Tipos de desnivel de la zona riparia	Esquema	Puntuación Izquier5da	Puntuación derecha
Pendiente entre el 45° y 75°, escalonado o no. La pendiente se cuenta con el ángulo entre la horizontal y la recta de la orilla y el último punto de		3	3

la ribera. $\Sigma a > \Sigma b$ Potencialidad de soportar una masa vegetal de ribera. Porcentaje de sustrato duro con incapacidad para enraizar una masa vegetal permanente.	30-60 %	+4	+4
Puntuación total		7	7

Tipo geomorfológico según la puntuación: Tipo 2

ESTACIÓN 6.FEBRERO DE 2003.

APARTADO	ENTRADA Y/O MODIFICACION	PUNTAJE
<i>APARTADO</i> 1: Grado de cubierta de la zona de ribera	<ul style="list-style-type: none"> 50-80% de cubierta vegetal de la zona de ribera. Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25-50%. 	10
		-5
	Subtotal	5
<i>APARTADO</i> 2: Estructuras de la cubierta.	<ul style="list-style-type: none"> Cubrimiento 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%. Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad 	10
		-5
	Subtotal	5
<i>APARTADO</i> 3: Naturalidad y complejidad de la cubierta. *	<ul style="list-style-type: none"> Número de especies diferentes de árboles autóctonos. Tipo geomorfológico 2. Si existe una continuidad en la comunidad a lo largo del río ó quebrada (entre el 50-75% de la ribera). 	10
		5
	Subtotal	15
<i>APARTADO</i> 4: Grado de naturalidad del canal fluvial	<ul style="list-style-type: none"> Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río o quebrada. Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río 	5
		-10
	Subtotal	0
	TOTAL	25

* Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera (apartado 3, calidad de la cubierta de la estación 1). Sumar el tipo de desnivel de la derecha y la izquierda, y sumar o restar según los otros dos apartados.

Tipos de desnivel de la zona riparia	Esquema	Puntuación Izquierda	Puntuación derecha
Pendiente entre el 45° y 75°, escalonado o no. La pendiente se cuenta con el ángulo entre la horizontal y la recta de la orilla y el último punto de la ribera.		3	3
$\Sigma a > \Sigma b$ Potencialidad de soportar una masa vegetal de ribera. Porcentaje de sustrato duro con incapacidad para enraizar una masa vegetal permanente.	30-60 %	+4	+4
Puntuación total		7	7

Tipo geomorfológico según la puntuación: Tipo 2

En el anexo G se muestran los resultados de la valoración de la calidad de ribera de la microcuenca de la Honda

11. PROPUESTA DE LINEAMIENTOS PARA ESTABLECER EL MONITOREO

Para el desarrollo de un sistema de control de la calidad del agua de la Quebrada la Honda se hace necesario conjugar varios actores, como el inicio de la propuesta para tener un respaldo gubernamental y jurídico. Estos actores serian: La CAS como ente regulador legal de los recursos naturales, la Alcaldía municipal con propuestas de desarrollo de agricultura orgánica o menos contaminada, la Universidad generando datos con sentido para orientar las gestiones de mejoramiento y recuperación de la calidad del recurso agua.

Para darle sostenibilidad a la propuesta se hace necesario establecer un proceso educativo para que la comunidad construya el verdadero sentido del ambiente, orientado desde diferentes perspectivas: formal, no formal e informal y que sea el sector educativo quien lidere y evalúe este proceso.

Para continuar con el mejoramiento del recurso se debe mantener una red de información pública sobre el comportamiento de la microcuenca, con todos los datos que genere su monitoreo y que se aproveche para enseñarles a toda la comunidad y en especial a los niños, niñas y jóvenes lo importante de la información que se transforma en conocimiento practico y esencial para la vida.

Que la sociedad civil a través de sus organizaciones desarrolle proyectos de biodiversidad de especies para mitigar un poco el desequilibrio al cual hemos estado sometidos por nuestra culpa.

Con estos antecedentes se hace necesario que las estaciones de monitoreo realicen periódicamente la valoración del recurso agua con los métodos combinados de bioindicación, toxicología, fisicoquímicos y bacteriológicos. Para evitar sobrecostos en los exámenes fisicoquímicos, se deben implementar los índices de contaminación que usando un mínimo de parámetros, puede correlacionar el comportamiento, salvo cuando se presenten contaminantes severos que hacen necesario conocerlos para poder evaluarlos mejor.

CONCLUSIONES

La viabilidad de hacer estudios de base y monitores extensos a través de los bioindicadores permite que más comunidades conozcan la realidad de sus aguas y las aprendan a manejar adecuadamente.

La sencillez de la aplicación de estos índices hace posible que desde muy joven se induzca a los niños a realizar investigaciones productivas.

Es necesario profundizar en qué se relacionan los trabajos de evaluación con bioindicadores con los parámetros fisicoquímicos para hallar la conexión que permita adecuar estudios de toxicología.

Se debe estimular el estudio de los insectos acuáticos para conocer su hábitat, nicho ecológico y comportamiento ecológico para que podamos encontrar sensores vivos a diferentes tipos de contaminantes.

BIBLIOGRAFÍA

ALBA-TERCEDOR J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA). Almería.Vol II: 203-213. 1996.

AMERICAN PUBLIC HEALT ASSOCIATION, American Water Works Association and Water Environment Federation, 1995, Standard Methods examination of water and wasted water.

BRICEÑO MENDOZA. Conceptos Básicos de Manejo Forestal. Edit. UTEHA. México DF., 1.993.

Corporación de Defensa de la Meseta de Bucaramanga – C.D.M.B. y Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional. Guía de reforestación, Proyecto Alto Lebrija. Bucaramanga, 1989.

CUELLO, Joseph. y otro. Ecología y Medio Ambiente. Edit. Thema Equipo S.A. Barcelona, 1.996.

GARCÍA M., Bernardo. Compendio de términos comunes utilizado en estudios ambientales de la industria petrolera. Publicación de la Coordinación Ambiental Corporativa de ECOPETROL. Sáenz Impresores del Caribe. Primera edición, septiembre de 1.994.

HOLDRIGE, Leslie R., Ecología basada en zonas de vida, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Tercera reimpresión, Colección Libros y Materiales Educativos N° 83, IICA,1987, San José de Costa Rica.

IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Macroinvertebrados Acuáticos Y Calidad de las Aguas de los Ríos Almería, 1994.

KARR, James R., Biological integrity: A long-neglected aspect of water resource management, Ecological applications, Virginia, USA, pp.66-84, 1991.

Legislación relacionada con el agua: Dec. 0475/98, Dec. 1449/77, Dec. 4115/78, Dec. 1681/78, Dec. 285/81, Dec. 2105/83, Dec. 1594/84, Dec. 2811/74.

LORENZ,C.M., et al, Concepts in river ecology: Implications for indicator development, Regulated rivers: Research & Management 13:501-516 , Amsterdam, 1997.

MACHADO CARTAGENA, Tito Antonio, Distribución Ecológica e Identificación de los Coleópteros Acuáticos en Diferentes Pisos Altitudinales del Departamento de Antioquia, Universidad de Antioquia, Medellín, 1989.

MAHECHA VEGA, Gilberto Emilio. Fundamentos y Metodología para la Identificación de Plantas. Proyecto Bio-Pacífico, Ministerio del Medio Ambiente Santafé de Bogotá. 1987.

MARGALEF Ramón. Ecología. Edit. Omega. Barcelona. 1010p. 1983.

MARGALEF, R., Limnología, Editorial Omega, Barcelona, 1983.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE, Guía para la elaboración de estudios del medio físico, Madrid, España, 1992.

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 Biología, Universitat de Barcelona, Barcelona, España, 1998.

NEEDHAM, J.& P. NEEDHAM, Guía para el Estudio de los Seres Vivos de las Aguas Dulces, Ed. Reverté, Méjico.

ODUM, Eugene P. Ecología, Tercera Edición, Revolucionaria de Cuba, 1986.

ODUM, Eugene P. Ecología: Peligra la Vida. Segunda Edición, Edit. Interamericana. Mc.GrawHill, 1993.

PEDRAZA, J., Laboratorio de aguas, Especialización en Química Ambiental, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2001.

PEREZ ARBELAEZ, Enrique. Plantas útiles de Colombia. Jardín Botánico – Fondo FEN, Colombia.

PRAT, Narcis, Ecología y Gestión del agua en Cataluña, Medio Ambiente, Tecnología i Cultura, Número 25, Departamento de Ecología, Universidad de Barcelona, Enero 2000.

Proyecciones de Población, por Área, según Municipios a junio 30 de 1.995-2.005. DANE.

PUNTES BRUGES, Jairo, Ecología y Recursos Naturales. Factores Asociados al deterioro de los Recursos Naturales, Tomo II, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2001.

RAMÍREZ G., Alberto, VIÑA V., Gerardo, Limnología Colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis, Ed. Panamericana, Primera edición, Publicación editada bajo contrato con BP, Santa fe de Bogotá, 1998.

RAMÍREZ GONZALEZ, Alberto y otros, Limnología Colombiana, Fundación Universitaria Jorge Tadeo Lozano, Santafé de Bogotá, 1999.

RAMÍREZ GONZALEZ, Alberto, Ecología Aplicada, Fundación Universitaria Jorge Tadeo Lozano, Santafé de Bogotá, 1999.

RAMÍREZ, A., RESTREPO, R., VIÑA, G., Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulaciones y aplicaciones, Ciencia tecnología y futuro, Vol. 1 Número 3, Bogotá, 1997.

RAMÍREZ, A., RESTREPO, R., VIÑA, G., Índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicaciones, Ciencia tecnología y futuro, Vol. 1 Número 5, Bogotá, 1999

RESH, Vincent H., Design and implementation of rapid assessment approaches for water resource monitoring using benthic macroinvertebrates, Australian Journal of Ecology, Vol. 20, Sidney, pp. 108-121, 1995.

RESTREPO M., Ricardo y RAMÍREZ, M., Programas de monitoreo sobre aguas continentales para la evaluación de impactos ambientales, ECOPETROL- Instituto Colombiano del Petróleo, Bucaramanga, 2001.

RESTREPO M., Ricardo, Ecología, Especialización en Química Ambiental, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2001.

RODRÍGUEZ GUERRERO, Pedro Ignacio. Fundamentos de Silvicultura. USTA. Bucaramanga. 1.990.

ROLDAN PEREZ, Gabriel. Fundamentos de Limnología Neotropical, Edit. Universidad de Antioquia, Primera Edición, Medellín, 1992.

ROLDAN PEREZ, Gabriel. Guía para el estudio de los Macroinvertebrados del Departamento de Antioquia, FEN, COLCIENCIAS, Universidad de Antioquia, Edit Presencia Ltda., Bogotá, 1988.

ROLDAN PEREZ, Gabriel. La Bioindicación de la Calidad del Agua: Los Macroinvertebrados Acuáticos y el Método BMWP/Col, Seminario de Limnología Aplicada, Universidad de Católica del Oriente, Medellín, 2002.

ROLDAN PEREZ, Gabriel. Los Macroinvertebrados como Indicadores de la Calidad del Agua en Colombia: Estado Actual y Perspectivas, Universidad de Antioquia, 2000.

ROLDAN PEREZ, Gabriel. Los Macroinvertebrados como Indicadores de la Calidad del Agua en Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Volumen 23 (88), Universidad de Antioquia, 1999, p.p 375-387.

SÁNCHEZ HERRERA, Marjorie Josefina, et al. Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua de la zona media del río Pamplonita, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, 2001.

SOLA, Munné A. Y PRAT N., QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de ribera, Tecnología del Agua, Departamento d' Ecología, Universitat de Barcelona, 1998.

TRUJILLO TARAZONA, César, Declaratoria de Efecto Ambiental del Proyecto de Embalse "La Honda", Municipio de El Socorro, Bucaramanga, 1993.

TYLER, Millar G. Ecología y Medio Ambiente. Grupo Editorial Ibero América. Estados Unidos, 1.992.

VÁSQUEZ TORRES, Ana Guadalupe. Ecología Información Ambiental. Mc. Graw Hill. México, 1.998.

VERGARA RUIZ, Rodrigo A., et al, Inventario de la entomofauna de la Quebrada Padilla, fuente del acueducto de Honda (Tolima), Revista Colombiana de entomología Vol. 20, Número 2, Sociedad Colombiana de entomología, Santafé de Bogotá, junio de 1994, p.p 115-124.

VIÑA, Gerardo, RESTREPO, Ricardo, MOJICA, José Iván, El bentos y los organismos asociados a macrofitas en ecosistemas de planos de inundación, Segundo Seminario Nacional de Limnología, 1994

VIÑA, Gerardo, RESTREPO, Ricardo, otro, El Bentos y los Organismos Asociados a Macrofitas en Ecosistemas Planos de Inundación, Segundo Seminario de Limnología, 1996.

ZÚÑIGA de CARDOZO, María del Carmen, et al, Interrelación de indicadores ambientales de calidad en cuerpos de aguas superficiales del Valle del Cauca, Revista Colombiana de entomología Vol. 20, Número 2, Sociedad Colombiana de entomología, Santafé de Bogotá, junio de 1994, p.p 125- 130.

Anexo A.
B.M.W.P., Department of Environment – Biological Monitoring Working
Party Score System for National River Survey 1980 The British Experience.
HELLAWELL

FAMILIAS	PUNTUACIÓN
<i>Leptophlebiidae, Heptageniidae, Potamanthidae, Ephemeridae, Blephariceridae, Leptoceridae, Odontoceridae, Siphonuridae, Taeniopterygidae, Leuciridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae, Phyganeidae, Molannidae, Beracidae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentrydae, Sericostomatidae, Athericidae.</i>	10
<i>Calopterygidae, Astacidae, Lestidae, Cordulegasteridae, Corduliidae, Psychomyiidae, Glossosomatidae, Philopotomidae, Libellulidae, Gomphidae, Aeshnidae</i>	8
<i>Polycentropodidae, Ephemerellidae, Nemouridae, Rhyacophilidae, Limnephilidae.</i>	7
<i>Neritidae, Viviparidae, Unionidae, Corophiidae, Gammaridae, Ancylidae, Coenagrionidae, Hydroptilidae, Plarycnemididae.</i>	6
<i>Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Planariidae, Dugesiidae, Oligoneuriidae, Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, Hydrochidae, Hydracnidae, Clambidae, Dendrocoelidae</i>	5
<i>Baetidae, Caenidae, Haliplidae, Stratomydae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Anthomydae, Limoniidae, Sialidae, Piscicolidae, Chrysomelidae, Ceratopogonidae, Tabanidae, Hydracarina, , Psychodidae, Curculionidae.</i>	4
<i>Glossiphoniidae, Erpobdellidae, Lymnedidae, Planorbidae, Gyrinidae, Physidae, Mesoveliidae, Hydromerridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Pleidae, Notonectidae, Corixidae, Helodidae, Hydrophilidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Valvatidae, Hydrobiidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeridae, Hirudidae, Asellidae, Ostracoda.</i>	3
<i>Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Thaumalcidae, Ephydriidae.</i>	2
<i>Oligochaeta.</i>	1

Anexo B.

**Puntuaciones Asignadas a las Diferentes Familias de
Macroinvertebrados Acuáticos para la Obtención del Índice BMWP,
Modificado y Adaptado a la Fauna Española. Alba Tercedor et al (1988)**

FAMILIAS	PUNTUACIÓN
<i>Leptophlebiidae, Heptageniidae, Oligoneuriidae, Euthyplociidae, Calamoceratidae, Psephenidae, Perlidae, Blephariceridae, Leptoceridae, Corydalidae, Helicopsychidae, Odontoceridae, Philopotamidae, Ptilodactylidae.</i>	10
<i>Calopterygidae, Libellulidae, Gomphidae, Aeshnidae, Hydroptilidae, Xiphocentronidae, Plolymitarcidae, Hydrobiosidae, Caetiidae.</i>	8
<i>Elmidae, Polycentropodidae, Leptophylliidae, Glossosomatide.</i>	7
<i>Scyrtidae (Helolidae), Ancyliidae, Coenagrionidae, Hydroptilidae</i>	6
<i>Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Naucoridae, Dugesiidae.</i>	5
<i>Baetidae, Pyralidae, Chrysomelidae, Ceratopogonidae, Tabanidae, Psychodidae, Curculionidae.</i>	4
<i>Glossiphoniidae, Erpobdellidae, Lymnedidae, Planorbidae, Gyrinidae, Physidae, Hydrometridae.</i>	3
<i>Chironomidae, Culicidae, Muscidae.</i>	2
<i>Oligochaeta, Syrphidae</i>	1

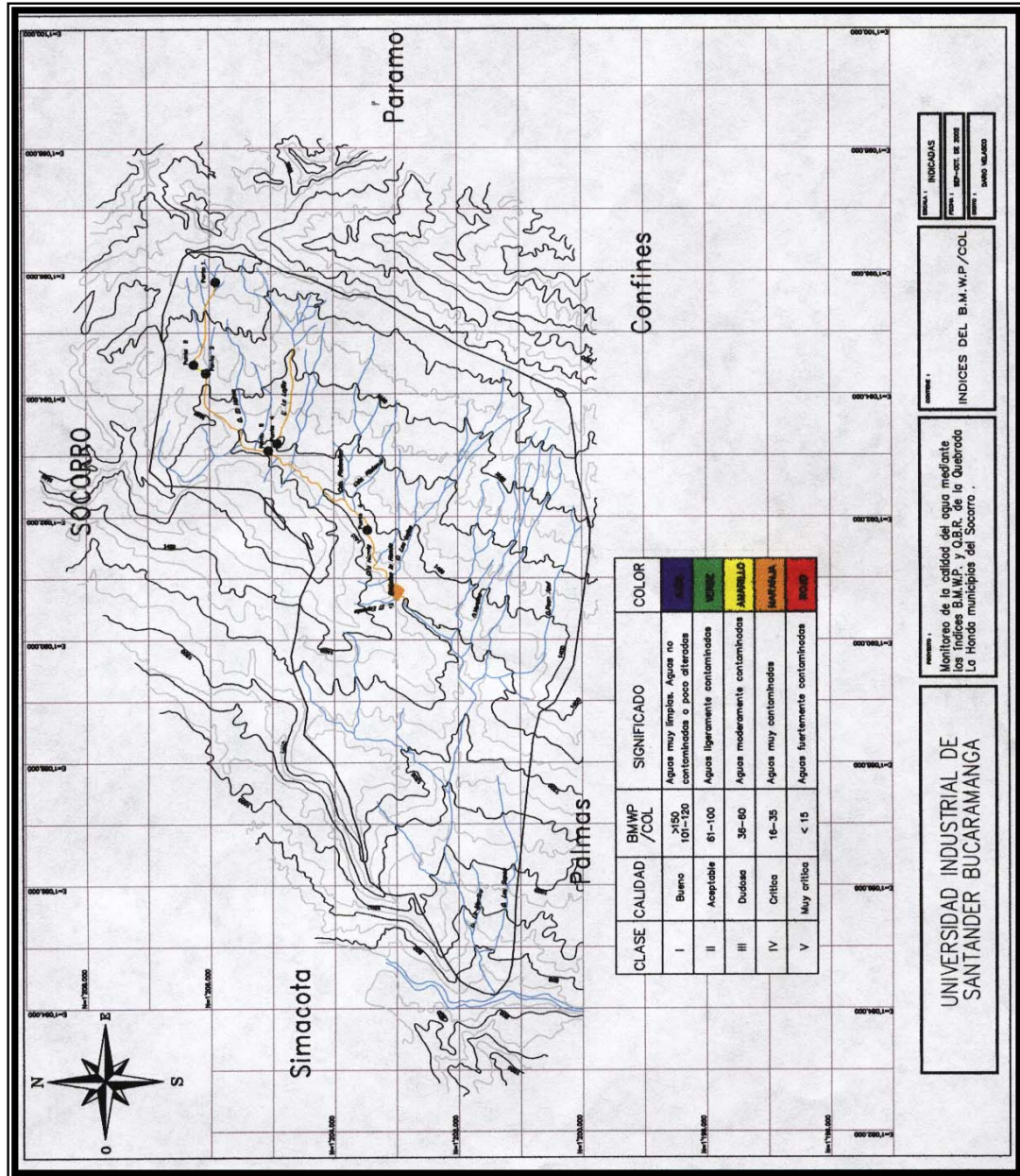
Anexo C.

**PUNTUACIONES ASIGNADAS A LAS DIFERENTES FAMILIAS DE
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL
ÍNDICE BMWP, MODIFICADO Y ADAPTADO (PRELIMINAR) PARA LA
ZONA MEDIA DEL RÍO PAMPLONITA – NORTE DE SANTANDER
(Sánchez- Ortega 2000 – 2001)**

FAMILIAS	PUNTUACIÓN
Blephroceridae, Helicopsychidae, Odontoceridae, Philopotomidae, Ptilodactylidae.	10
Corydalidae, Hydrobiosidae, Oligoneuriidae, Glossosomatidae, Leptoceridae, Perlidae, Psephenidae, Hydroptilidae.	8
Calopterygidae, Coleoptera Sp ₁ , Isopoda, Isotomidae, Leptophlebiidae, Libellulidae, Hebridae, Leptinidae, Limnephilidae, Veliidae, Pyralidae.	7
Tricorythidae, Hyalellidae, Coleoptera Sp ₃ , Scyrtidae (Helolidae), Ancyliidae, Coenagrionidae, Chordioidea.	6
Baetidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Naucoridae, Planariidae, Hemiptera Sp ₁ , Ostracoda.	5
Dixidae, Empididae, Dolichopodidae, Diptera Sp ₁ , Elmidae, Staphylinidae, Hidracarina, Nematoda.	4
Ceratopogonidae, Psychodidae, Hydrophilidae, Glossiphoniidae, Physidae.	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Ephydriidae.	2
Naididae, Tubificidae, Lumbricidae, Syrphidae.	1

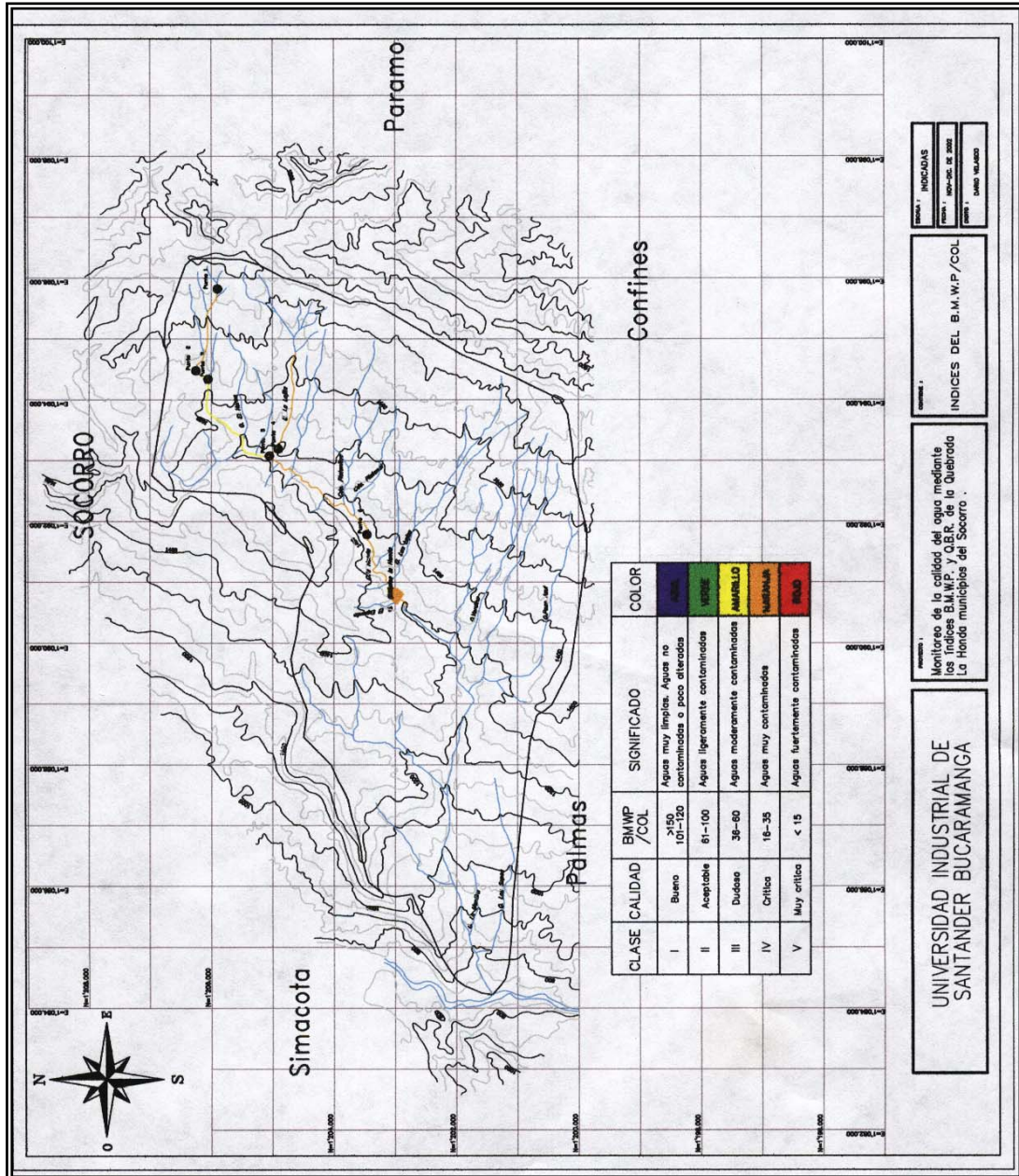
Anexo D.

Monitoreo de la calidad del agua mediante el índice BMWP estación lluvias (septiembre – octubre de 2002)



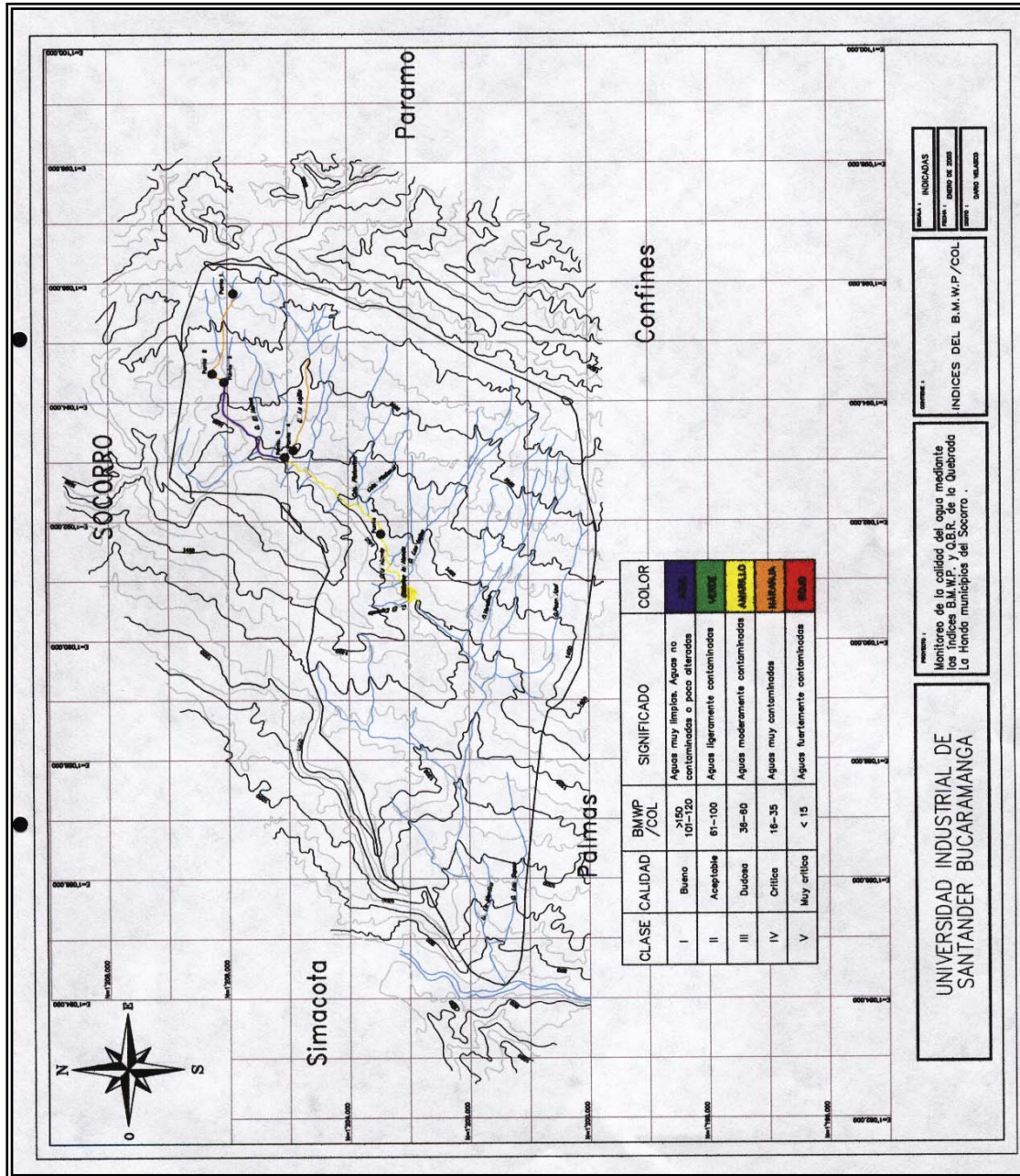
Anexo E.

Monitoreo de la calidad del agua mediante el índice BMWP estación intermedia (noviembre – diciembre de 2002)



Anexo F.

Monitoreo de la calidad del agua mediante el índice BMWP estación sequía (enero de 2003)



Anexo G.

Monitoreo de la calidad de ribera de la microcuenca de la Honda del municipio del Socorro (enero 2003)

