

**CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO DEL AGUA EN LA PARTE
ALTA DE LA SUB-CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO GUABAS – GINEBRA,
VALLE DEL CAUCA**

JUAN MANUEL ARISTIZÁBAL

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
CALI
2013**

**CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO DEL AGUA EN LA PARTE
ALTA DE LA SUB-CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO GUABAS – GINEBRA,
VALLE DEL CAUCA**

JUAN MANUEL ARISTIZÁBAL

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE GEÓGRAFO

**TUTOR
RAMÓN ALBERTO SERNA ISAZA
BIÓLOGO**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
CALI
2013**

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la vida por permitirme estar donde estoy.

A mi madre María Fernanda Aristizábal Cabrera, mujer incansable y digna de admiración, no en vano es la persona que más amo en el mundo.

A mi tía Jazmín Aristizabal, por su apoyo incondicional para todo momento.

A mi padre Luis Mario Calero por todas las enseñanzas impartidas.

A mi abuela Claret Zoraida Cabrera por brindarme toda la confianza, amor y cariño cada instante.

A María Fernanda y Susana Calero por ser el motor de mi existencia y mi lucha día a día.

A Lizeth Paola Ariza hermosa mujer que ha dado todo de sí y me ha acompañado en esta etapa de mi vida.

A mi madrina Enelia Uchima y padrino Harold Aristizabal por su apoyo, y morada.

A mi tutor Ramón Alberto Serna por ofrecerme toda su sabiduría y paciencia, que fortuna contar con su valiosa amistad.

A Luis Marino Santana por ser más que un profesor, mi amigo, gracias por todo lo brindado.

A Néstor Julián Cifuentes Aristizábal, Jhon Jairo Conde Toro y Omar Jaramillo Rosero por su disposición incondicional cuando los necesite.

A Carlos Lucero por todo el conocimiento impartido, sin duda alguna su apoyo fue fundamental para todo el desarrollo de esta investigación.

A mi familia y amigos en general por todo el apoyo, a todos les debo las gracias.

A la Universidad del Valle por ser el maravilloso espacio en donde crecí como persona y me forme como profesional.

Al departamento de Geografía y sus profesores gracias por toda la formación académica, deseo y aspiro siga creciendo y formando excelentes profesionales en el área.

Al departamento de Biología por permitirme contar con sus laboratorios, especialmente a Gina Jennifer Colorado por toda su amabilidad y apoyo.

FACULTAD DE HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA

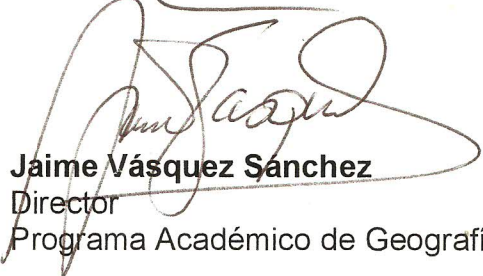
PROGRAMA ACADÉMICO GEOGRAFÍA (3261)

ACTA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE GRADO

El estudiante de nuestro Programa Académico ARISTIZABAL JUAN MANUEL con código 0642308 presentó su Trabajo de Grado titulado ***“Caracterización del estado ecológico del agua en al parte alta de la subcuenca hidrográfica del río Guabas, Ginebra, Valle del Cauca”***, el cual fue calificado como **APROBADO** por el jurado evaluador los días 10 y 11 de Marzo del 2014.


Ramón Alberto Serna Isaza.
Director del Trabajo de Grado


Cecilia Orozco Cañas.
Evaluadora


Jaime Vásquez Sánchez
Director
Programa Académico de Geografía


Oscar Buitrago Bermúdez
Evaluador

CONTENIDO

PAGINA

RESUMEN.....	14
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
JUSTIFICACIÓN.....	16
OBJETIVOS	19
General.....	19
Específicos	19
1. EL PAISAJE Y LA CUENCA HIDROGRÁFICA	20
1.1 EL PAISAJE COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN TERRITORIAL.....	21
1.2 LA CUENCA HIDROGRÁFICA COMO UNIDAD DE ANÁLISIS PAISAJÍSTICO.....	22
1.3 SERVICIOS AMBIENTALES DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS.....	23
2. ECOSISTEMAS ACUÁTICOS	25
2.1. ECOSISTEMAS LÓTICOS.....	27
2.1.1 Fragilidad de los ecosistemas acuáticos lóticos.	29
3. ACCESO Y CALIDAD DEL AGUA	33
3.1 EL AGUA COMO DERECHO FUNDAMENTAL HUMANO	36
3.1.1 Marco de referencia internacional sobre el derecho al agua.....	37
3.1.2 Marco constitucional nacional sobre el derecho al agua.....	39
4. INDICADORES ECOLÓGICOS	40
4.1 LOS PRINCIPIOS DE LA BIOINDICACIÓN	41
4.2 BIOINDICADOR O INDICADOR ECOLÓGICO	42
4.3 ÍNDICES ECOLÓGICOS	43

4.3.1 Índice de diversidad de Shannon.....	44
4.3.2 Índice de diversidad de Simpson.....	45
4.3.3 Índice de Margalef.	45
4.3.4 Índice de Jaccard.	45
4.3.5 Índice de similitud de Bray – Curtis.	46
4.4 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA.....	46
4.5 MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO DEL AGUA (BMWP).....	48
5. SUB-CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO GUABAS.....	50
5.1 CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA.....	50
5.1.1 Aspectos climatológicos.....	50
5.1.2 Descripciones fisionómicas y de diversidad.....	52
5.1.3 Geomorfología.....	54
5.1.4 Suelos.....	55
5.2 USOS DEL SUELO	56
5.2.1 Agricultura cafetera intensiva (AgCait).	58
5.2.2 Agricultura cafetera de minifundio (AgCamn).	58
5.2.3 Producción forestal industrial (FoInid).....	58
5.2.4 Ganadería extensiva de latifundio (GaExlt).....	58
5.2.5 Minería artesanal del oro (MnOrar).	58
5.3 OTROS ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS	59
5.3.1 Población	59
5.3.2. Educación	60

5.3.3 Salud.....	60
5.3.4 Energía.	60
5.3.5 Acueducto.....	60
5.3.6 Alcantarillado.....	60
5.3.7 Residuos sólidos	60
6. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	62
6.1 DOCUMENTACIÓN.....	63
6.3 MUESTREO	65
6.2.2 Muestras y su número.	66
6.3 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	71
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	72
7.1 RAREFACCIÓN DE ESPECIES.....	72
7.2 CLASIFICACIÓN BIOLÓGICA.....	77
7.3 CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO MEDIANTE EL MÉTODO BMWP/Col.....	81
7.1.1 Muestreo periodo de mayores precipitaciones, Junio 4 de 2012.....	81
7.1.2 Muestreo periodo de menores precipitaciones, Septiembre 7 de 2012.	91
7.4 CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LA CUENCA, MEDIANTE ÍNDICES ECOLÓGICOS.....	99
7.2.1 Índice de Bray-Curtis	99
7.2.2 Índice de Shannon-Wiener.	100
7.2.3 Índice de Simpson.	103
7.2.4 Índice de Margalef.	106

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES SOBRE LA VALORACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LA CUENCA	110
9. BIBLIOGRAFÍA.....	112

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. TRANSFORMACIONES EN LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS.	30
TABLA 2. BALANCE GENERAL, OFERTA HÍDRICA VS DEMANDA TOTAL, RÍO GUABAS.....	36
TABLA 3. VALORES GENERALES DEL SISTEMA BMWP/COL.	48
TABLA 4. PUNTAJE DE FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS MÉTODO BMWP/COL.	49
TABLA 5. PUNTUACIÓN MÉTODO ASPT (AVERAGE SCORE PER TAXA)	50
TABLA 6. CLASIFICACIÓN DE PENDIENTES ZONA DE ESTUDIO.....	54
TABLA 7. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS EN LA CUENCA.	55
TABLA 8. ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	56
TABLA 9. POBLACIÓN ÁREA DE ESTUDIO.	59
TABLA 10. DISTRIBUCIÓN DE ACUEDUCTOS, MICRO-CUENCAS.....	61
TABLA 11. ESTACIONES DE MONITOREO, CAUCE PRINCIPAL RÍO GUABAS...	64
TABLA 12. TÉCNICAS EMPLEADAS, ANÁLISIS BIOLÓGICO IN SITU.....	66
TABLA 13. TÉCNICAS EMPLEADAS, ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS <i>IN SITU</i>	67
TABLA 14. ESTACIÓN PUENTE ROJO, PERIODO DE MAYORES PRECIPITACIONES (JUNIO 2012). MARGEN IZQUIERDO DEL CAUCE.	81
TABLA 15. ESTACIÓN PUENTE ROJO, PERIODO DE MAYORES PRECIPITACIONES (JUNIO 2012). MARGEN DERECHO DEL CAUCE.....	82
TABLA 16. ESTACIÓN LA VICTORIA, PERIODO DE MAYORES PRECIPITACIONES (JUNIO 2012). MARGEN IZQUIERDO DEL CAUCE.	86
TABLA 17. ESTACIÓN LA VICTORIA, PERIODO DE MAYORES PRECIPITACIONES (JUNIO 2012). MARGEN DERECHO DEL CAUCE.....	86
TABLA 18. ESTACIÓN JARDÍN, PERIODO DE MAYORES PRECIPITACIONES (JUNIO 2012). MARGEN IZQUIERDO DEL CAUCE.....	87
TABLA 19. ESTACIÓN JARDÍN, PERIODO DE MAYORES PRECIPITACIONES (JUNIO 2012). MARGEN DERECHO DEL CAUCE.....	88
TABLA 20. ESTACIÓN PORTUGAL, PERIODO DE MAYORES PRECIPITACIONES (JUNIO 2012). MARGEN IZQUIERDO DEL CAUCE.....	89

TABLA 21. ESTACIÓN PORTUGAL, PERIODO DE MAYORES PRECIPITACIONES (JUNIO 2012). MARGEN DERECHO DEL CAUCE.....	89
TABLA 22. ESTACIÓN LA CECILIA, PERIODO DE MAYORES PRECIPITACIONES (JUNIO 2012). MARGEN IZQUIERDO DEL CAUCE.....	90
TABLA 23. ESTACIÓN LA CECILIA, PERIODO DE MAYORES PRECIPITACIONES (JUNIO 2012). MARGEN DERECHO DEL CAUCE.....	91
TABLA 24. ESTACIÓN PUENTE ROJO, PERIODO DE MENORES PRECIPITACIONES (SEPTIEMBRE 2012). MARGEN IZQUIERDO DEL CAUCE.	92
TABLA 25. ESTACIÓN PUENTE ROJO, PERIODO DE MENORES PRECIPITACIONES (SEPTIEMBRE 2012). MARGEN DERECHO DEL CAUCE.	92
TABLA 26. ESTACIÓN LA VICTORIA, PERIODO DE MENORES PRECIPITACIONES (SEPTIEMBRE 2012). MARGEN IZQUIERDO DEL CAUCE.	93
TABLA 27. ESTACIÓN LA VICTORIA, PERIODO DE MENORES PRECIPITACIONES (SEPTIEMBRE 2012). MARGEN DERECHO DEL CAUCE.	93
TABLA 28. ESTACIÓN JARDÍN, PERIODO DE MENORES PRECIPITACIONES (SEPTIEMBRE 2012). MARGEN IZQUIERDO DEL CAUCE.....	96
TABLA 29. ESTACIÓN JARDÍN, PERIODO DE MENORES PRECIPITACIONES (SEPTIEMBRE 2012). MARGEN DERECHO DEL CAUCE.....	96
TABLA 30. ESTACIÓN PORTUGAL, PERIODO DE MENORES PRECIPITACIONES (SEPTIEMBRE 2012). MARGEN IZQUIERDO DEL CAUCE.....	97
TABLA 31. ESTACIÓN PORTUGAL, PERIODO DE MENORES PRECIPITACIONES (SEPTIEMBRE 2012). MARGEN DERECHO DEL CAUCE.....	97
TABLA 32. ESTACIÓN LA CECILIA, PERIODO DE MENORES PRECIPITACIONES (SEPTIEMBRE 2012). MARGEN IZQUIERDO DEL CAUCE.....	98
TABLA 33. ESTACIÓN LA CECILIA, PERIODO DE MENORES PRECIPITACIONES (SEPTIEMBRE 2012). MARGEN DERECHO DEL CAUCE.....	98
TABLA 34. ÍNDICES ECOLÓGICOS Y BIOLÓGICOS UTILIZADOS.	109

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. DINÁMICA DEL CICLO HIDROLÓGICO.....	26
FIGURA 2. SECUENCIA EN TRAMOS DE UN SISTEMA LÓTICO. (1) NACIMIENTO, (2) CURSO MEDIO, (3) DESEMBOCADURA.....	28
FIGURA 3. AGENTES GEOMORFOLÓGICOS EXTERNOS EN UN SISTEMA LÓTICO.....	29
FIGURA 4. ESQUEMAS GENERALES DE UN ECOSISTEMA ACUÁTICO.....	32
FIGURA 5. <i>ANCHYTARSUS</i> SP. LARVA	FIGURA 6. <i>LEPTONEMA</i> SP.
LARVA.....	47
FIGURA 7. MARCO CONCEPTUAL DE TRABAJO.....	62
FIGURA 8. FORMAS DE USO	FIGURA 9. HIDROGRAFÍA Y
VEGETACIÓN.....	63
FIGURA 10. PAISAJE ECUMENADO	FIGURA 11. USO DE LA TIERRA.....
FIGURA 12. LOCALIZACIÓN ESTACIONES DE MUESTREO EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	65
FIGURA 13. RECOLECCIÓN POR MÉTODO DE KICK SAMPLING.....	68
FIGURA 14. CAUDAL RÍO GUABAS, PERIODO DE MAYORES PRECIPITACIONES, JUNIO, 2012.....	69
FIGURA 15. CAUDAL RÍO GUABAS, PERIODO DE MENORES PRECIPITACIONES, SEPTIEMBRE, 2012.....	69
FIGURA 16. MATERIALES PARA SEPARACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE INDIVIDUOS.....	70
FIGURA 17. ANÁLISIS DE RAREFACCIÓN DE ESPECIES, MARGEN IZQUIERDO DE LA ZONA DE ESTUDIO. RÍO GUABAS, JUNIO 2012.....	73
FIGURA 18. ANÁLISIS DE RAREFACCIÓN DE ESPECIES, MARGEN DERECHO DE LA ZONA DE ESTUDIO. RÍO GUABAS, JUNIO 2012.....	74
FIGURA 19. ANÁLISIS DE RAREFACCIÓN DE ESPECIES, MARGEN IZQUIERDO DE LA ZONA DE ESTUDIO. RÍO GUABAS, SEPTIEMBRE 2012.....	75
FIGURA 20. ANÁLISIS DE RAREFACCIÓN DE ESPECIES, MARGEN DERECHO DE LA ZONA DE ESTUDIO. RÍO GUABAS, SEPTIEMBRE 2012.....	76
FIGURA 21. DIVERSIDAD DE TAXA, CUENCA ALTA DEL RÍO GUABAS, JUNIO 2012. A) FAMILIAS TOTALES, B) MARGEN DERECHO POR TAXÓN Y C) MARGEN IZQUIERDO POR TAXÓN.....	78

FIGURA 22. DIVERSIDAD DE TAXA, CUENCA ALTA DEL RÍO GUABAS, SEPTIEMBRE 2012. A) FAMILIAS TOTALES, B) MARGEN DERECHO POR ESPECIE Y C) MARGEN IZQUIERDO POR ESPECIE.....	79
FIGURA 23. ANÁLISIS DE CLASIFICACIÓN JERÁRQUICA, MÉTODO DE SIMILITUD DE BRAY-CURTIS PERIODO DE MAYORES PRECIPITACIONES, RÍO GUABAS, JUNIO 2012.....	99
FIGURA 24. ANÁLISIS DE CLASIFICACIÓN JERÁRQUICA MÉTODO DE SIMILITUD DE BRAY-CURTIS PERIODO DE MENORES PRECIPITACIONES, RÍO GUABAS, SEPTIEMBRE 2012.....	100
FIGURA 25. ANÁLISIS DE DESCRIPTORES ECOLÓGICOS POR EL ÍNDICE DE SHANNON & WIENER, MARGEN IZQUIERDA DEL RIO GUABAS, JUNIO 2012.....	101
FIGURA 26. ANÁLISIS DE DESCRIPTORES ECOLÓGICOS POR EL ÍNDICE DE SHANNON EN EL MARGEN DERECHO DEL RIO GUABAS, JUNIO 2012.....	102
FIGURA 27. ANÁLISIS DE DESCRIPTORES ECOLÓGICOS, ÍNDICE DE SHANNON, MARGEN IZQUIERDO DEL RIO GUABAS, SEPTIEMBRE 2012.....	102
FIGURA 28. ANÁLISIS DE DESCRIPTORES ECOLÓGICOS, ÍNDICE DE SHANNON, MARGEN DERECHO DEL RIO GUABAS, SEPTIEMBRE 2012.....	103
FIGURA 29. ANÁLISIS DESCRIPTORES ECOLÓGICOS, ÍNDICE DE SIMPSON, MARGEN DERECHO DEL RIO GUABAS, JUNIO 2012.....	104
FIGURA 30. ANÁLISIS DESCRIPTORES ECOLÓGICOS, ÍNDICE DE SIMPSON, MARGEN IZQUIERDO DEL RIO GUABAS, JUNIO 2012.....	104
FIGURA 31. ANÁLISIS DE DESCRIPTORES ECOLÓGICOS POR EL ÍNDICE DE SIMPSON EN EL MARGEN DERECHO DEL RIO GUABAS, SEPTIEMBRE 2012.....	105
FIGURA 32. ANÁLISIS DE DESCRIPTORES ECOLÓGICOS POR EL ÍNDICE DE SIMPSON EN EL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO GUABAS, SEPTIEMBRE 2012.....	105
FIGURA 33. RIQUEZA DE ESPECIES, MARGEN DERECHO ÍNDICE DE MARGALEF, PERIODO DE MAYORES PRECIPITACIONES, JUNIO 2012.....	106
FIGURA 34. RIQUEZA DE ESPECIES, MARGEN IZQUIERDO. ÍNDICE DE MARGALEF, PERIODO DE MAYORES PRECIPITACIONES, JUNIO 2012.....	107
FIGURA 35. RIQUEZA DE ESPECIES, MARGEN DERECHO. ÍNDICE DE MARGALEF, PERIODO DE MENORES PRECIPITACIONES, SEPTIEMBRE 2012.....	107
FIGURA 36. RIQUEZA DE ESPECIES, MARGEN IZQUIERDO. ÍNDICE DE MARGALEF, PERIODO DE MENORES PRECIPITACIONES, SEPTIEMBRE 2012.....	108

LISTA DE MAPAS

MAPA 1. LOCALIZACIÓN ZONA DE ESTUDIO.....	50
MAPA 2. ZONAS DE VIDA.....	52
MAPA 3. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.....	56
MAPA 4ª. ESTADO ECOLÓGICO DEL RÍO GUABAS, MARGEN DERECHO, JUNIO 2012.....	82
MAPA 4B. ESTADO ECOLÓGICO DEL RÍO GUABAS, MARGEN IZQUIERDO, JUNIO.....	84
MAPA 4C. ESTADO ECOLÓGICO DEL RÍO GUABAS, MARGEN DERECHO, SEPTIEMBRE 2012.....	93
MAPA 4D. ESTADO ECOLÓGICO DEL RÍO GUABAS, MARGEN IZQUIERDO, SEPTIEMBRE 2012.....	94

LISTA DE SIGLAS Y ACRONIMOS

ASPT	Average Score Per Taxa
ASOGUABAS	Asociación de usuarios del río Guabas
BMWP	Biological Monitoring Working Party score
CVC	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
DQO	Demanda Bioquímica de Óxígeno
FAO	Food and agriculture Organization
GIWA	Global International Waters Assessment
GPS	Global Positioning System
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
NBI	Necesidades Básicas Insatisfechas
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
OMS	Organización Mundial de la Salud
PGIRS	Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos
SIG	Sistema de Información Geográfica
UMATA	Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria
UMC	Unidad de Manejo de la Cuenca
USEPA	United States Enviromental Protection Agency
WWC	World Water Council

RESUMEN

Los bioindicadores ecológicos se están planteando como una nueva alternativa para conocer la calidad ecológica del agua, su uso simplifica en gran medida las actividades de campo y laboratorio, ya que su aplicación solo requiere de la identificación y cuantificación de los organismos basándose en índices de diversidad los cuales están ajustados a intervalos que califican la calidad del agua. A partir de ese concepto de bioindicador, se plantea conocer el estado de la sub-cuenca, mostrando la evaluación ecológica del área, implementando la metodología BMWP/COL; revelando los alcances, beneficios, ventajas y desventajas de trabajar con este método en la evaluación de ecosistemas acuáticos en la región, por otro lado el estudio identifica los usos del suelo presentes en la zona, información que permite relacionar las actividades antrópicas con el estado ecológico de la cuenca en el área de estudio.

La metodología empleada parte de la premisa de relacionar el paisaje con la calidad del agua, para ello se realizan visitas de campo previas, en donde se elaboran esquemas espaciales de usos de la tierra que junto con variables topográficas y ambientales de la zona permiten determinar los puntos a muestrear, la recolección e identificación de especies se hace mediante técnicas estandarizadas, las cuales junto con la aplicación de índices de diversidad y similitud permiten encontrar relaciones de causa y efecto entre usos del suelo y calidad del agua en la cuenca alta del río Guabas.

El estudio aportó al conocimiento del estado ecológico de la zona a nivel espacial y temporal, encontrando valores BMWP/Col muy bajos sobre la estación Puente Rojo en el primer muestreo, posteriormente se observa una valiosa mejoría en las condiciones ecológicas del agua para el segundo muestreo, así mismo se manifestó una tendencia al cambio en los usos del suelo, lo cual incide de una manera u otra en la presencia de macrofauna bentónica en el río.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El uso del agua hoy día es un tema que genera no solo conflictos sino también preocupaciones. La causa principal se le atribuye a la problemática sobre la calidad y cantidad del agua, la cual se ve afectada por diferentes elementos o fenómenos que regularmente tienen implícito la presencia del ser humano. En la actualidad se cuenta con diferentes mecanismos legales e instituciones que regulan el uso del agua, desafortunadamente los esfuerzos aún son mínimos, ya que día a día las condiciones naturales de los ecosistemas acuáticos son más lamentables. Por lo anterior el tema del agua se ha convertido en factor de primera importancia en una gran parte de la sociedad actual, a la cual le urge conocer el estado actual y potencial del recurso hídrico, para poder planificar el territorio de acuerdo a dicha información. De ahí que los métodos de clasificación de la calidad del agua y disponibilidad del recurso hídrico sean cada vez más aplicados y efectivos en el manejo de las cuencas hidrográficas.

Sin duda alguna que los problemas ambientales hoy día ocupan un lugar importante en la agenda nacional e internacional, no en vano se presentan manifestaciones por la protección y conservación por los recursos naturales, y es que el ser humano se ha dado cuenta de a poco que los efectos de su devenir en el mundo han ocasionado y siguen causando daños irreversibles al medio natural.

En la actualidad, los principales recursos hídricos de América Latina están química y biológicamente contaminados en un grado considerable. La construcción de presas y la canalización de ríos redundan también en detrimento de importantes recursos de agua dulce. Las tendencias actuales indican que, a menos que se formule y ponga en práctica efectivamente una política sostenible sobre ordenación de los recursos hídricos, la base de estos recursos se ha de deteriorar cada vez con mayor rapidez.

Uno de los problemas más visibles en el ámbito nacional tiene que ver con deterioro de los ecosistemas acuáticos, principalmente en la calidad del agua, esto como consecuencia del vertimiento de aguas servidas domésticas, efluentes mineros, residuos industriales líquidos y actividad agrícola entre otros, generando contaminación en aguas superficiales y muchas veces en aguas subterráneas, contribuyendo al deterioro de la calidad del agua y la reproducción de numerosas enfermedades. Lo anterior se agrava aún más teniendo como referencia que en nuestro país “solo 13 millones de personas consumen agua potable” y solo un 74% de los hogares colombianos tiene conexión al servicio de acueducto y alcantarillado” (Virgüez, 2012) situación que afecta la calidad de vida de la población y aumenta los niveles de pobreza y desorden social.

En la zona de estudio el panorama no es distinto, ya que en la cuenca; la actividad minera, la agricultura convencional, las descargas domésticas y el rezago de la actividad turística y de pesca, están generando presiones sobre el recurso hídrico, agravando la situación de sus pobladores, ya que más de la mitad de la población obtiene el agua directamente del cauce sin ningún tratamiento (Asoguabas, 2009, 175), por ello y frente a esta situación, en la presente investigación se propone identificar el impacto ambiental a nivel ecológico sobre el recurso hídrico de las diferentes actividades socio-económicas que se presentan en la sub-cuenca hidrográfica del río Guabas, dado que cada uso del suelo por su proximidad al cauce tiene efectos sobre el afluente, se hace necesario identificar las relaciones entre los usos y la calidad del agua.

JUSTIFICACIÓN

El volumen total de agua en la tierra es de alrededor de 1.400 millones de km³, de los cuales solamente el 2,5% son de agua dulce, la mayor parte en forma de hielo o nieve permanente, encerrada en la Antártida y en Groenlandia, o en los acuíferos profundos de agua subterránea. Las fuentes principales de agua para uso humano son lagos, ríos, la humedad del suelo y lagunas poco profundas de agua subterránea, que representan menos del 1% de toda el agua dulce (UNEP, 2002, citado por Cantera, 2009).

Por otro lado, la contaminación amenaza los recursos de agua dulce; diariamente unas 2 millones de toneladas de desechos son arrojados en aguas receptoras, incluyendo residuos industriales y químicos, vertidos orgánicos e inorgánicos y desechos agrícolas (Ibídem, 2009).

Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud, aproximadamente el 80% de las enfermedades se transmiten a través de agua contaminada. Esta situación obedece a que gran parte de la población no tiene abastecimiento de agua ni saneamiento básico de calidad aceptable (Molina, 2005,15).

En Colombia esta situación es preocupante ya que según la CEPAL, Colombia ocupa el puesto 13 de los 21 países de esta región con menos hogares conectados al acueducto y alcantarillado; además, en palabras del Viceministro de Agua y Saneamiento Básico, Iván Mustafá (2011) “siete millones de colombianos no tienen servicio de alcantarillado y otros cuatro millones no acceden al servicio básico de agua potable”; estas cifras representan entre el 15 y 25 por ciento de la población colombiana.

Sin duda alguna las poblaciones más afectadas por la falta de acueducto y alcantarillado en nuestro país, es la rural y peri-urbana, ya que la poca planificación de las ciudades ha hecho que los sistemas de abastecimiento de agua de calidad para el consumo humano sean muy

deficientes y no logren cubrir la demanda total de servicios públicos; por otro lado existe poca voluntad política por parte de los gobiernos locales para atender este derecho a la población.

El río Guabas divide administrativamente a los municipios de Guacarí y Ginebra, los cuales cuentan con una demanda doméstica importante, cerca de 30% y 50% de la población respectivamente, obtienen el recurso hídrico del afluente (DANE, 2005, citado por Asoguabas, 2009). Sin embargo, del total de esta población, solo la urbana obtiene el servicio de acueducto y alcantarillado en escenarios óptimos, es decir con condiciones para el consumo humano y uso doméstico.

En la zona de estudio esta problemática no es distinta, del total de la población rural, solo el 40% tiene servicio de acueducto y alcantarillado “comunitario”, el 60% restante obtiene el agua de los cauces mediante tuberías improvisadas y así mismo vierten sus desechos sin tratamiento a las corrientes, situación que alerta y preocupa, ya que se habla de la salud de una población de más de 3.300 habitantes estables y aproximadamente una población de 1.500 personas flotantes (fines de semana) (Asoguabas, 2009, 145).

Pese a que existe esta cobertura, ambas poblaciones se han visto afectadas ante alteraciones en el río Guabas. Por un lado, en Ginebra, los innumerables cortes* hechos por Acuavalle ante las distintas situaciones de contaminación o eventos naturales en la cuenca alta del río. Por otro lado en el municipio de Guacarí, según la señora Clara Inés Abadía, ha habido casos de intoxicaciones** en la población rural a causa aparentemente del mal estado del recurso hídrico en la cuenca baja.

Ante esta situación, se han presentado medidas para frenar los procesos de deterioro actual del afluente como clausurar canteras; sin embargo, los altos costos de tratamiento y de monitoreo constante sobre el río, y la falta de responsabilidad institucional, hacen que estas medidas muchas veces sean para el “momento” y no constituyen un proceso eficiente que garantice el suministro del líquido vital en condiciones óptimas y constantes.

Por lo anterior es necesario implementar métodos confiables, rápidos y de bajo costo para el monitoreo de los cambios ambientales, paisajísticos y ecológicos dentro de la sub-

* Recuento de las 420 suspensiones hechas por la empresa Acuavalle entre el periodo del año 2006 a febrero de 2012 debido a distintas situaciones adversas en el río Guabas (Buitrago, 2012).

** ABADÍA, Clara Inés. Hospital San Roque. Guacarí, Colombia. Observación inédita. 2012.

cuenca, ya que de este modo se podrá tener un conocimiento más amplio del estado del afluente en diversos sectores y temporalidades.

Afortunadamente, hoy día se cuentan con numerosos mecanismos de caracterización de la calidad del agua para los distintos usos que se le puedan dar al recurso hídrico, tanto de forma físico-química como biológica, los primeros más costosos que los segundos, pero ambos basados en investigación científica. Entre los métodos biológicos se encuentra el método BMWP (*Biological Monitoring Working Party*),^{***} desarrollado en 1970 en Inglaterra, el cual introdujo un mecanismo simple para la estimación de la calidad del agua, utilizando los macroinvertebrados acuáticos*; organismos que por sus características de adaptación, tamaño y localización proveen información capaz de valorar el estado ecológico de ecosistemas acuáticos en diferentes latitudes del planeta.

Esta metodología ha sido estudiada y adaptada en diferentes lugares del mundo, sirviendo como herramienta de caracterización espacial de distintos ecosistemas acuáticos; para nuestro país se hizo la adaptación y posterior utilización a mediados de la década de 1990 por el profesor Gabriel Roldán Pérez, mediante estudios realizados en ríos y quebradas del departamento de Antioquía se pudieron tener los primeros vestigios de la implementación de dicha metodología en nuestro.

Dado que la calidad del agua corresponde necesariamente a las características de los suelos que los rodean y las actividades antrópicas que se adelanten en el suelo y el subsuelo por donde el agua transcurre o se localiza, por lo tanto la identificación de los usos actuales en una cuenca hidrográfica es un elemento esencial a la hora de determinar el estado ecológico de la misma; es decir tanto la evaluación ecológica como los usos del suelo deben ser abordados para caracterizar el estado ecológico de una cuenca.

El presente estudio determinará el estado ecológico del río Guabas, de acuerdo a condiciones de usos del suelo, geología, topografía y vegetación; sin embargo debido a la magnitud de este afluente y dado los objetivos del estudio, solo se evaluará la parte alta de

^{***} Grupo de Trabajo en Monitoreo Biológico

* El término de macroinvertebrado acuático, se emplea como una abstracción que incluye a aquellos animales invertebrados, que por su tamaño relativamente grande, son retenidos por redes de luz de malla de entre 100-200 mm. La gran mayoría de los mismos (alrededor del 80%) corresponden a grupos de artrópodos, y dentro de estos los insectos, y en especial sus formas larvarias, son las más abundantes (Roldán, 2003, 12).

la sub-cuenca hidrográfica, aportando al conocimiento del estado ecológico de este tramo del río.

OBJETIVOS

General

- ✓ Evaluar el estado ecológico del agua en la parte alta de la sub-cuenca hidrográfica del río Guabas, municipio de Ginebra.

Específicos

- Describir la importancia y uso de los bioindicadores.
- Identificar afectaciones de los usos del suelo en las corrientes hídricas de la zona de estudio.
- Contribuir a monitorear las fuentes hídricas de la zona de estudio, a través de metodologías basadas en bioindicadores ecológicos.

El uso de metodologías nuevas para la determinación de calidad ecológica en el agua es para muchos nueva o desconocida, por eso para poder comprender un poco el tema que se tratará en el presente documento de investigación, es primordial que conozcamos un conjunto de términos básicos que se emplearán con mucha frecuencia a lo largo de este trabajo investigativo.

1. EL PAISAJE Y LA CUENCA HIDROGRÁFICA

El paisaje es un objeto concreto, directamente observable, compuesto por elementos diversos más o menos variados. Constituye así un marco para conectar observaciones realizadas por distintas ramas o sub-ramas de la ciencia y de este modo establecer un enlace entre ellas (Tricart, 1979).

El concepto de paisaje es antiguo. Como tal fue creado a partir de los relatos de viaje de los exploradores científicos del siglo XVIII, en especial por Alejandro de Humboldt. Se desarrolla a partir del arte y luego es adoptado por la geografía, constituyéndose en parte importante del campo de estudio de esta.

Todo lo que nos rodea es paisaje, concepto que se utiliza de manera diferente por varios campos de estudio, pero llevando siempre implícitamente la existencia de un sujeto observador y de un objeto observado del que se destacan fundamentalmente sus cualidades visuales y espaciales.

El paisaje, desde el punto de vista geográfico, es uno de los objetos de estudio primordiales de esta disciplina y uno de los documentos geográficos básicos. En general, se entiende por paisaje cualquier área de la superficie terrestre producto de la interacción de los diferentes factores (climáticos, topográficos, geológicos, ambientales, humanos, etc.) y que tienen un reflejo visual en el observador. El paisaje geográfico es por tanto el aspecto que adquiere el espacio geográfico, definiéndose por sus formas; naturales y antrópicas.

Todo paisaje está compuesto por elementos que se articulan entre sí, estos elementos son básicamente de tres tipos: abióticos (elementos no vivos), bióticos (resultado de los seres vivos) y antrópicos (resultado de la actividad humana), determinar estos elementos es lo que constituye el primer nivel de análisis geográfico.

Dentro de los componentes abióticos encontramos: el relieve, la superficie del suelo, las rocas, el sistema hídrico, etc. Para Villarino (1985, 486 citado por Másmela, 2010) el relieve ejerce una fuerte influencia sobre la percepción del paisaje, “es el componente que

constituye la base sobre la que se asientan y desarrollan los demás componentes y condiciona la mayoría de los procesos que tiene lugar en él”. Por su parte la hidrografía no pareciera ser un elemento determinante para autores como Ocaña (2004); sin embargo son los ríos los que en definitiva actúan con mayor fuerza en el modelamiento de la corteza terrestre.

Por otra parte los componentes bióticos están integrados por la fauna y la flora, esta última juega un papel importante en la visualización del paisaje puesto que constituye el manto o la cubierta del suelo, siendo determinantes en la impresión visual en su conjunto, debido a sus características propias color, forma y textura (Ocaña *et al.* 2004, Citado por Másmela, 2010).

De otro lado encontramos las acciones humanas, las cuales constituyen un elemento del paisaje de gran significación, dentro de las más relevantes se encuentran: las actividades agrícolas y ganaderas; las obras públicas; la industria y la minería; la urbanización y edificaciones, las actividades turísticas y deportivas, las cuales sin duda alguna generan distintos tipos de contraste en el paisaje.

1.1 EL PAISAJE COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN TERRITORIAL

Según Priore (2002), el paisaje forma parte de la calidad de vida de todas las personas, expresando la identidad cultural de cada sociedad; al mismo tiempo concibe la ordenación del territorio como el instrumento idóneo para desarrollar las políticas sobre paisaje necesarias para su protección, gestión y ordenación en diferentes niveles políticos y a distintas escalas.

Gómez Orea (1978) justifica la inclusión del paisaje en los estudios de planificación atendiendo a la categoría de recurso natural que el mismo ha alcanzado, debido a que se ha convertido en un elemento natural escaso como consecuencia de la presión humana sobre el medio ambiente. La observación e interpretación de las características del paisaje pueden ayudar a entender el funcionamiento de los distintos ecosistemas en las cuencas hídricas.

De acuerdo con lo mencionado, podemos decir que el paisaje puede entonces actuar como indicador o fuente de información sintética del territorio o también como patrimonio de la memoria colectiva. En este sentido el paisaje se convierte en un pilar fundamental para los estudios de ordenamiento territorial, al ofrecer la capacidad de cubrir desde sus fundamentos gran parte (por no decir, todo) del análisis territorial.

Las transformaciones aceleradas del territorio y con ello la pérdida de la calidad visual y el desequilibrio ambiental, producen actualmente una demanda del paisaje por parte de la sociedad, la cual lo inscribe en el conjunto de valores ambientales que demanda. En consecuencia, el paisaje adquiere hoy en día categoría de valor y es considerado como un recurso que hay que conservar.

Esta nueva dimensión del paisaje como recurso, implica conservarlo en unos lugares y recuperarlo y mejorarlo en otros, acciones que son posibles si existe la intención política de llevarlo a cabo y tras ello un marco legal que establezca medidas concretas para la protección del paisaje.

En el ámbito de la planificación y la ordenación territorial, el paisaje constituye un elemento, variable o recurso esencial como los demás recursos del medio físico, por ello su estudio y valoración es de vital importancia y “debe ser previo a cualquier proyecto de ordenación” (Escribano, *et al.*, 1987, citado por Másmela, 2010).

1.2 LA CUENCA HIDROGRÁFICA COMO UNIDAD DE ANÁLISIS PAISAJÍSTICO

Según la FAO (1958), “la cuenca hidrográfica puede asimilarse como un organismo vivo”, de acuerdo a ciertas características, dimensiones, formas, topografía y estructura rocosa. En una cuenca hidrográfica, el agua es el elemento dinámico y sin duda alguna es uno de los elementos más importantes sobre la tierra; su importancia radica no solo en ser generadora de vida, sino también en su interacción en múltiples procesos metabólicos y ambientales.

El agua cubre más del 70 % de la superficie del planeta y es el medio natural para muchas formas de vida. La interacción entre el agua y la atmósfera constituye el factor principal determinante del clima. Casi todos nuestros suministros de agua dulce provienen de precipitaciones (110.000Km³ de lluvia cada año en el mundo) que caen sobre las áreas de captación de las cuencas hidrográficas de los ríos.

La zona de captación es el área de tierra, frecuentemente rodeada de montañas (forma cóncava), donde el agua que cae dentro de la misma, escurrirá a un río o quebrada en particular. Aquella área estará formada por muchas sub-áreas de captación menores, las cuales drenan sus aguas al afluente principal a través de diferentes tipos de rocas y suelos; cada sub-área tendrá diferentes tipos de actividades de uso de la tierra, lo cual modificará de alguna manera la calidad del agua Gray, 1994, 23).

Una cuenca hidrográfica es una unidad hidrológica que ha sido descrita y utilizada como una unidad físico-biológica y en la mayoría de las ocasiones, descrita como unidad socio-económica-política para la planificación y ordenación de los recursos naturales.

En este sentido el estado colombiano mediante decreto-ley 2811 de 1974, definió gran parte de las disposiciones sobre ordenamiento ambiental en el país, teniendo como objetivo principal el planeamiento del uso y manejo sostenible de sus recursos naturales renovables, de manera que se consiga mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y servicios ecosistémicos y la conservación de la estructura físico-biótica de la cuenca y particularmente de sus recursos hídricos.

La disponibilidad del recurso hídrico en calidad y cantidad, además de ser un recurso vital, determina el crecimiento económico de una región o país (Reynolds, 1997), es por ello que conocer la disponibilidad de agua es fundamental para la definición de estrategias de desarrollo y para promover un aprovechamiento óptimo del recurso.

En la actualidad se impulsa la planificación del territorio basado en las cuencas hidrográficas. Estas constituyen los límites naturales que determinan el flujo hidrológico y se considera como la unidad básica para la planificación del uso del suelo, donde también se interrelacionan otros recursos como el bosque, y las decisiones de aquellos que son dueños de la tierra (Ramakrishna, 1997), que en síntesis no es otra cosa distinta a la evaluación del paisaje; es decir que las evaluaciones socio-económicas e hidrológicas en una cuenca deben ir necesariamente de la mano con las evaluaciones paisajísticas.

1.3 SERVICIOS AMBIENTALES DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Los servicios ambientales son los bienes, funciones y procesos obtenidos a partir del aprovechamiento de los ecosistemas y la biosfera, para el beneficio de los seres humanos. En ese sentido, las cuencas hidrográficas almacenan la mayor parte de las reservas de agua dulce renovable en aguas subterráneas, humedad del suelo, nieve o hielo en las grandes alturas, regulando así los caudales de agua, previniendo inundaciones y sequías en las zonas bajas de los ríos. Del mismo modo, asignan propiedades químicas y físicas al agua; propician el crecimiento de vegetación garantizando con esto la absorción, filtración y liberación natural de la escorrentía. Además de ello, protegen el suelo del impacto de la lluvia y la escorrentía superficial; mantienen o mejoran la calidad del agua (filtración de contaminantes potenciales), la recarga de acuíferos, regulación de hábitats acuáticos y la conservación de los suelos.

Postel y Richter (2010) plantean los siguientes servicios ecosistémicos de las cuencas hidrográficas:

- Abastecimiento. Son las principales fuentes de agua para beber, cocinar, bañarse y cultivar, además de generar energía eléctrica.
- Hidrológico. Cumplen un rol en el ciclo global del agua entre el mar, el aire y la tierra, ya que junto con los acuíferos subterráneos acumulan precipitación que es conducida por escurrimiento hacia el mar.
- Cultural. Uso en actividades de recreación como la navegación, natación y pesca, el turismo de naturaleza o ecoturismo; además de proporcionar beneficios estéticos, culturales y espirituales.
- Conservación de la biodiversidad. Como suministro de hábitats para diversas especies de peces, pájaros, fauna y otras, que permiten conservarlas, como a su diversidad genética.

Toda cuenca hidrográfica contiene diversos tipos de recursos naturales, suelo, agua, bosque, pastizal, fauna silvestre, minerales etc. La degradación de las cuencas se debe fundamentalmente a las diferentes actividades humanas y las formas en que se aprovechan los recursos. Entre las causas principales está la destrucción indiscriminada de los bosques, cultivos inadecuados, alteración de suelos, actividades como la minería, movimiento de animales, construcción de caminos y la desviación, almacenamiento, transporte, utilización sin control del agua.

Es necesario resaltar que los ecosistemas acuáticos en la actualidad, son una de las fuentes de desarrollo más importante para las principales actividades productivas de mayor crecimiento y dinamismo en un país. Su abundancia relativa en algunas regiones representa la opción para sostener el desarrollo potencial planificado, evitando con ello el deterioro progresivo del recurso (Barrantes & Vega, 2001, 14).

2. ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

“El ecosistema acuático, al igual que el terrestre, es el resultado de la interacción entre el agua, la atmósfera, la tierra y los organismos vivos” (Roldán, 1992, 49). Dado que un ecosistema es aquella unidad ecológica en donde un grupo de organismos interactúa entre sí y con el ambiente, es importante conocer la incidencia de dichos factores en los ecosistemas acuáticos.

La estructura y dinámica de un ecosistema está dada a partir de procesos de producción, consumo y descomposición, los cuales deben darse en condiciones estables, ya que cualquier alteración rompe el equilibrio, ocasionando aceleración en alguno de los procesos y teniendo repercusiones en los otros.

Entre las funciones de los ecosistemas acuáticos podemos mencionar el abastecimiento y almacenamiento de agua, la recarga y descarga de acuíferos, mitigación de inundaciones, retención de nutrientes y sedimentos, oferta de recursos hidrobiológicos, refugio de especies y las posibilidades como medio de comunicación, recreación y turismo (Tovar, 2001, 23).

Es posible reconocer en los ecosistemas acuáticos factores abióticos y bióticos. Los primeros hacen referencia a todos aquellos factores que influyen en la estabilidad y productividad de los ecosistemas acuático; por ejemplo, la luz solar que llega a la superficie terrestre, los gases disueltos en el agua, como el oxígeno y el dióxido de carbono, los cuales afectan el equilibrio del ecosistema ante cambios drásticos que se presentan en ellos, generando reducción de especies e incremento en la productividad. Del mismo modo, se encuentran los sólidos disueltos en el agua como los cloruros, sulfatos, bicarbonatos, nitratos, fosfatos y sílice cuyas concentraciones depende de la naturaleza del sustrato o por contaminaciones antrópicas (Roldán 1992, 60).

Los factores bióticos hacen referencia a la parte viva del ecosistema, la cual se encuentra constituida por todos los organismos que viven en él. Estos factores se dividen en tres grupos: a) los productores o fotosintetizadores; b) los consumidores y c) los descomponedores o mineralizadores. “La acción conjunta de estos tres grupos de organismos determina la productividad y el balance ecológico del ecosistema acuático” (Roldán 1992, 66).

En los ecosistemas acuáticos los organismos pueden clasificarse en tres grupos diferentes según su manera de desplazarse, su estilo de vida y tipo de función que cumple: Plancton, fitoplancton, zooplancton, necton y bentos. Esta última es aquella a la cual pertenecen “todos aquellos organismos que viven en el fondo de los ecosistemas acuáticos” (Roldán,

1992,67). (...) Los principales representantes de la fauna béntica son los turbelarios, los anélidos, los insectos, crustáceos y moluscos.

El adecuado funcionamiento de los ecosistemas acuáticos depende del equilibrado dinamismo entre el agua que entra y la que sale, este proceso está determinado por la interacción de la estacionalidad y el clima de cada región. Dichas relaciones dependen del ciclo hidrológico*, proceso en el cual el agua que se evapora en los océanos compensa con la que se precipita en los continentes, este ciclo consta de tres componentes importantes: precipitación, evaporación y escorrentía.

En la figura 1 se puede observar el ciclo hidrológico del agua, cuya distribución tiene como lugar tres reservorios principales: los océanos, los continentes y la atmósfera, entre los cuales existe una circulación continua del ciclo.

Figura 1. Dinámica del ciclo hidrológico



Fuente: IDEAM, 2010

El ciclo natural del agua ha sido continuamente intervenido para beneficio del ser humano, al punto que se hacen evidentes sus impactos, aspecto que ha llevado a preocuparse por el manejo de los recursos hídricos (Cantera, 2009, 82). Guerrero *et al.* (2006) considera que

* Es el movimiento y circulación natural que el agua tiene en toda la tierra y su atmósfera. Este movimiento se da por medio de distintos fenómenos que hacen circular el agua, subiéndola desde el mar hasta la atmósfera y regresándola por las lluvias hacia la tierra y a los mismos océanos (1992, 47).

los ecosistemas son reguladores importantes de la cantidad y calidad del agua; para realizar estas funciones, requieren protección y gestión, sin lo cual se generarían serias consecuencias ambientales. De ahí que se hayan generado todo tipo de restricciones y orientaciones que conducen al buen uso, teniendo repercusiones en la disponibilidad del líquido, aspecto de gran relevancia en todos los estudios de planificación territorial en el mundo.

Los ecosistemas acuáticos se clasifican de acuerdo a sus estructuras y propiedades físicas particulares que tienen relación con la luz, la temperatura, las olas, las corrientes, el paisaje y la composición química, así como tipos diferentes de organizaciones ecológicas y de distribución de los organismos. Comprenden todas las zonas de la tierra cubiertas por el agua; océanos, mares, ríos, lagos, etc. Pueden dividirse según la salinidad del agua en ecosistemas de agua salada, y en ecosistemas de agua dulce.

Las aguas continentales presentan dos condiciones de desplazamiento: movilidad horizontal y rápido recambio de líquidos o movimientos lentos, principalmente convectivos y recambio lento (Sánchez., s.f., 6). De igual forma este autor manifiesta que:

Los cuerpos de agua que se mueven en una dirección más o menos definida, y en los que el líquido se recambia por el flujo ágil, se denominan lóticos [*los cuales serán abordados en el presente estudio*]. En comparación, los cuerpos de agua cuyo contenido de líquido se mueve básicamente dentro de la depresión del terreno donde se hallan, y lo hace principalmente con movimientos convectivos con un recambio de aguas más o menos limitado, se llaman lentos.

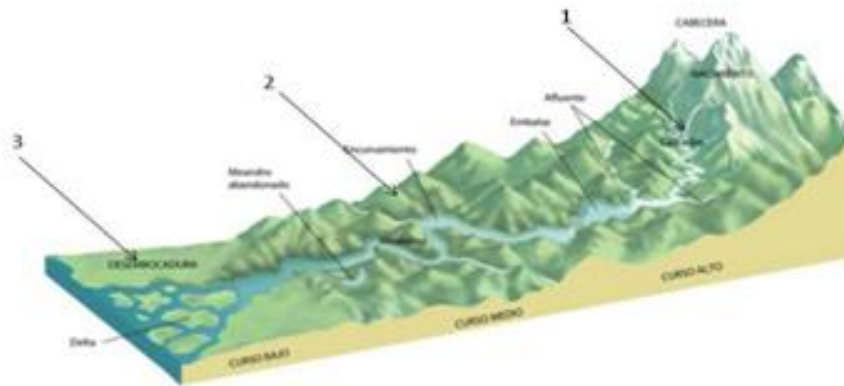
2.1. ECOSISTEMAS LÓTICOS

Hacen referencia a los ríos, quebradas y arroyos donde las corrientes rápidas juegan un papel importante en la distribución del agua (Roldán, 2003, 11). Otra definición habla que son las corrientes de agua que fluyen por un lecho; desde un lugar elevado a otro más bajo en respuesta a la gravedad. Se caracterizan por ser sistemas lineales, con alta actividad cinética y su clasificación depende del paisaje y dinámica fluvial.

Los ecosistemas lóticos suelen dividirse en trayectos de la siguiente manera (figura 2); (1) tramo alto del río, zona próxima al nacimiento, donde los cursos de agua son estrechos y de elevada corriente; (2) tramo medio, hace referencia a la zona intermedia del curso del río de cauce más ancho y menor velocidad de la corriente, y por último (3), tramo bajo y de desembocadura, en donde el cauce confluye o es próximo a la desembocadura al mar, a un

lago, humedal u otro río. Es la zona donde el río tiende a presentar una mayor anchura del cauce y mayor caudal (Goitía, 2010).

Figura 2. Secuencia en tramos de un sistema lótico. (1) Nacimiento, (2) Curso medio, (3) Desembocadura



Fuente: USC, 2011

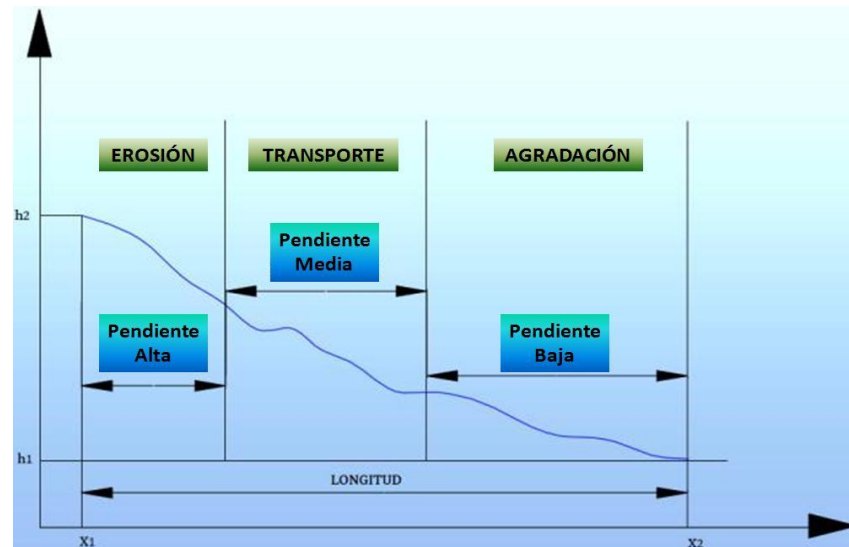
A lo largo del perfil longitudinal entre la cabecera y desembocadura son numerosos los factores geomorfológicos (pendiente, anchura del cauce, tipo de sustrato), físicos (T° del agua, velocidad de la corriente, intensidad luminosa), químicos (concentración de oxígeno y nutrientes), biológicos (presencia y desarrollo de formaciones vegetales de ribera) y humanos (formas de ocupación del suelo), los que determinan la heterogeneidad espacial de estos sistemas así como la distribución y composición de las comunidades biológicas a lo largo del mismo.

Los sistemas lóticos son considerados como un conjunto de subsistemas conectados hidrológicamente entre los que fluye la materia y energía en lo que se conoce como el ecosistema ripario-fluvial. En este fluir, y dependiendo de las características geomorfológicas, abióticas y bióticas de los distintos subsistemas, tiene lugar un complejo conjunto de procesos biogeoquímicos cuyo resultado incide de forma clara en la estructura y funcionamiento de los sistemas lóticos (Goitía, 2010).

En los sistemas lóticos los procesos de erosión, transporte y sedimentación (figura 3) se distribuyen a lo largo del eje cabecera-desembocadura, en función del perfil longitudinal del cauce. Por un lado los procesos de erosión y transporte dominan en los tramos altos; en

tanto que en los medios dominan el transporte y la sedimentación; por último, en las partes bajas la sedimentación es predominante (Goitía, 2010).

Figura 3. Agentes geomorfológicos externos en un sistema lótico.



Fuente: IDEAM, 2010.

2.1.1 Fragilidad de los ecosistemas acuáticos lóticos. La dependencia del ser humano, tanto del agua como de los recursos naturales generados por los ecosistemas acuáticos, emerge con creciente claridad cuando reflexionamos sobre los retos de la sociedad moderna en el nuevo milenio. Durante miles de años, las diversas sociedades y culturas se han ido asentando en torno a los ríos, lagos y humedales. El agua y la vida que genera en su entorno han sido siempre los argumentos clave de cualquier asentamiento humano. Hoy, el paisaje, la vegetación y la fauna de cada territorio son el resultado de una larga interacción entre la naturaleza y las sociedades que se asentaron en las riberas de ríos, lagos y costas (Pérez, 2008, 1).

Todos los ecosistemas acuáticos presentan unas condiciones de estabilidad frente a los cambios, fenómeno denominado factor de resiliencia, esto sucede como respuesta o resistencia al cambio circunstancial dado por diversas situaciones, pero una vez alterado más allá del límite de cambio, estos no vuelven a ser los mismos, como consecuencia los ecosistemas acuáticos experimentan alteraciones físicas, químicas y biológicas (Tabla 1).

Desde el punto de vista de la investigación científica, ha quedado claro desde inicios del siglo XIX que los ecosistemas, aunque pueden mostrar una cierta tendencia de estabilidad aparente dentro de plazos medios, son entidades cambiantes cuya trayectoria ecológica

resulta determinada por los efectos de perturbaciones que, de manera periódica o accidental, se presentan en ellos (Roldán, 1992, 234).

Tabla 1. Transformaciones en los ecosistemas acuáticos.

Parámetros físicos	Interpretación de las alteraciones en los ecosistemas acuáticos
Color	El agua no contaminada suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos debido, principalmente, a los compuestos húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen. Las aguas contaminadas pueden tener muy diversos colores pero, en general, no se pueden establecer relaciones claras entre el color y el tipo de contaminación
Olor y sabor	Compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones.
Temperatura	El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. La temperatura óptima del agua para beber está entre 10 y 14°C.
Materiales en suspensión	Partículas como arcillas, limo y otras, aunque no lleguen a estar disueltas, son arrastradas por el agua de dos maneras: en suspensión estable (disoluciones coloidales); o en suspensión que sólo dura mientras el movimiento del agua las arrastra. Las suspendidas coloidalmente sólo precipitarán después de haber sufrido coagulación o floculación (reunión de varias partículas)
Radiactividad	Las aguas naturales tienen unos valores de radiactividad, debidos sobre todo a isótopos del K. Algunas actividades humanas pueden contaminar el agua con isótopos radiactivos.
Espumas	Los detergentes producen espumas y añaden fósforo al agua (eutrofización). Disminuyen mucho el poder autodepurador de los ríos al dificultar la actividad bacteriana.
Conductividad	El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos.

Fuente: IAvH, 2011

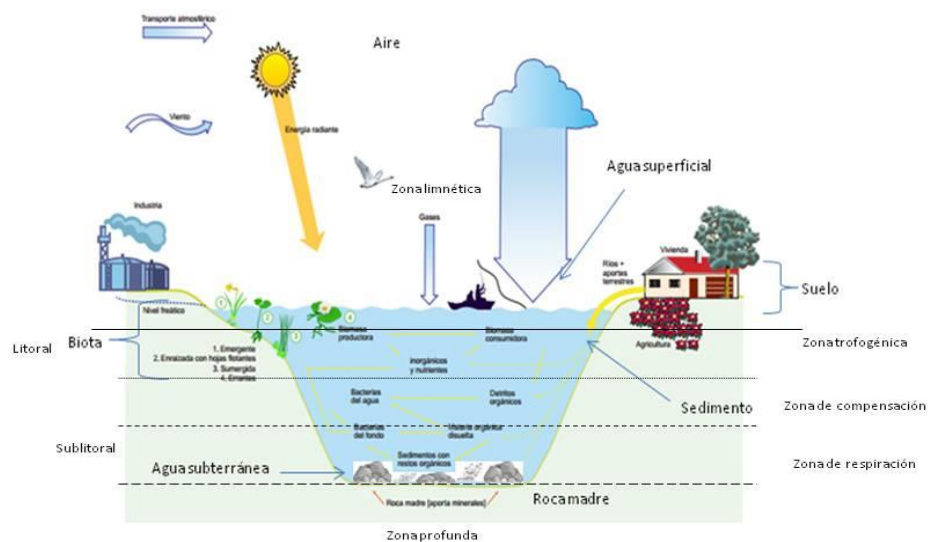
Tabla 1. Continuación

Parámetros químicos	Interpretación de las alteraciones en los ecosistemas acuáticos
pH	Las aguas contaminadas con vertidos mineros o industriales pueden tener pH muy ácido. El pH tiene una gran influencia en los procesos químicos que tienen lugar en el agua, actuación de los floculantes, tratamientos de depuración, etc.
Oxígeno disuelto OD1	Si el nivel de oxígeno disuelto es bajo indica contaminación con materia orgánica, septicización, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas e ir comprobando cual está siendo la eficacia del tratamiento depurador en una planta.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Es la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar los materiales contenidos en el agua con un oxidante químico (normalmente dicromato potásico en medio ácido).
Nitrógeno total	Varios compuestos de nitrógeno son nutrientes esenciales. Su presencia en las aguas en exceso es causa de eutrofización.
Fósforo total	El fósforo, como el nitrógenos, es nutriente esencial para la vida. Su exceso en el agua provoca eutrofización.
Aniones: cloruros	indican salinidad
nitratos	indican contaminación agrícola
nitritos	indican actividad bacteriológica
fosfatos	indican detergentes y fertilizantes
sulfuros	Indican acción bacteriológica anaerobia (aguas negras, etc.)
cianuros	indican contaminación de origen industrial
Cationes: sodio calcio, magnesio, amonio y metales pesados	indica salinidad están relacionados con la dureza del agua contaminación con fertilizantes y heces de efectos muy nocivos; se bioacumulan en la cadena trófica
Compuestos orgánicos	Los aceites y grasas procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.) son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan formando películas en el agua que dañan a los seres vivos.
Parámetros biológicos del agua	Contaminación que indican
Bacterias coliformes	Desechos fecales
Virus	Desechos fecales y restos orgánicos

Fuente: IAvH, 2011

Según la evaluación realizada por el proyecto GIWA, (The GIWA Final Report “*Challenges to International Waters*”), la presión de las actividades humanas a escala global (Figura 4) está deteriorando la capacidad de los ecosistemas acuáticos para cumplir con sus funciones esenciales, lo que perjudica la calidad de vida y el desarrollo social. Básicamente esas intervenciones humanas se dan a través del sobreuso del recurso, la contaminación, la sobrepesca y la modificación de los hábitat acuáticos. El cambio climático aparece como un quinto componente que exagera a los otros cuatro. De acuerdo con la evaluación del proyecto GIWA*, la población mundial enfrenta una crisis de proporciones globales en cuanto a la accesibilidad al agua potable para el 2020.

Figura 4. Esquemas generales de un ecosistema acuático.



Con subsidios y aportes de energía, tanto negativos como positivos

Fuente: Elaborada por el autor a partir de IDEAM (2010) y Roldán (2003).

* Global International Waters Assessment

Por otro lado, en la mayoría de las regiones, el problema no es la falta de agua dulce, sino la inadecuada distribución del recurso. La mayor parte del agua dulce se utiliza para la agricultura con ineficientes sistemas de riego. A nivel mundial se está dando un incremento sostenido en la demanda de productos agrícolas con alto consumo de agua (Greenpeace, 2012).

Por otra parte, se ha observado que aun en las cercanías de los nacimientos, los arroyos y las corrientes más prístinas reportan la presencia de múltiples sustancias cuya fuente es el simple contacto con la estratigrafía del cauce, hasta el punto de conferirles propiedades tóxicas, aun sin que todavía el ser humano haya intervenido en su ciclo (Reyes 1999, 110).

De acuerdo con lo anterior la calidad de los cuerpos de agua responde necesariamente a la calidad de los suelos que los confinan y a las actividades antrópicas que se adelantan en el suelo y el subsuelo por donde ellos transcurren o se localizan (MinAmbiente, 2010), de ahí que la estructura de las comunidades y sus interacciones varíen en función de su contexto y entorno ambiental.

3. ACCESO Y CALIDAD DEL AGUA

Los recursos de agua dulce de los que dispone la Tierra no representan más del 2.5% del volumen total, el cual es utilizado en casi todas las actividades humanas. Ello hace del agua potable^{*} un elemento indispensable para la vida, pero a su vez esta, puede ser perjudicial, bien sea por causas naturales o por haber perdido su pureza y calidad debido a las contaminaciones. De igual forma la salud también puede verse afectada cuando no se cuenta con la cantidad adecuada de agua que requiere el ser humano^{**} (Molina, 2005, 21).

El acceso al agua se refiere a que todo individuo tenga la posibilidad de contar con agua potable, ello implica que toda persona pueda disponer a una red de distribución. El elemento de accesibilidad presenta cuatro dimensiones interrelacionadas. 1) Accesibilidad física, 2) accesibilidad económica, 3) no discriminación y 4) acceso a la información (Molina, 2005, 22).

^{*} Agua potable se define como aquella que contenga unas características químicas, físicas y biológicas que aseguren el consumo humano.

^{**} Se ha calculado que en promedio los requerimientos de agua por individuo están entre 20 y 40 litros diarios (Álvarez, 1991).

En la gran mayoría de cauces, las descargas se vierten sin ningún tratamiento, lo que ha provocado una serie de perturbaciones en las cuencas receptoras, tales como agotamiento del oxígeno disuelto, desaparición de especies acuáticas y presencia de agroquímicos (Barry, 1999, 92).

(...) La calidad del agua apta para consumo humano implica la existencia de unas condiciones físico-químicas y bacteriológicas que aseguren su potabilidad. Esto determina garantizar que el agua que se va a consumir tiene el tratamiento y desinfección necesarios para asegurar su potabilidad, así como el control de los parámetros microbiológicos del agua, tanto de la distribuida por medio del servicio de acueducto como la de las fuentes superficiales y subterráneas (Molina, 2005, 101).

En el ámbito nacional, según el Estudio Nacional del Agua realizado por el IDEAM (2010), en Colombia seguirá aumentando la demanda de agua para usos humanos, particularmente, se presentará un incremento progresivo en áreas donde la oferta no está distribuida homogéneamente, lo que sumado al uso poco eficiente, la deforestación, la ausencia casi total de tratamiento de aguas residuales, y la escasa gestión de cuencas y sistemas hídricos, provocando que cada vez aumenten los municipios en el país que tengan problemas de disponibilidad y calidad del recurso (IDEAM, 2002).

Esta creciente demanda social de un medio ambiente más limpio ha impuesto en la planificación territorial la consideración de que en los cauces regulados circulen, al menos, unos “caudales ecológicos^{*}” o “caudales mínimos medioambientales”, para lograr un sistema que mejore el hábitat para los peces, los macroinvertebrados, las aves, la flora y aún proporcionar energía hidroeléctrica y agua para uso doméstico, agrícola e industrial.

En la cuenca hidrográfica de estudio la calidad del agua en el río Guabas se encuentra afectada por aguas residuales domésticas, del sector agropecuario, del sector de la minería de oro y por sedimentos impulsados por aguas lluvias, una de las causas principales para dicho panorama, se remite a que en la cuenca se adolece de un plan de ordenamiento minero ambiental y de políticas claras para la explotación del oro y del material de arrastre, dicha explotación minera ha generado pasivos ambientales que hoy son una amenaza a la calidad del agua y suelos debido al manejo inadecuado de residuos sólidos y de aguas residuales (Asoguabas, 2009).

* El caudal ecológico podría definirse como el flujo de agua requerido para mantener las necesidades mínimas de los ecosistemas acuáticos existentes en un área de influencia antrópica que modificará los caudales naturales de un río o quebrada.

El río Guabas ha sido receptor durante 70 años de los vertimientos de la explotación artesanal de minería de oro, produciéndose 68.694 toneladas de lodos y arenas acumuladas denominadas pasivos ambientales que se calcula vierten al río 250 gr Hg/mes y lixivian aguas residuales con 55 gr Hg/mes. Esta contaminación se evidencia en los registros de análisis de mercurio en sedimentos del río, en un trayecto de 37 km comprendidos desde la confluencia del río Flautas y el río Guabas hasta el humedal Videles; con valores que oscilan entre 0.9 a 3.18 mg Hg/Kg de sedimentos, según USEPA (Asoguabas, 2009, 176) los valores por encima de 1,0 mg/kg son considerados como muy contaminados en el “*Guidelines for pollution clasification of great lakes Harbor sediments, 1977*”^{*}.

El manejo y la disposición inadecuada de las aguas residuales de origen doméstico es valorado en 34,54 ton DQO^{**}/mes y la contaminación agropecuaria es valorada en 1.005,4 ton DQO/mes. (...) la vereda Puente Rojo, cuenta con un sistema de tratamiento anaerobio para 60 viviendas reubicadas, que remueve aproximadamente el 60% de la carga orgánica, el 40% restante y la carga orgánica de otras 77 viviendas se vierten al río Guabas 50 m aguas arriba de las bocatomas de los acueductos municipales de Ginebra y Guacarí (Asoguabas, 2009, 176). Del mismo modo y como consecuencia de la escasa planificación y voluntad política se aprecia una tendencia al acceso informal del agua en la parte alta de la cuenca, ya que por lo menos unas 290 familias^{***}, se abastecen mediante conexiones caseras a los diferentes afluentes del río Guabas.

El casco urbano de Guacarí y el de Guabitas cuentan con un sistema de tratamiento de lagunas con una capacidad de remoción del 60% de la contaminación orgánica. Al respecto es importante mencionar que el 3.5% de la morbilidad en el municipio de Guacarí es producida por las enfermedades diarreicas agudas – EDA (Asoguabas, 2009; 176).

La oferta hídrica es variable de acuerdo con las diferentes zonas de la cuenca y con las condiciones climáticas que son de por si irregulares, afectando la disponibilidad. Pueden observarse épocas de déficit de agua y así mismo épocas con superávit, especialmente en la zona plana donde se presenta la mayor demanda de este recurso (Asoguabas, 2009, 66). En

^{*} Artículo disponible desde internet en: < <http://www.epa.gov/glnpo/sediment/gltem/develop.htm>>

^{**} DQO es una sigla que traduce literalmente “Demanda Química de Oxígeno”. Es una medida aproximada del contenido total de materia orgánica presente en una muestra de agua.

^{***} Cálculo realizado a partir de los datos suministrados en el Plan de manejo de la Reserva Forestal nacional de Sonso-Guabas.

la tabla 2 se presentan los datos del balance general realizado por la CVC, hecho con el fin de establecer las situaciones de déficit y /o excesos de agua en la cuenca (2009, 73). La oferta superficial corresponde a los registros medios mensuales multianuales generados en la primera derivación por medio del modelo hidrobiológico HBV para el período 1980-2006 (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Dirección Técnica, 2007).

El balance sobre oferta superficial total de agua y la demanda de agua total, corresponde a la diferencia entre la oferta representada por el aporte de agua superficial de la corriente y la demanda total correspondiente a la suma de la demanda doméstica, industrial, ambiental y agrícola. Al respecto se observa que en la cuenca del río Guabas (Tabla 2) se presentan meses de déficit (junio, julio y agosto), es decir que el caudal en estos meses no es suficiente para cubrir la demanda hídrica de la cuenca. Es de resaltar que la demanda agrícola anual corresponde al 55% de la demanda total para la cuenca y la demanda ambiental es el 32% de la demanda total (Asoguabas, 2009, 74).

Tabla 2. Balance general, oferta hídrica vs demanda total, río Guabas.

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Oferta total	121,1	94,4	129,7	147	130,5	79,6	43,92	30,24	35,3	105,3	170,1	146,5	1234
Demanda agrícola	87,5	0	0	0	0	58,5	138,9	140,1	0	0	0	0	425
Demanda ambiental	24,23	18,9	25,95	29,4	26,11	15,9	8,78	6,05	7,06	21,06	34,01	29,3	246,8
Demanda doméstica	0,87	0,78	0,87	0,84	0,87	0,84	0,87	0,87	0,84	0,87	0,84	0,87	10,23
Demanda industrial	7,01	6,56	7,16	6,38	6,34	6,21	7,03	7,48	7,43	6,72	6,39	6,6	0
Balance Oferta - demanda	1,5	68,2	95,8	110	97,2	-1,9	-112	-124,2	20	76,6	128,8	109,7	470,4

Fuente: CVC, Dirección Técnica Ambiental, Grupo de Recursos Hídricos, 2007. Se resaltan los meses de menor oferta hídrica

3.1 EL AGUA COMO DERECHO FUNDAMENTAL HUMANO

El agua ha estado siempre presente en todas las actividades del ser humano, como protagonista principal de su desarrollo y del recorrido hacia la civilización, condicionando su propia supervivencia; esto ha llevado a idear y desarrollar las más diferentes formas de aprovechamiento. La escasez del recurso, la dificultad de acceder al mismo y la mala calidad van de la mano de la pobreza y de las enfermedades.

En la Declaración de los Derechos del Hombre de 1948 se establece que toda persona tiene derecho a un nivel de vida suficiente para asegurar su salud, su bienestar y el de su familia, lo que sin lugar a dudas incluye el derecho humano al agua. Ha sido catalogada por la Organización de Naciones Unidas como un derecho fundamental para la vida, el cual tiene por finalidad garantizar a cada ser humano una cantidad mínima de agua de buena calidad y suficiente para la vida y la salud. En el núcleo del derecho al agua reside el principio de que nadie puede ser privado de la cantidad suficiente de agua para satisfacer sus necesidades fundamentales (Molina, 2005).

3.1.1 Marco de referencia internacional sobre el derecho al agua. La preocupación por los recursos hídricos se remonta a la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, reunida en Estocolmo en Junio de 1972, en la cual se emitió por primera vez un principio que establecía condiciones para el manejo y preservación de los recursos naturales, en 1977 en Mar del Plata durante la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Agua y Medio Ambiente, se fijó la meta de prestar servicios de abastecimiento de agua y saneamiento a toda la población mundial para el año de 1990, del mismo modo se solicitó la acción conjunta de los gobiernos y la comunidad internacional para asegurar el abastecimiento seguro de agua potable y la prestación de servicios sanitarios básicos a toda la población urbana y rural, teniendo como prioridad las zonas rurales y urbanas marginadas.

Por otra parte en la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente, celebrada en 1992 se adoptó la declaración de Dublín, en la que se pide una renovación por completo del esquema de evaluación, aprovechamiento y a la gestión de los recursos de agua dulce. De igual forma se precisan aspectos como el de reconocer el derecho fundamental de todo ser humano a tener acceso a agua salubre y a servicios de saneamiento a un precio asequible, así mismo se resalta la importancia de que en la gestión y el aprovechamiento del agua se incluyan los planteamientos de participación de los usuarios, los planificadores y los tomadores de decisiones a todos los niveles, resaltando el papel de la mujer en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua.

Para el año de 1992, en Río de Janeiro y con motivo de la Conferencia Internacional sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, se aprobó el Programa 21, el cual presta especial énfasis en la sección II, al tema de la protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce, estableciéndose criterios integrados para la ordenación y el uso de los recursos de agua dulce (Molina, 2005, 50).

A principios del presente siglo, el Consejo Mundial del Agua (WWC)* y su comisión patrocinada por las Naciones Unidas, llamaron la atención del mundo hacia la necesidad de una acción más urgente en relación con los problemas del agua, formulando así un nuevo enfoque llamado Gestión Integral de los Recursos Hídricos. Por su parte la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, celebrada en Johannesburgo 2002, consideró como tema principal el acceso al agua potable y saneamiento, estableciendo compromisos concretos para las naciones en cuanto a la ejecución del Programa 21 y el desarrollo sostenible*. Se plantearon como objetivos para el año 2015, poner el recurso hídrico al alcance de por lo menos 1.000 millones de personas que no disponen de agua apta para consumo humano y proveer de saneamiento básico adecuado a por lo menos 2.000 millones de personas en el mundo, considerándose estos dos aspectos esenciales como derechos fundamentales para la vida digna (Molina, 2005, 51); sin embargo, sobre esto hay que decir que las Naciones Unidas, estiman para el año 2030, que las poblaciones que hoy día tienen problemas de escasez hídrica sufrirán aún más, ya que la demanda del recurso aumenta desproporcionalmente en relación con la población, sus usos y desechos, lo cual conlleva al empeoramiento de la calidad hídrica y por ende el agotamiento del recurso hídrico.

La razón de esta problemática la endilgan sobre la falta de gobernabilidad o mala gestión del recurso, por parte de los gobiernos, atribuyendo como causa de ello la corrupción en todas las esferas estatales; sin embargo, la OMS** en su informe “*Progresos sobre el agua potable y saneamiento*” (2012) argumenta que en el 2010 el 89% de la población mundial, o sea 6.100 millones de personas, utilizaban fuentes de agua potable mejoradas, lo que supera la meta fijada en los ODM (88%); previendo que en 2015 se tendrá un acceso igual o superior al 92%.

* Grupo internacional de formuladores de política del agua con 200 organismos miembros, entre ellos: gobiernos, empresas del sector privado y ONGs.

* Programa 21 es un plan de acción exhaustivo que habrá de ser adoptado universal, nacional y localmente por las organizaciones del Sistema de Naciones Unidas, Gobiernos y Grupos principales de cada zona en la cual el ser humano influya en el medio ambiente. Agenda 21 y la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo se firmaron por más de 178 países en la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (UNCED), que tuvo lugar en Río de Janeiro, Brasil entre el 3 y el 14 de junio de 1992.

** Informe disponible desde:

<http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp2012/fast_facts/es/

3.1.2 Marco constitucional nacional sobre el derecho al agua. La Constitución colombiana se conoce como “Constitución Ecológica” gracias a la multiplicidad de normas que se refieren a los recursos naturales y al medio ambiente, disposiciones que se enmarcan dentro de los principios rectores fundamentales del Estado colombiano. Artículos como el 79, 80, 81 y 95 estipulan no solo los deberes del Estado en cuanto a la protección, manejo y gestión de los recursos naturales sino también sobre los deberes que como ciudadanos se adquieren para la protección y conservación de los recursos naturales y un medio ambiente sano (Molina, 2005, 55); sin embargo, es una pena que la Constitución Política actual de Colombia no consagre de manera explícita el derecho al agua potable; aunque en ella se reconocen el derecho a la salud y a un medio ambiente sano, estableciendo competencias y responsabilidades para el Estado en cuanto a saneamiento básico y suministro del agua. Dichos aspectos encuentran fundamento en el artículo 49, el cual se refiere al saneamiento ambiental y la salud en general; 79 relativo al medio ambiente sano, y 366 en el cual se establece que el bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida son finalidades del Estado, siendo objetivos primordiales de su actividad, entre otras, el saneamiento ambiental y el agua potable.

El derecho al agua potable está ligado al medio ambiente sano. Los residuos producidos por las diversas actividades humanas afectan la calidad ambiental del recurso hídrico, del mismo modo la inadecuada disposición y eliminación de excretas genera contaminación en los recursos naturales como el agua, repercutiendo en la calidad del ambiente y por ende en la salud.

El agua es fundamental para el ser humano, motivo por el cual un acueducto construido para uso domiciliario debe cubrir, en primer lugar, las necesidades humanas básicas (2005, 20). El agua necesaria para cada uso personal debe ser salubre y por lo tanto no ha de contener microorganismos o sustancias químicas o radioactivas que puedan constituir una amenaza para la salud de las personas. La calidad del recurso hídrico debe satisfacer los requisitos de los numerosos usos que se le dan al agua pública.

Muchos teóricos afirman que el término calidad del agua es a veces difuso, ya que la calidad puede hacer alusión al tipo de uso que se le vaya a dar, por ejemplo en usos agrícolas no importa si el agua contiene coliformes fecales o materia orgánica en grandes cantidades, por el contrario esto podría beneficiar al cultivo, mientras que si el recurso hídrico se destinará al consumo humano en los hogares este debe someterse a un tratamiento minucioso que permita ingerir el recurso.

La calidad del agua se presenta como un problema en la sociedad actual, debido a los innumerables usos que se le dan y las grandes cantidades de contaminantes vertidos sobre ella, por ende se hace necesario establecer criterios de calidad tanto físico-químicos como

ecológicos. De ahí que se estén intentando establecer criterios de calidad ecológica, es decir que se pretende atender no solo a la cantidad del flujo vertido, sino a sus efectos sobre el ecosistema, y desde este punto de vista, los índices de calidad biológica aparecen como una herramienta de primera magnitud (Alba-Tercedor, 1996, 2).

4. INDICADORES ECOLÓGICOS

Se afirma que todo organismo es indicador de las condiciones del ambiente en que se desarrolla, ya que de cualquier forma su existencia en un espacio y momentos determinados responden a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales (Arce, 2006, 4).

Los indicadores ambientales reflejan todos los elementos de una cadena causal, que vincula las actividades humanas a sus impactos ambientales y las respuestas de las comunidades a estos impactos (Smeets & Weterings, 1999 citado por Niemi & McDonald, 2004, 3); se consideran un intento por reducir la sobrecarga de información, abordar los aspectos claves de la condición ambiental, documentar patrones a gran escala y ayudar a determinar las acciones apropiadas (Niemeijer, 2002 citado por Niemi & McDonald, 2004, 5), dentro de su estructura se encuentran los indicadores ecológicos, cuya aplicación se da en los procesos ecológicos, teniendo amplia aplicación en el contexto de las perturbaciones naturales y el estrés antropogénico.

La mayoría de las aplicaciones de los indicadores ecológicos se han centrado al nivel de especie, debido a las preocupaciones derivadas por el peligro de extinción y los problemas de conservación de las mismas (Fleishman et al. 2001, citado por Niemi & McDonald, 2004, 6).

La medición de especies indicadoras supone que una sola especie representa muchas especies con requerimientos ecológicos similares (Landres et al. 1988, citado por Niemi & McDonald, 2004, 10). Por lo general, las especies indicadoras ecológicas tienden a ser de la macroflora y macrofauna, especialmente, los macroinvertebrados acuáticos, el pescado, las aves y las plantas vasculares (Niemi & McDonald, 2004, 12).

El ecosistema acuático posee una mayor diversidad de organismos que el terrestre, es por ello es que una alteración en este ecosistema induce a cambios en la estructura de las comunidades afectando ciclos de vida, crecimiento y función reproductiva, siendo más notorio dicha alteración en el agua que cualquier otro medio, lo cual de alguna forma

argumenta el que los indicadores ecológicos sean mayormente utilizados en ecosistemas acuáticos (Munné & Prat, 2005, 7).

4.1 LOS PRINCIPIOS DE LA BIOINDICACIÓN

Desde inicios del siglo XX, el ser humano identificó cierta relación entre el grado de contaminación en el agua y la presencia de especies acuáticas, esto se debió a la preocupación por determinar las consecuencias de las actividades antrópicas (usos del suelo) sobre el recurso hídrico, dichos trabajos fueron realizados por Kolkwitz & Marsson (1908, 1909, citado en Roldán, 1999, 376), sentando las bases para el sistema saprobio^{*}.

Sin embargo, esta relación fue corroborada y aceptada a mediados del siglo XX en Europa e introducida a finales del siglo en Estados Unidos, periodo en el cual se discutieron y aprobaron métodos que consideran factores de diversidad^{**} y abundancia^{***} de especies en correlación con la calidad del agua, basados en la teoría de la información; la cual parte de la base de que a mayor información que se tenga sobre un hecho, suceso o situación, mayor y más preciso será el conocimiento que se tenga sobre el mismo (Roldán, 1999, 377).

Partiendo del principio de que una comunidad natural se caracteriza por poseer muchas especies y pocos individuos por especie (especialmente en zonas inter-tropicales) o estar constituida por pocas especies y muchos individuos por especie (zonas templadas), se tienen como consecuencia que los daños causados por la contaminación orgánica e industrial o por la destrucción de hábitats por actividades agrícolas o mineras, puede medirse mediante la comparación del análisis de los sistemas alterados con los no perturbados (Roldán, 1999, 378).

^{*} En este hábitat se hizo el primer intento para establecer un índice biológico que refleje los distintos estados de deterioro y la progresiva recuperación de las comunidades de organismos como respuesta al efecto del enriquecimiento orgánico de las aguas, producido por un vertido de esta naturaleza (Vergara, 2009, 26).

^{**} Se refiere esencialmente al número de diferentes especies presentes en un área determinada (ecosistema, país, región, continente, etc.) y se conoce también como "riqueza de especies".

^{***} Es el número de individuos de determinada especie que se encuentra en un área, comúnmente es usada para medir el tamaño poblacional y se piensa que refleja la situación de la población de una especie dentro de una locación específica.

Metcalf (1989) analizando la respuesta de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos con relación a la carga orgánica residual en corrientes superficiales determina tres enfoques principales: el sapróbito, el de diversidad y el biótico (Cantera, 2009, 182).

En Colombia, la bioindicación se remonta a la década de 1970, cuando Gabriel Roldán realizó un estudio de la fauna de macroinvertebrados como indicadores del grado de contaminación del río Medellín. Sin embargo, en años anteriores, los profesores Joaquín Molano y Roberto Galán Ponce, hicieron estudios sobre mediciones fisicoquímicas del agua y observaciones de plancton y fitoplancton en algunas lagunas y ríos de Colombia (Roldán 1992, 43).

Luego de ello se tuvieron experiencias como la de Bohórquez y Acuña en 1984 en la sabana de Bogotá. Galeano (1987, citado por Roldán, 1992, 45) llevó a cabo un estudio hidrobiológico del río Bogotá con el fin de evaluar sus condiciones ecológicas mediante el uso de bioindicadores.

Gabriel Roldán publica en 1988 la primera guía para la identificación de los macroinvertebrados acuáticos en el departamento de Antioquia, comprobándose su aplicación en la mayoría de países intertropicales. En 1997 se adopta el sistema del BMWP para evaluar la calidad del agua en Colombia mediante el uso de los macroinvertebrados acuáticos, los cuales varían entre distintos autores de acuerdo a la zona de estudio (Roldán, 2003, 14). Sin embargo, desde autores como Cantera se piden esfuerzos con el fin de definir y normalizar métodos de colecta y los rangos de clasificación para las diferentes tipologías de ríos, ya que la gran mayoría de estudios realizados en nuestro país se han restringido a la zona andina (Cantera, 2009; 54).

4.2 BIOINDICADOR O INDICADOR ECOLÓGICO

Un contaminante o cualquier otro evento particular que perturbe las condiciones iniciales de un sistema acuático provocarán una serie de cambios en los organismos, cuya magnitud dependerá del tiempo que dure la perturbación, su intensidad y naturaleza. La acción puede ser indirecta (cambios en el medio) o directa (ingestión o impregnación) (Arce, 2006, 3). Cuando la fauna acuática es sometida a la descarga de una sustancia tóxica, a medida que transcurre el tiempo, se pasa de respuestas individuales; bioquímicas y fisiológicas a respuestas poblacionales; comunitarias y ecosistémicas (Jackson, Kurtz & Fisher, 2000, 14).

Las especies indicadoras son aquellos organismos (o restos de los mismos) que ayudan a descifrar cualquier fenómeno o acontecimiento actual (o pasado) relacionado con el estudio

del ambiente que los rodea, debido a que las especies tienen requerimientos físicos, químicos, estructura del hábitat y de relaciones distintas con otras especies. Cada especie o población se desarrolla dentro de determinados límites ambientales (amplitud ecológica) entre los cuales los organismos pueden sobrevivir (límites máximos), crecer (intermedios) y reproducirse (límites más estrechos) (Wilhm, 1975; 55).

En general, cuanto más estenoica sea la especie en cuestión, es decir, cuantos más estrechos sean sus límites de tolerancia, mayor será su utilidad como indicador ecológico. Las especies bioindicadoras deben ser, en general, abundantes, muy sensibles al medio de vida, fáciles y rápidas de identificar, bien estudiadas en su ecología y ciclo biológico, y con poca movilidad (Wilhm, 1975; 60).

De manera que un indicador biológico será aquel que logre soportar los efectos ocasionados por un elemento perturbante, es decir, que muestre algún tipo de respuesta compensatoria o tolerante. Estas respuestas significan para la especie mantener el funcionamiento normal a expensas de un gran gasto metabólico (Arce, 2006; 4). Los indicadores biológicos se han asociado directamente con la calidad del agua más que con procesos ecológicos o con su distribución geográfica.

Diferentes metodologías se han usado en la identificación de cambios estructurales en los ecosistemas acuáticos, tales como los enfoques saprobio, de diversidad y biótico los cuales han sido ampliamente reconocidos a nivel mundial en la caracterización de estados ecológicos y de calidad del agua. El primero encuentra fundamento en el hecho de que la estructura de una comunidad de macroinvertebrados y su respuesta a la calidad del hábitat tiene inmediata relación con medidas de riqueza, uniformidad y abundancia, mientras que el segundo combina información cualitativa y cuantitativa basándose en criterios del sistema saprobio y de diversidad, evaluando mediante una expresión numérica la respuesta de un taxa específico al hábitat.

Desafortunadamente, en Latinoamérica el conocimiento de los organismos bioindicadores no es tan profundo como en otras latitudes, hecho por el cual enfoques como el saprobio y biótico no tienen los requerimientos necesarios para su aplicabilidad.

4.3 ÍNDICES ECOLÓGICOS

Se entiende por comunidad biológica al conjunto de especies que comparten un hábitat o ecosistema. La diversidad de una comunidad está en función del número de especies e individuos por especie. A menudo, la distribución de los individuos dentro las especies sigue un patrón definido que consiste en que pocas especies están representadas por muchos individuos mientras que, muchas especies están representadas por pocos individuos

y algunas especies son raras; observándose este patrón en muchas comunidades naturales (Alba-Tercedor, 1996; 203).

Los índices ecológicos informan de la situación tanto momentánea como de lo acontecido algún tiempo antes de la toma de muestras, es como tener información del presente y pasado de lo que está sucediendo en las aguas. Son pocos los métodos que analizan la calidad del agua mediante la presencia o ausencia de especies individuales, en la mayoría de los casos se toma en cuenta la composición de toda la comunidad acuática o de un grupo taxonómico determinado, como por ejemplo los macroinvertebrados acuáticos (Alba-Tercedor, 1996; 205).

En tal sentido la diversidad de la comunidad se usa como medida de la calidad ambiental en el agua. La teoría de la información generó el desarrollo de diferentes índices matemáticos utilizados en la bioindicación que involucran el concepto de diversidad, tales modelos pueden describir la estructura de una comunidad, la cual según diferentes autores siguen una distribución lognormal (Hellawell, 1986, 244).

A través de estos modelos matemáticos, se pueden hacer comparaciones entre ambientes contaminados y no contaminados. Cuando la comunidad sufre estrés, la abundancia de las especies raras baja, y el de las especies resistentes aumenta; también se puede ver que algunas especies desaparecen. Bajo este concepto matemático se han desarrollado diferentes índices ecológicos que vinculan la diversidad de especies con la contaminación *in situ* del lugar muestreado.

4.3.1 Índice de diversidad de Shannon. Es uno de los más usados en la ecología, fue desarrollado para medir la cantidad de información que se puede transmitir en un código (Roldán, 2003, 13). En un contexto ecológico, como índice de diversidad, mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar proveniente de una comunidad ‘extensa’ de la que se conoce el número total de especies. También puede considerarse a la diversidad como una medida de la incertidumbre para predecir a qué especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una muestra de S especies y N individuos. La fórmula de cálculo es la siguiente:

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

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

El índice H' aumenta a medida que: 1) aumenta la riqueza (número de especies) y 2) los individuos se distribuyen más homogéneamente entre todas las especies. Este índice mide la probabilidad de seleccionar todas las especies en la proporción con que existen en la población; es decir, mide la probabilidad de que una muestra grande contenga exactamente n_1 individuos de la especie 1, n_2 de la especie 2,... y n_s individuos de la especie S (Somarriba, 1999, 2).

4.3.2 Índice de diversidad de Simpson. Al igual que el anterior, este índice es de los más notorios en la ecología actual. Se deriva de la teoría de probabilidades, y mide la probabilidad de encontrar dos individuos de la misma especie en dos ‘extracciones’ sucesivas al azar sin ‘reposición’. Este índice le da un peso mayor a las especies abundantes, subestimando las especies raras, tomando valores entre ‘0’ (baja diversidad) hasta un máximo de $[1 - 1/S]$ (alta diversidad) (Bouza et al, 2005). La fórmula para el cálculo del índice de diversidad de Simpson es la siguiente:

$$I = \frac{1}{\sum \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}}$$

Donde n_i es el número de individuos por especie y N el número total de individuos.

Al igual que el índice de Shannon, tiene la limitante de uso de los organismos a nivel de especie, lo cual se puede solucionar refiriéndose a cada una de las especies mediante sp.1, sp.2, sp.3... obteniendo resultados más aproximados a la caracterización ecológica.

4.3.3 Índice de Margalef. Es una medida utilizada en la ecología para estimar la biodiversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada. Fue propuesto por el biólogo y ecólogo catalán Ramón Margalef y tiene la siguiente expresión:

$$I = S - 1/\ln N$$

Donde, I es la biodiversidad, S es el número de especies presentes, y N es el número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies) y $\ln$ el logaritmo natural.

4.3.4 Índice de Jaccard. Se basa en la relación de presencia - ausencia entre el número de especies comunes en dos áreas (o comunidades) y en el número total de especies (Kent y Coker, 1992, Citado por Badii, et al. 2008, 4). Este índice se expresa de la siguiente manera:

$$ISJ = [c / (a + b + c)]100,$$

Donde ISJ = Índice de Semejanza de Jaccard, a = número de especies exclusivas de la comunidad A, b = número de especies exclusivas de la comunidad B, y c = número de especies comunes para ambas comunidades. El índice se expresa en porcentaje dado la multiplicación última que es por 100, lo que nos expresa el porcentaje de semejanza entre las comunidades comparadas (Badii, *et al* 2008, 5).

4.3.5 Índice de similitud de Bray – Curtis. (1957), Es una medida de similitud que enfatiza la importancia de las especies que se tienen en común entre los sitios de muestreo. Toma valores entre 0 (ninguna especie en común) y 1 (muestras idénticas) (Herrera, 2000, 48). Es uno de los más ampliamente utilizados en la ecología cuantitativa actual, su expresión es:

$$I_{B\&C} = 2jN / (aN + bN)$$

En donde, aN = número total de individuos en la comunidad A, bN = número total de individuos de la comunidad B, y jN = suma total de las abundancias menores de las especies encontradas en ambas comunidades. Otorga un valor de importancia a cada una de las especies que componen la comunidad.

4.4 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA

Los macroinvertebrados se definen como aquellos organismos que se pueden ver a simple vista, o sea, todos aquellos que tengan tamaños superiores a 0.5 mm de longitud (Roldán, 1996,56). Estos organismos "(...) presentan ciclos de desarrollo lo suficientemente largos que les hace permanecer en los cursos de agua el tiempo suficiente para detectar cualquier alteración, y la diversidad que presentan es tal que hay una casi infinita gama de tolerancia frente a diferentes parámetros de contaminación" (Hellawell, 1986, citado por Roldán, 1996, 58).

La utilización de los macroinvertebrados acuáticos en la bioindicación se debe a sus largos ciclos de vida y movilidad restringida, abundancia y distribución cosmopolita, así como su especificidad con respecto al hábitat. Su manejo en la evaluación cuantitativa y cualitativa se apoya en ciertas características de la comunidad, las cuales de una u otra forma son el reflejo de las condiciones ambientales del cuerpo de agua analizado (Cantera, 2009, 180).

Lo anterior puede verse reflejado en la diversidad de especies, la presencia o ausencia de poblaciones específicas, la densidad de la población o comunidad y la estructura y distribución de la misma. Dicha información, como bien menciona Cantera (2009, 180), puede involucrarse en parámetros numéricos, tales como los mencionados en los acápites

anteriores, los cuales permiten fijar criterios acerca del grado de contaminación y alteración de la calidad ambiental en un cuerpo de agua.

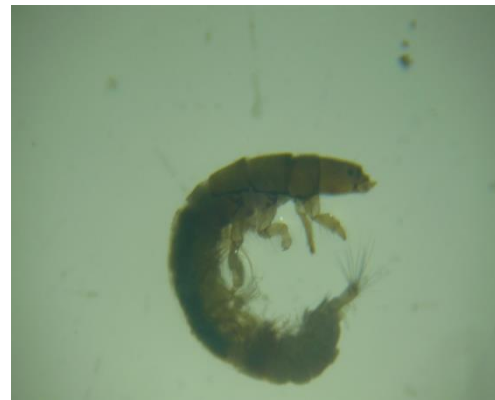
Los macroinvertebrados acuáticos se consideran actualmente como los mejores bioindicadores de la calidad del agua, (Figura 5 y 6) debido a su tamaño, a su amplia distribución y a su adaptación a diferentes variables fisicobióticas (Roldán, 1992, 74).

Resh *et al.* (1996, 45), examinan las principales ventajas y desventajas en cuanto a la utilización de esta comunidad, en la cual los insectos en estado inmaduro representan la mayor parte de su abundancia, diversidad y biomasa.

Figura 5. *Anchytarsus* sp. Larva



Figura 6. *Leptonema* sp. Larva



Fotografías tomadas en el laboratorio de Biología de la Universidad del Valle, mediante el estereoscopio ocular y cámara fotográfica.

Algunas de las ventajas más sobresalientes se refieren a que la taxonomía de varios grupos es conocida y su identificación es relativamente más sencilla comparada con otros grupos, al tiempo que su evaluación demanda menores costos, presentan amplia distribución, son abundantes y de fácil recolección, su afectación por perturbaciones ambientales en todo tipo de aguas y hábitats y su amplio número de especies ofrecen un espectro de respuestas rápidas a estos tensores, facilidad de evaluación espacial de acuerdo al sedentarismo de varias especies por efectos adversos a largo plazo, técnicas de muestreo simples, ciclos de vida amplios que facilitan análisis temporales; los cuales no pueden hacerse con parámetros físico-químicos, revelando alteraciones permanentes en los cuerpos de agua.

Por otro lado, algunas desventajas identificadas por el autor hacen referencia a que las especies o poblaciones y escalas de valores no son de aplicación universal, son poco perceptivas a las variaciones estacionales y escasamente sensibles a patógenos de origen

humano (Roldán, 1996, 52). En las últimas décadas se ha generado todo tipo de metodologías para la evaluación de las condiciones ambientales de los recursos hídricos, utilizando los macroinvertebrados acuáticos como herramienta fundamental, entre los más conocidos y aceptados debido a su aplicación efectiva en latitudes ecuatoriales se encuentra el BMWP.

4.5 MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO DEL AGUA (BMWP)

El BMWP (*Biological Monitoring Working Party*), fue propuesto por Armitage. P. B., *et al.* (1983) en Gran Bretaña al amparo del “*National Water Council*”, con la finalidad de ser utilizado como metodología para evaluar la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos. Posteriormente en 1987 Alba-Tercedor & Jiménez-Millán realizaron la primera adaptación del método para la península Ibérica. Como consecuencia de que el índice no permitía hacer juicios de valor con relación a las puntuaciones sobre calidad del agua, Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega (1988) asignaron cinco categorías de contaminación con los valores del BMWP, obteniendo así los parámetros generales del mismo (Tabla 3).

Tabla 3. Valores generales del sistema BMWP/Col.

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

Fuente: Roldán, 2003

Está basado en la abundancia y diversidad de especies, utilizando a los macroinvertebrados acuáticos. El método solo requiere llegar hasta el nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica (Tabla 4). La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP; cuanto mayor es la puntuación final, menor es el grado de contaminación ambiental (Roldán, 2003, 28).

Una debilidad del sistema BMWP, al igual que muchos otros sistemas de puntuación, es el tipo de muestreo, en un muestreo prolongado se puede esperar, bajo la mayoría de circunstancias, un resultado final más alto y confiable, que en una muestra tomada

rápida. Para superar esta debilidad inherente del sistema BMWP, se calcula la puntuación media por taxa ASPT (*Average Score per Taxon*) (Tabla 5) dividiendo la sumatoria total de las puntuación BMWP de las familias por el número total de taxones, los valores oscilan entre 0 y 10; un valor bajo de ASPT asociado a un puntaje inferior de BMWP indicará condiciones graves de contaminación (Roldán, 2003, 30). Facilitando la interpretación de gran cantidad de información proveniente del monitoreo biológico de calidad de agua (Roldán, 2003, 29).

Tabla 4. Puntaje de familias de macroinvertebrados acuáticos método BMWP/Col.

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Triplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnesiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Lymnesiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythyridae, Psephenidae.	10
Ampullaridae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebeiidae, Phipotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae.	9
Guerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaeminidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Simuliidae, Veliidae	8
Baetidae, Cenidae, Calopterygidae, Conagrionidae, Cixiidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptophlebeiidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyridae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnephilidae, Lutrariae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chironomidae, Stratiomyidae, Halictidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeriidae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae	4
Chironomidae, Glossophoridae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syphidae.	2
Tubificidae	1

Fuente: Roldán, 2003

Esta técnica de evaluación junto con los índices de diversidad antes mencionados serán abordados en el presente trabajo, como parte de la metodología para establecer el estado de la calidad del agua, dentro de la zona de estudio.

Tabla 5. Puntuación método ASPT (Average score per taxa)

Clase	Puntaje	Calidad
I	> 6	Aguas limpias
II	5 - 5.9	Aguas de dudosa calidad
III	4 - 4.9	Moderada contaminación
IV	< 3.9	Grave contaminación

Fuente: Elaboración propia a partir de Mandaville, 2002

5. SUB-CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO GUABAS

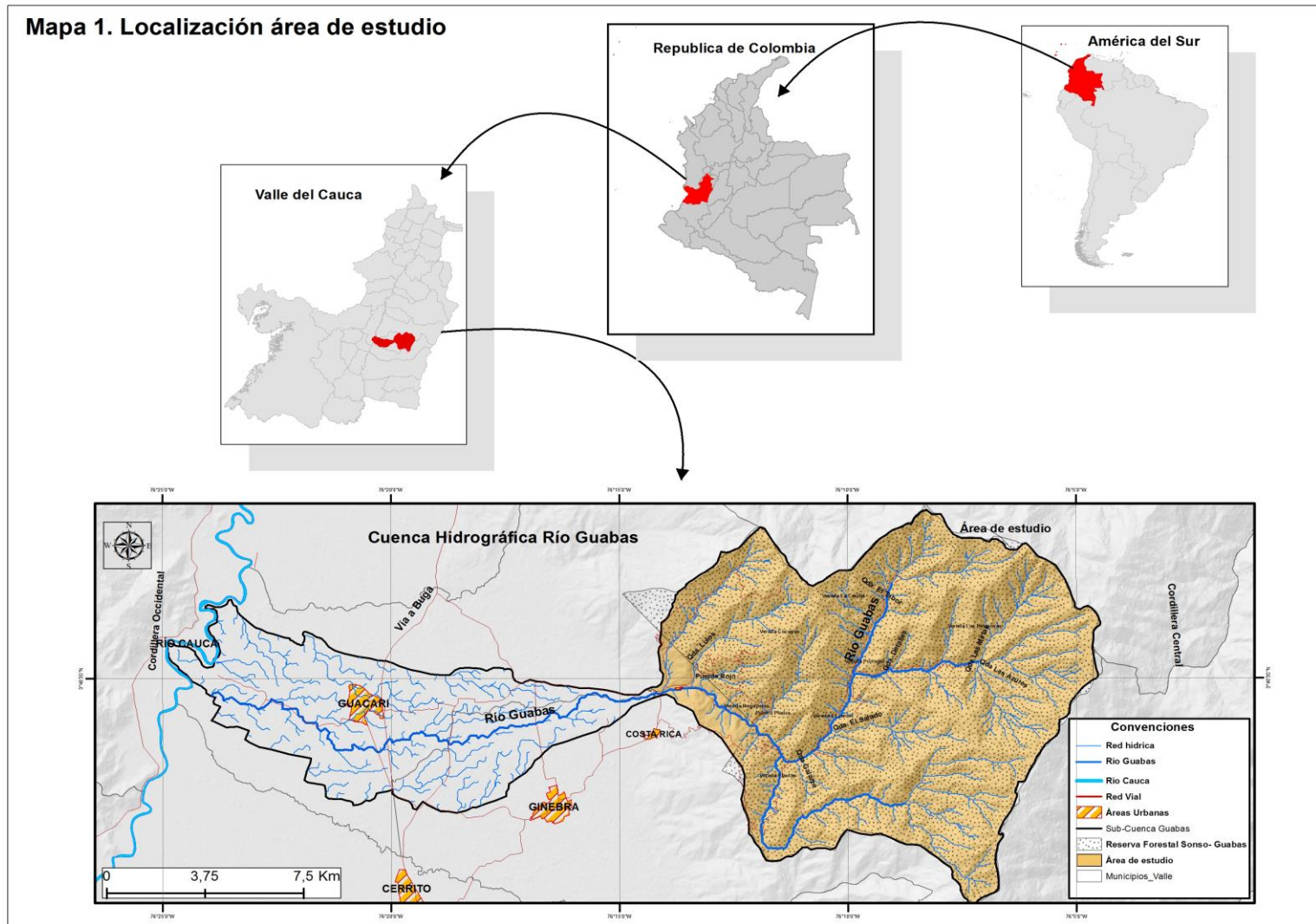
La cuenca hidrográfica del río Guabas se encuentra localizada sobre el flanco occidental de la cordillera Central en el departamento del Valle del Cauca ubicándose dentro de las coordenadas geográficas 3°46'31.14" Norte y 76°08',58.19" Oeste (Mapa 1); cubre una superficie total de 23.682 hectáreas, de las cuales el 69% corresponde a zona montañosa (área de estudio) y el 31 % restante a zona plana.

El río tiene una longitud aproximada de 42 km, extendiéndose desde los 3.000 msnm hasta su desembocadura en la margen derecha del río Cauca a los 935 msnm, su caudal medio es de 3.55 m³/seg y su área de drenaje es de 11.692 ha. Desde el año 1938 gran parte (82%) de la zona de estudio fue designada Reserva Forestal Nacional Sonso-Guabas, asignándole unas características de uso y manejo de los recursos naturales, los cuales son regidos por el Ministerio del Medio Ambiente y la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos.

5.1 CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA

5.1.1 Aspectos climatológicos. La cuenca del río Guabas tiene una orientación con referencia a su cauce principal oriente – occidente, con lo cual tiene una mayor duración de la exposición solar definida entre el rango de 1.300 a 1.600 horas de brillo solar anual. Lo anterior incide directamente en los incrementos de temperatura y en las pérdidas de agua por evaporación. Presenta influencia de los vientos de sotavento de la Cordillera Central

Mapa 1. Localización área de estudio



caracterizados por corrientes secas. La temperatura determinada por los pisos altitudinales que varía entre los 23°C en la parte baja, 18°C en la parte media, 12°C en la parte alta y 4° C en el páramo (Asoguabas, 2009, 64).

Mediante el modelo digital de elevación del terreno manipulado en el software Arc Gis 9.3.1 se obtienen los siguientes intervalos de temperatura:

- Medio (M): 1.000 a 2.000 msnm.
- Frío (F): 2.000 a 3.000 msnm.
- Muy Frío (S): 3.000 a 3.400 msnm.
- Paramuno (P): mayor de 3.400 msnm.

De acuerdo con esta clasificación, el área de estudio posee 3.990 hectáreas (24,8 %) en el piso medio, 1.0784 hectáreas (21.11 %) en el piso frío, 9.565 hectáreas (59,6 %), 2.505 hectáreas (15,6 %) en el páramo. La precipitación en la zona de estudio varía entre 1.300 mm/año en el páramo de Las Domínguez y 2.200 mm/año en la zona alta de la microcuenca La Magdalena. La distribución de las lluvias es de tipo bimodal con dos periodos lluviosos entre marzo y mayo y de septiembre a noviembre, siendo julio el mes de menor precipitación (Asoguabas, 2009, 66).

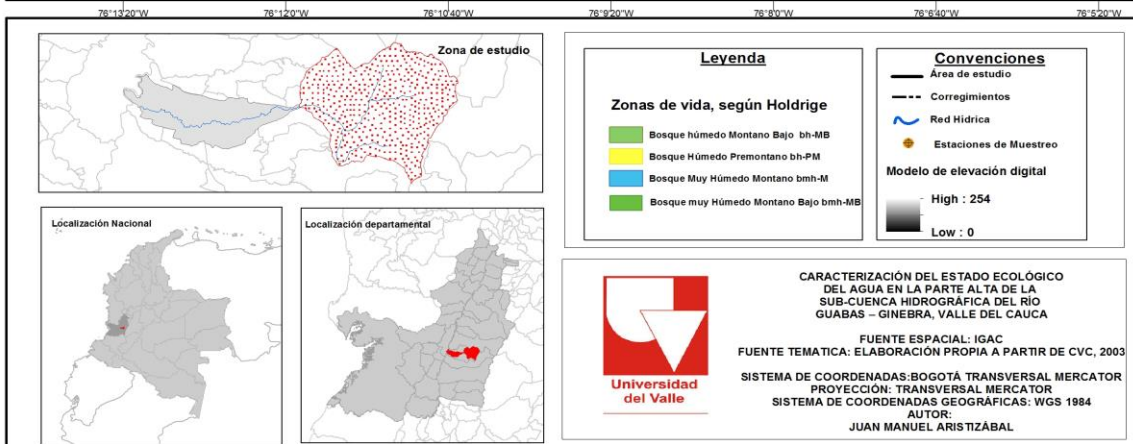
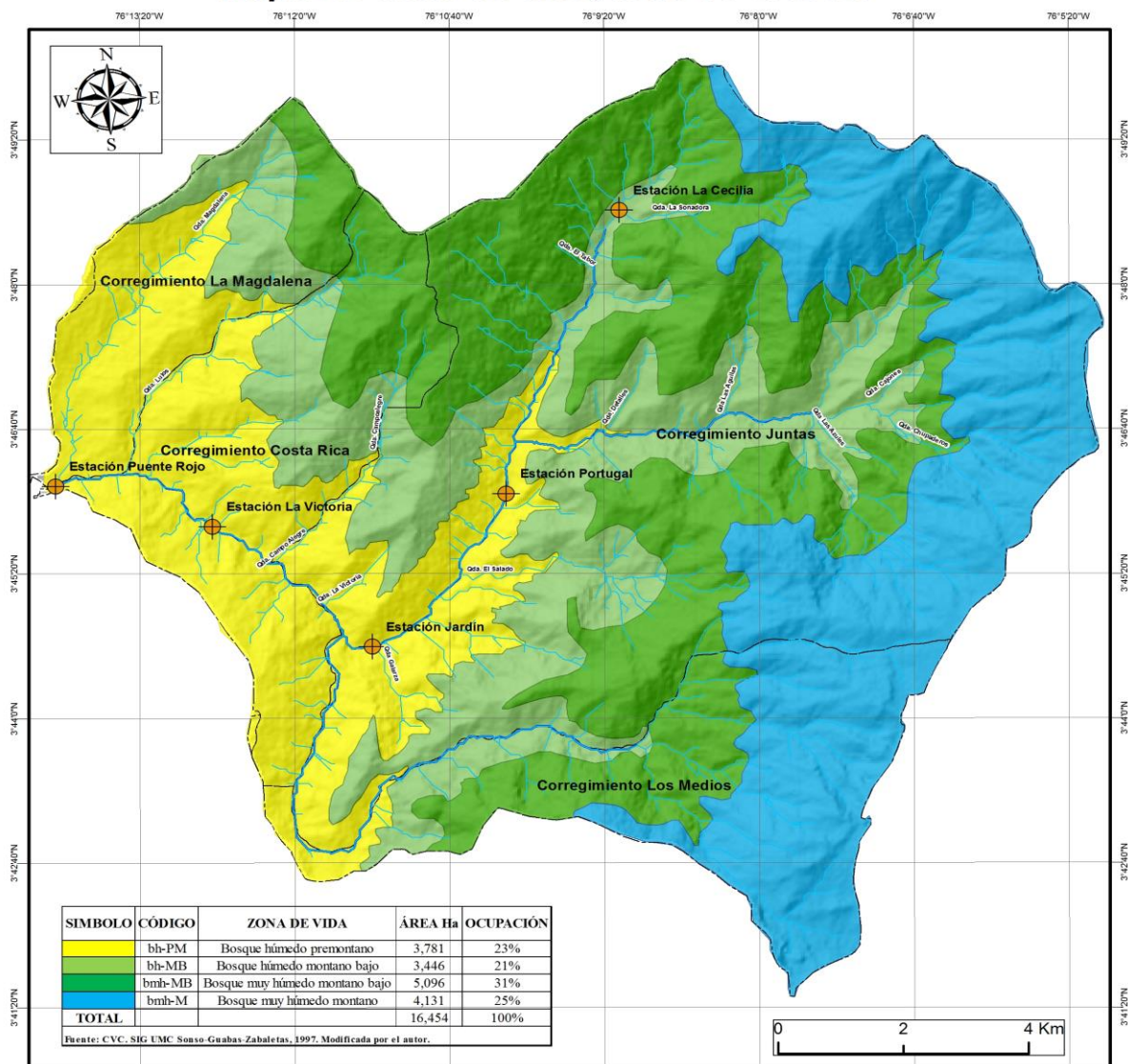
De acuerdo con la información anterior; de temperatura, precipitación y humedad relativa, se determinaron las zonas de vida de Holdridge presentes en el área de estudio (Mapa 2).

5.1.2 Descripciones fisionómicas y de diversidad. Dentro del bosque húmedo premontano (bh-PM) dentro del cual se encuentran localizadas las estaciones de muestreo: Puente Rojo, La Victoria, El Jardín y Portugal; se encontró vegetación arbórea en su mayoría perenne; de 20 a 30 metros, con epifitismo moderado y relictos boscosos de menor proporción en especies como la Acacia, Cedro y Chiminango. Se presenta una precipitación media anual de 1200 a 2200 mm (Asoguabas, 2009, 72).

Por otro lado en el Bosque húmedo montano bajo (bh-MB) subsisten especies vegetales como El Roble, las cuales han sido remplazadas básicamente por la expansión de la ganadería extensiva. Sus valores altitudinales varían entre 2.000-2.500 m, con una temperatura media anual (tma) mayor a 12°C y una precipitación media anual (pma) entre 1000 y 2000 mm.

La zona de vida Bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB), presenta características climáticas de temperatura aproximada de 12 y 18°C y un promedio anual de lluvias entre 2000 y 4000mm. Normalmente se extienden en una faja altimétrica de 1800 a 2800 msnm.

Mapa 2. Zonas de vida, área de estudio



En esta zona el bosque primario ha comenzado a verse amenazado por la intervención antrópica, debido al potencial maderero del área; Pino y Eucalipto, posee una amplia variedad de flora manifestada en especies como Col de monte, Rascadera, Manzanillo de monte entre otros.

El Bosque muy húmedo montano (bmh-M) presenta temperaturas que oscilan aproximadamente entre 6 y 12°C y recibe un promedio general de lluvias entre 1000 y 2000 mm anuales, de vegetación humedad, es común encontrarse con especies como Arrayanes, Musgos, Orquídeas y Bromelias.

5.1.3 Geomorfología. En la zona de estudio se puede observar distintas formaciones derivadas del proceso de denudación, observándose claramente sobre los corregimientos de La Magdalena y Puente Rojo, lo que se conoce como el abanico coluvio-aluvial del río Guabas y el piedemonte aluvial que se extiende hasta el casco urbano de Ginebra. El área presenta 7 clases de pendiente (FAO, 2009) (Tabla 6), de las cuales más del 75% de las tierras se clasifican como escarpadas y un 20% en terreno plano, colindante con al cauce del río.

Tabla 6. Clasificación de pendientes zona de estudio.

Clase	Descripción	% Gradiente	Hectáreas	% Ocupación
1	Plano	0 - 0,2	3278,60	0,20
5	Ligeramente Inclinado	2 - 5	1,43	0,000087
6	Inclinado	5 - 10	42,44	0,003
7	Fuertemente Inclinado	10 - 15	340,79	0,021
8	Moderadamente escarpado	15 - 30	7179,42	0,44
9	Escarpado	30 - 60	5585,77	0,34
10	Muy escarpado	> 60	2,31	0,00014
Total			16430,76	1,00

Fuente: FAO, 2010. Elaboración propia.

CVC (1999) realizó un estudio para la Unidad de Manejo de la Cuenca Sonso–Guabas–Zabaletas (UMC), en el cual basándose en la geología, los suelos y el relieve de la cuenca, permitió identificar cuatro grandes unidades geomorfológicas (Tabla 7). Encontrándose el área de estudio dentro de la unidad geomorfológica montañas fluvio – erosionales, cuya ocupación equivale a casi el 70% del área total de la cuenca.

Del mismo modo, dentro del estudio se determinaron seis grandes paisajes, destacándose para el caso en particular; los de relieve montañoso fluvio-erosional, piedemonte aluvial y relieve colinado estructural (Asoguabas, 2009, 113).

Tabla 7. Unidades geomorfológicas en la cuenca.

Unidad	Área (ha)	% Ocupación*
Llanura aluvial río Cauca	450,121	0,019
Llanura aluvial de piedemonte	5.441,17	0,227
Montañas fluvio – erosionales	16.404,09	0,692
Planicie aluvial de piedemonte	1.478,65	0,062
TOTAL	23.774,03	1,000

Fuente: SIG, UMC SONSO-GUABAS-ZABALETAS, 1999.

5.1.4 Suelos. La parte alta de la cuenca hidrográfica del río Guabas presenta diferentes unidades cartográficas de suelos; siendo las asociaciones Typic Dystrudepts – Lithic Udorthents MQDf1 (5.130 Ha) y las asociaciones Typic Hapludands – Typic Eutrudepts – Typic Hydrudands MLaF1 (7.668 Ha) las más representativas, ya que ocupan el 78% del área de estudio, comprendiendo el área de las estaciones de muestreo Jardín, Portugal, La Victoria y La Cecilia.

Estos suelos presentan pendientes escarpadas (50–75%), fertilidad moderadamente alta; moderadamente profundos con limitantes por acumulación de fragmentos de roca (> 60%), lo que limita totalmente la mecanización; litología volcánica compuesta por piroclastos no consolidados; erosión hídrica pluvial laminar en surcos de grado ligero; uso de las tierras actualmente dedicado a la agricultura cafetera, áreas de conservación, ganadería, pastoreo extensivo y rastrojo con vegetación natural con algunas especies como el yarumo, roble, cedro, guamo, carbonero, entre otros.

Por otro lado, en la estación de muestreo Puente Rojo, los suelos MQDf3 pertenecientes a las asociaciones Lithic Ustorthensts – Humic Dystrustepts – Typic Haplustepts, son de

* El porcentaje de ocupación se realiza sobre el total de la cuenca hidrográfica.

fertilidad baja, muy superficiales, con pendientes fuertes y con afloramientos rocosos, limitando la mecanización en la zona, de igual forma la poca profundidad radicular impide la agricultura, lo que facilita el uso del suelo actual; dedicado en la ganadería extensiva.

5.2 USOS DEL SUELO

El área de estudio se caracteriza esencialmente por poseer actividades económicas del sector primario, con una alta participación del café, la ganadería extensiva y en menor escala cultivos transitorios, cultivos de coníferas, frutales y minería artesanal; destacándose relictos de selva nativa y grandes extensiones de suelo en rastrojo (Tabla 8).

En general, el uso del suelo en la cuenca alta del río Guabas es con fines productivos, está dominado por la ganadería extensiva, a la cual se dedican 5.263,3 Has (32% del área de estudio), la cual es practicada desde la parte baja, es importante resaltar que la expansión de esta actividad ha llegado al páramo de Las Domínguez, donde extensas áreas son utilizadas para la ganadería; esta actividad es poco productiva en este ecosistema, el cual debido a su fragilidad se ve alterado de manera drástica (Asoguabas, 2008, 69).

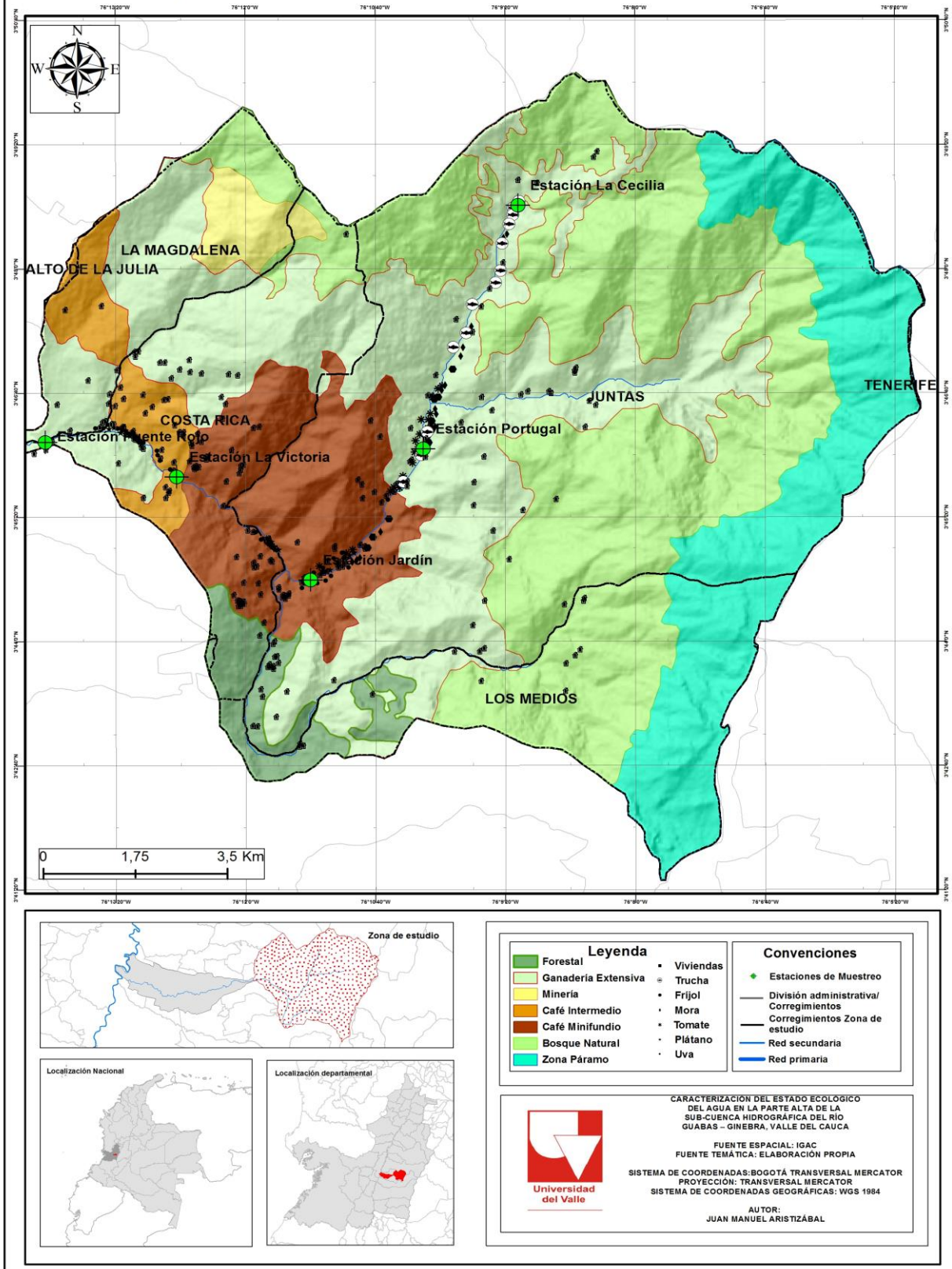
Tabla 8. Actividades económicas en la zona de estudio.

Actividades económicas	Área (Ha)	Ocupación (%)
Cultivos transitorios	370	2,25
Forestal	574	3,50
Ganadería extensiva	5263	32,06
Minería	293	1,78
Café	2374	14,46
Bosque Natural	5143	31,33
Paramo	2400	14,62
Total	16417	100

Fuente: Categorías temáticas (Asoguabas, 2009); nivel de cobertura (a partir de cartografía, elaboración propia).

El uso agrícola en la zona aledaña a las estaciones de muestreo El Jardín y La Victoria, está dominado por el cultivo de café, con el 14 % de área (2,374 Ha) y cultivos transitorios de mora, tomate, tomate de árbol, uva, trucha y cultivos de caña panelera; este último ha ido ganando terreno en las zonas bajas del área de estudio (Mapa 3). A continuación se presenta una breve descripción de cada sistema productivo presente en la zona.

Mapa 3. Sistemas productivos, subcuenca río Guabas, 2012.



5.2.1 Agricultura cafetera intensiva (AgCait). Este sistema se caracteriza por sus fuertes vínculos con el sector exportador y por los niveles medios de diversificación en el uso de la tierra; emplea tecnologías medias de innovación; su producción está destinada por completo al mercado; la organización empresarial es de carácter formal, y las retribuciones permiten alcanzar un nivel de vida mayor. Se localiza sobre los corregimientos de Cocuyos en Ginebra y la Magdalena en Guacarí (Asoguabas, 2008, 89).

5.2.2 Agricultura cafetera de minifundio (AgCamn). A diferencia del anterior, este sistema presenta unos niveles bajos en tecnificación, diversificación del uso de la tierra y la organización comercial es de carácter informal. Del mismo modo, se encuentra vinculado al mercado, aunque parte de la producción se destina a la subsistencia campesina. Dados los bajos niveles de rentabilidad, escasos márgenes de comercialización y limitaciones de orden económico y tecnológico, presenta bajos niveles de retorno y compensación para beneficio del productor. Se encuentra ubicada sobre los corregimientos de La Selva, Cocuyos y Juntas en Ginebra (Asoguabas, 2008, 90).

5.2.3 Producción forestal industrial (FoInid). Está relacionada fundamentalmente con la siembra y explotación del bosque con fines comerciales, con alta tecnificación, fuertes vínculos con el mercado, poca diversificación de la tierra y baja generación de empleo. Se localiza en un área comprendida entre los corregimientos La Selva, La Floresta, Novillera, Los Medios y Juntas (Asoguabas, 2008, 91).

5.2.4 Ganadería extensiva de latifundio (GaExlt). Sus características principales radican en paisajes de grandes extensiones de tierra cubiertas de vegetación herbácea y de rastrojos, bajo nivel tecnológico, baja diversificación en el uso de la tierra, poca generación de empleo. Se localiza en los corregimientos Los Medios, La Selva, Juntas y Cocuyos en el municipio de Ginebra y La Magdalena en Guacarí (Asoguabas, 2008, 92).

5.2.5 Minería artesanal del oro (MnOrar). Esta actividad se caracteriza por su carácter poco rentista, poca generación de empleo, amplios daños ambientales y por estar vinculado al mercado nacional. Sobre la zona de estudio se localizan yacimientos de oro en los corregimientos de La Magdalena en Guacarí y La Selva en Ginebra (Asoguabas, 2008, 92). Del mismo modo existen pequeñas parcelas de agricultura de subsistencia campesina aledañas en muchos casos a las riberas del río; cultivos de mora, uva, tomate, tomate de árbol, frijol, plátano, entre otras. Las afectaciones de los sistemas productivos serán presentadas en el capítulo 6 de resultados.

5.3 OTROS ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS

5.3.1 Población. La zona de estudio se encuentra dividida administrativamente en dos municipios; Ginebra y Guacarí con 14.930 y 1.520 hectáreas respectivamente (Tabla 9). Abarca parte de los corregimientos de Puente Piedra, La Julia y La Magdalena, en el municipio de Guacarí con una población aproximada de 750 personas; el corregimiento de Juntas y parte de los corregimientos de Costa Rica, Los Medios y La Floresta en el municipio de Ginebra con un estimado de 2.560 personas; cuyo NBI sobrepasa la media del departamento ubicándose entre el 21,5 y 18,1 respectivamente. (Asoguabas, 2008, 82).

Tabla 9. Población área de estudio.

Municipio	Corregimientos/Veredas	Población
Guacarí	Corregimiento Puente Rojo	331
	Corregimiento La Julia	13
	Corregimiento El Placer	52
	Corregimiento La Magdalena	318
Ginebra	Vereda Lulos	363
	Vereda Cocuyos	271
	Vereda Campo Alegre	271
	Vereda La Victoria/Regaderos	70
	Vereda La Cecilia	77
	Vereda Las Hermosas	246
	Vereda El Salado	120
	Corregimiento Juntas	387
	Veredas Galarza/Silencio	370
	Vereda Flautas	341
	Costa Rica rural	35
Total zona de estudio		3265

Fuente: Elaborada por el autor a partir de DANE, 2005

Desafortunadamente no se tiene información sobre saneamiento básico y el número de viviendas asentadas en cada uno de los corregimientos y veredas, localizadas dentro de la zona de estudio. Como consecuencia de la falta de información discriminada para la zona

de estudio, los aspectos relacionados con los servicios públicos, la salud y la educación; serán abordados a escala municipal.

5.3.2. Educación. La zona cuenta con 19 sedes educativas administradas por la Institución Educativa Manuela Beltrán, de las cuales 18 tienen cobertura básica primaria. De igual forma se encuentra una institución educativa con enfoque de formación agropecuaria llamada La Concentración de Desarrollo Rural, siendo la única sede educativa de básica secundaria (Asoguabas, 2008, 83).

5.3.3 Salud. El municipio de Ginebra al que pertenece la mayor parte de la población de la zona de estudio, cuenta con un solo centro de atención en salud de nivel uno, el Hospital El Rosario ubicado en la cabecera municipal, el cual atiende población urbana y rural (Asoguabas, 2008, 85).

En términos muy generales hay que mencionar que el 29.3% de la población del municipio de Ginebra se encuentra vinculada al régimen contributivo de salud y el 42.3% al régimen subsidiado, por fuera de la cobertura de salud se encuentra el 28.4% de la población. Para el caso del municipio de Guacarí en el régimen subsidiado se encuentra el 40.9% y al régimen contributivo se encuentra vinculado el 39.4%, del total de la población 19.7% se encuentra por fuera de la cobertura de salud (Asoguabas, 2008, 87).

5.3.4 Energía. La zona rural del municipio de Ginebra cuenta con una cobertura del servicio de energía del 91,3% de la población y la cobertura del mismo servicio para el municipio de Guacarí es de 95,8%, en los dos municipios este servicio es prestado por la Empresa de Energía del Pacífico S.A. EPSA (Asoguabas, 2008, 85).

5.3.5 Acueducto. El río Guabas abastece a 17 acueductos uno de ellos surte de agua a los cascos urbanos de Ginebra y Guacarí, los 16 acueductos restantes son comunitarios y abastecen a los corregimientos que pertenecen a la zona estudiada; cada uno de ellos es administrado por una figura organizativa denominada Junta Administradora de Agua (JAA), cuya distribución por micro-cuencas para el área de estudio se muestra en la tabla 10.

5.3.6 Alcantarillado. La zona no cuenta con un sistema de alcantarillado, sin embargo se presentan casos aislados de sistemas de tratamiento de aguas residuales tales como pozos de infiltración y la utilización de letrina seca en la vereda Campoalegre (Asoguabas, 2008, 84).

5.3.7 Residuos sólidos. Los municipios de Ginebra y Guacarí cuentan cada uno con un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS, cuyos programas se encuentran

enfocados principalmente al trabajo en las cabeceras municipales, por lo que el área rural de los municipios no cuenta con programas de manejo de los residuos sólidos; sin embargo la UMATA en Ginebra realiza jornadas de recolección de residuos sólidos e inspección en la utilización de agroquímicos (Asoguabas, 2008, 86).

Tabla 10. Distribución de acueductos, micro-cuencas específicas.

Microcuenca	Abastecimiento agua N° de Acueductos	N° de Familias	Comunidad Beneficiaria	Estado del acueducto
Río Guabas	2	2.618	Ginebra, La Floresta, Villavanegas, Mosoco	Bueno
			Guacarí	Bueno
Lulos	3	106	Moravia	Artesanal
			Canaima	Artesanal
			Cascada Lulos	Regular
Cocuyos	1	229	Puente-Rojo-La Cristalina	Artesanal
Campo Alegre	1	140	Cocuyos	Bueno
			El Jardín	Regular
La Cecilia	2	80	Campo Alegre	Bueno
			Juntas	Regular
Las Hermosas	1	12	Hermosas	Artesanal
Salado	1	33	Portugal	Regular
Juntas/Betania	1	35	Betania	Regular
Silencio/Galarza	1	30	El Jardín	Regular
Flautas	4	60	Cominal	Bueno
		70	Flautas	Bueno
		90	La selva	Artesanal
		120	Barranco, Valledupar, Novillera	Bueno
Total	17	3.623		

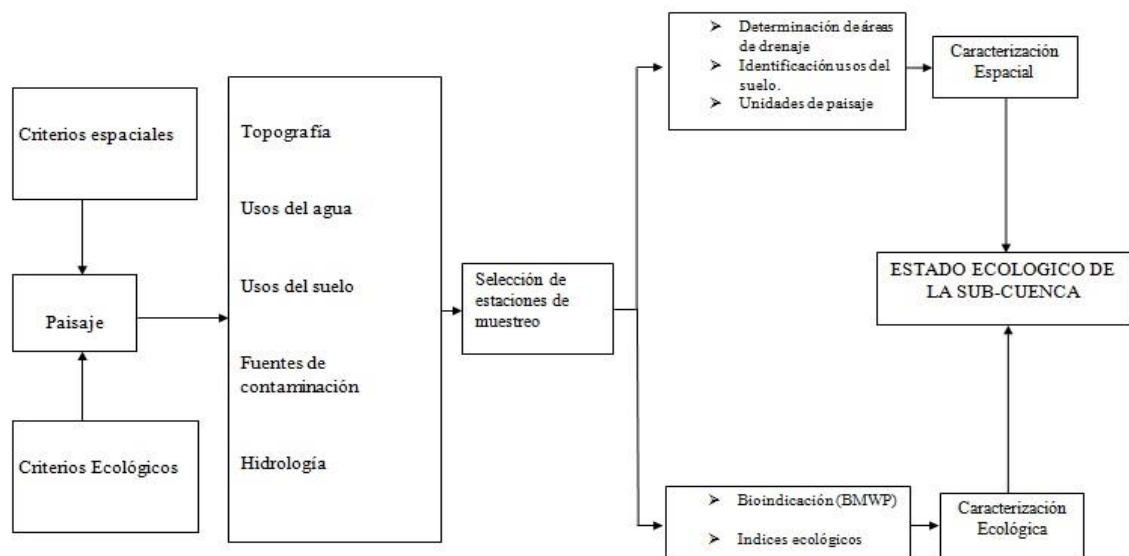
Fuente: Elaborada por el autor a partir de Alcaldía de Ginebra, Plan de desarrollo 2007-2012.

6. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Esta investigación se desarrolla a partir del interés por identificar el estado ecológico del río Guabas en su cuenca alta a través de los bioindicadores, tratando de determinar relaciones entre el paisaje y la calidad del agua. De acuerdo con lo anterior la metodología de trabajo parte del concepto de paisaje como pilar fundamental de análisis y punto de partida para la elección del tipo de muestreo, las estaciones y el análisis espacial (Figura 7).

El área de estudio, como se mencionó anteriormente, fue delimitada a partir del objetivo de caracterizar ecológicamente el estado de la calidad del agua en la sub-cuenca del río Guabas, específicamente en el tramo que comprende desde la confluencia de las quebradas La Cecilia y Las Hermosas (nacimiento del río), hasta el sitio conocido como Puente Rojo; sitio donde se capta el recurso hídrico para los acueductos de los municipios de Ginebra y Guacarí, el interés propio al querer desarrollar este trabajo es el de evaluar porque las condiciones en la calidad del agua en Ginebra tienen una percepción general en la población de mal servicio y pésima calidad, para responder esa pregunta debía formularme una idea y un área de estudio, por este motivo se seleccionó aguas arriba de Puente Rojo debido a la importancia que tiene la cuenca del río Guabas en la producción hídrica, de bosques, suelos y biodiversidad para la región, es decir la zona presentaba las consideraciones para dar posibles respuestas a los interrogantes.

Figura 7. Marco conceptual de trabajo



Fuente: Elaboración propia

6.1 DOCUMENTACIÓN

Como primera medida para el inicio del estudio, se realizó una extensa documentación bibliográfica referente al área de estudio, hidrografía, cartografía, evaluaciones sociales y/o económicas realizadas con anterioridad. Del mismo modo y teniendo como referencia la estrecha relación entre los ecosistemas acuáticos con las variables climáticas se incluyeron datos acerca de la pluviosidad, temperatura, vientos, caudal corrientes los cuales están ligados a la estacionalidad.

Posteriormente se realizaron 3 visitas a la zona, en donde se lograron identificar por medio de observación y consultas a la población; características del relieve, vegetación (Figura 8 y 9), actividades antrópicas y ecosistemas presentes en la zona (figura 10 y 11), lo que permitió orientar por medio del concepto de paisaje la decisión de donde realizar los puntos de muestreo.

Figura 8. Formas de uso



Figura 9. Hidrografía y vegetación

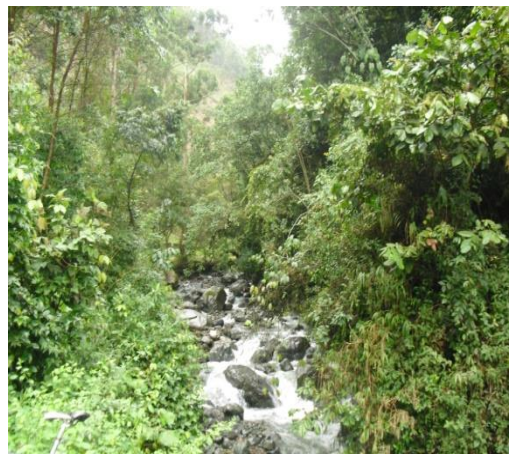


Figura 10. Paisaje ecumenado



Figura 11. Uso de la tierra



Se utilizó como herramienta para la determinación del área de cada sistema de producción, el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGIS 9.3 de la compañía ESRI, en el cual mediante fotografías aéreas e imágenes captadas del POMCH y luego georreferenciadas, permitieron identificar la extensión aproximada de cada uso del suelo, información que sirvió para determinar los puntos de muestreo (Figura 12).

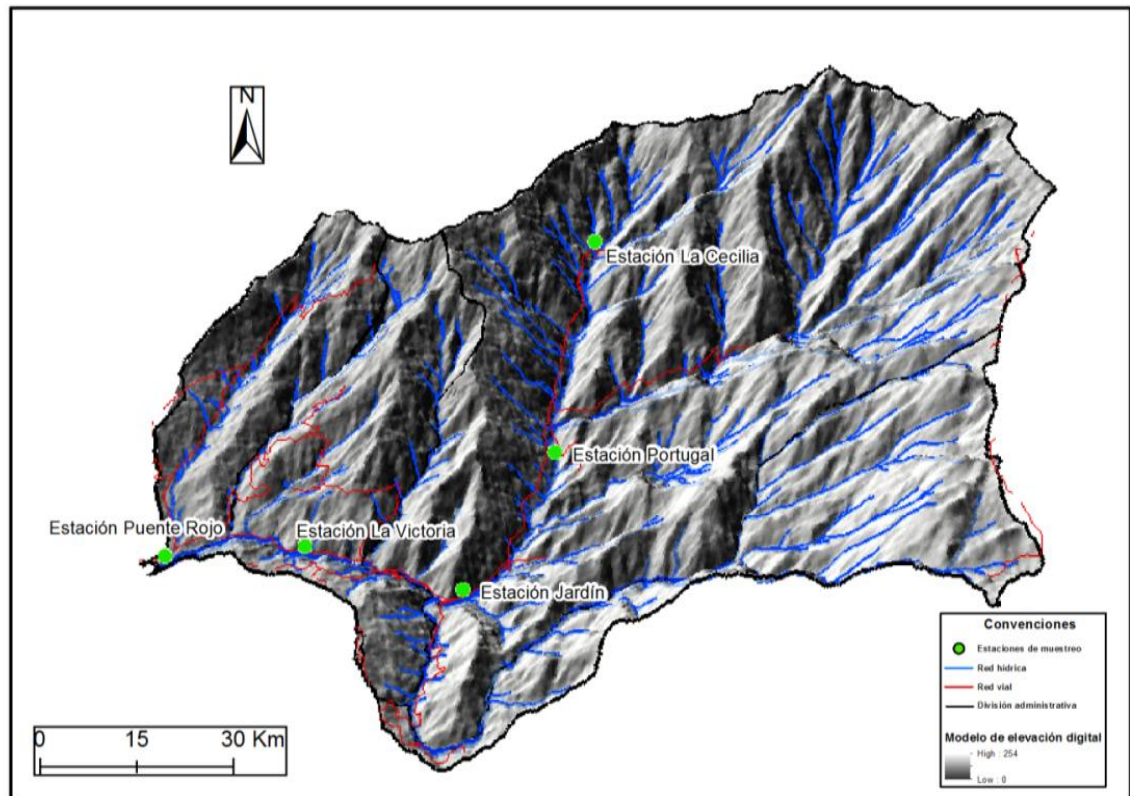
El criterio de longitud y la división por trayectos iguales, no se pudo implementar debido a las fuertes pendientes en la zona alta de la cuenca, las cuales oscilaban entre 70% y 80%, impidiendo el acceso del cauce del río, razón por la cual la estación La Cecilia se situó más apartada de las demás.

Tabla 11. Estaciones de monitoreo, cauce principal del río Guabas.

ZONA	ESTACIÓN	ALTURA	COORDENADAS		TRAMOS	DISTANCIA (Km)
			X	Y		
ALTA	LA CECILIA	2.200	3°48'40,122"N	76°9'12,54" W	La Cecilia - Portugal	5,3
ALTA	PORTUGAL	1.750	3°46'3,92"N	76°10'10,5 5"W	Portugal - El Jardín	3,6
ALTA	JARDÍN	1.550	3°44'39,185"N	76°11'20,5 97"W	EL Jardín - La Victoria	3,8
MEDIA	LA VICTORIA	1.400	3°45'46,408"N	76°12'42,9 96"W	La Victoria - Puente Rojo	3,3
MEDIA	PUENTE ROJO	1.250	3°46'8,867"N	76°14'3,87 9"W	TOTAL	16

FUENTE: Elaboración propia

Figura 12. Localización estaciones de muestreo en la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia

6.3 MUESTREO

El objetivo del muestreo radica en coleccionar una reducida cantidad de información que aporte suficiente conocimiento del sistema al que pertenece, sin evaluarlo todo. Por consiguiente esta técnica reduce costos, tiempo de estudio, personal y mejor aún, provee información de sistemas que no se podrían evaluar en toda su extensión, como es el caso del bentos* en un río. La estructura de las comunidades bióticas puede estudiarse midiendo la densidad, la biomasa y/o la cobertura. En el presente estudio se evaluó la densidad de individuos en un área de superficie determinada.

El muestreo utilizado fue de tipo no probabilístico, denominado muestreo accidental o casual; en el cual el criterio de selección depende de la posibilidad de acceder a los datos y

* Conjunto de organismos que viven desde el nivel superior del agua hasta lo más profundo en los fondos acuáticos.

en donde es frecuente utilizar sujetos que las condiciones nos permitan, pues no se tiene certeza de que la muestra extraída sea representativa, ya que no todos los sujetos de la población tienen la misma probabilidad de ser elegidos. En general se seleccionan a los sujetos siguiendo determinados criterios, procurando en la medida de lo posible, que la muestra sea representativa.

En otras palabras, debido a que se siguieron criterios de observación y no muestreo al azar, las estaciones se determinaron conforme se pudieron acceder a ellas. Sin embargo, la representatividad del bentos de río Guabas mediante el muestreo realizado en el presente estudio se puede observar gracias a la implementación de la curva de rarefacción de especies, método propuesto para comparar el número de especies cuando las muestras diferían en tamaño, estimando la riqueza de especies en función del tamaño de muestra más pequeño (Gotelli y Entsminger, 2001). Este método muestra el número máximo de especies que se pueden encontrar en un sitio bajo condiciones normales, los resultados se muestran en el capítulo 7.

6.2.2 Muestras y su número. La muestra biológica constituye un conjunto de organismos colectados en una estación particular, asociada a un área determinada. La recolección de macroinvertebrados acuáticos se realizó de manera cuantitativa, utilizando la técnica del “Kick sampling”(Tabla 12), el cual consiste en colocar una malla de 500 micras a contracorriente por un periodo de 180 segundos (Figura 13), removiendo el sustrato del suelo con la mano en un espacio de 0.50 x 0.50 m, muestreando por separado los diferentes microhábitats del punto de muestreo; para este caso fueron tomadas una muestra por margen del río en cada estación, procedimiento aplicado sobre cada una de las estaciones de muestreo, las cuales fueron georreferenciadas a través de un GPS en campo. De igual forma se obtuvieron muestras de agua para valorar parámetros fisicoquímicos (Tabla 13).

Tabla 12. Técnicas empleadas, análisis biológico in situ

ANÁLISIS BIOLÓGICO	MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Captura de los organismos para los análisis cualitativos y cuantitativos de los macroinvertebrados acuáticos presentes en el agua	Malla:	El muestreo cualitativo se realiza con la red. La muestra es combinada incluyendo sedimentos pedregosos, arenosos, vegetación circundante, rápidos y remansos.
	Kick sampling 500 micras	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 13. Técnicas empleadas, análisis fisicoquímicos *in situ*

PARÁMETRO	MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Aforo de caudal	Manual	Esferas de velocidad, lanzamientos y registro de tiempo en el que dura en atravesar una esfera el tramo seleccionado, sobre los distintos sectores del río.
Sólidos sedimentables	Volumétrico	Se toma una porción de agua a contracorriente dejándola sedimentar por un periodo de 1 hora, el volumen son los SS en ml/1.h
pH	Manual	Un pedazo de cinta se sumerge, dejando secar por 5 minutos. La cinta devela un color y con este se compara en la tabla de valores
Nitrato y fosfatos	Test Merckoquant	Las muestras tomadas se combinan con los reactivos, inmediatamente se agitan y observa los rangos de valor. 0 - 10 mg/l

FUENTE: Elaboración propia

Para la medición del caudal se utilizó el método del flotador o de recipiente, el cual es el más adecuado al no tener equipos de precisión. En este método de igual manera se utilizan los valores promedio de las variables determinadas. Para adelantar los procedimientos se requieren los siguientes materiales y equipos:

- Un objeto flotante, puede ser una bola de ping-pong, una botella plástica pequeña, una rama, un trozo de madera que flote libremente en el agua.
- Un reloj o cronómetro.
- Un decámetro o cinta medidora.
- Una regla o tabla de madera graduada

Para el muestreo se deben seguir 3 criterios; 1) rectitud del cauce, 2) uniformidad del perfil transversal y 3) velocidad del flujo uniforme. De acuerdo con esto se procede a medir el caudal con la siguiente ecuación:

$$Q = AT \cdot V$$

Donde Q, es el caudal total, AT, es el área transversal del sitio y V, es la velocidad de la corriente.

La sección transversal se calcula de la siguiente forma:

$$AT = \text{Ancho} * \text{Profundidad promedio} = hm * AR$$

Y la velocidad con esta ecuación: $V = \text{Distancia (entre A-B)} / \text{Tiempo de recorrido}$.

En cada estación de muestreo se realizó el levantamiento de esta información tomando como distancia (A-B) 25 metros, mediciones sobre las márgenes y el centro del cauce y secciones transversales cada metro. Como resultado se obtuvieron los caudales ecológicos del río en las estaciones muestreadas, los cuales se muestran en las figuras 14 y 15 para cada periodo de muestreo respectivamente.

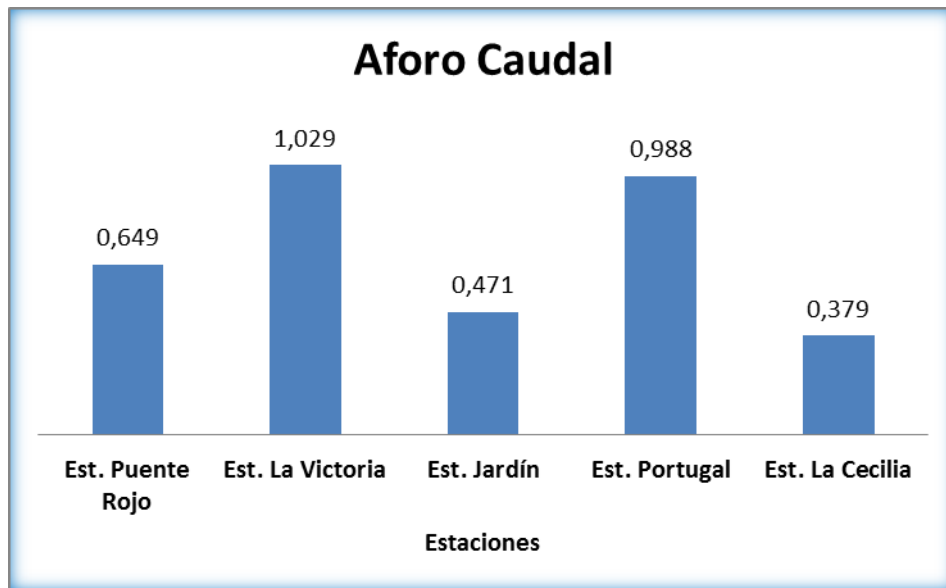
La zona de estudio se evaluó en los periodos de menores y mayores precipitaciones, esto con el fin de establecer el comportamiento de la fauna macrobéntonica del río y su relación con los usos del suelo sobre cada margen del río en los dos periodos para cada una de las estaciones muestreadas.

Figura 13. Recolección por método de Kick Sampling.



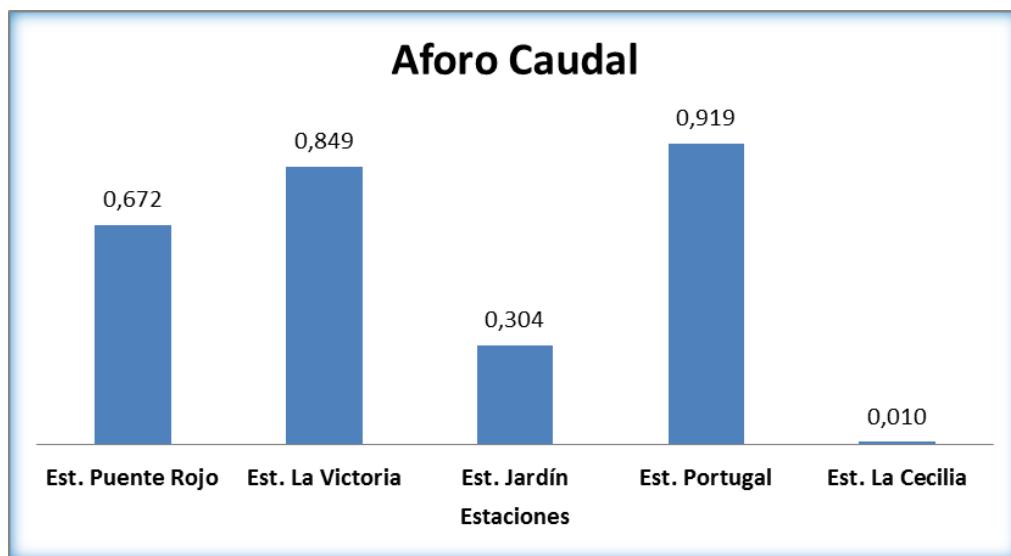
Fuente: Elaboración propia.

Figura 14. Caudal río Guabas, Periodo de mayores precipitaciones, Junio, 2012.



Fuente: Elaboración propia, a partir de datos en campo.

Figura 15. Caudal río Guabas, Periodo de menores precipitaciones, Septiembre, 2012.



Fuente: Elaboración propia, a partir de datos en campo.

Las muestras se fijaron* en campo, con formol al 5%, dentro de bolsas plásticas herméticas dobles. Luego de ello se llevaron al laboratorio para que por medio del tamiz, y en una caja de Petri se separaran los individuos del material vegetal y mineral, fijando nuevamente las muestras con alcohol al 70% en frascos plásticos. La identificación de los organismos se hizo a través de un estereoscopio tipo Boeco-Germany, modelo BM-180/sp (Figura 16) junto con el empleo de claves taxonómicas hasta el nivel de familia (Roldán, 1997, Alba-Tercedor, 1996, Ospina & Muñoz, 1998).

Figura 16. Materiales para separación e identificación de individuos.



Fuente: Elaboración propia, imagen tomada en el Departamento de Biología, Universidad del Valle.

Para una mejor caracterización a los indicadores ecológicos se les acompaña con información ambiental, con la cual se pueda relacionar la presencia o ausencia de taxas* encontrados en determinados lugares. De esta manera, las condiciones ambientales de las estaciones de muestreo fueron caracterizadas mediante 9 variables fisiográficas y fisicoquímicas (cuya relevancia fue discutida en el numeral 2.1.1, tabla 1).

* Método para la preservación de la morfología y composición química de la célula.

* Grupo particular o unidad taxonómica de cualquier categoría, en un plan de clasificación jerárquico de los organismos.

- | | |
|------------------------------------|--------------------|
| 1) Altura sobre el nivel del mar | 6) Nitratos |
| 2) Velocidad de la corriente (m/s) | 7) pH |
| 3) Caudal (m ³ /s) | 8) Cloruros |
| 4) Temperatura ambiente | 9) Sólidos Totales |
| 5) Pendiente | |

Para el reconocimiento de la comunidad hidrobiológica, se utilizaron los conceptos de presencia – ausencia, determinando la abundancia relativa, la diversidad y riqueza mediante los índices de Simpson (1960), Shannon & Weaver (1949), Margalef (1958), y el grado de similitud entre estaciones con los índices de Bray-Curtis (1957) y Jaccard (1901), realizando un análisis más profundo acerca del comportamiento del bentos en la cuenca alta del río. Posteriormente se determinó el índice de BMWP/Col, mediante el cual se clasificaron cada uno de los tramos del área de estudio por margen. En el apartado 3.3 se abordó la parte teórica de estos índices.

6.3 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Las familias identificadas en las zonas de muestreo son clasificadas acorde a las claves taxonómicas, las cuales permiten establecer sus características ecológicas y categoría funcional. Además se evalúa la frecuencia de aparición, el número de individuos por familia y las afectaciones morfológicas que estos sufren por el impacto de los niveles de contaminación presentes en el cuerpo de agua.

Por otro lado, para la determinación del nivel de alteración del ecosistema acuático mediante el método BMWP/Col. Se utilizó como herramienta base el software de Microsoft Excel para realizar las operaciones básicas de cómputo y el diseño de las gráficas, las cuales se presentan en el siguiente capítulo.

En la estimación de los índices de diversidad de Shannon-Weaver (1949), dominancia de Simpson (1960) y riqueza de Margalef (1958) para cada una de las estaciones de muestreo se utilizó el software *Biodiversity Pro versión 2, 1997*, desarrollado por Neil McAleece conjuntamente con P.J.D. Lamshead y G.L.J. Paterson del Museo de Historia Natural de Londres y JD Gage de la Asociación Escocesa de Ciencias Marinas, el cual sobre una interfaz, permite adicionar los datos de forma rápida y sencilla; arrojando resultados ágiles y confiables, permitiendo realizar análisis de relación o divergencia entre los datos de cada estación a través de dendrogramas, estas figuras permiten inferir el grado de agrupación

entre los datos e incluso entre grupos de ellos, aunque no las relaciones de similaridad o cercanía entre categorías.

De acuerdo con los resultados arrojados en las evaluaciones a través de los macroinvertebrados y la estimación de índices de diversidad, se realizaron mapas de calidad para cada margen del río en cada periodo evaluado, en los cuales se muestra la clasificación del estado ecológico mediante el método BMWP/Col y los índices más utilizados en la ecología moderna.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

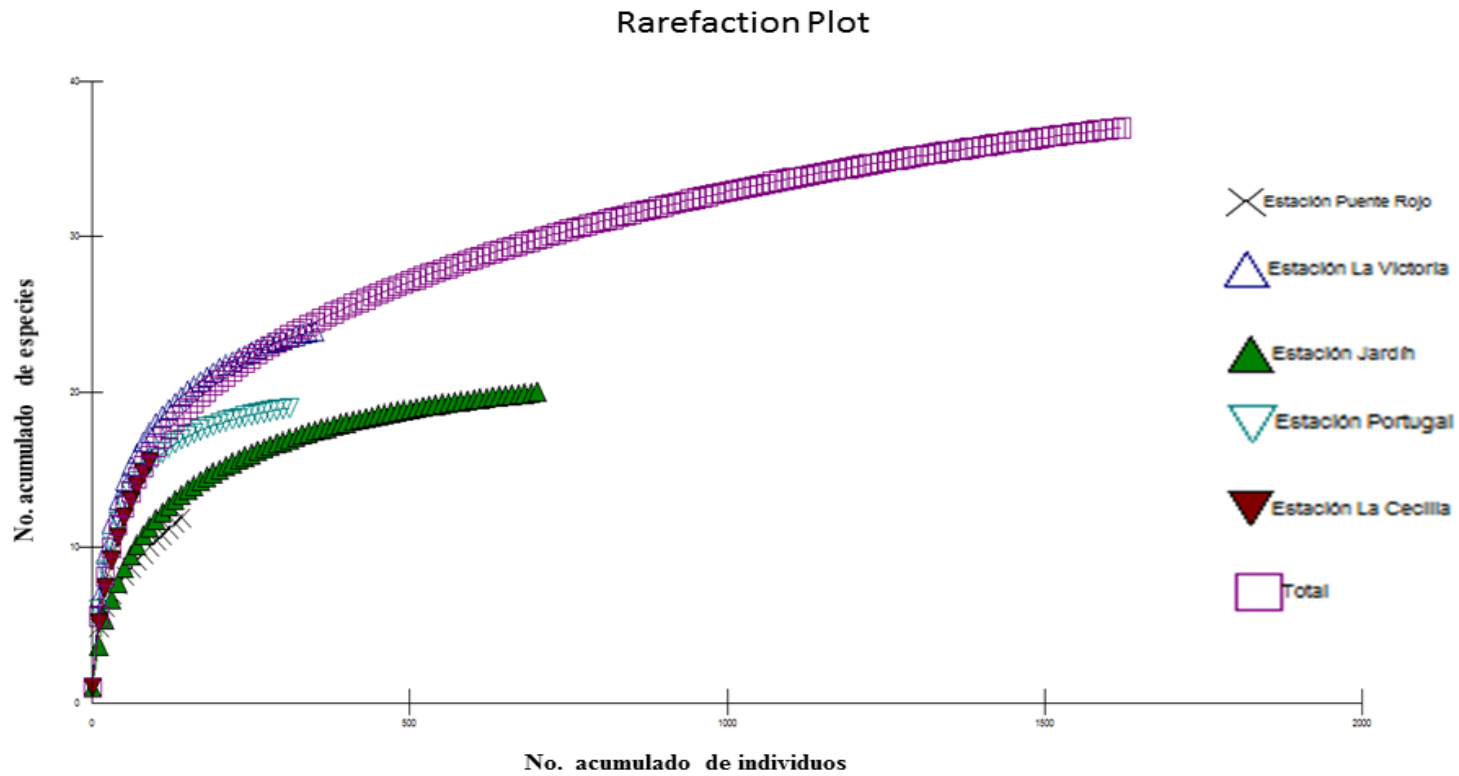
7.1 RAREFACCIÓN DE ESPECIES

Con la implementación de la curva de rarefacción se logró determinar qué tan cerca estuvo el muestreo realizado con la riqueza de especies en la zona estudiada, encontrando que para el primer muestreo realizado sobre la época de mayores precipitaciones sobre la margen izquierda hubo un 90% de confianza en que la diversidad total (38 especies y más de 1.800 individuos) está representada por los valores obtenidos; Sin embargo, en estaciones como La Cecilia y Puente Rojo, efectivamente hizo falta realizar un muestreo más intenso, debido a que (Figura 17) las curvas de rarefacción en estas estaciones no alcanzan la asíntota del equilibrio muestral, en otras palabras, en ambas estaciones se podrían encontrar en promedio 14 especies con aproximadamente 300 individuos, sobre la margen derecha se observa un nivel de confianza superior al 97% con un número total esperado de 1.600 individuos y 43 especies (Figura 18), de igual forma se aprecia que sobre las estaciones La Victoria y La Cecilia se tendría que haber hecho un muestreo más intenso o un muestreo adicional.

Por otro lado, en el periodo de menores precipitaciones se obtuvo un nivel de confianza mayor al 95%, debido a que las curvas de rarefacción en ambas márgenes del río, manifiestan una tendencia de regularidad en los datos, es decir que por más muestreos que se realicen, no se encontrarán más de 35 especies y 1.400 individuos en todo el tramo de estudio, mientras que sobre las estaciones no se espera encontrar más de 22 especies y 300 especímenes en cada uno de los puntos evaluados (Figuras 19 y 20).

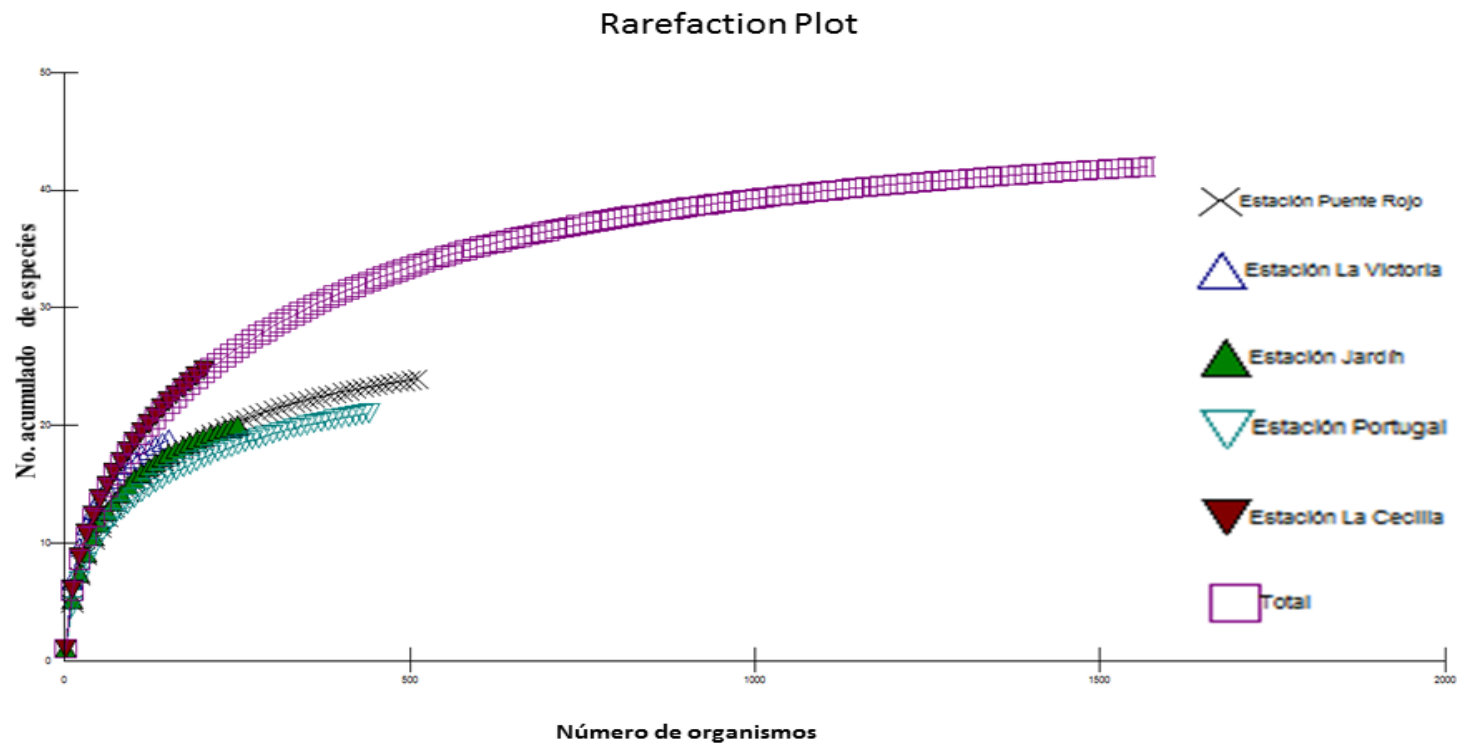
En otras palabras el muestreo realizado aunque poco fundado en la teoría estadística debido a al desconocimiento de la población total a evaluar, en la práctica resulto ser lo más acertado posible, ya que representa unos niveles de confianza aptos para cualquier estudio estadístico–descriptivo.

Figura 17. Análisis de rarefacción de especies, margen izquierdo de la zona de estudio. Río Guabas, Junio 2012



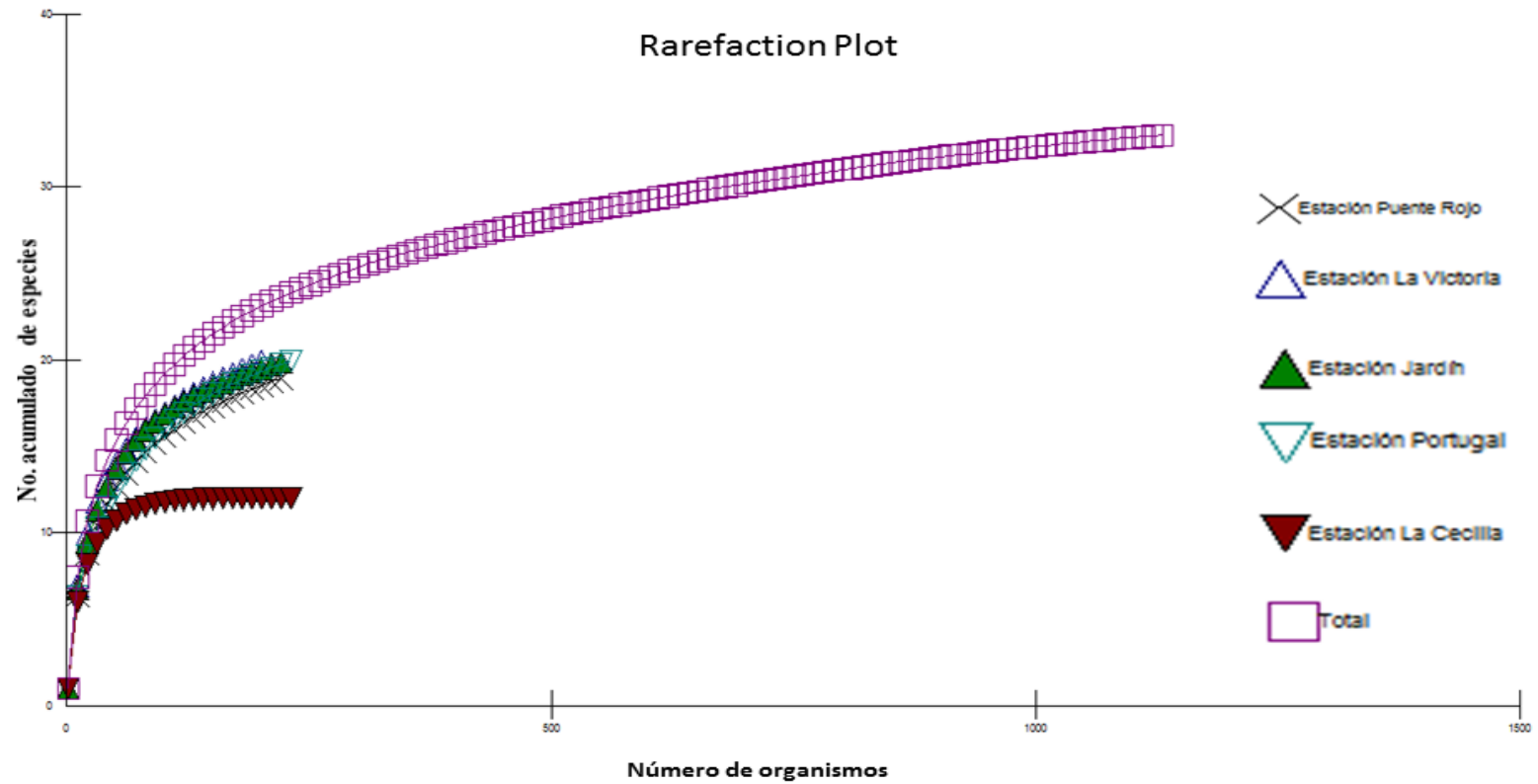
Fuente: Elaboración propia, a partir de datos recolectados en campo, procesados en *Biodiversity pro*

Figura 18. Análisis de rarefacción de especies, margen derecho de la zona de estudio. Río Guabas, Junio 2012.



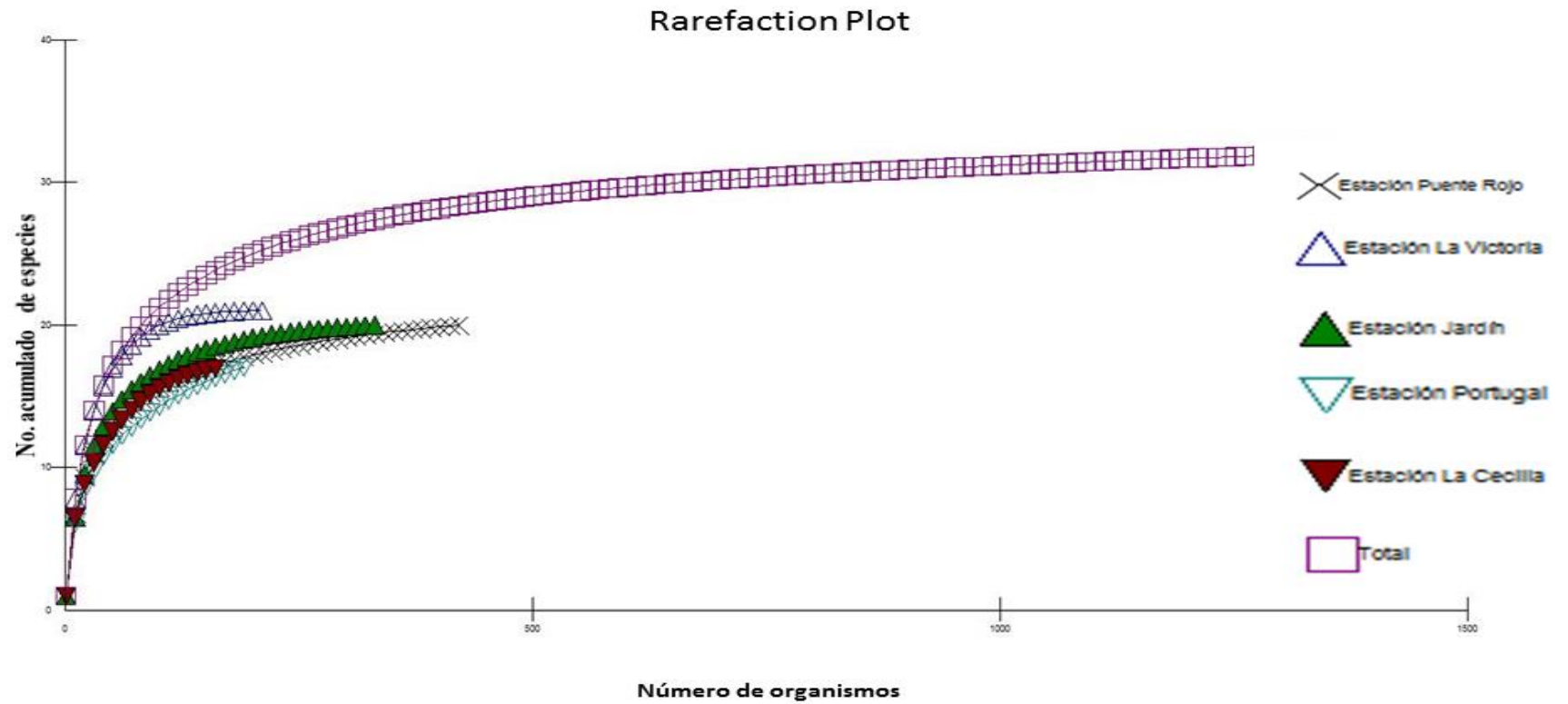
Fuente: Elaboración propia, a partir de datos recolectados en campo, procesados en *Biodiversity pro*

Figura 19. Análisis de rarefacción de especies, margen izquierdo de la zona de estudio. Río Guabas, Septiembre 2012.



Fuente: Elaboración propia, a partir de datos recolectados en campo, procesados en *Biodiversity pro*

Figura 20. Análisis de rarefacción de especies, margen derecho de la zona de estudio. Río Guabas, Septiembre 2012.



Fuente: Elaboración propia, a partir de datos recolectados en campo, procesados en *Biodiversity pro*

7.2 CLASIFICACIÓN BIOLÓGICA

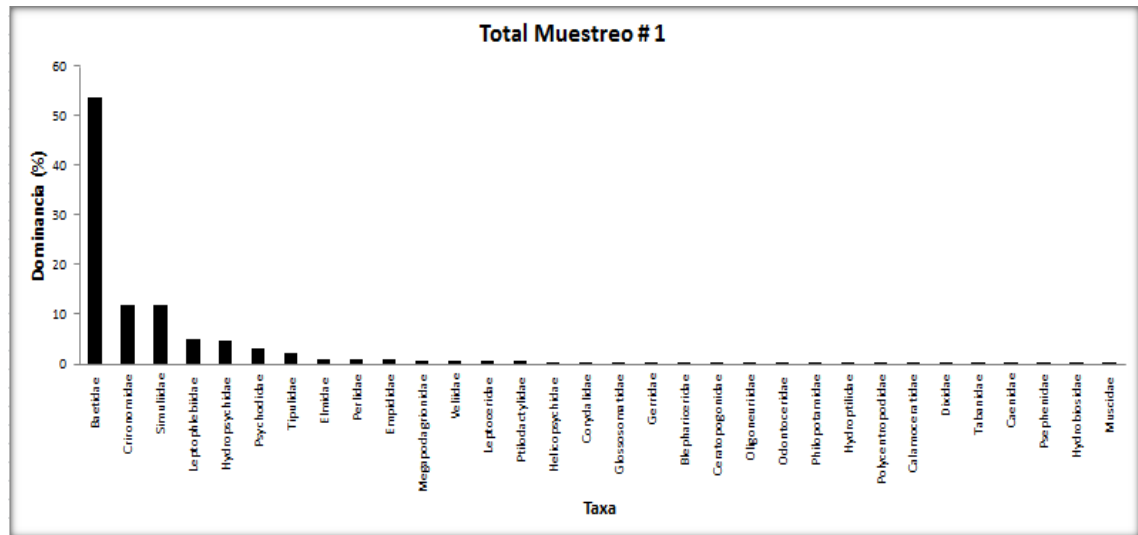
Al realizar la determinación taxonómica de los macroinvertebrados en el laboratorio de Biología general, del departamento de Biología de la Universidad del Valle, se encontró que las mayores composiciones hidrobiológicas en el río Guabas para la época de mayores precipitaciones (Junio), pertenecen a la familia Baetidae con un total de 1.724 individuos, lo que representa el 54% (Figura 21a) del total de individuos muestreado sobre ambas márgenes (3.201). Esta familia se caracteriza por encontrarse en aguas limpias (Roldán, 2003, 74), aunque algunos autores consideran que pueden manifestar características asociadas a la contaminación generada por alta carga orgánica (Oyaga, S, F).

De igual forma en el periodo de menores precipitaciones (Septiembre), la familia Baetidae sigue siendo la de mayor predominancia con 431 individuos recolectados, lo cual representa el 17% del total de individuos (2.474) (Figura 22); sin embargo llama la atención la reducción considerable del 23% en la abundancia de organismos con relación al periodo anterior. Así mismo hubo una reducción considerable en el caudal del río, al pasar de $0,703\text{m}^3/\text{s}$ a $0,551\text{m}^3/\text{s}$, estando relacionado con la disminución en la abundancia de individuos de un periodo a otro.

Cabe mencionar el contraste en la dominancia de familias para los dos periodos muestreados, ya que en el primer muestreo la familia dominante Baetidae como bien se mencionó, estuvo por encima del 50% del total de familias muestreadas, mientras que en el segundo muestreo solo alcanzó a superar por 4 puntos familias como Ptilodactylidae, Hydropsychidae y Chironomidae (familias presentes en aguas mesotróficas) (Figura 22a). Esto sucede debido a que sobre la margen derecha (Figura 22b) la especie dominante fue *Anchytarsus* sp; representando el 25% del número total de organismos, especie que por sus características ecológicas solo se encuentra en condiciones muy óptimas en el agua, mientras que sobre la margen izquierda, (Figura 22c) las especies dominantes fueron *Chironomus* sp. (166 individuos) y *Leptonema* sp. (165 individuos), estas dos últimas, muestran un contraste fuerte, debido a que la primera especie vive en aguas muy contaminadas, mientras que la segunda es menos tolerante a la contaminación por lo que regularmente se le encuentra debajo de rocas o en caparazones, ubicándose en aguas moderadamente limpias.

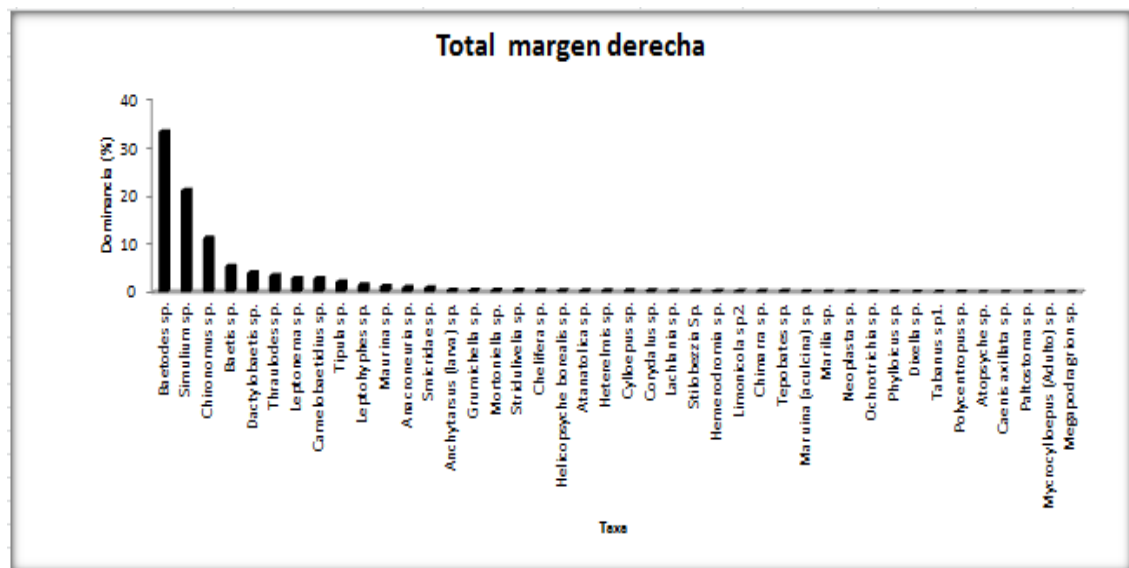
Figura 21. Diversidad de taxa, cuenca alta del río Guabas, Junio 2012. a) familias totales, b) margen derecho por taxón y c) margen izquierdo por taxón.

a) Dominancia de familias, periodo de mayores precipitaciones (Muestreo I).



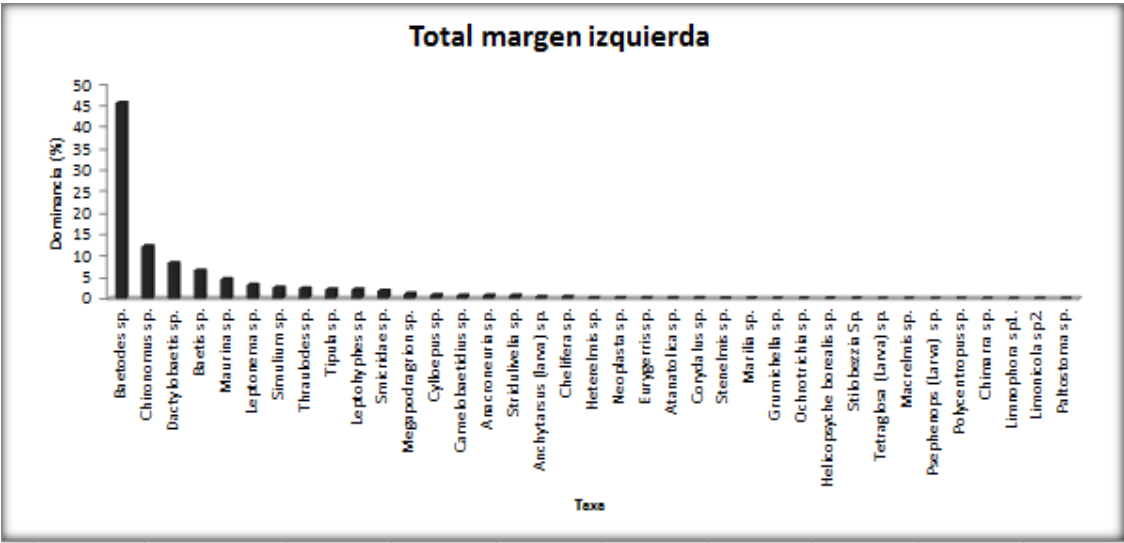
Fuente: Elaboración propia.

b) Dominancia de especies, periodo de mayores precipitaciones (muestreo 1).



Fuente: Elaboración propia.

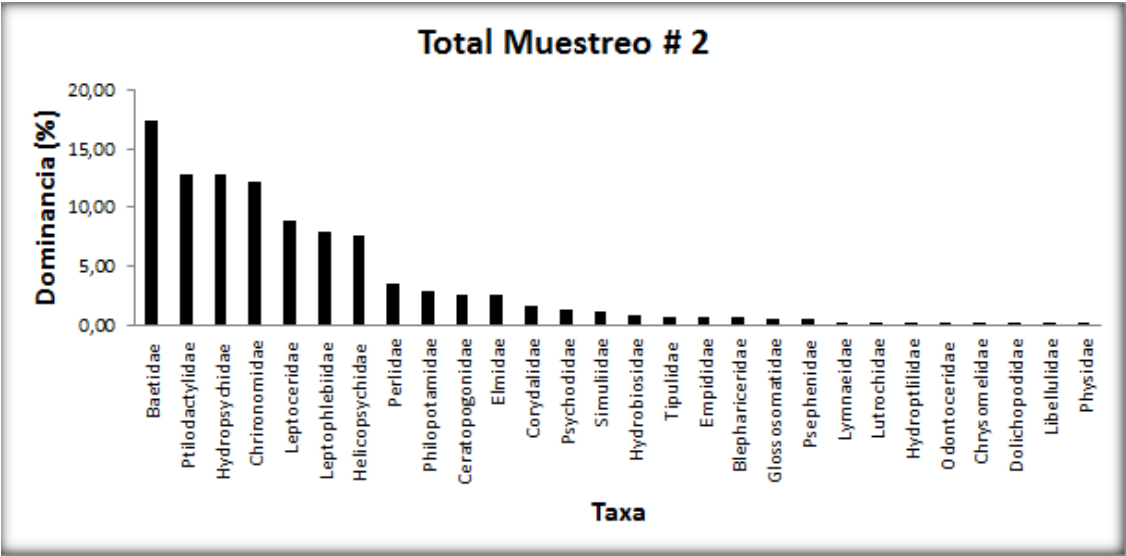
c) Dominancia de especies, periodo de mayores precipitaciones (muestreo 1).



Fuente: Elaboración propia.

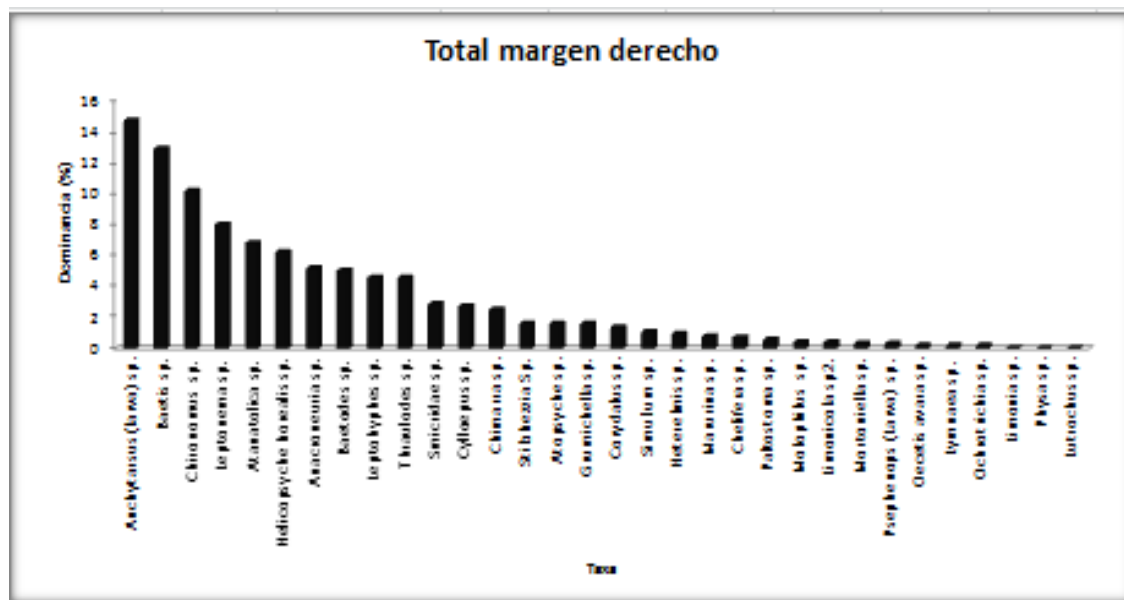
Figura 22. Diversidad de taxa, cuenca alta del río Guabas, Septiembre 2012. a) familias totales, b) margen derecho por especie y c) margen izquierdo por especie.

a) Dominancia de familias periodo de menores precipitaciones (muestreo # 2).



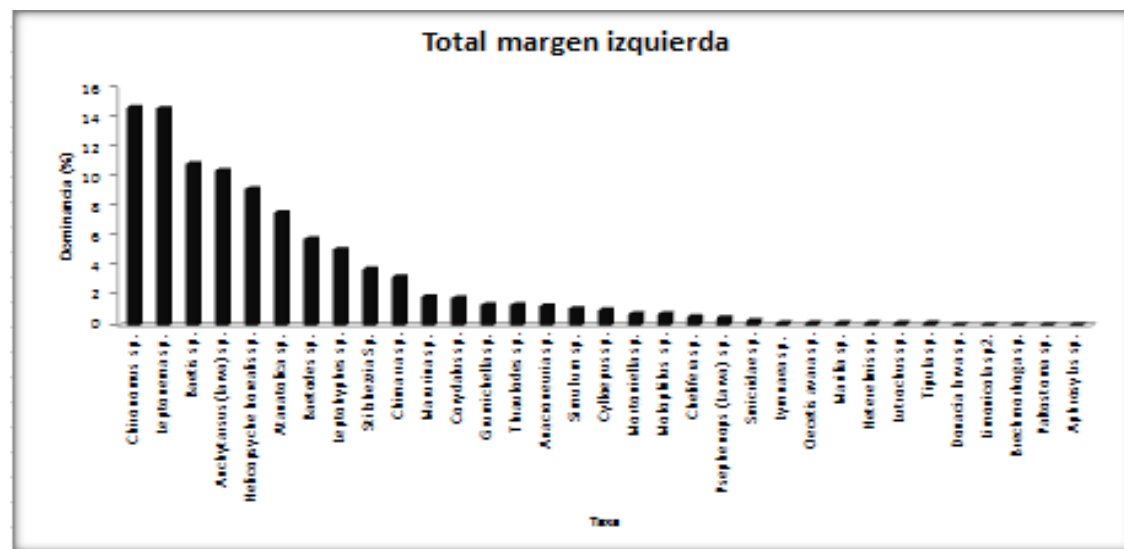
Fuente: Elaboración propia.

b) Dominancia de especies, periodo de menores precipitaciones (muestreo # 2).



Fuente: Elaboración propia.

c) Dominancia de especies, periodo de menores precipitaciones (muestreo 2).



Fuente: Elaboración propia.

7.3 CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO MEDIANTE EL MÉTODO BMWP/Col.

A continuación se presentan las tablas para cada una de las estaciones muestreadas, discriminando los resultados de la evaluación por el método BMWP/Col y ASPT., de acuerdo a cada margen, es decir se presenta la evaluación de los microhábitats por cada estación.

7.1.1 Muestreo periodo de mayores precipitaciones, Junio 4 de 2012. En la estación Puente Rojo, localizada 50 metros aguas abajo de la bocatoma para los acueductos de Guacarí (margen derecha) y Ginebra (margen izquierda), se presentan valores contrastantes de una margen a otra. Por un lado, sobre la margen derecha se obtuvo un valor BMWP/Col. de 53 asociado a un valor ASPT de 5,89, (Tabla 14 y 15) los cuales están indicando que sobre ese microhábitat existen problemas de contaminación (Mapa 4a), su estado ecológico se clasifica de acuerdo al método BMWP/Col como aguas moderadamente contaminadas clase III “Dudosa”; es decir, que posee características que impedirían el consumo humano. Por otro lado, la especie de mayor abundancia recolectada en dicho hábitat fue *Simulium* sp., perteneciente a la familia Simuliidae, la cual según Roldán (1999 *et al.*) se clasifica como una familia con puntaje 8, presente en aguas muy limpias; sin embargo, algunos autores difieren de esto puesto que la familia Simuliidae es del orden Diptera, el cual resulta ser de mayor importancia médico-veterinaria, ya que muchos de los dípteros acuáticos son responsables de la transmisión de malaria, filariasis, leishmaniasis, dengue, fiebre amarilla, encefalitis, etc. (Lane & Crosskey, 1993 Citado por Lizarralde, 2001).

Tabla 14. Estación Puente Rojo, periodo de mayores precipitaciones (Junio 2012). Margen izquierdo del cauce.

Familia	Taxa*	Número de individuos	Puntaje BMWP/Col.	Hora 9:10 am	
				Factores ambientales, ecológicos y fisicoquímicos	
Baetidae	<i>Dactylobaetis</i> sp.	48	7	Altura:	1190 Msnm
	<i>Baetis</i> sp.	25		ambiente:	30° C
	<i>Baetodes</i> sp.	11		Posición Geografica:	N: 3° 45.974'
Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	36	2		W:76° 13.871'
Elmidae	<i>Stenelmis</i> sp.	1	6	Pendiente	5%
	<i>Macrelmis</i> sp.	1		Ancho	8 Metros
Empididae	<i>Chelifera</i> sp.	1	4	Velocidad	0,70 Mts/Seg
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp.	1	7	PH:	Neutro
Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i> sp.	2	9	Nitratos:	0-10
Psychodidae	<i>Maurina</i> sp.	1	7	Cloruros	2,30
Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	4	8	Sedimentos	0
Tipulidae	<i>Tipula</i> sp.	12	3	BMWP/Col.	53
Total	9	143	53	ASPT	5,89
				Nota: Bocatoma del acueducto, 50 Mts después de Puente Rojo	

*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación

Fuente: Elaboración propia

Muchas especies de peces, aves, crustáceos, odonatos, coleópteros y hemípteros se alimentan de larvas y pupas de dípteros acuáticos, siendo utilizadas para su control biológico. En estado adulto, las larvas son de mayor cuidado, ya que se convierten en moscas voladoras que con sus picaduras pueden transmitir algunas de las enfermedades mencionadas, lo cual debe llamar la atención de las autoridades involucradas tanto con el tema del agua como de la salud pública en los municipios de Ginebra y Guacarí, ya que esta área, es la zona de captación del recurso hídrico para ambos acueductos y sobre la misma existe una alta confluencia de población.

De acuerdo con los valores BMWP estimados en la estación Puente Rojo, estos tienen relación con el análisis de clasificación jerárquica (índice de Bray-Curtis) observándose que este microhábitat discrepa totalmente de las demás estaciones, presentando solo un 38% de similitud con el resto, logrando estar estrechamente relacionado lo anterior con la abundancia representada en un 56% por el género *Simulim* s.p., el cual como se mencionó representa un estrés ecológico en el agua.

Sobre esta margen se asentó el caserío de Puente Rojo, el cual consta de aproximadamente 70 viviendas, las cuales no hacen tratamiento ni disposición de aguas residuales; de igual modo, sobre esta área se practica la mayor concentración de turismo en la zona, actividad que ofrece servicios de ocio y esparcimiento como balnearios, discotecas y restaurantes, los cuales de igual forma afectan la calidad no solo del agua al no tener un manejo adecuado de los desechos sino que también afectan el caudal ecológico, las riberas del río y el paisaje.

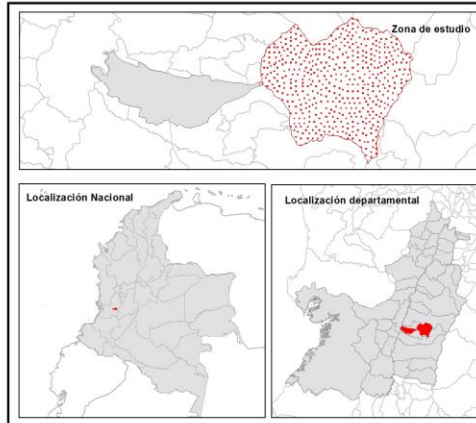
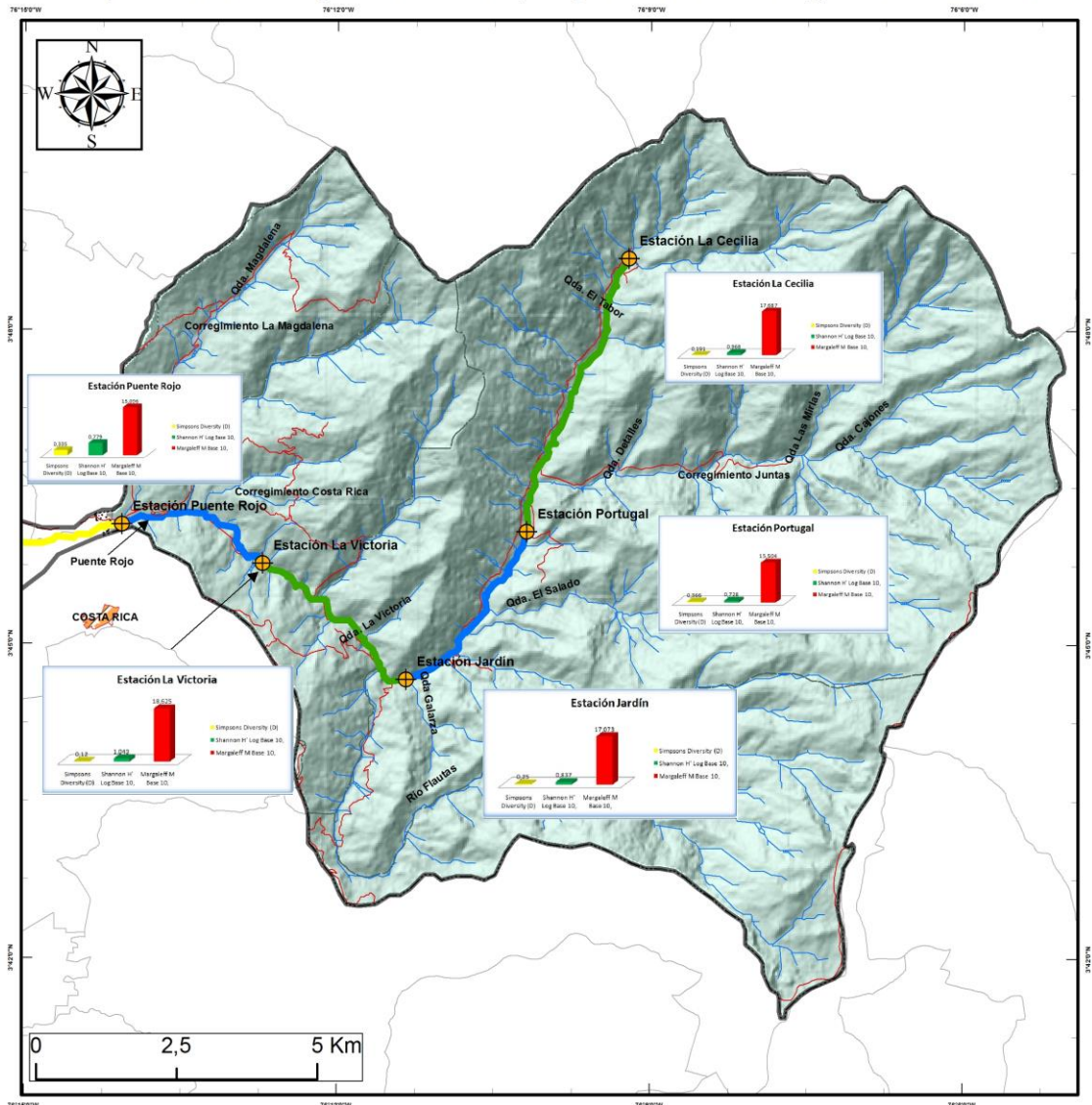
Tabla 15. Estación Puente Rojo, periodo de mayores precipitaciones (Junio 2012). Margen derecho del cauce.

				Hora 9:20 am	
Familia	Taxa*	Número de individuos	Puntaje BMWP/Col	Factores ambientales, ecológicos y fisicoquímicos	
Baetidae	<i>Baetodes</i> sp.	35	7	Altura:	1190 Msnm
	<i>Baetis</i> sp.	33		Temperatura ambiente:	28° C
	<i>Dactylobaetis</i> sp.	29		Posición Geografica:	N: 3° 45.974"
	<i>Camelobaetidius</i> sp.	18			W: 76° 13.871"
Ceratopogonidae	<i>Stilobezzia</i> Sp.	1	3	Pendiente	5%
Corydalidae	<i>Corydalus</i> sp.	3	6	Ancho	8 Metros
Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	41	2	Velocidad	0,60 Mts/Seg
Dixidae	<i>Dixella</i> sp.	2	7	PH:	Neutro
Elmidae	<i>Heterelmis</i> sp.	3	6	Nitratos:	0-10
	<i>Cylloepus</i> sp.	1		Cloruros	2,8
Empididae	<i>Hemerodromia</i> sp.	5	4	Sedimentos	0
	<i>Neoplaista</i> sp.	2		BMWP/Col.	110
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche borealis</i> sp.	3	8	ASPT	6,47
Hydropsychidae	<i>Smicridae</i> sp.	13	7	Nota: Bocatoma del acueducto, 50 Mts después de Puente Rojo	
	<i>Leptonema</i> sp.	7			
Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i> sp.	8	9		
	<i>Leptohyphes</i> sp.	7			
Odontoceridae	<i>Marilia</i> sp.	1	10		
Philopotamidae	<i>Chimarra</i> sp.	4	9		
Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i> sp.	2	9		
Psychodidae	<i>Maurina</i> sp.	1	7		
Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	292	8		
Tabanidae	<i>Tabanus</i> sp1.	2	5		
Tipulidae	<i>Tipula</i> sp.	7	3		
Total	17	520	110		
*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación					

*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación

Fuente: Elaboración propia

Mapa 4a. Estado ecológico del río Guabas, margen derecha del cauce, parte alta. Junio 2012



Por otro lado, en el microhábitat de la margen izquierda se obtuvo una calidad del agua muy diferente a la anterior, al situarse los valores obtenidos (BMWP/Col. 110 y ASPT 6,47) en clase I, aguas muy limpias a limpias (Mapa 4b) y que a pesar de encontrarse sobre zona turística, no manifiesta alteraciones en la calidad, de igual modo sobre esta margen no existen asentamientos humanos, no obstante el uso del suelo está dedicado a la ganadería intensiva. Vale la pena mencionar la presencia de familias Chironomidae y Tipulidae, al representar estas especies, características que las hacen tolerantes a altas cargas de materia orgánica, quizás en relación con la actividad de pata de vaca y la alta pendiente sobre esta área. El caudal ecológico sobre la estación Puente Rojo fue de 649 l/s, el cual no ha impedido que especies como las ya mencionadas y que generan incertidumbre en la calidad del cauce, puedan ser tan dominantes sobre el microhábitat.

A diferencia de la estación anterior, los valores obtenidos para la estación La Victoria en ambas márgenes para el periodo de mayores precipitaciones oscilan entre 114 - 100 puntos (BMWP/Col) y 6,71 – 6,67 (ASPT), catalogando la calidad del agua en clase I; aguas muy limpias a limpias (Tabla 16 y 17). Sobre esta área los usos del suelo son básicamente dedicados a cultivos de café, pequeñas parcelas de uva, mora y tomate, y así mismo se encuentra viviendas distribuidas sobre ambas márgenes. Por otra parte y de acuerdo con los valores de nitratos obtenidos, existe alteración sobre la margen izquierda a causa seguramente del abonamiento de cultivos sobre esta zona con fertilizantes, los cuales seguramente brindan las mejores condiciones a los cultivos pero que en sobre cargas puede tener implicaciones sobre los ríos, como es nuestro caso; facilitando que familias como Empididae, Elmidae, Leptoceridae, Leptophlebiidae, y Psychodidae tengan una representatividad al ser especies presentes en zonas de alta carga orgánica, pero que sin embargo no están siendo mostradas como alteraciones por el método BMWP.

Mapa 4b. Estado ecológico del río Guabas, margen izquierda del cauce, parte alta. Junio 2012

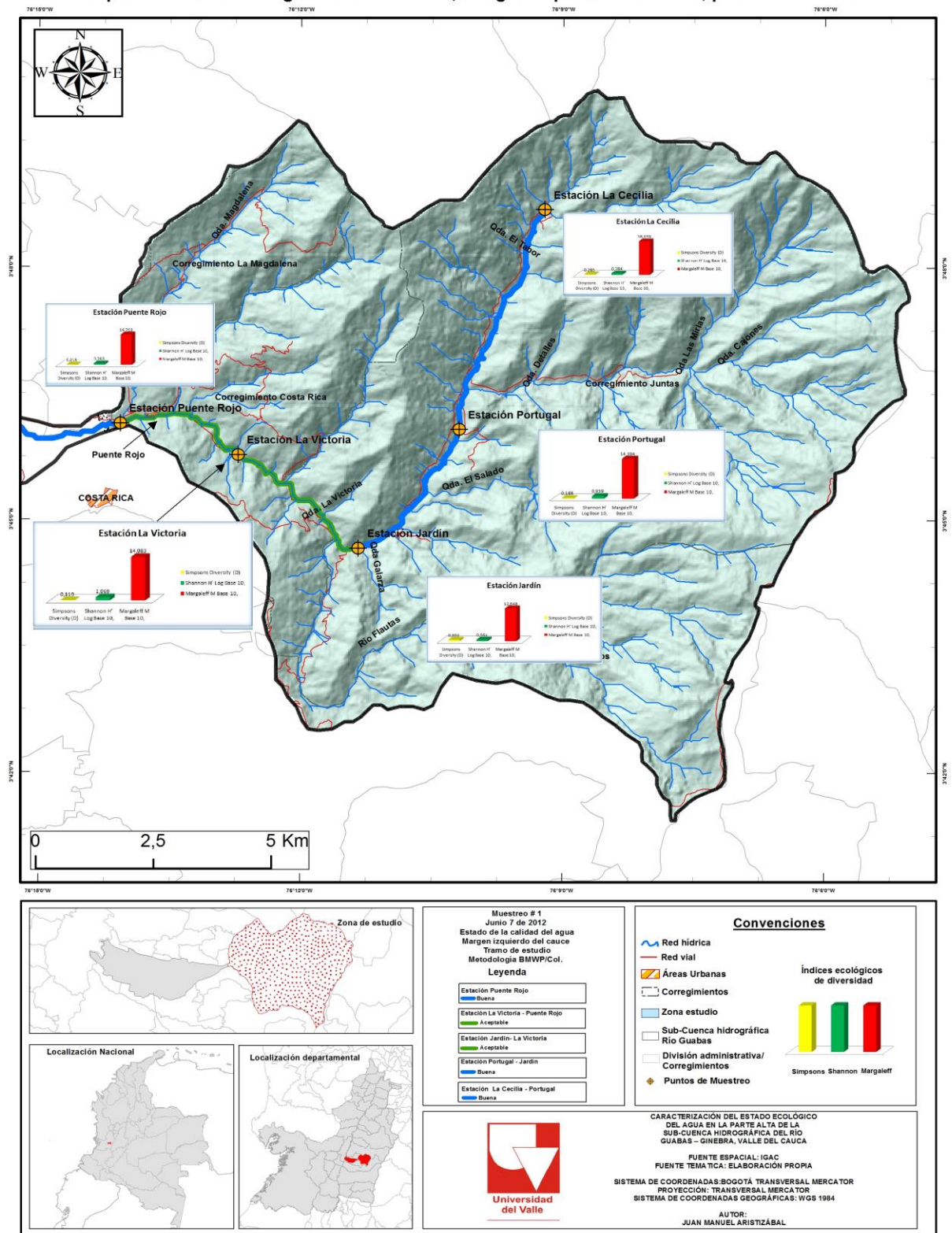


Tabla 16. Estación La Victoria, periodo de mayores precipitaciones (Junio 2012). Margen izquierdo del cauce.

				Hora: 10:30 am	
Familia	Taxa*	Número de individuos	Puntaje BMWP/Col	Factores ambientales, ecológicos y fisicoquímicos	
Baetidae	Baetodes sp.	72	7	Altura:	1375 Msnm
	Dactylobaetis sp.	68		Temperatura ambiente:	30° C
	Baetis sp.	22		Posición Geografica:	N: 3° 45.990'
	Camelobaetidius sp.	12			W: 76° 12.878'
Ceratopogonidae	Stilobezzia Sp.	2	3	Pendiente	2%
Corydalidae	Corydalus sp.	3	6	Ancho	9,5 Metros
Chironomidae	Chironomus sp.	30	2	Velocidad	0,45 Mts/Seg
Elmidae	Cylloepus sp.	9	6	PH:	Neutro
	Heterelmis sp.	2		Nitratos:	10 _ 20
Empididae	Chelifera sp.	2	4	Cloruros	1,6
	Neoplasia sp.	1		Sedimentos	0
Hydropsychidae	Leptonema sp.	11	7	BMWP/Col.	114
	Smicridae sp.	5		ASPT	6,71
Hydroptilidae	Ochrotrichia sp.	2	7	Nota: Muestreo hecho 10 metros aguas abajo del antiguo socavón La Victoria	
Leptoceridae	Atanotolica sp.	1	8		
Leptophlebiidae	Leptohyphes sp.	15	9		
	Thraulodes sp.	12			
Perlidae	Anacroneuria sp.	3	10		
Polycentropodidae	Polycentropus sp.	1	9		
Psychodidae	Maurina sp.	60	7		
Ptilodactylidae	Anchytersus (larva) sp.	5	10		
Simuliidae	Simulium sp.	9	8		
Tipulidae	Tipula sp.	11	3		
Veliidae	Stridulivelia sp.	2	8		
Total	17	360	114		
*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación					

*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Estación La Victoria, periodo de mayores precipitaciones (Junio 2012). Margen derecho del cauce.

Familia	Taxa*	Número de individuos	Puntaje BMWP/Col	Hora: 10:40 am Factores ambientales, ecológicos y fisicoquímicos	
				Altura:	1375 Msnm
Baetidae	<i>Baetodes</i> sp.	40	7	Temperatura ambiente:	30° C
	<i>Camelobaetidius</i> sp.	22		Posición Geografica:	N: 3° 45.990'
	<i>Baetis</i> sp.	12			W: 76° 12.878'
Ceratopogonidae	<i>Stilobezzia</i> Sp.	1	3	Pendiente	0%
Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	21	2	Ancho	9,5 Metros
Elmidae	<i>Cylloepus</i> sp.	1	6	Velocidad	0,51 Mts/Seg
Empididae	<i>Chelifera</i> sp.	4	4	PH:	Neutro
Gerridae	<i>Tepobates</i> sp.	2	8	Nitratos:	10 _ 20
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche borealis</i> sp.	4	8	Cloruros	1,9
Hydropsychidae	<i>Smicridae</i> sp.	1	7	Sedimentos	0,1
	<i>Leptonema</i> sp.	1		BMWP/Col.	100
Leptoceridae	<i>Grumichella</i> sp.	4	8	ASPT	6,67
Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i> sp.	15	9	Nota: Muestreo hecho 10 metros aguas abajo del antiguo socavón La Victoria, notandose un aspecto "baboso" del agua en las rocas sobre esta margen	
	<i>Leptohyphes</i> sp.	4			
Oligoneuriidae	<i>Lachlania</i> sp.	2	10		
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp.	3	10		
Psychodidae	<i>Maurina</i> sp.	3	7		
Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	9	8		
Tipulidae	<i>Tipula</i> sp.	10	3		
Total	15	159	100		

*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación

Fuente: Elaboración propia

Los valores asociados a los microhábitats de la estación Jardín, muestran equivalencia en los puntajes BMWP/Col y ASPT, ubicando la calidad de las aguas en clase II, aguas en términos aceptables para su uso. De igual forma ocurre con los valores físico-químicos obtenidos, ya que como se observa en las tablas 18 y 19, tanto pH, como nitratos y cloruros hay baja presencia y no manifiestan alteraciones en ninguna de las dos márgenes; así mismo, no se observaron concentraciones de sólidos suspendidos. Los usos del suelo predominantes en el área, están dedicados a cultivos de café, alternados con aradas de plátano y uva. De igual forma sobre la margen izquierda se localiza la vereda Jardín, la cual también vierte sus desechos al cauce sin ningún tratamiento, lo cual no se ve reflejado en los resultados ya que de acuerdo al BMWP/Col no hay alteraciones en esta zona, debido en parte a que las descargas de residuos humanos primero caen sobre la quebrada Galarza y luego en el río Guabas, en donde la cantidad de agua reduce esas concentraciones haciendo que no puedan ser valorados por el método BMWP.

Tabla 18. Estación Jardín, periodo de mayores precipitaciones (Junio 2012). Margen izquierdo del cauce.

				Hora: 11:45am	
Familia	Taxa*	Número de individuos	Puntaje BMWP/Col	Factores ambientales, ecológicos y fisicoquímicos	
Baetidae	<i>Baetodes</i> sp.	490	7	Altura:	1564 Msnm
	<i>Baetis</i> sp.	13		Temperatura ambiente:	28° C
	<i>Dactylobaetis</i> sp.	10		Posición Geografica:	N: 3° 44.510' W: 76° 11.163'
Blephariceridae	<i>Limonicola</i> sp2.	1	10	Pendiente	5%
Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	74	2	Ancho	10 Metros
Elmidae	<i>Cylloepus</i> sp.	2	6	Velocidad	0,61 Mts/Seg
	<i>Heterelmis</i> sp.	1		PH:	Neutro
Empididae	<i>Neoplasta</i> sp.	3	4	Nitratos:	0-10
	<i>Chelifera</i> sp.	2		Cloruros	1,1
Gerridae	<i>Eurygerris</i> sp.	4	8	Sedimentos	0
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp.	25	7	BMWP/Col.	98
	<i>Smicridae</i> sp.	15		ASPT	7,00
Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i> sp.	14	9	Nota : Despues de la Quebrada Galarza	
	<i>Leptohyphes</i> sp.	10			
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp.	3	10		
Philopotamidae	<i>Chimarra</i> sp.	1	9		
Psychodidae	<i>Maurina</i> sp.	6	7		
Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	21	8		
Tipulidae	<i>Tipula</i> sp.	4	3		
Velidae	<i>Stridulivelia</i> sp.	3	8		
Total	14	702	98		

*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Estación Jardín, periodo de mayores precipitaciones (Junio 2012). Margen derecho del cauce.

				Hora: 12:05am	
Familia	Taxa*	Número de individuos	Puntaje BMWP/Col	Factores ambientales, ecológicos y fisicoquímicos	
Baetidae	<i>Baetodes</i> sp.	111	7	Altura:	1564 Msnm
	<i>Baetis</i> sp.	13		Temperatura ambiente:	28° C
	<i>Dactylobaetis</i> sp.	9		Posición Geografica:	N: 3° 44.510'
	<i>Camelobaetidius</i> sp.	7			W: 76° 11.163'
Blephariceridae	<i>Limonicola</i> sp2.	1	10	Pendiente	5%
Corydalidae	<i>Corydalus</i> sp.	1	6	Ancho	10 Metros
Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	55	2	Velocidad	0,85 Mts/Seg
Elmidae	<i>Cyloepus</i> sp.	3	6	PH:	Neutro
	<i>Heterelmis</i> sp.	2		Nitratos:	0-10
Empididae	<i>Chelifera</i> sp.	1	4	Cloruros	2,3
	<i>Neoplasta</i> sp.	1		Sedimentos	0
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp.	17	7	BMWP/Col.	97
Leptophlebiidae	<i>Leptohyphes</i> sp.	6	9	ASPT	6,93
	<i>Thraulodes</i> sp.	6		Nota : Despues de la Quebrada Galarza, mucho material orgánico en las muestras	
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp.	2	10		
Psychodidae	<i>Maurina</i> sp.	3	7		
Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i> (larva) sp.	4	10		
Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	2	8		
Tipulidae	<i>Tipula</i> sp.	6	3		
Veliidae	<i>Stridulivelia</i> sp.	2	8		
Total	14	252	97		

*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación

Fuente: Elaboración propia

En la estación Portugal (Tabla 20, 21), localizada por encima de los 1740 m.s.n.m. se recolectó un total de 758 individuos, distribuidos en 19 familias, arrojando valores BMWP/Col iguales a 105 margen izquierdo y 112 margen derecho, con puntajes de 7,00 en el índice ASPT; Estos valores nos indican que las corrientes hídricas para este tramo de la cuenca se encuentran sobre clase I, que al igual que en la estación La Victoria son aguas catalogadas, como muy limpias a limpias (Roldán, 2003 *et al.*).

Los usos del suelo sobre ambas márgenes están dedicados a la ganadería intensiva, junto con cultivos de tomate, mora, uva y criaderos de peces (trucha), de igual forma se localizan aproximadamente unas 50 viviendas en la zona. El caudal ambiental sobre este punto de muestreo es de 988 l/s, siendo uno de los mayores, impidiendo por un lado la presencia masiva de algunas especies de macroinvertebrados, al no tener estos mecanismos para soportar tanto volumen de agua, y por otro parte dificultando la identificación de condiciones de estrés en el agua.

Tabla 20. Estación Portugal, periodo de mayores precipitaciones (Junio 2012). Margen izquierdo del cauce.

Familia	Taxa*	Número de individuos	Puntaje BMWP/Col	Hora: 14:30 pm	
				Factores ambientales, ecológicos y fisicoquímicos	
Baetidae	<i>Baetodes</i> sp.	119	7	Altura:	1740 Msnm
	<i>Baetis</i> sp.	42		Temperatura ambiente:	24° C
Blephariceridae	<i>Paltostoma</i> sp.	1	10	Posición Geografica:	N: 3° 45.123'
Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	45	2		W:76° 10.408'
Elmidae	<i>Cylloepus</i> sp.	3	6	Pendiente	8%
	<i>Heterelmis</i> sp.	1		Ancho	9,5 Metros
Empididae	<i>Chelifera</i> sp.	3	4	Velocidad	0,84 Mts/Seg
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche borealis</i> sp.	2	8	PH:	Neutro
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp.	16	7	Nitratos:	0-10
	<i>Smicridae</i> sp.	9		Cloruros	1,8
Leptophlebiidae	<i>Leptohyphes</i> sp.	10	9	Sedimentos	0
	<i>Thraulodes</i> sp.	8		BMWP/Col.	105
Megapodagrionidae	<i>Megapodagrion</i> sp.	19	6	ASPT	7,00
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp.	4	10	Nota: Vereda Portugal, topografía abrupta, con pendientes de más del 40%	
Psychodidae	<i>Maurina</i> sp.	8	7		
Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i> (larva) sp.	3	10		
Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	9	8		
Tipulidae	<i>Tipula</i> sp.	8	3		
Veliidae	<i>Stridulivelia</i> sp.	7	8		
Total	15	317	105		

*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Estación Portugal, periodo de mayores precipitaciones (Junio 2012). Margen derecho del cauce.

				Hora: 14:40 pm	
Familia	Taxa*	Número de individuos	Puntaje BMWP/Col	Factores ambientales, ecológicos y fisicoquímicos	
Baetidae	Baetodes sp.	260	7	Altura:	1740 Msnm
	Baetis sp.	13		Temperatura ambiente:	24° C
	Dactylobaetis sp.	12		Posición Geografica:	N: 3° 45.123' W:76° 10.408'
Blephariceridae	Limonicola sp2.	2	10		
Corydalidae	Corydalus sp.	2	6	Pendiente	8%
Chironomidae	Chironomus sp.	42	2	Ancho	9,5 Metros
Elmidae	Cylloepus sp.	1	6	Velocidad	0,90 Mts/Seg
Empididae	Chelifera sp.	1	4	PH:	Neutro
Gerridae	Tepobates sp.	2	8	Nitratos:	0-10
Glossosomatidae	Mortoniella sp.	5	7	Cloruros	1
Hydropsychidae	Leptonema sp.	22	7	Sedimentos	0
	Smicridae sp.	1		BMWP/Col.	112
Leptophlebiidae	Leptohyphes sp.	9	9	ASPT	7,00
	Thraulodes sp.	3			
Odontoceridae	Marilia sp.	2	10		
Perlidae	Anacroneuria sp.	1	10		
Psychodidae	Maurina sp.	14	7		
	Maruina (aculcina) sp.	3			
Simuliidae	Simulium sp.	29	8		
Tipulidae	Tipula sp.	12	3		
Veliidae	Stridulivelia sp.	5	8		
Total	16	441	112		
*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación					

*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación

Fuente: Elaboración propia

En la estación La Cecilia (nacimiento del río) se recolectaron un total de 12 familias sobre la margen izquierda (Tabla 22), arrojando un valor BMWP/Col de 84, clase II, aguas de calidad aceptable (Mapa 4a), mientras que en la margen derecha el número de familias fue de 20 (Tabla 23), con un valor de BMWP/Col de 148, ubicando las aguas de esta margen en clase I, aguas muy limpias a limpias (Mapa 4b). Está marcada diferencia en los valores puede estar asociada a las prácticas agrícolas en la zona, debido a que por el lado izquierdo los usos puntuales en el río eran de cultivos transitorios, por el otro lado solo se hallaban plantaciones forestales en cercanías al cauce del río. Por otro parte la estación, se caracterizó por presentar el caudal más bajo en la zona (379 l/s). Mientras que los valores fisicoquímicos no mostraron ninguna alteración en el cauce, debido a que están dentro de los márgenes permitidos por la FAO.

Los usos del suelo sobre esta área están relacionados a la conservación, sin embargo existen actividades como la cría de peces (trucha) para la comercialización, al igual que cultivos de mora, papa y asentamientos humanos en forma dispersa.

Es importante anotar que aunque esta zona de la cuenca se encuentra dentro de la reserva forestal Sonso-Guabas, en ella, se presentan actividades de extracción maderera, desvíos del cauce, quemas del material vegetal en las riberas, ganadería, y agricultura en menor escala, las cuales sin duda alguna generarán alteraciones sobre los cauces.

Tabla 22. Estación La Cecilia, periodo de mayores precipitaciones (Junio 2012). Margen izquierdo del cauce.

Familia	Taxa*	Número de individuos	Puntaje BMWP/Col	Hora: 16:40pm Factores ambientales, ecológicos y fisicoquímicos	
Baetidae	<i>Baetodes</i> sp.	50	7	Altura:	2230 Msnm
	<i>Dactylobaetis</i> sp.	10		Temperatura ambiente:	22° C
	<i>Baetis</i> sp.	5		Posición Geografica:	N: 3° 48.455 W: 76° 09.085
Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	14	2	Pendiente	15%
Elmidae	<i>Cylloepus</i> sp.	1	6	Ancho	9,20 Metros
	<i>Stenelmis</i> sp.	1		Velocidad	0,52 Mts/Seg
Hydropsychidae	<i>Smicridae</i> sp.	2	7	PH:	Neutro
Leptoceridae	<i>Atanotolica</i> sp.	2	8	Nitratos:	0-10
	<i>Grumichella</i> sp.	2		Cloruros	1
Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i> sp.	4	9	Sedimentos	0
Muscidae	<i>Limnophora</i> sp1.	1	2	BMWP/Col.	84
Odontoceridae	<i>Marilia</i> sp.	2	10	ASPT	7,00
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp.	2	10	Nota : Quebrada La Cecilia, muestreo tomado antes de un criadero de Truchas	
Psephenidae	<i>Psephenops</i> (Larva) sp.	1	10		
Ptilodactylidae	<i>Tetraglosa</i> (Larva) sp.	1	10		
Tipulidae	<i>Tipula</i> sp.	1	3		
Total	12	99	84		

*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Estación La Cecilia, periodo de mayores precipitaciones (Junio 2012). Margen derecho del cauce.

				Hora: 16:50pm	
Familia	Taxa*	Número de individuos	Puntaje BMWP/Col	Factores ambientales, ecológicos y fisicoquímicos	
Baetidae	<i>Baetodes</i> sp.	82	7	Altura:	2230 Msnm
	<i>Baetis</i> sp.	16		Temperatura ambiente:	22° C
	<i>Dactylobaetis</i> sp.	15		Posición Geografica:	N: 3° 48.455 W: 76° 09.085
Blephariceridae	<i>Limonicola</i> sp2.	1	10	Pendiente	15%
	<i>Pallotoma</i> sp.	1		Ancho	9,20 Metros
Caenidae	<i>Caenis axillata</i> sp.	1	7	Velocidad	0,48 Mts/Seg
Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i> sp.	2	10	PH:	Neutro
Ceratopogonidae	<i>Stilobezzia</i> Sp.	3	3	Nitratos:	0-10
Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	20	2	Cloruros	1,3
Elmidae	<i>Mycrocylloepus</i> (Adulto) sp.	1	6	Sedimentos	0
	<i>Heterelmis</i> sp.	1		BMWP/Col.	148
Empididae	<i>Chelifera</i> sp.	1	4	ASPT	7,40
Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i> sp.	3	7	Nota : Quebrada La Cecilia, muestreo tomado antes de un criadero de Truchas	
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i> sp.	1	9		
Hydropsychidae	<i>Smicridae</i> sp.	1	7		
Hydroptilidae	<i>Ochrotrichia</i> sp.	2	7		
	<i>Atanotrichia</i> sp.	6	8		
Leptoceridae	<i>Grumichella</i> sp.	4			
	<i>Thraulodes</i> sp.	24	9		
Megapodagrionidae	<i>Megapodagrion</i> sp.	1	6		
Oligoneuriidae	<i>Lachlania</i> sp.	3	10		
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp.	11	10		
Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i> (larva) sp.	4	10		
Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	3	8		
Velidae	<i>Stridulivelia</i> sp.	1	8		
Total	20	208	148		

*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación

*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación

Fuente: Elaboración propia

7.1.2 Muestreo periodo de menores precipitaciones, Septiembre 7 de 2012. A diferencia del muestreo anterior, en donde se observaron contrastes entre los microhábitats de cada estación, en este segundo muestreo esas diferencias de una margen a otra no se manifestaron. Observándose los mismos rangos de valores BMWP/Col y ASPT para las estaciones de Puente Rojo, La Victoria, Jardín y Portugal, clasificándolas como aguas de clase I (Mapas 4c y 4d), de igual modo para la estación La Cecilia el puntaje para ambas márgenes estuvo sobre el rango de clase II, aguas ligeramente contaminadas, de calidad aceptable.

De acuerdo con lo anterior, se observa una “mejoría” en la calidad del agua en la estación Puente Rojo, margen derecha de un periodo a otro, al pasar sus valores de clase III “dudosa” a clase I “Aguas muy limpias a limpias” (Mapa 4c).

Sin embargo, y de acuerdo con los valores fisicoquímicos obtenidos, se observa que la carga orgánica en las estaciones Puente Rojo (Tabla 24 y 25) y La Cecilia (Tablas 32 y 33) aumentaron, manifestado en las concentraciones de nitratos, debido seguramente al fuerte impacto de las actividades ecoturísticas, agrícolas (abonamientos) y ganadería. Estos valores se hacen más evidentes al parecer por la disminución de caudal, lo cual de algún modo facilita la captación y mayor concentración de material orgánico en el agua.

Así mismo sobre las estaciones La Victoria (Tabla 26 y 27) y Portugal (Tablas 30 y 31), se observaron valores por encima de 10mg/L en cloruros, lo cual está manifestando una alta presencia de acuíferos salinos, producto de vertidos industriales o humanos, junto con una

alta carga de material suspendido en el agua, dándole un aspecto grisáceo, principalmente en la estación La Victoria, vinculado seguramente a la extracción de material del río generando con ello una elevada carga de material particulado.

Tabla 24. Estación Puente Rojo, periodo de menores precipitaciones (Septiembre 2012).
Margen izquierdo del cauce.

				Hora: 14:20pm	
Familia	Taxa*	Número de individuos	Puntaje BMWP/Col	Factores ambientales, ecológicos y fisicoquímicos	
Baetidae	<i>Baetis</i> sp.	36	7	Altura:	1190 Msnm
	<i>Baetodes</i> sp.	22		Temperatura ambiente:	30° C
Blephariceridae	<i>Paltostoma</i> sp.	1	10	Posición Geografica:	N: 3° 45.974'
Corydalidae	<i>Corydalus</i> sp.	2	6		W: 76° 13.871'
Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	38	2	Pendiente	5%
Dolichopodidae	<i>Aphrosylus</i> sp.	1	4	Ancho	6,60 Metros
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche borealis</i> sp.	6	8	Velocidad	0,20 Mts/Seg
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp.	10	7	PH:	Neutro
Leptoceridae	<i>Atanotolica</i> sp.	61	8	Nitratos:	10 - 20
	<i>Grumichella</i> sp.	7		Cloruros	3,5 mg/L
	<i>Oecetis avara</i> sp.	1		Sedimentos	0
Leptophlebiidae	<i>Leptohyphes</i> sp.	12	9	BMWP/Col.	111
	<i>Thraulodes</i> sp.	8		ASPT	7,40
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp.	8	10	Nota: El caudal del río a simple vista denota disminución	
Philopotamidae	<i>Chimarra</i> sp.	3	9		
Psephenidae	<i>Psephenops</i> (Larva) sp.	1	10		
Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i> (larva) sp.	5	10		
Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	2	8		
Tipulidae	<i>Tipula</i> sp.	2	3		
Total	15	226	111		

*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Estación Puente Rojo, periodo de menores precipitaciones (Septiembre 2012).
Margen derecho del cauce.

				Hora: 14:30pm	
Familia	Taxa*	Número de individuos	Puntaje BMWP/Col.	Factores ambientales, ecológicos y fisicoquímicos	
Baetidae	<i>Baetis</i> sp.	97	7	Altura:	1190 Msnm
	<i>Baetodes</i> sp.	46		Temperatura ambiente:	28° C
Blephariceridae	<i>Paltostoma</i> sp.	7	10	Posición Geografica:	N: 3° 45.974'
	<i>Limnocola</i> sp2.	2			W: 76° 13.871'
Ceratopogonidae	<i>Stilobezzia</i> Sp.	2	3	Pendiente	5%
Corydalidae	<i>Corydalus</i> sp.	6	6	Ancho	6,60 Metros
Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	43	2	Velocidad	0,21Mts/Seg
Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i> sp.	1	7	PH:	Neutro
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche borealis</i> sp.	3	8	Nitratos:	10 - 20
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i> sp.	12	9	Cloruros	1,5 mg/L
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp.	18	7	Sedimentos	0
	<i>Smicridae</i> sp.	11		BMWP/Col.	123
Leptoceridae	<i>Atanotolica</i> sp.	57	8	ASPT	7,69
Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i> sp.	53	9	Nota: Bocatoma del acueducto, 50 Mts después de Puente Rojo	
	<i>Leptohyphes</i> sp.	37			
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp.	11	10		
Philopotamidae	<i>Chimarra</i> sp.	1	9		
Psephenidae	<i>Psephenops</i> (Larva) sp.	2	10		
Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i> (larva) sp.	12	10		
Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	8	8		
Total	16	429	123		

*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Estación La Victoria, periodo de menores precipitaciones (Septiembre 2012).
Margen izquierdo del cauce.

Familia	Taxa*	Número de individuos	Puntaje BMWP/Col	Hora: 12:20pm	
				Factores ambientales, ecológicos y fisicoquímicos	
Baetidae	<i>Baetodes</i> sp.	33	7	Altura:	1375 Msnm
	<i>Baetis</i> sp.	11		Temperatura ambiente:	30° C
Ceratopogonidae	<i>Stilobezzia</i> Sp.	17	3	Posición Geografica:	N: 3° 45.990'
Corydalidae	<i>Corydalus</i> sp.	6	6		W:76° 12.878'
Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	50	2	Pendiente	2%
Elmidae	<i>Heterelmis</i> sp.	2	6	Ancho	7 Metros
	<i>Cylloepus</i> sp.	1		Velocidad	0,40 Mts/Seg
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche borealis</i> sp.	11	8	PH:	Neutro
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp.	11	7	Nitratos:	0-10
Leptoceridae	<i>Atanotolica</i> sp.	16	8	Cloruros	> 10 mg/L
Leptophlebiidae	<i>Leptohyphes</i> sp.	19	9	Sedimentos	2 ml/L
Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i> sp.	1	6	BMWP/Col.	125
Lutrochidae	<i>Lutrochus</i> sp.	2	6	ASPT	6,94
Odontoceridae	<i>Marilia</i> sp.	1	10	Nota: Muestreo hecho 10 metros aguas abajo del antiguo socavón La Victoria	
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp.	4	10		
Philopotamidae	<i>Chimarra</i> sp.	1	9		
Psychodidae	<i>Marurina</i> sp.	3	7		
Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i> (larva) sp.	9	10		
Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	7	8		
Tipulidae	<i>Molophilus</i> sp.	2	3		
Total	18	207	125		

*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación

Fuente: Elaboración propia

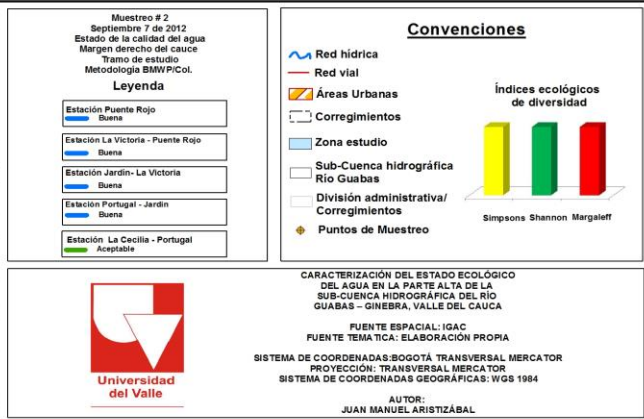
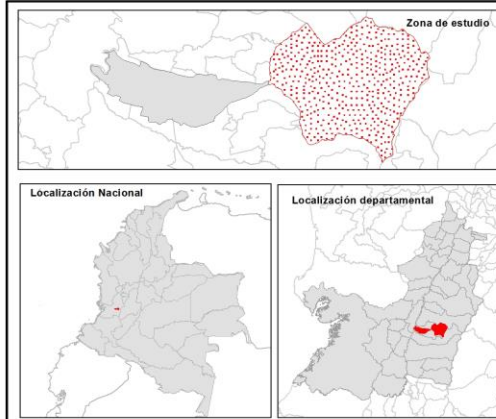
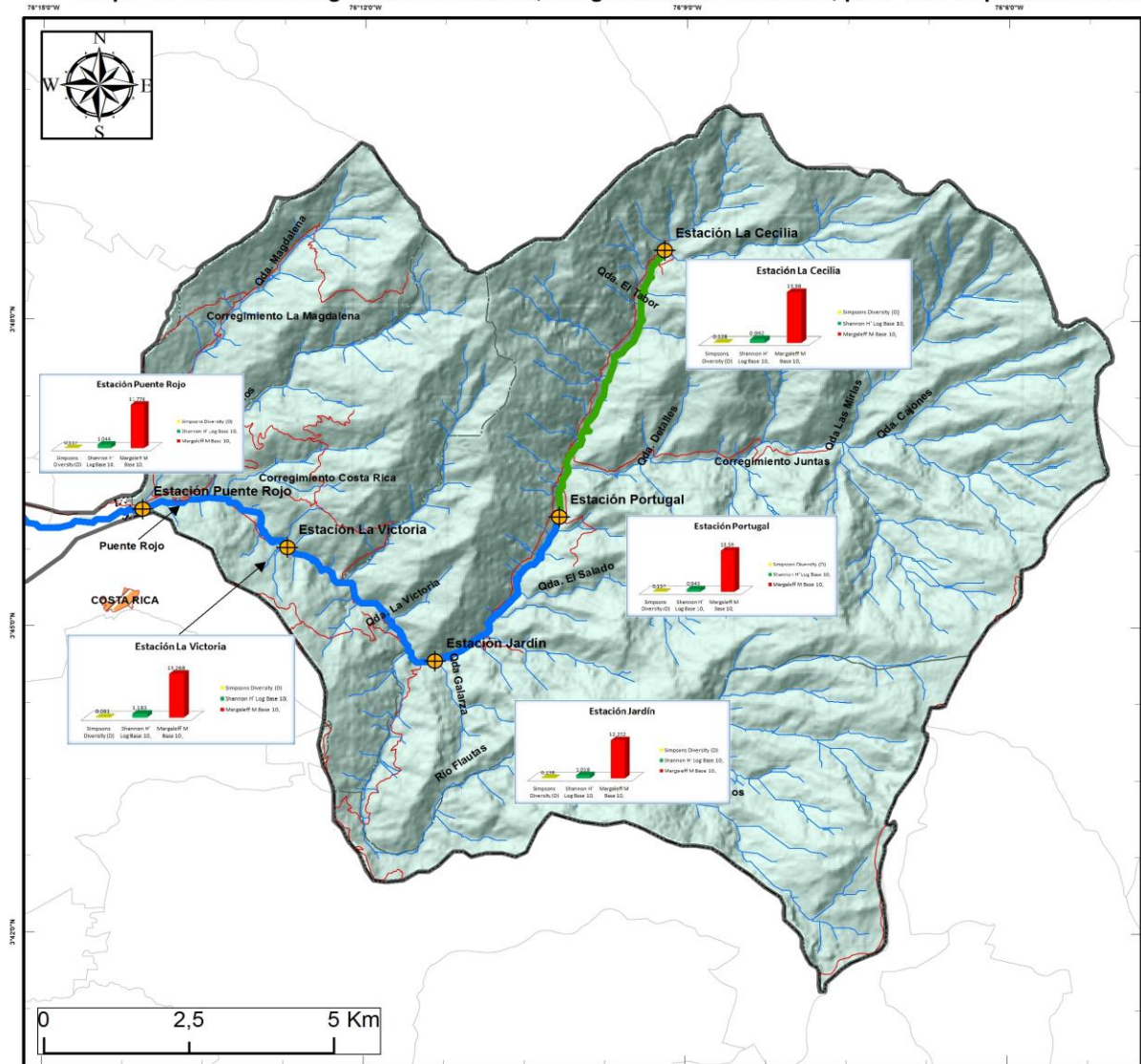
Tabla 27. Estación La Victoria, periodo de menores precipitaciones (Septiembre 2012).
Margen derecho del cauce.

				Hora: 12:30 pm	
Familia	Taxa*	Número de individuos	Puntaje BMWP/Col	Factores ambientales, ecológicos y fisicoquímicos	
Baetidae	Baetis sp.	16	7	Altura:	1375 Msnm
Blephariceridae	Limonicola sp2.	2	10	Temperatura ambiente:	30° C
Ceratopogonidae	Stilobezzia Sp.	10	3	Posición Geografica:	N: 3° 45.990'
Corydalidae	Corydalis sp.	6	6		W:76° 12.878'
Chironomidae	Chironomus sp.	32	2	Pendiente	0%
Elmidae	Heterelmis sp.	5	6	Ancho	7 Metros
	Cylloepus sp.	3		Velocidad	0,36Mts/Seg
Empididae	Chelifera sp.	10	4	PH:	Neutro
Helicopsychidae	Helicopsyche borealis sp.	12	8	Nitratos:	0-10
Hydropsychidae	Leptonema sp.	22	7	Cloruros	<10 mg/L
	Smicridae sp.	4		Sedimentos	2 mL
Hydroptilidae	Ochrotrichia sp.	3	7	BMWP/Col.	121
Leptoceridae	Atanotolica sp.	5	8	ASPT	7,12
	Grumichella sp.	3			
Leptophlebiidae	Leptohyphes sp.	11	9	Nota: Muestreo hecho 10 metros aguas abajo del antiguo socavón La Victoria	
	Thraulodes sp.	6			
Perlidae	Anacroneuria sp.	4	10		
Philopotamidae	Chimarra sp.	12	9		
Psychodidae	Marurina sp.	7	7		
Ptilodactylidae	Anchytarsus (larva) sp.	37	10		
Simuliidae	Simulium sp.	7	8		
Total	17	217	121		
*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación					

*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación

Fuente: Elaboración propia

Mapa 4c. Estado ecológico del río Guabas, margen derecho del cauce, parte alta. Septiembre 2012



Mapa 4d. Estado ecológico del río Guabas, margen izquierdo del cauce, parte alta. Septiembre 2012

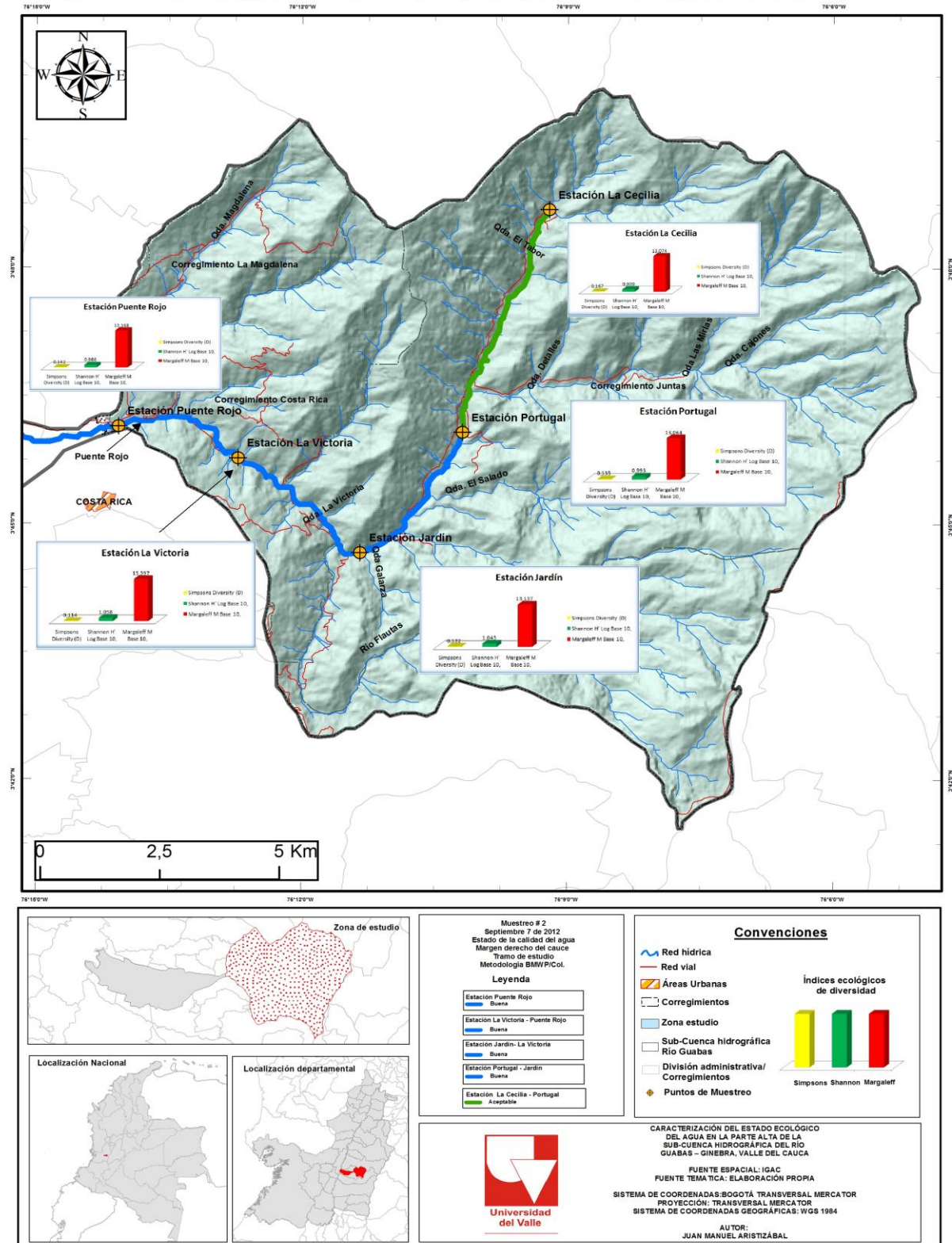


Tabla 28. Estación Jardín, periodo de menores precipitaciones (Septiembre 2012). Margen izquierdo del cauce.

Familia	Taxa	Número de individuos	Puntaje BMWP/Col.	Hora: 10:55am	
				Factores ambientales, ecológicos y fisicoquímicos	
Baetidae	<i>Baetodes</i> sp.	11	7	Altura:	1564 Msnm
	<i>Baetis</i> sp.	4		Temperatura ambiente:	30° C
Blephariceridae	<i>Limonicola</i> sp2.	1	10	Posición Geografica:	N: 3° 44.510'
Ceratopogonidae	<i>Stilobezzia</i> Sp.	4	3		W:76° 11.163'
Corydalidae	<i>Corydalis</i> sp.	9	6	Pendiente	5%
Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	34	2	Ancho	7,40 Metros
Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i> sp.	1	7	Velocidad	0,32Mts/Seg
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche borealis</i> sp.	31	8	PH:	Neutro
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp.	31	7	Nitratos:	0-10
	<i>Smicridae</i> sp.	4		Cloruros	6,8 mg/L
Leptoceridae	<i>Grumichella</i> sp.	7	8	Sedimentos	0
	<i>Atanotolica</i> sp.	3		BMWP/Col.	116
Leptophlebiidae	<i>Leptohyphes</i> sp.	8	9	ASPT	7,25
	<i>Thraulodes</i> sp.	8		Nota: Pendiente de mas del 20%, con usos del suelo sobre lo orilla del rio (escasos 5 metros)	
Odontoceridae	<i>Marilia</i> sp.	1	10		
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp.	1	10		
Philopotamidae	<i>Chimarra</i> sp.	11	9		
Psychodidae	<i>Marurina</i> sp.	4	7		
Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i> (larva) sp.	54	10		
Tipulidae	<i>Molophilus</i> sp.	2	3		
Total	16	229	116		

*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Estación Jardín, periodo de menores precipitaciones (Septiembre 2012). Margen derecho del cauce.

Familia	Taxa*	Número de individuos	Puntaje BMWP/Col.	Hora: 11:05am	
				Factores ambientales, ecológicos y fisicoquímicos	
Baetidae	<i>Baetis</i> sp.	18	7	Altura:	1564 Msnm
	<i>Baetodes</i> sp.	3		Temperatura ambiente:	30° C
Blephariceridae	<i>Limonicola</i> sp2.	2	10	Posición Geografica:	N: 3° 44.510'
Ceratopogonidae	<i>Stilobezzia</i> Sp.	6	3		W:76° 11.163'
Corydalidae	<i>Corydalis</i> sp.	5	6	Pendiente	5%
Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	32	2	Ancho	7,40 Metros
Elmidae	<i>Cylloepus</i> sp.	27	6	Velocidad	0,43Mts/Seg
	<i>Heterelmis</i> sp.	6		PH:	Neutro
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche borealis</i> sp.	7	8	Nitratos:	0-10
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp.	13	7	Cloruros	3,5 mg/L
Leptoceridae	<i>Atanotolica</i> sp.	27	8	Sedimentos	0
	<i>Grumichella</i> sp.	13		BMWP/Col.	111
Leptophlebiidae	<i>Leptohyphes</i> sp.	12	9	ASPT	6,94
	<i>Thraulodes</i> sp.	3		Nota : Despues de la Quebrada Galarza, mucho material orgánico en las muestras	
Lutrochidae	<i>Lutrochus</i> sp.	1	6		
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp.	21	10		
Philopotamidae	<i>Chimarra</i> sp.	18	9		
Psychodidae	<i>Marurina</i> sp.	4	7		
Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i> (larva) sp.	119	10		
Tipulidae	<i>Molophilus</i> sp.	2	3		
Total	16	339	111		

*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Estación Portugal, periodo de menores precipitaciones (Septiembre 2012).
Margen izquierdo del cauce.

				Hora: 10:20am	
Familia	Taxa*	Número de individuos	Puntaje BMWP/Col	Factores ambientales, ecológicos y fisicoquímicos	
Baetidae	<i>Baetis</i> sp.	38	7	Altura:	1740 Msnm
Ceratopogonidae	<i>Stilobezzia</i> Sp.	3	3	Temperatura ambiente:	30° C
Chrysomelidae	<i>Donacia larva</i> sp.	1	4	Posición Geografica:	N: 3° 45.123'
Corydalidae	<i>Corydalus</i> sp.	4	6		W:76° 10.408'
Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	15	2	Pendiente	8%
Elmidae	<i>Cylloepus</i> sp.	1	6	Ancho	6 Metros
Empididae	<i>Chelifera</i> sp.	3	4	Velocidad	0,44Mts/Seg
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche borealis</i> sp.	56	8	PH:	Neutro
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp.	34	7	Nitratos:	0-10
	<i>Grumichella</i> sp.	2	8	Cloruros	>10 mg/L
	<i>Atanatolica</i> sp.	1		Sedimentos	0
	<i>Oecetis avara</i> sp.	1		BMWP/Col.	122
Leptoceridae	<i>Leptohyphes</i> sp.	6	9	ASPT	6,78
Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i> sp.	2	4	Nota: Vereda Portugal, topografía abrupta, con pendientes de más del 40%	
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp.	2	10		
Philopotamidae	<i>Chimarra</i> sp.	6	9		
Psephenidae	<i>Psephenops</i> (Larva) sp.	5	10		
Psychodidae	<i>Marurina</i> sp.	15	7		
Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i> (larva) sp.	37	10		
Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	4	8		
Total	18	236	122		

*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Estación Portugal, periodo de menores precipitaciones (Septiembre 2012).
Margen derecho del cauce.

				Hora: 10:30am	
Familia	Taxa*	Número de individuos	Puntaje BMWP/Col	Factores ambientales, ecológicos y fisicoquímicos	
Baetidae	<i>Baetis</i> sp.	20	7	Altura:	1740 Msnm
Blephariceridae	<i>Paltostoma</i> sp.	1	10	Temperatura ambiente:	30° C
Corydalidae	<i>Corydalus</i> sp.	2	6	Posición Geografica:	N: 3° 45.123'
Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	15	2		W:76° 10.408'
Elmidae	<i>Cylloepus</i> sp.	4	6	Pendiente	8%
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche borealis</i> sp.	60	8	Ancho	6 Metros
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i> sp.	10	9	Velocidad	0,53Mts/Seg
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp.	20	7	PH:	Neutro
	<i>Smicridae</i> sp.	13		Nitratos:	0-10
	<i>Grumichella</i> sp.	6	8	Cloruros	>10 mg/L
Leptoceridae	<i>Oecetis avara</i> sp.	2		Sedimentos	0
Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i> sp.	3	4	BMWP/Col.	103
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp.	1	10	ASPT	6,87
Physidae	<i>Physa</i> sp.	1	3	Nota: Vereda Portugal, topografía abrupta, con pendientes de más del 40%	
Psephenidae	<i>Psephenops</i> (Larva) sp.	2	10		
Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i> (larva) sp.	30	10		
Tipulidae	<i>Limonia</i> sp.	1	3		
Total	15	191	103		

*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Estación La Cecilia, periodo de menores precipitaciones (Septiembre 2012).
Margen izquierdo del cauce.

				Hora: 9:15am	
Familia	Taxa*	Número de individuos	Puntaje BMWP/Col	Factores ambientales, ecológicos y fisicoquímicos	
Baetidae	Baetis sp.	34	7	Altura:	2230 Msnm
Ceratopogonidae	Stilobezzia Sp.	19	3	Temperatura ambiente:	20° C
Chironomidae	Chironomus sp.	29	2	Posición Geografica:	N: 3° 48.455
Elmidae	Cylloepus sp.	10	6		W:76° 09.085
Empididae	Chelifera sp.	4	4	Pendiente	15%
Glossosomatidae	Mortoniella sp.	8	7	Ancho	3 Metros
Hydropsychidae	Leptonema sp.	79	7	Velocidad	0,19Mts/Seg
Leptoceridae	Atanatolica sp.	5	8	PH:	Neutro
Leptophlebiidae	Leptohyphes sp.	13	9	Nitratos:	10 - 20
Philopotamidae	Chimarra sp.	16	9	Cloruros	1,5 mg/L
Ptilodactylidae	Anciyarsus (larva)	13	10	Sedimentos	0,01Mg/L
Tipulidae	Molophilus sp.	5	3	BMWP/Col.	75
Total	12	235	75	ASPT	6,25
				Nota : Muestreo tomado antes de un criadero de Truchas	
*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Estación La Cecilia, periodo de menores precipitaciones (Septiembre 2012).
Margen derecho del cauce.

				Hora: 9:25am	
Familia	Taxa*	Número de individuos	Puntaje BMWP/Col	Factores ambientales, ecológicos y fisicoquímicos	
Baetidae	Baetis sp.	23	7	Altura:	2230 Msnm
	Baetodes sp.	19		Temperatura ambiente:	20° C
Ceratopogonidae	Stilobezzia Sp.	4	3	Posición Geografica:	N: 3° 48.455
Chironomidae	Chironomus sp.	15	2		W:76° 09.085
Elmidae	Cylloepus sp.	3	6	Pendiente	15%
	Heterelmis sp.	2		Ancho	3 Metros
Glossosomatidae	Mortoniella sp.	4	7	Velocidad	0,25Mts/Seg
Helicopsychidae	Helicopsyche borealis sp.	2	8	PH:	Neutro
Hydropsychidae	Leptonema sp.	35	7	Nitratos:	10 - 20
	Smicridae sp.	11		Cloruros	1,5 Mg/L
Leptoceridae	Atanatolica sp.	3	8	Sedimentos	0,01Mg/L
	Oecetis avara sp.	1		BMWP/Col.	89
Leptophlebiidae	Leptohyphes sp.	2	9	ASPT	6,85
Perlidae	Anacroneuria sp.	33	10	Nota : Quebrada La Cecilia, muestreo tomado antes de un criadero de Truchas	
Philopotamidae	Chimarra sp.	3	9		
Psephenidae	Psephenops (Larva) sp.	1	10		
Tipulidae	Molophilus sp.	4	3		
Total	13	165	89		
*Al final de la columna se muestra el total de familias recolectadas por estación					

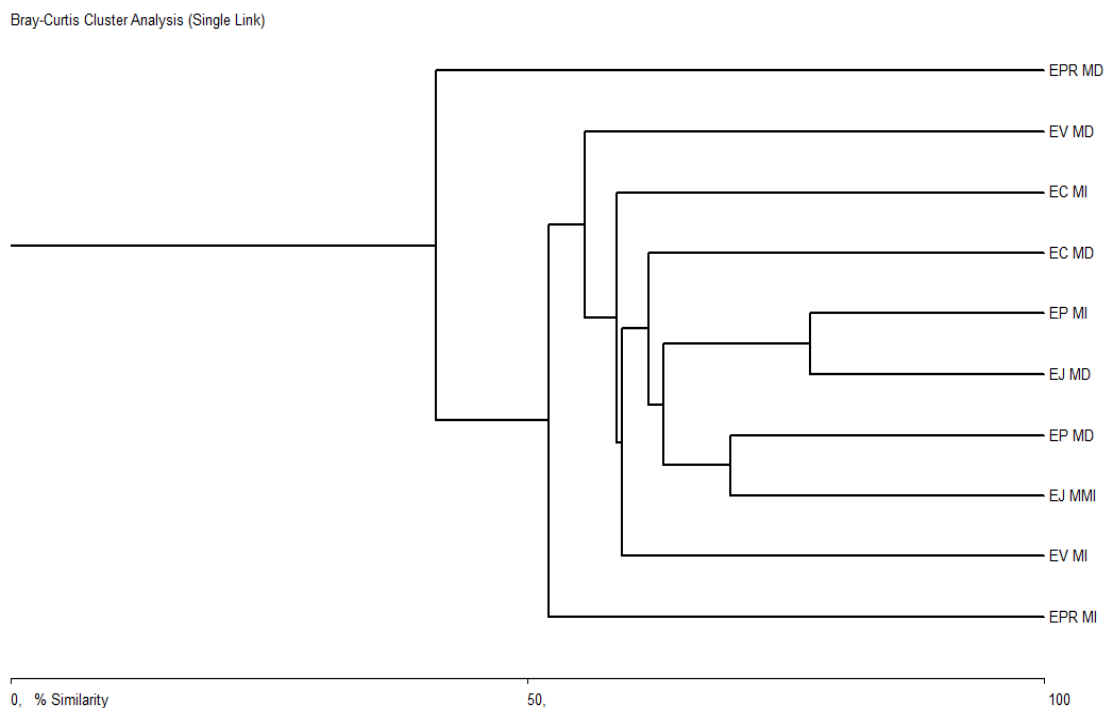
Fuente: Elaboración propia

7.4 CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LA CUENCA, MEDIANTE ÍNDICES ECOLÓGICOS

7.2.1 Índice de Bray-Curtis. A continuación se presenta el grado de similitud entre las estaciones de muestreo, de acuerdo con el índice de Bray-Curtis, el cual nos muestra la cercanía o distancia (%) entre las estaciones muestreadas en términos ecológicos, su importancia radica en poder decir que sitios presentan unas características particulares en relación con otros, de acuerdo a su estado ecológico.

De acuerdo con lo anterior se obtuvo como resultado que para el primer muestreo, existe una similitud aproximada al 80% (Figura 23) en microhábitats de las márgenes izquierda y derecha de las estaciones Portugal y Jardín respectivamente, las cuales presentan especies que en su mayoría son indicadoras de buena calidad del agua.

Figura 23. Análisis de clasificación jerárquica, método de similitud de Bray-Curtis periodo de mayores precipitaciones, río Guabas, Junio 2012.



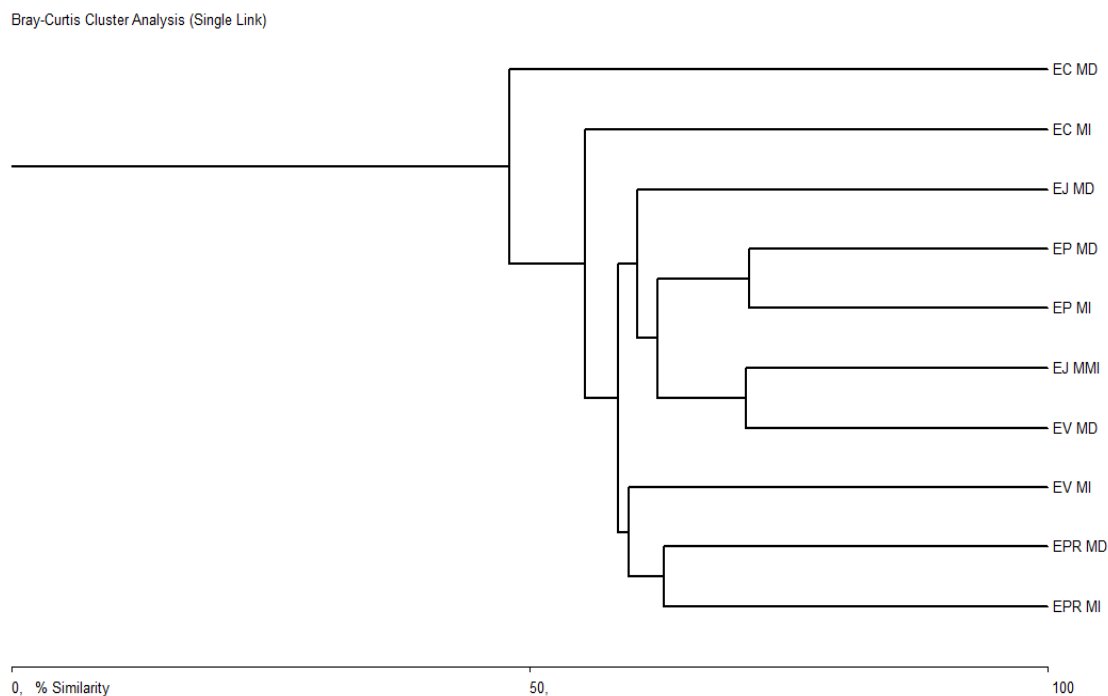
MD: Margen derecha, MI: Margen izquierda. EPR: Estación Puente Rojo, EV: estación La Victoria, EJ: Estación Jardín, EP: Estación Portugal, EC: Estación La Cecilia.

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la estación Puente Rojo, margen derecha muestra un grado de similitud inferior al 45%, lo cual tiene relación con los datos BMWP/Col, debido a que este microhábitat presentó los valores más bajos registrados en el presente estudio.

En el periodo de menores precipitaciones (Figura 24), se encontraron valores de similitud inferiores al 50% en el margen derecho de la estación La Cecilia; de igual forma se aprecia un agrupamiento en la similitud superior al 60% y 70% en las estaciones Puente Rojo y Portugal respectivamente como consecuencia de valores asociados a la equidad de Shannon (valores bajos) como con la diversidad de Simpson (valores altos).

Figura 24. Análisis de clasificación jerárquica método de similitud de Bray-Curtis periodo de menores precipitaciones, río Guabas, Septiembre 2012.



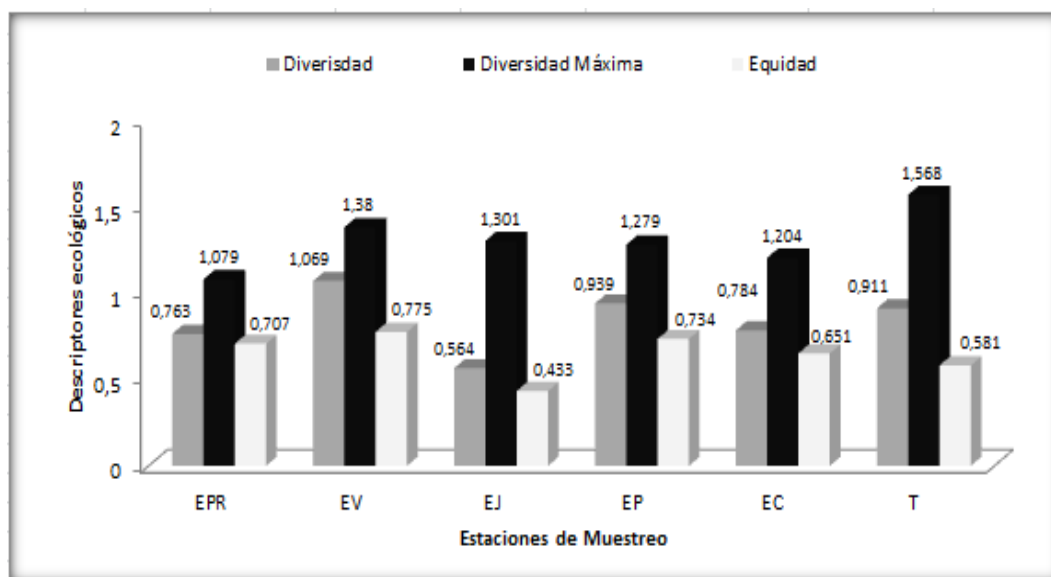
MD: Margen derecha, MI: Margen izquierda. EPR: Estación Puente Rojo, EV: estación La Victoria, EJ: Estación Jardín, EP: Estación Portugal, EC: Estación La Cecilia.

Fuente: Elaboración propia

7.2.2 Índice de Shannon-Wiener. De acuerdo con este índice, se observa un desbalance en la diversidad de los sitios muestreados con la diversidad máxima que se podría encontrar en esos lugares bajo condiciones óptimas; es decir, que para el muestreo de mayores precipitaciones (Junio 2012) ambas márgenes, tanto izquierda, como derecha (Figura 25 y 26 respectivamente) muestran que en todas las estaciones se presentaron “problemas” en

cuanto a diversidad, ya que los valores de diversidad están por debajo de 4 puntos en promedio de la diversidad máxima esperada, considerándose que estaciones como La Cecilia, Jardín y Puente Rojo sobre la margen izquierda, presentan las mayores diferencias de valores, por encima de los 5 puntos, de igual forma la equidad en estaciones como Jardín, la cual estuvo por debajo de 0,5, siendo la más baja, nos muestra que la distribución de las condiciones para los organismos poder vivir no son adecuadas, indicando con esto, un estrés ecológico, asociado seguramente y en el mayor de los casos a una alta carga orgánica, facilitando el alimento para unas especies en detrimento de otras.

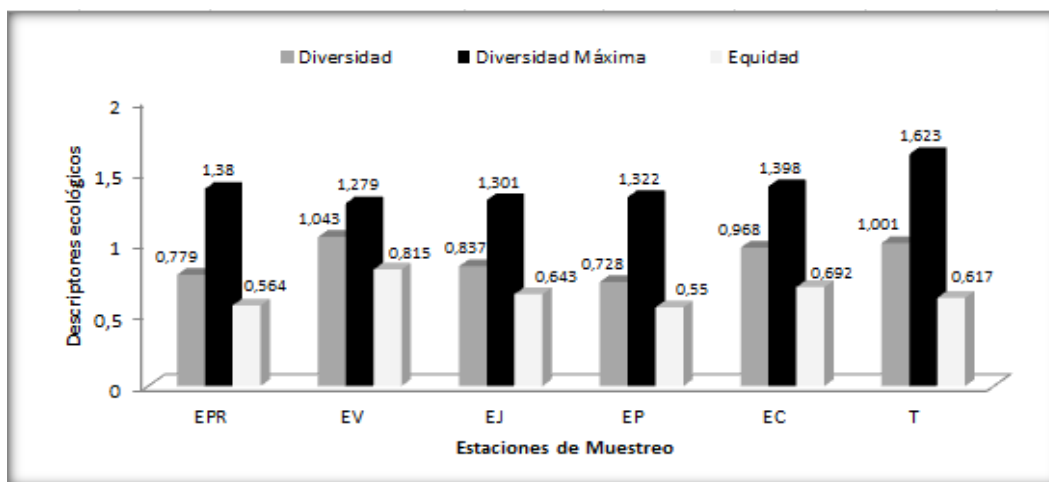
Figura 25. Análisis de descriptores ecológicos por el Índice de Shannon & Wiener, margen izquierda del río Guabas, Junio 2012.



Fuente: Elaboración propia

Así mismo sobre la margen derecha se presentan distorsiones ecológicas según el índice de Shannon & Wiener, en donde estaciones como Portugal y Puente Rojo (Figura 24), arrojan los valores más dispares en cuanto a diversidad y los más bajos de equidad. Estas estaciones se caracterizan por tener uso intensivo en sus áreas, debido en una parte a las características del suelo y clima, y por otra parte a la valoración del ocio y la recreación.

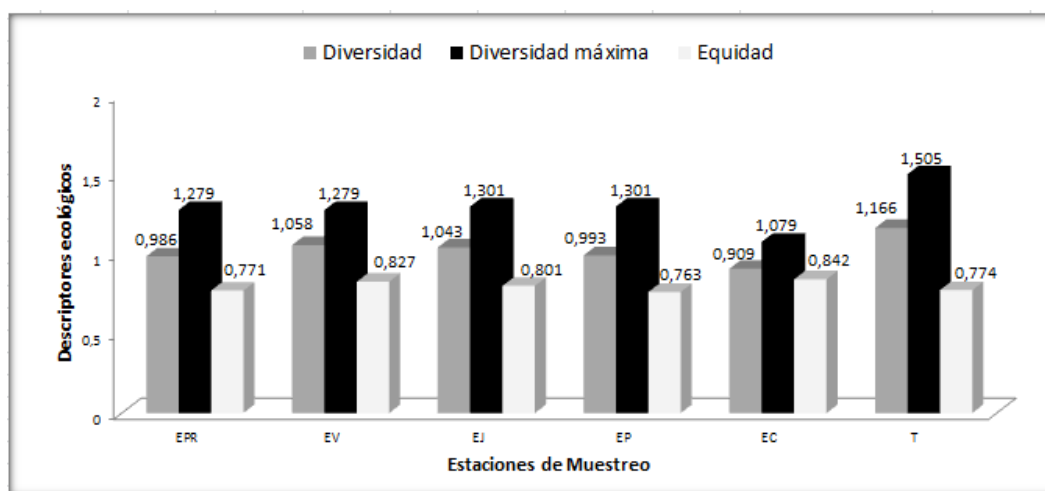
Figura 26. Análisis de descriptores ecológicos por el Índice de Shannon en el margen derecho del río Guabas, Junio 2012.



Fuente: Elaboración propia

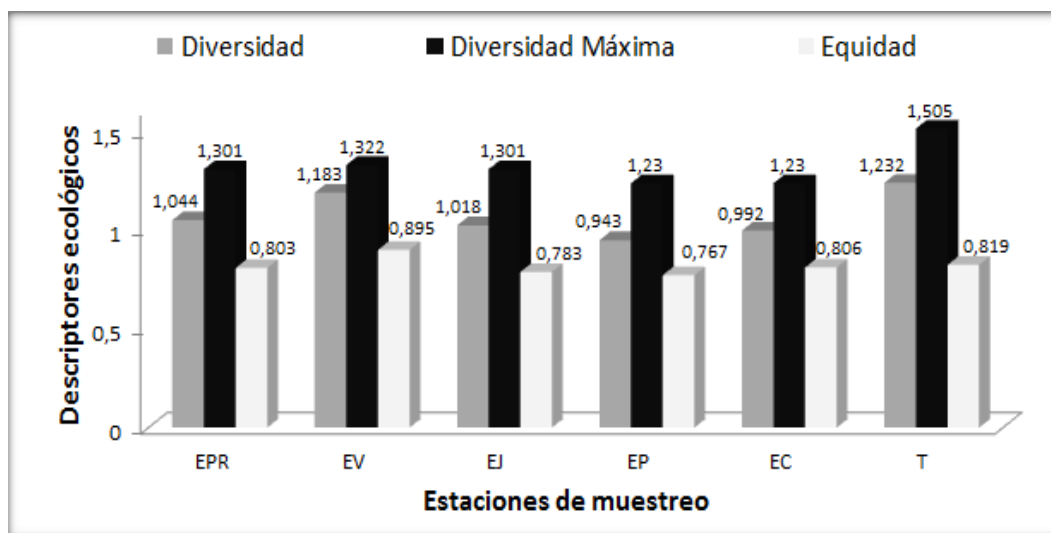
A diferencia del periodo anterior, en el segundo muestreo con menores precipitaciones, hubo incremento en la biodiversidad, como se observa en las Figuras 27 y 28, margen izquierda y derecha, los valores de diversidad están por encima de 0,9, siendo la distancia con la diversidad máxima inferior a lo encontrado en el primer muestreo, de igual modo la equidad en el ecosistema, muestra unos valores que dan a entender una mejoría significativa en el área en un tiempo menor de tres meses.

Figura 27. Análisis de descriptores ecológicos, índice de Shannon, margen izquierdo del río Guabas, Septiembre 2012.



Fuente: Elaboración propia

Figura 28. Análisis de descriptores ecológicos, índice de Shannon, margen derecho del río Guabas, Septiembre 2012.

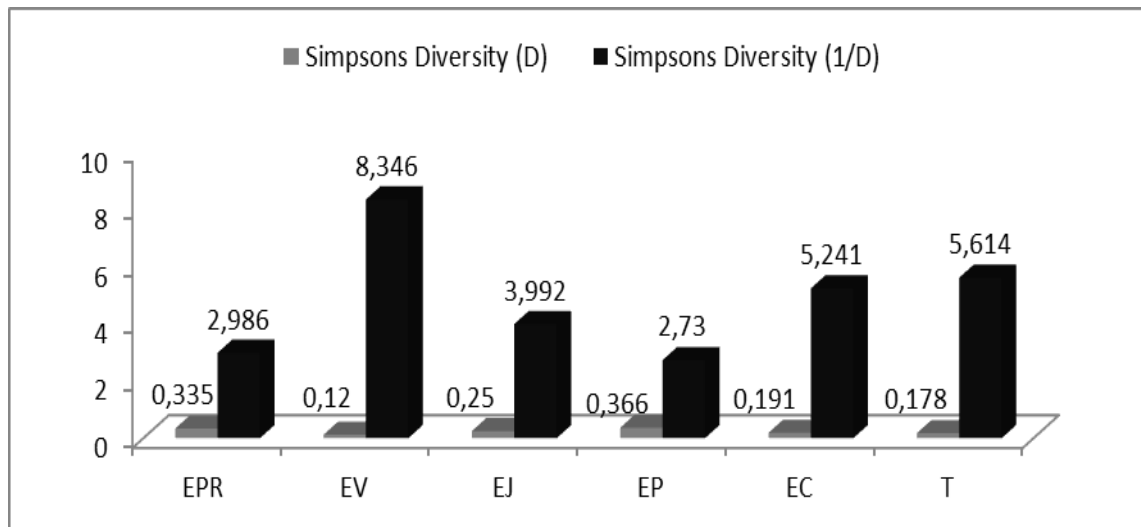


Fuente: Elaboración propia

7.2.3 Índice de Simpson. Según los valores arrojados por este índice de dominancia específica, en la cuenca se encontró que las familias predominantes sobre el margen derecho del río en el muestreo realizado con los mayores niveles de precipitación, están indicando en el caso de la estación Puente Rojo, una eutrofización de las aguas como consecuencia de las excesivas practicas humanas en esta zona de la cuenca, mostrando un estrés ecológico. Mientras que en el resto de estaciones la tendencia dominante es de familias indicadoras de buena calidad (Baetidae) tal y como se observa en las figuras 29 y 30.

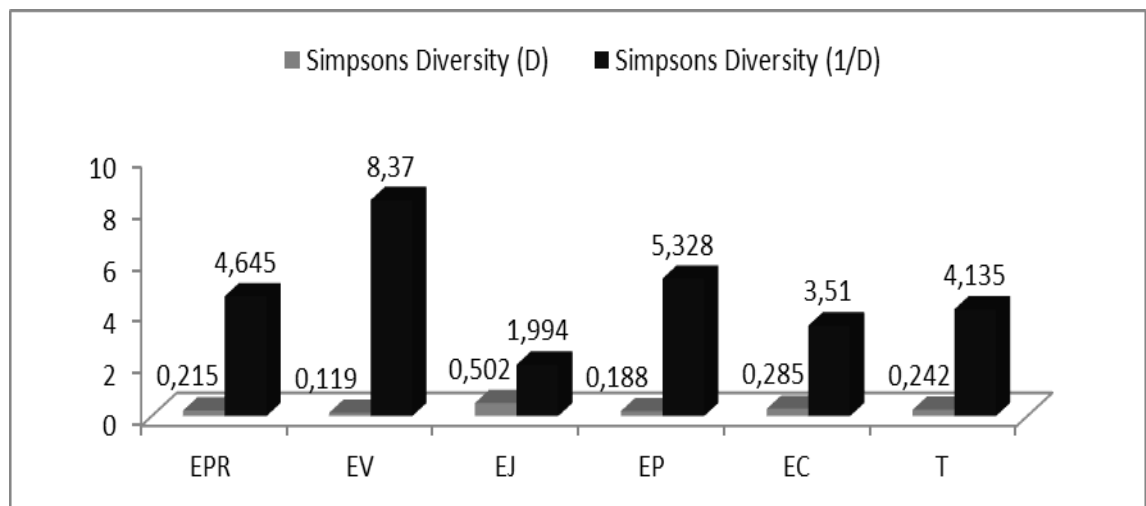
Por otra parte y de acuerdo con la teoría, entre mayor sea el valor de $1/D$, menor será la diversidad del sitio, es decir que para el caso de la primera evaluación realizada en el mes de junio, las estaciones de la Victoria y La Cecilia muestran unas diferencias considerables, logrando decir y que de acuerdo con lo manifestado por el índice de Simpson, estas estaciones presentan alteraciones ecológicas, dado que existen pocos individuos de todas las especies y la probabilidad de hallar dos individuos al azar de la misma especie es mucho menor.

Figura 29. Análisis descriptores ecológicos, índice de Simpson, margen derecho del río Guabas, Junio 2012.



Fuente: Elaboración propia, a partir de datos procesados en *Biodiversity pro*

Figura 30. Análisis descriptores ecológicos, índice de Simpson, margen izquierdo del río Guabas, Junio 2012.



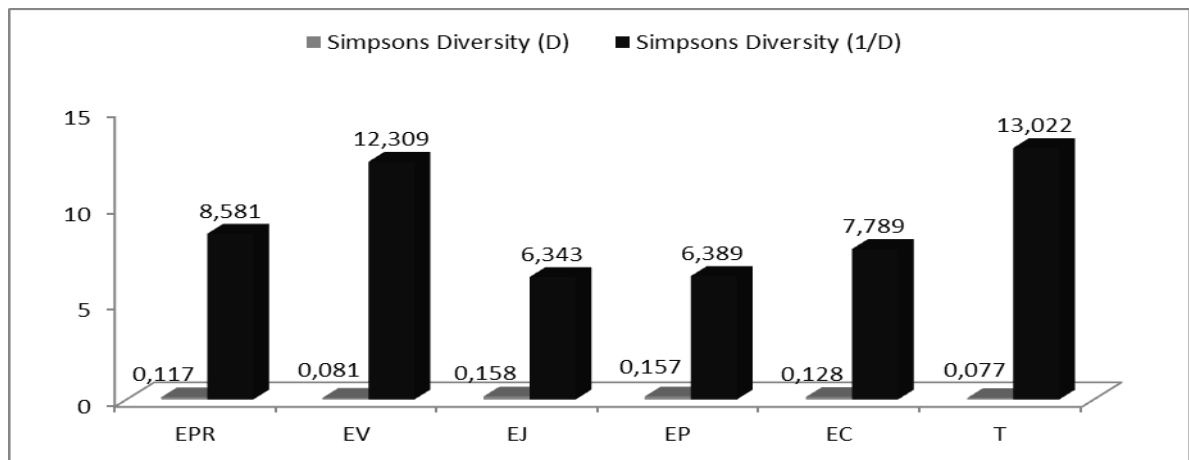
Fuente: Elaboración propia, a partir de datos procesados en *Biodiversity pro*

Por otro lado y de acuerdo con lo observado en el periodo de menores lluvias, las diferencias se han asentado aún más en las estaciones antes mencionadas, ya que las probabilidades de encontrar dos organismos al azar es menor, al igual que los valores de diversidad de especies (Figura 31 y 32).

Valores elevados en el índice de Simpson están asociados a una baja equidad de Shannon-Wiener, debido que el primer índice solo mide la preponderancia de las especies

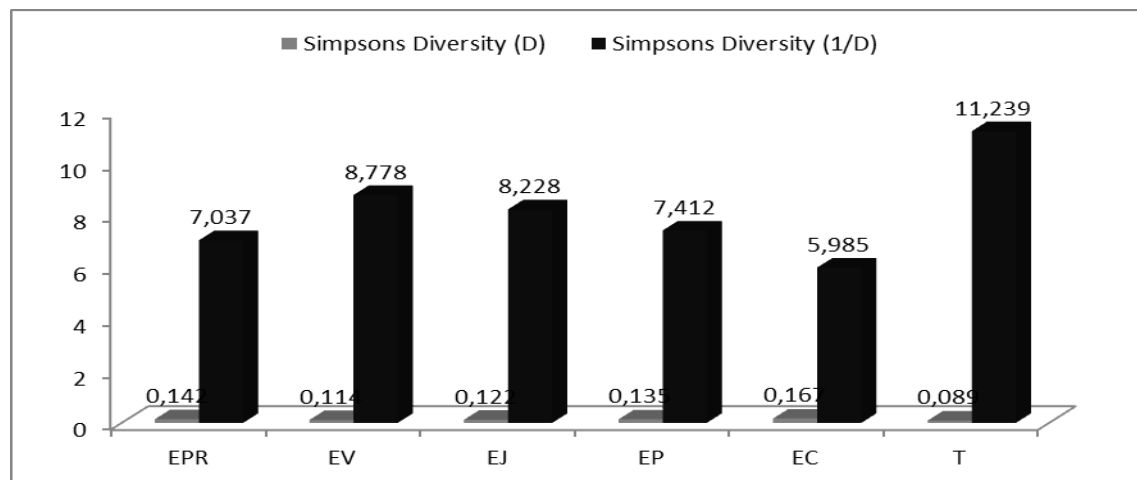
abundantes y el segundo, mide la distribución de los organismos (número) bajo ciertas condiciones, es por ellos que las estaciones La Cecilia y La Victoria presentan los mayores valores de diversidad de Simpson y los más bajos en equidad de Shannon. Esto como consecuencia de las prácticas antrópicas, cuyos lixiviados llegan a los cauces generando estrés en muchas especies, elevando la dominancia en unas y disminuyendo la distribución en otras.

Figura 31. Análisis de descriptores ecológicos por el Índice de Simpson en el margen derecho del río Guabas, Septiembre 2012.



Fuente: Elaboración propia, a partir de datos procesados en *Biodiversity pro*

Figura 32. Análisis de descriptores ecológicos por el Índice de Simpson en el margen izquierdo del río Guabas, Septiembre 2012.

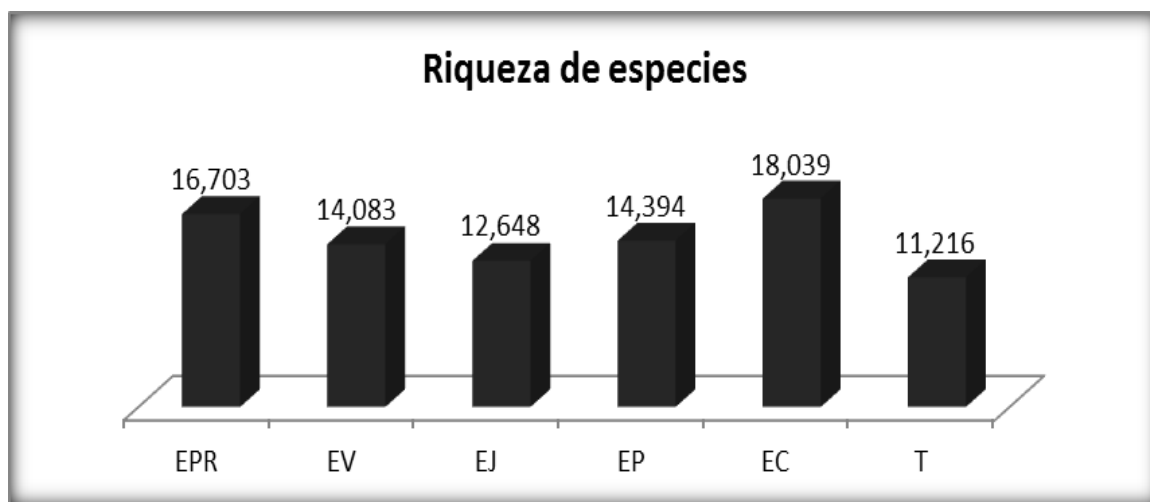


Fuente: Elaboración propia, a partir de datos procesados en *Biodiversity pro*

7.2.4 Índice de Margalef. De acuerdo con los valores obtenidos, se observa una alta riqueza de macroinvertebrados en la zona (Figura 33, 34, 35 y 36), debido a que los valores oscilan por encima de los estándares (< 2 = baja riqueza y > 5 = alta riqueza), dando a entender que si bien es cierto y de acuerdo con los índices de Shannon y Simpson, que sobre algunas áreas existen alteraciones en el cauce del río, esas alteraciones no ocasionan problemas drásticos a la totalidad de organismos en la zona; sin embargo vale la pena mencionar que dichos estándares son diseñados para evaluar latitudes templadas y de acuerdo con autores como Zunino y Zullini (2003) la abundancia y diversidad de especies aumenta en las zonas ecuatoriales, debido a las características bioclimáticas estables y constantes que originan la proliferación de especies.

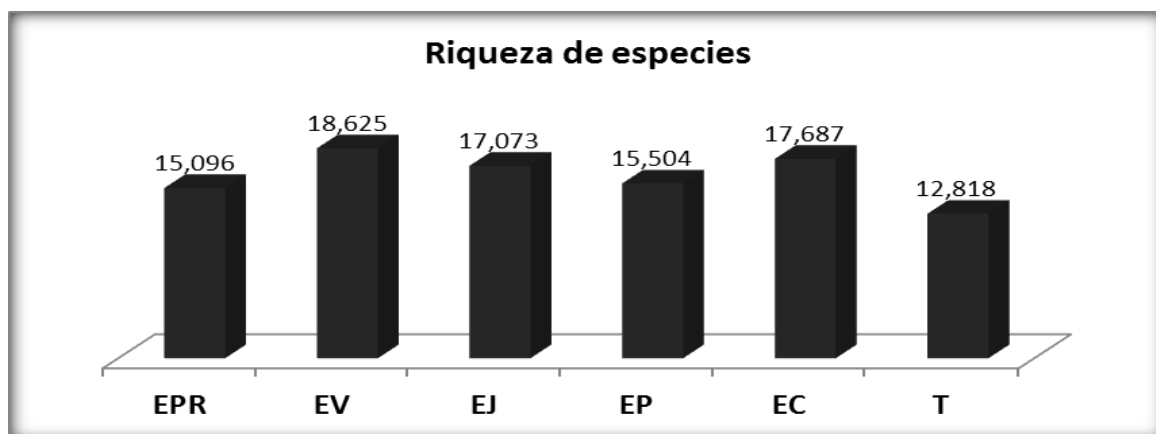
Lo anterior nos muestra que si bien es cierto, el índice de Margalef es una buena medida para estimar la calidad ecológica de un ecosistema ya que tiene en cuenta la riqueza de especies, en nuestro país las ponderaciones hechas por el autor no son aplicables. Aunque independiente de esto las variaciones de un periodo a otro son considerables, ya que pasa de 11,5 especies por estación en promedio a 9,2 para el periodo seco, afirmando que la disminución de caudal ecológico tiene gran relevancia en la fauna bentónica.

Figura 33. Riqueza de especies, margen derecho Índice de Margalef, periodo de mayores precipitaciones, Junio 2012.



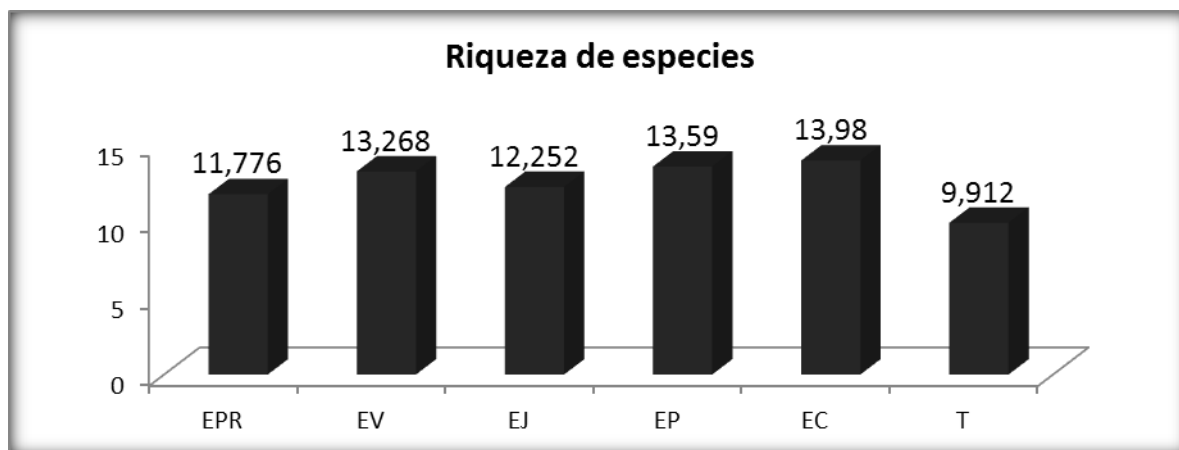
Fuente: Elaboración propia, a partir de datos procesados en *Biodiversity pro*

Figura 34. Riqueza de especies, margen izquierdo. Índice de Margalef, periodo de mayores precipitaciones, Junio 2012.



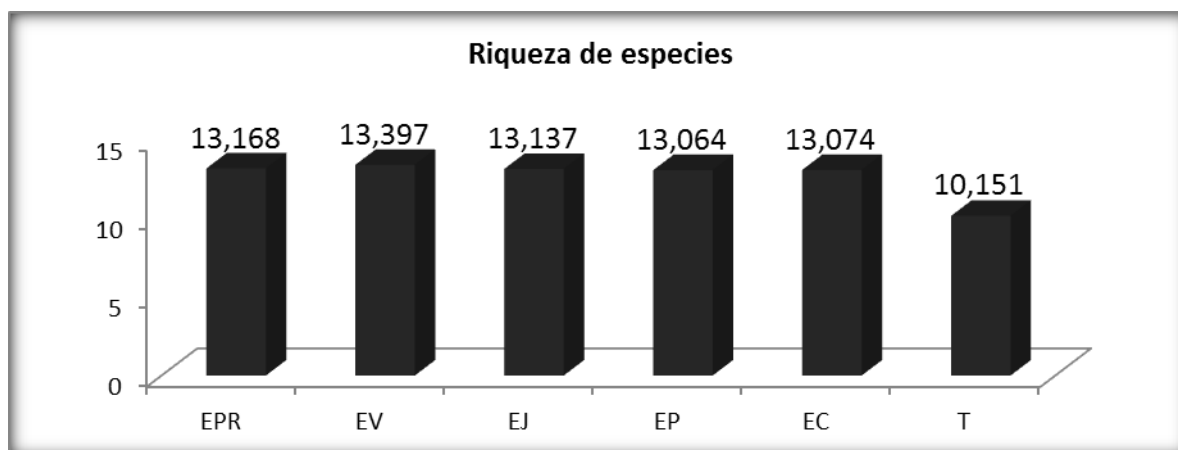
Fuente: Elaboración propia, a partir de datos procesados en *Biodiversity pro*

Figura 35. Riqueza de especies, margen derecho. Índice de Margalef, periodo de menores precipitaciones, Septiembre 2012.



Fuente: Elaboración propia, a partir de datos procesados en *Biodiversity pro*

Figura 36. Riqueza de especies, margen izquierdo. Índice de Margalef, periodo de menores precipitaciones, Septiembre 2012.



Fuente: Elaboración propia, a partir de datos procesados en *Biodiversity pro*.

En términos generales las estaciones La Victoria y Portugal presentan el mejor comportamiento ecológico en la cuenca alta del río Guabas bajo el periodo de mayores precipitaciones (Tabla 34), al presentar valores regulares en cuanto a índices de diversidad, abundancia e índices biológicos. Este comportamiento puede estar ligado a dos factores; por un lado, el elevado caudal en la zona que impide que ciertas comunidades de macroinvertebrados acuáticos indicadores de calidad puedan o no estar en el agua, tales como los dípteros y ephemeroptereros. Segundo que a pesar de la zona tener distintos usos del suelo en el cauce inmediato estos no están afectando en gran medida la calidad del agua, o por lo menos los índices utilizados no lo demuestran.

Por otro lado la estación Jardín muestra valores medios tanto en calidad biológica como en diversidad y riqueza de especies, sin embargo, la estación presenta problemas de equidad; esto como consecuencia de alteraciones en el cauce, que impiden buenas condiciones de calidad en todos los espacios, afectando unas especies y beneficiando otras. Seguramente la utilización de fertilizantes sobre los cultivos de café y plátano circundantes al río en este tramo tiene efectos en los valores.

Finalmente la estación Puente Rojo resulto ser la más compleja en términos ecológicos, ya que por un lado presenta las mayores controversias en cuanto a la calidad mediante el método BMWP de una margen a otra, de igual forma los valores ASPT son bajos comparados con el resto de estaciones, en cuanto a la equidad de Shannon esta estación presenta una diferencia considerable en relación a la diversidad por estaciones, demostrando que efectivamente en la estación se presentan problemas ecológicos que deben estar ligados a la alta actividad turística y de recreación en la zona.

Tabla 34. Índices ecológicos y biológicos utilizados.

Muestreo # 1. Periodo de mayores precipitaciones												
Estación	BMWP/COL		ASPT		Índice Shannon		Índice Simpson		Índice Margaletf		Abundancia	
	Margen Izquierda	Margen derecha	Margen Izquierda	Margen derecha	Margen Izquierda	Margen derecha	Margen Izquierda	Margen derecha	Margen Izquierda	Margen derecha	Margen Izquierda	Margen derecha
Puente Rojo	53	110	5,89	6,47	0,763	0,779	0,215	0,335	16,7	15,1	143	520
La Victoria	114	100	6,71	6,67	1,069	1,043	0,119	0,12	14,08	18,63	360	159
Jardín	98	97	7,00	6,93	0,564	0,837	0,502	0,25	12,65	17,07	702	252
Portugal	105	112	7,00	7,00	0,939	0,728	0,188	0,366	14,39	15,5	317	441
LA Cecilia	84	148	7,00	7,40	0,784	0,968	0,285	0,191	18,04	17,69	99	208

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado el comportamiento general de las estaciones de muestreo en el periodo de menores precipitaciones fue satisfactorio, debido a que los valores de todos los índices utilizados mostraron un alza, reflejando un mejor estado ecológico en la cuenca alta del río Guabas (Tabla 35); Sin embargo la estación La Cecilia presento por un lado los menores valores en los índices BMWP/Col, ASPT, Shannon, Margaletf y la segunda más baja abundancia de especies, en pocas palabras la estación está mostrando un estrés ecológico, ocasionado por factores relacionados con la estratigrafía del suelo, erosión a causa de pata de vaca o descargas de efluentes domésticos, este comportamiento es preocupante ya que se está hablando de un estado aceptable a regular en el nacimiento del río.

Tabla 35. Índices ecológicos y biológicos utilizados.

Muestreo # 2. Periodo de menores precipitaciones												
Estación	BMWP/COL		ASPT		Índice Shannon		Índice Simpson		Índice Margaletf		Abundancia	
	Margen Izquierda	Margen derecha	Margen Izquierda	Margen derecha	Margen Izquierda	Margen derecha	Margen Izquierda	Margen derecha	Margen Izquierda	Margen derecha	Margen Izquierda	Margen derecha
Puente Rojo	111	123	7,40	7,69	0,986	1,044	0,142	0,117	13,17	11,78	226	429
La Victoria	125	121	6,94	7,12	1,058	1,183	0,114	0,081	13,4	13,27	207	217
Jardín	116	111	7,25	6,94	1,043	1,018	0,122	0,158	13,14	12,25	229	339
Portugal	122	103	6,78	6,87	0,993	0,943	0,135	0,157	13,06	13,59	236	191
LA Cecilia	75	89	6,25	6,85	0,909	0,992	0,167	0,128	13,07	13,98	235	165

Fuente: Elaboración propia

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES SOBRE LA VALORACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO GUABAS.

Como conclusión general acerca del comportamiento ecológico en la cuenca, bajo los periodos evaluados y de acuerdo con los valores obtenidos mediante el método BMWP/Col, se puede decir que el comportamiento de las estaciones muestreadas, indica condiciones ecológicas óptimas para el uso y potabilización del agua. Sin embargo, es preocupante que sobre la zona baja de estudio y más específicamente sobre el área de captación (Estación Puente Rojo) del recurso hídrico para consumo humano, se hayan registrado valores por debajo de 55 puntos BMWP/Col. siendo esta la puntuación más baja en las estaciones evaluadas, lo que señala condiciones de contaminación considerables en el agua.

Por otro lado, llama la atención los valores registrados en la estación La Cecilia, debido a que en un mismo muestreo y periodo, de una margen a otra, se obtengan valores muy dispares, mientras en la margen izquierda las aguas están catalogadas como muy limpias, en la margen derecha solo es aceptable. Se puede inferir que sobre este último costado del río, el impacto social sobre el recurso hídrico es mayor, debido seguramente a las constantes cargas orgánicas y/o residuos de todo tipo vertidos en por esa área.

En el segundo muestreo, desarrollado bajo menores precipitaciones (Finalizando la segunda temporada de verano en el país), se percibió una mejoría en términos ecológicos en la sub-cuenca alta del río, manifestada tanto en los valores BMWP/Col, ASPT, e índices de diversidad. Aunque algunos valores de parámetros fisicoquímicos muestran alteraciones, las cuales pueden haber sido causadas días previos a la toma de muestras y no estén generando estrés en la fauna bentónica en ese momento.

La dominancia de especies por parte de la familia Baetidae según la metodología empleada, nos corrobora que los niveles ecológicos de calidad del agua en la cuenca alta son en líneas generales aceptables, sin embargo y tal como se mencionó, muchos autores difieren de la puntuación asignada a esta familia, por lo que se hace necesario revisar nuevos autores y ajustar el método a nuevas condiciones particulares de cada zona latitudinal.

De igual forma, es de resaltar la ocurrencia de la familia Simuliidae en la zona baja de estudio (Estación Puente Rojo), debido a que si bien el puntaje asignado para esta familia es alto, representando buenas condiciones de calidad del agua, su diagnóstico médico veterinario es distinto, ya representa un peligro para la salud humana, al ser propagadores de virus y enfermedades. Esto conduce a que por un lado se haga la revisión de puntajes para la familia en cuestión y segundo se ejecuten planes estratégicos para esta zona del río, debido a su importancia y localización estratégica.

De acuerdo con observaciones en campo y charlas con la comunidad sobre la zona de estudio, se aprecia un progresivo cambio en los usos del suelo, pasando de selva nativa a pastizales para la ganadería (uso del suelo que posee mayor extensión en terreno), así mismo se observa una alta deforestación sobre la cuenca alta. Lo anterior seguramente debe incitar el desarrollo de estudios sobre estos procesos, los cuales permitan determinar la tanto la incidencia en los ecosistemas acuáticos como en los terrestres.

Existe una complementariedad entre los indicadores ecológicos y los índices de diversidad, ya que muchas veces y debido a las debilidades del sistema BMWP/Col, estos últimos pueden manifestar condiciones que no son consideradas por el método biológico.

Se hace necesario evaluar las áreas de actividad minera en la cuenca hidrográfica; especialmente sobre microcuenca de la quebrada La Magdalena, para poder determinar la calidad del ecosistema acuático en esa zona de la cuenca y establecer medidas de control acerca de este tipo de actividades.

Recomendamos una zonificación ambiental sobre la totalidad de la cuenca hidrográfica, en la cual se determinen puntos neurálgicos, sobre los cuales se puedan determinar sus estados ecológicos y establecer estrategias de monitoreo sobre las actividades y usos del suelo en las zonas aledañas al cauce.

Se recomienda por otra parte una profunda teorización sobre el método empleado, ya que sobre el mismo aún en nuestro país no existe consenso sobre la valoración de ciertas familias y especies.

Ampliar el rango de aplicación de esta metodología en todo el país, ya que siendo un método fácil, sencillo y veraz, puede ofrecer más ágilmente indicadores de bienestar o estrés ecológico en los ecosistemas acuáticos de todo el territorio nacional.

Sería bueno que tanto a nivel regional como nacional existieran entidades; llámese centros de investigación o CARs encargadas de investigar, valorar y plantear medidas de control acerca de los estados ecológicos de las distintas fuentes hídricas en todas las escalas, consolidándose como entes de monitoreo de mayor importancia.

9. BIBLIOGRAFÍA

ALBA-TERCEDOR, Javier. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos [Online]. [Almería, España]: Departamento de Biología Animal y Ecología. Universidad de Granada. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), 1996, vol. II: 203-213. ISBN.: 84-7840-262-4. [Citado 8 de octubre, 2012]. Disponible en internet desde: <URL: http://www.famu.org/mayfly/pubs/pub_a/pubalbj1996p203.pdf>.

ÁLVAREZ, Rafael. Salud pública y medicina preventiva. EN: MOLINA HIGUERA, Angélica. El derecho humano al agua. Bogotá: Defensoría del Pueblo. 2005. pp 21.

ARCE, Omar. Indicadores biológicos de calidad del agua [Online]. [Cochabamba, Bolivia]: Universidad Mayor de San Simón, Octubre 2006. [Citado 02 marzo, 2013]. Disponible desde Internet: <URL:<http://www.pnuma.org/agua-miaac/>>.

BADII, M. H. LANDEROS, J. & CERNA, E. Patrones de asociación de especies y sustentabilidad. [Online]. [México D.F.]: Daena: International Journal of Good Conscience. Marzo 2008. ISSN 1870-557X. [Citado 12 de abril, 2013]. Disponible en internet desde: <[http://www.spentamexico.org/v3-n1/3\(1\)%20632-660.pdf](http://www.spentamexico.org/v3-n1/3(1)%20632-660.pdf)>.

BARRANTES, G; VEGA M.; JIMÉNEZ X. & CHAVEZ E. 2001. Evaluación del servicio ambiental hídrico en la cuenca del río Tempisque y su aplicación al ajuste de tarifas. Documento preparado para la Asociación para el Desarrollo Sostenible del Área de Conservación Tempisque (ASOTEMPISQUE). Heredia, Costa Rica.

BARRY, D.; ROSA, H; & ARTIGA, R. El desafío del agua en Centroamérica. EN: Instituto Latinoamericano de servicios legales alternativos & Instituto del tercer mundo. Agua Pasó por aquí: Experiencias sociales de manejo sostenible. Una alternativa a la privatización. Bogotá. 1999. 92p.

BOUZA, Carlos; COVARRUBIAS, Daniel. Estimación del índice de diversidad de Simpson en m sitios de muestreo. [Online]. Universidad de La Habana, Cuba. Universidad Autónoma de Guerrero, México. EN: Revista Investigación Operacional. 2005. Vol. 26, No. 2; p. 4-5. Disponible desde en: <<http://rev-inv-ope.univ-paris1.fr/files/26205/IO-26205-9.pdf>>.

BITRAGO, C. H. Esta semana volvieron a quitar el agua. [Online]. Ginebra (Valle del Cauca): El Ginebrino, Febrero 2012. [Citado 28 marzo, 2013]. Disponible desde Internet: <<http://www.elginebrino.com/content/view/487/2/>>.

CANTERA, Jaime Ricardo; CARVAJAL, Yesid y CASTRO, Lina Mabel. Caudal ambiental conceptos, experiencias y desafíos. Universidad del Valle. Santiago de Cali. 2009. 325 p.

DANE. Censo General nivel nacional. Bogotá. 2005. 501 p.

FAO. Introducción a la ordenación de cuencas hidrográficas. Roma. 1958. Citado por SÁNCHEZ, Silvio. Una aproximación al proceso de planificación de cuencas hidrográficas. Ibagué. Universidad del Tolima. 1995. p. 94

NIEMI, Gerald J. & MCDONALD. Michael E. APPLICATION OF ECOLOGICAL INDICATORS. [Online] Annual. Revist. Ecological Evolution System. 2004. 35: 89–111. Citado por FLEISCHMAN E, BLAIR RB, & MURPHY DD. Empirical validation of a method for umbrella species selection. *Ecol. Appl.* 2001. 1:1489 – 501.

GALEANO L. Estudio Hidrobiológico del río Bogotá. Empresas de acueducto y alcantarillado. Citado por ROLDÁN PÉREZ. Gabriel Alfonso. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Medellín: Universidad de Antioquia, 2003. 170 p.

GOÍTIA, Carlos. Ecosistemas lóticos. [Online]. 2010. 12: 4-5. [Citado 13 Enero, 2013].]. Disponible desde Internet: <URL: <http://www.slideshare.net/carlos2do/tema-3-ecosistemas-lticos>>.

GÓMEZ OREA, D. (1978): El medio físico y la planificación. Vols. I y II. Cuadernos del C.I.F.C.A.

GOTELLI, N. J. & R. K. COLWELL. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4: 379-391. Citado por KRAKER-CASTAÑEDA, C. & CÓBAR-CARRANZA, Ana José. Uso de rarefacción para comparación de la riqueza de especies: el caso de las aves de sotobosque en la zona de influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá, Guatemala [Online]. Guatemala., Guatemala. Enero-Junio 2011. [Citado 09 febrero, 2014]. Disponible desde internet: <URL: http://www.ciidiroaxaca.ipn.mx/revista/pdf/vol9num1/NatyDes_Vol-9-1-Art5.pdf>.

GRAY, N. F. Calidad del agua potable problemas y soluciones. Zaragoza: Acribia, 1994. 365 p.

GREENPEACE. Disponibilidad del recurso. [Online]. Bogotá, Colombia: Greenpeace Colombia. Agosto 2012. [Citado 09 febrero, 2013]. Disponible desde Internet: <URL: <http://www.greenpeace.org/colombia/>>.

HELLEWELL, J. Biological indicators of freshwater pollution and enviromental management. London & New York. Elsevier Applied Science Publication, 1986. [Citado 24 abril de 2013]. 546 p. Disponible desde Internet: <URL: <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=5931736>

HERRERA, Alejandro. La clasificación numérica y su aplicación en la ecología. Santo Domingo. Universidad INTEC/Programa EcoMar, Inc. 2000. Sanmenycar, 121 pp.

IDEAM. Estudio Nacional del Agua. EN: MOLINA HIGUERA, Angélica. El derecho humano al agua. Bogotá: Defensoría del Pueblo. 2005. pp 24.

JACKSON, Laura E.; KURTZ, Janis C. & FISHER, William S. Evaluation guidelines for ecological indicators [online]. [Washington, USA]: U.S. Environmental Protection Agency. Office of Research and Development. April 2000. [Citado 09 octubre, 2012]. 109 p. Disponible desde Internet: <URL: http://www.epa.gov/emap/html/pubs/docs/resdocs/ecol_ind.pdf.

KOLKWITZ, R & MARSSON, W.A.. Ecology of plant saprobia. 1908. Citado por ROLDAN, PEREZ Gabriel. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. [online], Medellín. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 23. 1999. Pp 375-387. Disponible desde internet : http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_23/88/375-387.pdf

LANDRES PB, VERNER J, Thomas JW. 1988. Ecological uses of vertebrate indicator species: a critique. *Conserv. Biol.* 2:1-13. Citado por : Gerald J. Niemi & Michael E. McDonald. APPLICATION OF ECOLOGICAL INDICATORS. Annual. Revist. Ecological Evolution System. 2004. 35: 89-111.

_____. Okologie der tieischen saprobien. 1909. Citado por ROLDAN, PEREZ Gabriel. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua [online], 1999. Medellín. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 23. Pp 375-387. Disponible desde internet : <http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_23/88/375-387.pdf>.

MANDAVILLE, S. M. Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols. Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax. [Online]. June. 2002. [Consultado 12 julio 2013]. Disponible desde internet : <<https://http://lakes.chebucto.org/H-1/tolerance.pdf>>.

MÁSMELA, DÍAZ. Paula. El paisaje como elemento de la ordenación territorial. Un análisis de paisaje desde su enfoque visual en el borde centro oriental de Medellín, Colombia. Arquitecta. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. 2010. 61 p.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guía preliminar para la reglamentación de los usos del agua. Bogotá D.C., 2010.

MOLINA HIGUERA, Angélica. El derecho humano al agua. Bogotá : Defensoría del Pueblo. 2005. 124 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Ecological Indicators for the Nation*. Washington, DC: Natl. Acad. 2000. Citado por : Gerald J. Niemi & Michael E. McDonald. APPLICATION OF ECOLOGICAL INDICATORS. Annual. Revist. Ecological Evolution System. 2004. 35: Pp. 89–111. Disponible desde internet: http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9720&page=2.

NIEMEIJER D. Developing indicators for environmental policy: data-driven and theory-driven approaches examined by example. *En* : Environmental Science. 2002. Pol. 5:91–103. Disponible desde internet : <http://www.epa.gov/sab/pdf/epec02009.pdf>. Citado por : Gerald J. Niemi & Michael E. McDonald. APPLICATION OF ECOLOGICAL INDICATORS. Annual. Revist. Ecological Evolution System. 2004. 35: 89–111. Disponible desde internet: http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9720&page=2.

NOSS, R. F. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *En* : Conservation Biology. Vol. 4 (1990); p. 355–364. Disponible desde internet : <http://www.epa.gov/sab/pdf/epec02009.pdf>. Citado por : Gerald J. Niemi & Michael E. McDonald. APPLICATION OF ECOLOGICAL INDICATORS. Annual. Revist. Ecological Evolution System. 2004. 35: 89–111.

OSPINA, R & D. MUÑOZ. 1998. Guía para la identificación de los Ephemeroptera de la Sabana de Bogotá, Colombia. Ninfas y algunos géneros de adultos. Actual. Biol. 20 (69). EN: Actual Biol. Vol. 21 (70). 47-60, 1999. [Online]. [Citado 13 Septiembre, 2013].

Disponible desde internet: URL:<http://>

<http://matematicas.udea.edu.co/~actubiol/actualidadesbiologicas/raba1999v21n70art6.pdf>.

OYAGA, Rafael. ÍNDICE BIOLÓGICO BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY PARA LOS CUERPOS DE AGUA DULCE DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO. Corporación Universitaria de la Costa (CUC). [Online]. [Citado 13 Septiembre, 2013]. Disponible desde internet: <URL:[http:// www.idea.unal.edu.co/-eventos/CisdaIV/ponencias/E3_Gestion_agua/E3_rafael_oyaga.pdf](http://www.idea.unal.edu.co/-eventos/CisdaIV/ponencias/E3_Gestion_agua/E3_rafael_oyaga.pdf)>.

PÉREZ, M. Vicente. La fragilidad del agua. [Online]. [Santiago de Chile. Chile] Octubre 2008. [Citado 3 Julio, 2013]. Disponible desde internet: <URL:<http://estoyenesta.blogspot.com/2008/10/la-fragilidad-del-agua.html>>.

POSTEL, S. y RICHTER B. 2010. Ríos para toda la vida. La gestión del agua para las personas y la naturaleza. 277 p. Disponible desde internet: <URL:http://www.centrodelagua.cl/documentos/difusion-documentos/SERVECOSISTEMICOSRYC_FINAL_IDEACONSULTORA.pdf>.

PRIORE, R. (2002), “Derecho al paisaje, derecho del paisaje”, EN : ZOIDO & VENEGAS, *op. cit.*, pp. 92-99.

RAMAKRISHNA, B. Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura. San José, Costa Rica. 1997. pp 10-12.

REYNOLDS, Jenny. 1997. Evaluación de los recursos hídricos en Costa Rica: Disponibilidad y utilización. Proyecto de Cuentas Ambientales. CINPE-UNA-CCT.

REYES, David. El agua no es un recurso. EN: Instituto Latinoamericano de servicios legales alternativos & Instituto del tercer mundo. Agua Pasó por aquí: Experiencias sociales de manejo sostenible. Una alternativa a la privatización. Bogotá. 1999. 107 pp.

ROLDÁN PÉREZ. Gabriel Alfonso. Fundamentos de limnología neotropical. Medellín: Universidad de Antioquia, 1992. 530 p.

_____. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Medellín : Universidad de Antioquia, 2003. 170 p.

_____. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Colombia : Fondo para la protección del medio ambiente José Celestino Mutis, 1996. 217 P.

_____. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. Medellín. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 23. 1999. Pp 375-387. Disponible desde internet : <http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_23/88/375-387.pdf>.

SANCHEZ, Oscar. Ecosistemas acuáticos: diversidad, procesos, problemática y conservación. Disponible desde internet: <<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/533/ecosistemas.pdf>>. S. f. P. 26.

SMEETS, E. & WETERINGS, R. Environmental indicators: typology and overview. *Tech. Rep.* 25, 1999 Eur. Environ. Agency, Copenhagen, Den. Disponible desde internet : <<http://reports.eea.eu.int/80/TEC25/en/tech25text.pdf>>. Citado por : NIEMI, Gerald J. & MCDONALD, Michael E. APPLICATION OF ECOLOGICAL INDICATORS. Annual. Revist. Ecological Evolution System. 2004. 35: 89–111.

SOMARRIBA, Eduardo. Diversidad Shannon. EN: Agroforestería en las Américas. 1999. Vol. 6, No. 23, p. 1-2.

TOVAR, Jorge E. & RUBIO, Oscar R. Apuntes sobre ecosistemas colombianos. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 2001. 152 p.

TRICART, Jean1. L'analyse de système et l'étude intégrée du milieu naturel. En : Annales de Géographie. Vol. 88 (1979); p. 705-714. Traducción de Julio Muñoz Jiménez.

US EPA. 2002. A SAB report: a framework for assessing and reporting on ecological condition. EPA-SAB-EPEC-02–009, Washington, DC. 142 p. Disponible desde internet : <<http://www.epa.gov/sab/pdf/epec02009.pdf>>. Citado por : NIEMI Gerald J. & MCDONALD. Michael E. APPLICATION OF ECOLOGICAL INDICATORS. Annual. Revist. Ecological Evolution System. 2004. 35: 89–111.

VERGARA OLAYA, Diana Lucia. Entomofauna lítica bioindicadora de la calidad del agua. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. 2009. P 26.

VIRGÜEZ, Manuel. Día Internacional del agua, Bogotá, D.C. Observación inédita, 2012.

VILLARINO, M. T. El paisaje. En: Curso sobre evaluaciones de impacto ambiental. Dirección General del Medio Ambiente. (1985). M.O.P.U., Madrid. Citado por MASMELA DIASZ, Paula. El paisaje como elemento de la ordenación territorial. Un

análisis de paisaje desde su enfoque visual en el borde centro oriental de Medellín, Colombia. Medellín. Universidad Nacional. 2010. Disponible desde internet : http://www.bdigital.unal.edu.co/3734/1/32143590.2011_1.pdf.

WILHM, J. L. Biological indicators of pollution. En : WHITTON, B. A. (Ed.). River Ecology. Oxford : Blackwell, 1975. 725 p. Disponible desde internet : <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Bioindic.htm>.

ZUNINO, Mario y ZULLINI, Aldo. Biogeografía : La dimensión espacial de la evolución. México : Fondo de Cultura Económica, 2003. 359 p. ISBN 968- 16-6721-2