

**CARACTERIZACIÓN DE LA ENTOMOFAUNA ACUÁTICA Y SU RELACIÓN
CON LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS EN RÍO FRÍO (SANTANDER)**

FIGUEROA JOHANNA PATRICIA

REYES BARAJAS FAHIESA IVONNE

Trabajo de Grado para optar el Título de Bióloga

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA
BUCARAMANGA-SANTANDER
2005**

**CARACTERIZACIÓN DE LA ENTOMOFAUNA ACUÁTICA Y SU RELACIÓN
CON LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS EN RÍO FRÍO (SANTANDER)**

**FIGUEROA JOHANNA PATRICIA
REYES BARAJAS FAHIESA IVONNE**

**Director
Alfonso Villalobos Moreno
MsC. Entomología**

**Asesor
Dagoberto Arrieta Prieto
Lic. Biología**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA
BUCARAMANGA- SANTANDER
2005**

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1 HIPOTESIS	3
2 OBJETIVOS	4
2.1 OBJETIVO GENERAL	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3 MARCO TEORICO	5
4 AREA DE ESTUDIO	9
5 METODOLOGIA	17
5.1 MUESTREO BIOLÓGICO.....	17
5.1.1 Muestreo Cuantitativo	17
5.1.2 Muestreo Cualitativo.....	18
5.2 MUESTREO FISICOQUÍMICO	19
5.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	20
6 RESULTADOS Y DISCUSION	24
6.1 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS	24
6.1.1 Temperatura	24
6.1.2 Turbidez	25
6.1.3 Sólidos totales	26
6.1.4 pH.....	28
6.1.5 Alcalinidad	29
6.1.6 Oxígeno Disuelto	30
6.1.7 Conductividad.....	31
6.1.8 Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	32
6.1.9 Demanda Química de Oxígeno	33
6.1.10 Nutrientes: nitrógeno y fósforo.....	34
6.1.11 Análisis de Componentes Principales para los factores físicos y químicos entre estaciones	36
6.2 ANÁLISIS BIOLÓGICOS.....	38
6.2.1 Abundancia relativa	40
6.2.2 Riqueza numérica.....	41
6.2.3 Dominancia de Simpson.....	42
6.2.4 Índice de Shannon-Weaver y equidad de Pielou	43
6.2.5 Análisis multivariado biológico.....	44
6.2.6 Evaluación de la calidad del agua de cada una de las estaciones de muestreo por medio del BMWP/Col.	48
6.2.7 Índice de pérdida de taxones	50
7 CONCLUSIONES	52
8 RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFIA	54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Zonas de Vida Río Frío	9
Tabla 2. Parámetros y método usado para el análisis físico-químico	19
Tabla 3. Puntajes de familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP* ...	23
Tabla 4. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo al índice BMWP	23
Tabla 5. Temperatura del agua en las estaciones de muestreo.	24
Tabla 6. Turbidez del agua en los sitios de muestreo.	26
Tabla 7. Sólidos Totales en los sitios de muestreo.	27
Tabla 8. pH del agua en los sitios de muestreo.	28
Tabla 9. Alcalinidad del agua en los puntos de muestreo.....	30
Tabla 10. Oxígeno Disuelto en las estaciones de muestreo.	30
Tabla 11. Conductividad en las estaciones de muestreo	32
Tabla 12. Demanda biológica de oxígeno en los sitios de muestreo.	32
Tabla 13. Demanda Química de Oxígeno en los puntos de muestreo	33
Tabla 14. Concentración de Nitritos de los sitios de muestra.	34
Tabla 15. Concentración de Nitratos de los sitios de muestra.	35
Tabla 16. Concentración de fósforo en los sitios de muestra.	35
Tabla 17. Valores de Diversidad de Shannon-Weaver (bits/ind.) y equidad de Pielou para los seis puntos de muestreo	44
Tabla 18. Valores totales del BMWP/C en todas las estaciones.....	48
Tabla 19. Índice de pérdida de taxones de las seis estaciones de muestreo	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación Geográfica.....	10
Figura 2.	Estación I El Diviso.....	14
Figura 3.	Estación II La Judía.....	14
Figura 4.	Estación III La Esperanza.	15
Figura 5.	Estación IV Quebrada Aranzoque.....	15
Figura 6.	Estación V Puente.....	16
Figura 7.	Estación VI Caneyes.....	16
Figura 8.	Red Surber.....	17
Figura 9.	Red triangular.....	18

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1. Precipitación mensual estaciones La Esperanza y PTAR.....	13
Gráfico 2. Variación de la temperatura del agua en los 6 puntos de muestreo.....	25
Gráfico 3. Variación de los Sólidos Totales Disueltos (STD) en los sitios de muestreo..	27
Gráfico 4. Variación del pH en los sitios de muestreo.....	29
Gráfico 5. Variación del Oxígeno Disuelto (OD) en los sitios de muestreo	31
Gráfico 6. Análisis de componentes principales entre parámetros fisicoquímicos.....	36
Gráfico 7. Análisis de componentes principales entre estaciones.	37
Gráfico 8. Curva de saturación de especies.....	38
Gráfico 9. Porcentajes del número total de individuos por Ordenes en el muestreo cuantitativo	39
Gráfico 10. Porcentajes del número total de individuos por biotopo	40
Gráfico 11. Variación de la riqueza de insectos acuáticos a lo largo de río Frío.....	42
Gráfico 12. Variación de la dominancia de insectos acuáticos en río Frío.....	43
Gráfico 13. Dendrograma de similaridad.	45
Gráfico 14. Ordenamiento de los biotopos según morfoespecies.....	46
Gráfico 15. Dendrograma de similaridad entre morfoespecies.	47
Gráfico 16. Porcentaje de pérdida de taxones en todos los puntos de muestreo.....	51

ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE DATOS GENERAL DE INSECTOS COLECTADOS EN RÍO FRÍO DURANTE LOS MESES AGOSTO-DICIEMBRE DE 2003 Y FEBRERO DE 2004.....	61
ANEXO 2. REGISTRO DE FAMILIAS Y GENEROS DE RÍO FRÍO	67
ANEXO 3. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS REGISTRADOS EN RÍO FRÍO.....	69
ANEXO 4. CORRELACION ENTRE LOS FACTORES FISICOQUÍMICOS Y LA DIVERSIDAD.....	72
ANEXO 5. FOTOGRAFÍAS DE ALGUNOS INSECTOS ACUÁTICOS COLECTADOS EN RÍO FRÍO	73
ANEXO 6. MAPA DE CALIDAD DE AGUA PARA RÍO FRÍO AGOSTO – DICIEMBRE 2003 Y FEBRERO 2004	81

DEDICATORIA

A Dios que es la energía que me impulsa cada día, a Vladimir papá, mi compañero incondicional que me apoyó para que pudiera terminar la carrera y a mi hijo Vladimir Felipe por ser la razón de mi vida.

Muchas gracias.

Johanna Patricia Figueroa

DEDICATORIA

A Dios, la luz que me guía; a mis queridos padres por el cariño, el soporte incondicional que me han brindado y sin el cual esto no habría sido posible. A toda mi familia que de alguna manera me apoyó durante la carrera.

A Jaime por su amor y comprensión durante todo este proceso.

A todos ellos...

Muchas gracias.

Fahiesa Ivonne Reyes Barajas

AGRADECIMIENTOS

Los más sinceros agradecimientos a todas las personas y entidades que hicieron posible la ejecución de este trabajo.

En la Universidad Industrial de Santander:

- Al profesor Alfonso Villalobos Moreno por la organización y corrección final de este manuscrito así como por sus valiosos aportes científicos.
- Al Profesor Dagoberto Arrieta por el respaldo profesional y anímico.
- A los profesores Gregorio Moreno y Humberto García por facilitarnos algunas herramientas para la consecución de este proyecto.
- A Jorge Villamizar por colaborarnos en el Laboratorio de Entomología.

En la Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB):

- A la doctora Elvia Ercilia Páez, Subdirectora de Administración de Recursos Naturales por su apoyo a el proyecto.
- Al doctor Julio Enrique Mantilla, Subdirector de Recursos Naturales por su guía e interés demostrado a lo largo de este proyecto.
- A la doctora Rosa María Higuera, Directora del Laboratorio de Aguas y Suelos del Centro Experimental La Esperanza por facilitar los análisis fisicoquímicos.
- A Genny Sánchez de la Subdirección de Normatividad y Calidad Ambiental por sus aportes con los datos fisicoquímicos.
- A Enrique Santos y Alcides Rivera del Grupo de Monitoreo Ambiental por su colaboración en la fase de campo.

En la Universidad Católica de Oriente:

- Al doctor Gabriel Roldán Pérez, Director del Sistema de Investigación y Desarrollo por acoger el proyecto y por sus valiosos aportes científicos.
- A la doctora Luisa Fernanda Álvarez Arango, por su dedicación en la identificación y corroboración taxonómica de los insectos acuáticos colectados.

En la Universidad de Antioquia:

- A la bióloga Alexandra Arango, por su asesoría en el análisis estadístico.

RESUMEN

En esta investigación se estudió la estructura de la comunidad de insectos acuáticos y su distribución espacial a lo largo de un gradiente altitudinal en Río Frío, localizado en la cordillera oriental de la subcuenca Río de Oro, perteneciente a la cuenca superior del Río Lebrija en el Departamento de Santander. Con el fin de establecer la distribución de insectos acuáticos y las interrelaciones entre los parámetros físicos y químicos, se realizaron muestreos mensuales durante los meses de agosto a diciembre de 2003 y febrero de 2004 en seis estaciones. Para establecer la composición y estructura de la comunidad de insectos se utilizaron los índices de diversidad (H'), equidad (J') y riqueza numérica (S). Además se empleó el índice biótico BMWP/C adaptado para Colombia, el cual asigna a cada familia un puntaje de acuerdo a sus características como bioindicador y a través de una escala de tolerancia a la contaminación determina a qué tipo de aguas corresponde. Se encontraron nueve órdenes de insectos acuáticos representados en 47 familias, las más significativas fueron Chironomidae (40,99%), Baetidae (20,3%) e Hydropsychidae (12,7%). Para poder establecer patrones de agrupamiento de los factores fisicoquímicos y biológicos se realizaron análisis de componentes principales, dendrogramas de similitud entre estaciones y una regresión lineal múltiple. Río Frío presenta desde el punto de vista de composición y estructura de la comunidad de insectos acuáticos una disminución progresiva de taxones como consecuencia de la acción de tensores ambientales como la contaminación y actividades antrópicas que contribuyen al el deterioro de sus aguas.

Palabras claves: insectos acuáticos, bioindicación, tolerancia, diversidad, BMWP/C, Río Frío.

ABSTRACT

In this investigation was studied the structure in the aquatic insects community and their spatial distribution taking in account the gradient altitude in Río Frío, placed at the East mountain range in the Santander Department. With the purpose of establishing the distribution of aquatic insects and the relationships between physics and chemicals parameters, the samplings were conducted from August to December 2003 and February 2004 in six sites. To establish the composition and structure of aquatic insects the Diversity Index (H'), Equity (J') and numeric richness (S). In addition it was employed the biotic Index BMWP/Col, which assigns to each family a percentage contamination scale determining the type of water nine orders of aquatic insects, 47 families and the most significatives were Chironomidae (40%), Baetidae (20%) and Hydropsychidae (12%) were found. To establish grouping patterns of physic-chemicals factors Principal Components Analysis, similarity dendrograms between sites and a multiple lineal regression were made. Río Frío From a compositio point of view aquatic insects structure community, represents progressive decrease of taxes as consequence of environment tensors; like contamination and anthropic activities that contribute to their water damage.

Key words: aquatic insects, bioindication, tolerance, diversity, BMWP/C, Río Frío.

INTRODUCCIÓN

En Colombia los parámetros tradicionalmente utilizados en la evaluación de la calidad de agua en corrientes superficiales incluyen la información de tipo físico, químico y bacteriológico, particularmente referido al número más probable de coliformes fecales y totales (Zúñiga de Cardoso, 1994). Sin embargo, en los últimos años se ha aceptado la inclusión de las comunidades acuáticas como un hecho fundamental para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos (Roldán, 2001).

El término “calidad” referido a las aguas continentales, no es un concepto absoluto ni de fácil definición, por el contrario es relativo y depende del destino final del recurso, por lo tanto al evaluar la calidad de las aguas mediante el estudio de la composición y estructura de comunidades de organismos, surge el término de Calidad Biológica (Alba-Tercedor, 1996). Se considera que la calidad biológica es una propiedad determinada cualitativa y cuantitativamente por las características de la composición y estructura de la comunidad Biótica en general o de una de las comunidades de un grupo en particular (Zamora, 1999).

El uso de comunidades con insectos acuáticos facilitan el monitoreo biológico de los ecosistemas acuáticos, por ser abundantes, relativamente fáciles de coleccionar y por poseer suficiente tamaño para ser observados sin necesidad de una infraestructura sofisticada (Sánchez-Vélez, 1999), otra ventaja de este grupo radica en que tras una perturbación, necesitan de un tiempo mínimo de recolonización, próximo al mes y a veces más, por lo que los efectos de un cambio pueden detectarse varias semanas e incluso meses después de que estos se produzcan (Alba-Tercedor, 1996). Por tanto, la presencia de una comunidad en un medio determinado es un índice inequívoco de las condiciones que allí están dominando y que las fluctuaciones de contaminación que pueden presentarse no son lo suficientemente fuertes como para provocar un cambio significativo en la misma (Roldán, 2003).

Las consideraciones anteriores fundamentan la importancia de las variables biológicas ya que aportan información de trayectoria acumulada en el tiempo, debido a que las especies están allí adaptadas a las condiciones predominantes, y las variables físicas y químicas suministran información puntual que refuerza las consideraciones obtenidas mediante el análisis biológico.

El objetivo de este estudio es identificar la entomofauna acuática existente en Río Frío (Santander), que complementado con el análisis de los parámetros físicos y químicos, permitirán dar un diagnóstico de la calidad de sus aguas y establecer las bases para un sistema de bioindicación en el ámbito regional.

1 HIPOTESIS

Ho: La estructura de las comunidades de insectos acuáticos presenta igual distribución entre las estaciones de muestreo.

Ho: La distribución de los parámetros físicos y químicos entre las estaciones de muestreo presenta igualdad.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la distribución espacio-temporal de las comunidades de insectos acuáticos y relacionarla con factores físicos y químicos, para evaluar la calidad biológica del agua de Río Frío (Santander).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el material biológico colectado, hasta el nivel taxonómico más bajo que sea posible.
- Establecer las correlaciones entre los parámetros físicos y químicos y la distribución de las comunidades de insectos acuáticos en cada una de las estaciones.
- Calcular densidad numérica, abundancia relativa, riqueza (Margalef) y diversidad (Shannon-Wiener) de las comunidades de insectos acuáticos.
- Calcular el índice BMWP/Col con las familias descritas y representar gráficamente mediante el uso de un mapa el estado actual de la calidad del agua de Río Frío.

3 MARCO TEORICO

Bajo el término de “macroinvertebrados” se conocen todos aquellos organismos que se pueden ver a simple vista; normalmente poseen un tamaño mayor de 0,5 mm. Dentro de éstos se encuentran los poríferos, hidrozooos, turbelarios, oligoquetos, hirudíneos, arácnidos, crustáceos, gastrópodos, bivalvos y los insectos acuáticos que constituyen el grupo más representativo (Roldan 2003).

Los macroinvertebrados acuáticos son ampliamente conocidos y utilizados en las zonas templadas para evaluar la calidad del agua desde hace varias décadas; entre otros autores, se pueden mencionar MacCafferty (1981), Merritt y Cummins (1978, 1996), Edmonson (1959) quienes contribuyeron con datos de morfofisiología de insectos acuáticos y establecieron claves para la identificación taxonómica.

En Colombia, la mayor parte de estudios limnológicos se han realizado en el Departamento de Antioquia, cuando por primera vez Roldán *et al.* (1973), hicieron un estudio de la fauna de macroinvertebrados como indicadores del grado de contaminación del Río Medellín. Posteriormente se llevaron a cabo trabajos relacionados con estudios de comunidades de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua en diferentes ríos de Antioquia, entre ellos (Alzate 1986), en el Río Negro y sus afluentes.

Roldán en 1988 publicó la primera guía para la identificación de los macroinvertebrados acuáticos en el Departamento de Antioquia, que sirvió de base para posteriores estudios en el resto del país, entre ellos, Vergara *et al.* (1994) en Honda (Tolima), los cuales reconocieron los insectos acuáticos como indicadores biológicos de la calidad del agua, Zúñiga de Cardoso y Hernández (1994) en el Valle del Cauca establecieron las posibles correlaciones entre los índices de calidad de agua y los grupos de insectos predominantes en zonas con diferente nivel de deterioro ambiental; Camacho (1995) contribuyó también al estudio de los macroinvertebrados en esteros del Casanare; Rincón (1996) en la Quebrada Carrizal (Boyacá) contribuyó al establecimiento de un sistema de bioindicación regional, basándose en los macroinvertebrados acuáticos, principalmente en el orden Trichoptera. Trabajos similares han sido realizados por Delgado (1997) en Zipaquirá;

Caicedo y Palacio (1998) en Guarne (Antioquia), y en el Río Medellín, Quiñónez y Ramírez (1998) siguieron el patrón de deriva y la estructura numérica de los macroinvertebrados acuáticos.

Más recientemente Vélez (2000) en la Quebrada La Vega, estableció la composición de comunidades del perifiton, plancton, ictiofauna y los macroinvertebrados; Sánchez y Zamora (2002) evaluaron el efecto generado por la extracción de arena sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el río Robles (Cauca) y Posada (2002) reconoció la distribución, taxonomía y bioindicación de las larvas de Trichoptera en el Departamento de Antioquia.

Existen diferentes métodos de determinación de la calidad del agua: físicos, químicos, bacteriológicos y biológicos. García (1998) afirma que a pesar de que los métodos juegan un papel distinto, se complementan en la determinación de la calidad del agua. Los índices bióticos son hoy en día los más utilizados, entre estos se encuentran:

- **Trent Biotic Index (TBI) (Woodiwiss 1964):** es un método por el cual el cálculo del índice biótico se efectúa mediante el empleo de una tabla estándar de doble entrada. Las aguas muy limpias tienen un índice biótico próximo a 10 y las muy contaminadas se acercan a 0; posteriormente Woodiwiss en 1978 realizó una nueva versión del método con una mayor amplitud de escala de 0 a 15.
- **Índice de Vemeaux-Tuffery (1967):** es el método utilizado en Francia, tiene una estructura análoga al anterior con alguna variante accesoria. El estudio se efectúa en dos zonas del cauce. La zona lótica correspondiente a la corriente rápida y la zona léntica con aguas de corriente débil (< 15 cm/seg), obteniéndose un índice para cada una de ellas (I_c = Lótica; I_l = Léntica) hallándose el índice medio de ambas.
- **Biotic Score (Chandler 1970):** en este método se tiene en cuenta la abundancia de los organismos recolectados con una red de mano durante cinco minutos: Presentes: 1 a 2 individuos; Pocos: 2 a 10 individuos; Común: 11 a 50 individuos; Abundantes: 51 a 100 individuos; Muy abundantes: Más de 100 individuos. En una tabla se recogen las especies en orden creciente de tolerancia a la contaminación, dándole a cada

grupo un valor. Este valor crece con el aumento de la abundancia de especies de agua pura, mientras disminuye con el aumento de la abundancia de la especie resistente a la contaminación; sumando los valores individuales de los distintos grupos se obtiene el índice para cada estación. El método tiene la ventaja de proporcionar una escala más amplia aunque raramente se supera el valor 2.000.

- **Biological Monitoring Working Party (BMWP) (Helawell 1978):** el índice se basa en la identificación de familias, proporcionándoles un valor comprendido entre 1 y 10. El valor 1 corresponde a familias que tienen su hábitat en aguas muy contaminadas y el valor 10 a familias que no toleran la contaminación. Cuanto mayor sea la suma obtenida, menor será la contaminación del punto estudiado.
- **Índice BMWP” (Alba-Tercedor y Sánchez Ortega 1988):** es similar al BMWP, pero introduce familias encontradas en la Península Ibérica que no estaban incluidas. De acuerdo con el valor del índice, establece unas clases de calidad y a cada una de ellas se le da un color. Este índice es el más utilizado en España.

En Colombia, Roldán (1997,1999) adaptó el sistema del BMWP para evaluar la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos. Zúñiga de Cardoso *et al.* (1997) hicieron una adaptación de este método para algunas cuencas del Valle del Cauca. Zamora (1999) realizó una adaptación del índice BMWP para la evaluación de la calidad de las aguas epicontinentales en Colombia y Roldán adaptó el sistema de BMWP/Col para la cuenca de Piedras Blancas (Rionegro, Antioquia); más adelante en junio de 2003 publicó el libro titulado Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia, Uso del Método BMWP Col., donde explica detalladamente el puntaje obtenido para cada familia, dependiendo del grado de tolerancia a la contaminación.

A nivel regional, específicamente en Río Frío (Santander), existen estudios exploratorios principalmente referidos a su caracterización física y química así como el reconocimiento de las posibles fuentes de contaminación (Cañas,1987); otro trabajo lo constituyó un plan de manejo integral en la cuenca superior del Río Lebrija, donde se amplió el estudio biofísico y de seguimiento de los parámetros ambientales en Río Frío (CDMB, 1985,

2002) donde existe un registro histórico de sus variables físicas y químicas, gracias al monitoreo permanente de sus aguas en la parte media y baja de la microcuenca de Río Frío.

Los primeros esfuerzos en el reconocimiento e identificación de comunidades periféricas y bentónicas, como grupos importantes en investigaciones sobre la calidad del agua en los sistemas hídricos lóticos, fueron realizados en el área de jurisdicción de la Corporación de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), en un convenio interadministrativo con la Universidad Industrial de Santander (UIS) (CDMB, Donato J.Ch, Gavilán R., Plata J., 2000). Villalobos (2002) realizó un informe de los insectos de páramos y bosques de niebla del área de jurisdicción de la CDMB y en el 2003 hizo un estudio inicial que consistía en la caracterización de la entomofauna de la Cuenca de Río Frío, en la misma área.

4 AREA DE ESTUDIO

La microcuenca Río Frío tiene una longitud de 30,1 kilómetros y alcanza una extensión aproximada de 11.890 hectáreas, abarcando sectores del Macizo de Santander y de la zona intermontana de Bucaramanga. En ella se ubica la mayor parte del territorio municipal de Floridablanca, que incluye su área urbana y las veredas de: Aguablanca, Mensulí, Altos de Mantilla, Alsacia, La Judía, Río Frío, Vericute, Guayanas, Santa Bárbara, San Ignacio, Helechales, Los Cauchos y Valle de Ruitoque. En su parte más baja abarca parte del área urbana del Municipio de Girón y de la Vereda Río Frío de este municipio (Figura 1).

Alcanza altitudes que varían de 700 a 3.000 metros, con precipitaciones que varían de 1.000 a 2.000 mm y temperaturas que oscilan de 10 a 25°C; parámetros que le imparten a la microcuenca diversos climas ambientales: cálido semiseco, medio semihúmedo a muy húmedo y frío muy húmedo.

En la Tabla 1, se observa el número de hectáreas y su porcentaje de participación de las zonas de vida identificadas en la Microcuenca Río Frío.

Tabla 1. Zonas de Vida Río Frío

Zona de vida	Área (has)	%	Rango Altitudinal (msnm)
1. Bosque Muy Húmedo Alto-Andino	525,05	4.45	2500-3000
2. Bosque Húmedo Andino	2.576,07	21.84	1800-2500
3. Bosque Húmedo Subandino	4.633,35	39.28	1000-1800
4. Bosque Seco Basal -Tropical	4.060,76	34.42	750-1000
Total	11.795,24	100	

Fuente: CDMB 2002.

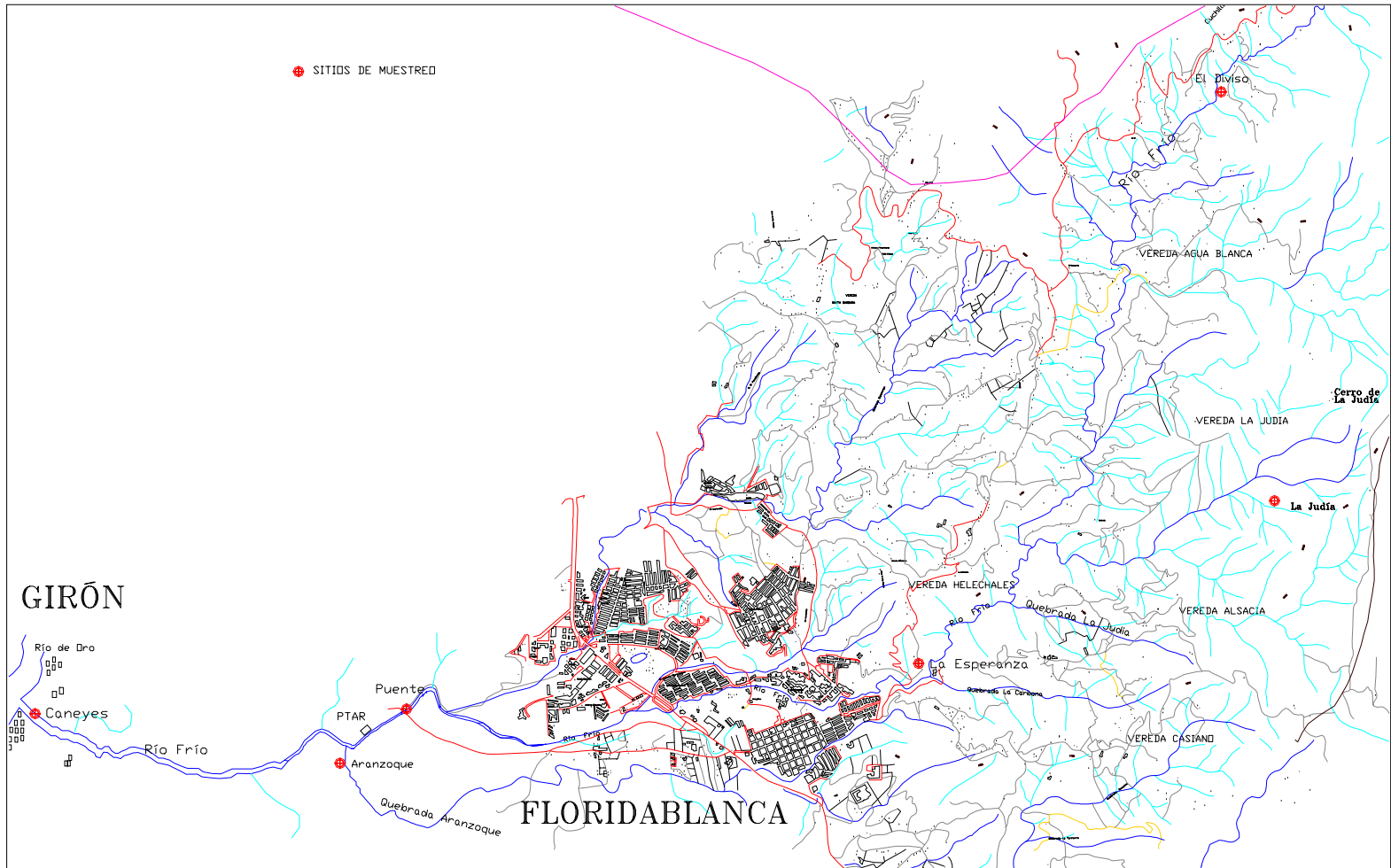


Figura 1. Ubicación Geográfica

La contextualización y localización específica de cada zona de vida identificada en la microcuenca Río Frío, se relaciona a continuación.

Bosque muy húmedo Alto-andino: el bosque muy húmedo alto-andino contempla unidades bioclimáticas ubicadas entre los 2.500 msnm y los 3.000 msnm, localizadas en el sector nororiental de la microcuenca, comprendiendo en su totalidad territorio del municipio de Floridablanca, en límites con el municipio de Tona. La zona bioclimática Bmh-AA se ubica en las siguientes veredas: Aguablanca, San Ignacio, La Judía y Mortiño, en áreas de alta montaña del Municipio de Floridablanca.

Bosque húmedo Andino: el bosque húmedo andino en la microcuenca río Frío contempla unidades bioclimáticas ubicadas entre los 1.800 metros hasta los 2.500 msnm, localizadas en el sector central de la microcuenca, comprendiendo en su totalidad territorio del Municipio de Floridablanca, en límites municipales por el norte con Tona y por el oriente con el municipio de Piedecuesta. La zona bioclimática Bh-A comprende las siguientes veredas: Rosablanca, Vericute, Helechales, Alsacia, Casiano, en áreas de media cordillera del Municipio de Floridablanca.

Bosque húmedo Subandino: el bosque húmedo subandino en la microcuenca río Frío, contempla unidades bioclimáticas ubicadas entre los 1.000 metros hasta los 1.800 msnm, localizadas en el sector central de la microcuenca, comprendiendo en su totalidad territorio del municipio de Floridablanca; la microcuenca presenta los siguientes límites municipales: por el norte con Bucaramanga y por el sector oriental el municipio de Piedecuesta. La zona bioclimática Bh-SA se localiza en las siguientes veredas: Guayanas, Mensulí, Alto de Mantilla, Vericute, Santa Bárbara del Municipio de Floridablanca, ubicadas en la parte baja del costado occidental de la cordillera oriental.

Bosque seco Basal-Tropical: la formación bosque seco basal-tropical en la microcuenca río Frío, contempla unidades bioclimáticas ubicadas entre los 700 metros hasta los 1.000 msnm, localizada del sector central al sur de la microcuenca, comprendiendo territorios municipales de Bucaramanga-Floridablanca-Girón. La zona bioclimática Bs-BT en la microcuenca comprende áreas urbanas de Floridablanca, Bucaramanga y Girón y áreas rurales en las siguientes veredas: Río Frío del Municipio de Floridablanca, Mesa de

Ruitoque del Municipio de Girón y sector de las escarpas de Malpaso en la Ciudad de Bucaramanga.

La microcuenca Río Frío es atravesada por numerosas vías tanto en el sector urbano como rural. La Transversal Oriental atraviesa la zona urbana de Floridablanca, desde la divisoria de aguas con la Microcuenca Oro Bajo hasta conectarse con la vía Bucaramanga Piedecuesta. Por el costado oriental bordeando la divisoria de aguas con el Río Tona, asciende la carretera Bucaramanga - Cúcuta hasta La Corcova y la Hacienda La Mariana, donde nace el Río Frío. Estas vías pavimentadas están conectadas por carretables así: el que parte del Barrio Limoncito atraviesa el Río Frío en el sitio Puente Rojo, cruza la Vereda Helechales y llega al km 15 de la vía Bucaramanga - Cúcuta en la Vereda Aguablanca; a este carretable se une el que parte del Barrio El Carmen de Floridablanca atravesando la Vereda Vericute a conectar con la carretera que cruza la Vereda Helechales (CDMB documento N° ORO.3453 2002).

En la parte alta de la microcuenca el régimen de lluvias en la zona es de tipo bimodal, con dos temporadas lluviosas al año: la primera se extiende desde mediados de abril a mitad del mes de junio y la segunda de mitad de agosto hasta mediados de noviembre; durante el resto del año se observa dos períodos secos: el primero de diciembre a marzo y el segundo, menos severo entre junio a julio.

En la parte baja, analizando la estación PTAR, el régimen de lluvias para la zona también es de tipo bimodal, es decir, que se presentan dos temporadas lluviosas al año: la primera de mediados de marzo hasta mediados de mayo y la segunda de julio a mediados de noviembre. Durante el resto del año se observa dos períodos secos, el primero de diciembre a febrero y el segundo entre junio y julio.

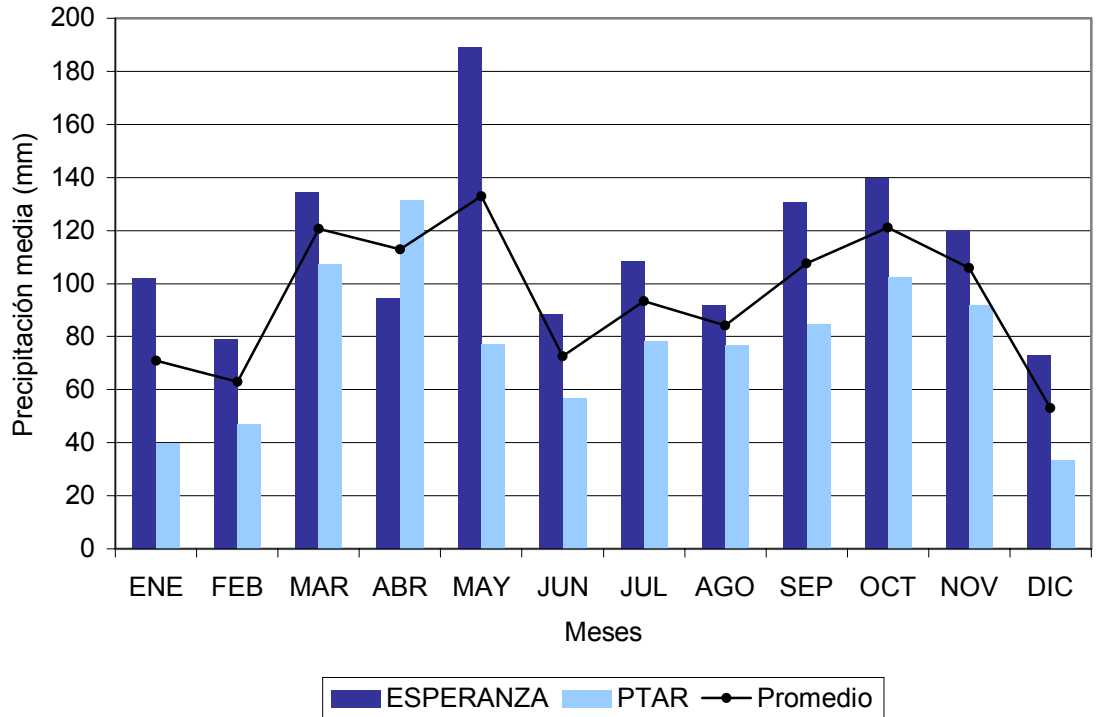


Gráfico 1. Precipitación mensual estaciones La Esperanza y PTAR.

Para la caracterización biológica, física y química de la microcuenca, se establecieron seis estaciones de muestreo en un gradiente altitudinal a lo largo del río, en diferentes zonas de vida y grados de deterioro ambiental (Figura 1). Los sitios de muestreo, tanto para los análisis físicos y químicos como para la colección de insectos acuáticos presentan las siguientes características:

Estación I: El Diviso se encuentra ubicado en el kilómetro 22 sobre la vía que de Bucaramanga conduce a Cúcuta dentro de la jurisdicción de la CDMB, a una altitud de 1.966 msnm y se localiza entre los 07°13'31" N y 73°29'62" W.

En los márgenes del río se encuentra una vegetación arbustiva, dentro de un bosque secundario, el lecho presenta rocas de tamaño grande, mediano y arena. El agua es clara, sin olor y con hojarasca represada entre las rocas, sirviendo de hábitat para las comunidades de insectos (Figura 2).



Figura 2. Estación I - El Diviso

Estación II: La Judía ubicada en el Cerro de la Judía en la Vereda Alsacia de Floridablanca, a una altitud de 1.085 msnm, dentro de las coordenadas 07°72'98" N y 73°46'22" W. Esta estación se sitúa a 40 minutos (caminando) en una pendiente después de la vía secundaria de acceso a la finca Los Rosales. Se caracteriza por presentar abundante hojarasca, aguas muy claras y rápidas, con pocas áreas de remanso, lecho principalmente rocoso. Las riberas se encuentran ampliamente protegidas de un bosque denso (Figura 3).



Figura 3. Estación II - La Judía

Estación III: La Esperanza, ubicada antes de la bocatoma del acueducto de Floridablanca, tiene una altura de 1.023 msnm, localizada entre los 07°04'40.1"N y los 73°04'13.2" W.

Esta estación posee zonas de vegetación en recuperación dentro de un bosque húmedo subandino, presenta aguas claras y ligeramente rápidas, lecho rocoso-arenoso y abundante hojarasca (Figura 4).



Figura 4. Estación III - La Esperanza

Estación IV: Aranzoque, esta quebrada es uno de los afluentes de Río Frío, con una altitud aproximada de 750 msnm. Presenta aguas con poca corriente, aparentemente claras y sin olor. La vegetación marginal está representada por pastos, guaduales y cultivos de maíz, tomate y maracuyá pertenecientes a fincas aledañas (Figura 5).



Figura 5. Estación IV - Quebrada Aranzoque

Estación V: Puente ubicada 500 metros antes de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) con una altitud aproximada de 780 msnm.

Se caracteriza por presentar aguas turbias con olor desagradable y se empieza a observar residuos sólidos de origen doméstico. La vegetación en las orillas es escasa, compuesta principalmente por gramíneas y su lecho es rocoso-arenoso (Figura 6).



Figura 6. Estación V - Puente

Estación VI: Caneyes ubicada a 1km después de la PTAR y antes de la desembocadura en Río de Oro. Altitud aproximada 700 msnm. Sitio de muestreo crítico por sus aguas oscuras de olor desagradable y aspecto lodoso debido a la gran cantidad de materia orgánica proveniente de invasiones cercanas y por la descarga directa de las aguas negras de la ciudad. Posee poca vegetación en sus orillas, salvo por pastos y rastrojos. Este punto es intervenido diariamente por la extracción de arena (Figura 7).



Figura 7. Estación VI - Caneyes

5 METODOLOGIA

Con el objetivo de reconocer la microcuenca Río Frío, se hizo un recorrido preliminar junto con funcionarios de la CDMB para la ubicación de las seis estaciones a muestrear, teniendo en cuenta que dichas estaciones hacen parte de un seguimiento y monitoreo fisico-químico.

El muestreo se realizó en el período comprendido entre agosto de 2003 y febrero de 2004. La determinación de la frecuencia muestral estuvo fijada por los recursos económicos y equipos disponibles.

5.1 MUESTREO BIOLÓGICO

5.1.1 Muestreo Cuantitativo

Para la colecta de insectos acuáticos cada estación estuvo representada por un transecto de 100 m a lo largo del río. Dicho transecto se dividió en cinco puntos de muestreo de 20 m de longitud, donde se tomaron aleatoriamente cinco submuestras con la red Surber 25 m² (Macan 1958), este método proporciona una estimación del número de individuos por unidad de área (Figura 8).



Figura 8. Red Surber

5.1.2 Muestreo Cualitativo

En el transecto escogido, intentando cubrir el mayor número de biotopos, se realizaron muestreos cualitativos utilizando la red de pantalla para capturar los individuos presentes en las piedras en corriente rápida, la red triangular para orilla y vegetación ribereña (Figura 9) y manualmente con ayuda de pinzas y pinceles se realizó un barrido minucioso en hojarasca y piedras en corriente lenta, empleando un tiempo de cinco minutos por biotopo.



Figura 9. Red triangular

6.1.2 Transporte y preservación de las muestras

Una vez obtenidas las muestras biológicas cualitativas y cuantitativas se colocaron en bolsas plásticas adicionándoles alcohol al 90%, dicha concentración es recomendada ya que en campo el agua presente en estas muestras disminuye la concentración inicial. Las bolsas fueron identificadas con la siguiente información: clase de análisis (cualitativo o cuantitativo), estación, fecha del muestreo y tipo de biotopo.

En el laboratorio, cada muestra por separado fue vaciada en cajas de Petri, posteriormente se realizó la limpieza para eliminar los restos de material orgánico e inorgánico presentes. La identificación se realizó con la ayuda de claves taxonómicas como la de Merrit y Cummins (2000), McCafferty (1981), Edmondson (1959), Roldán (1987), entre otras.

Finalmente, los organismos seleccionados por grupos taxonómicos (familia, género), se preservaron en frascos con alcohol al 75° debidamente rotulados con: orden, familia, género, sitio, tipo de muestreo, fecha, colectores y número de individuos.

5.2 MUESTREO FISICOQUÍMICO

Con el objeto de identificar las fluctuaciones fisicoquímicas en las estaciones de muestreo, como respuesta a los diferentes factores ambientales, se analizaron las siguientes variables (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros y método usado para el análisis físico-químico.

Parámetro	Método usado
pH	Potenciométrico
Turbiedad	Turbidímetro
Conductividad	Conductímetro
Alcalinidad total	Titulación potenciométrica
OD	Winkler
DQO	Reflujo cerrado. Titulométrico
DBO5	DBO cinco días
Fósforo total	Digestión-Colorimétrica. Ácido ascórbico
Nitrógeno total Kjeldalh	Digestión- Titulación
Nitritos	Colorimétrico
Nitratos	Colorimétrico
Sólidos totales	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos	Secados a 105°C

Las muestras de agua fueron envasadas, preservadas y transportadas en nevera hasta el Laboratorio de Aguas y Suelos del Centro Experimental La Esperanza (CDMB), donde se realizaron los análisis respectivos.

La temperatura del agua y del aire fueron tomadas directamente con un termómetro digital marca Checktemp 1.

5.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con el fin de describir la estructura y dinámica de la comunidad de insectos acuáticos presente en el ecosistema, se utilizaron los siguientes análisis estadísticos:

- **Curva de saturación de especies:** con el programa EstimateS 6.0b1 (Colwell & Coddington, 2000) utilizando los estimadores de riqueza de especies Chao 1 y Chao 2, basados en abundancias e incidencias respectivamente. Lo anterior con el fin de conocer la validez del muestreo y la solidez de los índices de diversidad.
- **Riqueza específica:** es el número total de especies obtenido por un censo de la comunidad.
- **Índice de Diversidad de Shannon & Wiener (\hat{H}) (1949):** expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colecta (Magurran 1988).

$$\hat{H} = - \sum (n_i/n) \times \ln (n_i/n)$$

Donde: n_i = número de individuos de la especie i

n = número total de individuos de la muestra

\ln = logaritmo natural

- **Índice de Equidad de Pielou (1975):** mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada, su valor va de 0 a 1 de forma que 1

corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran 1988).

$$E = (\hat{H} / H_{\max}) \times 100$$

Donde E = equidad

\hat{H} = máxima diversidad esperada

H = $\ln S$

S = número de taxones determinados.

- **Índice de Dominancia de Simpson (1949):** manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influenciado por la importancia de las especies más dominantes (Magurran 1988).

$$D = [\sum n_i(n_i - 1) / N(N - 1)] \times 100$$

N = número total de individuos

n_i = número de individuos en la i-ésima especie.

Para determinar la variación de la calidad biológica del agua se utilizaron, además de los índices ya mencionados, los siguientes:

- **Índice de pérdida de taxones (Courte-Manch & Davies, 1987):** el índice toma valores entre 0 y 100. Un valor de cero indica que no hay pérdida de taxones. La pérdida de taxones aumenta a medida que el valor del índice se acerca a 100.

Se toma la primera estación como punto de referencia porque se asume que tiene el mayor número de taxones por ser la menos intervenida.

$$I = [(a - c) / b] \times 100$$

a = taxones en la estación de referencia (Estación 1*)

b = taxones en la estación a evaluar

c = taxones comunes a ambas estaciones (a y b)

- **Análisis de regresión lineal múltiple:** se efectuó análisis de regresión múltiple entre la diversidad y las variables fisicoquímicas registradas. Este análisis fue efectuado usando el paquete estadístico Statistica 6.0.
- **Análisis de componentes principales:** se utilizaron las coordenadas de las variables fisicoquímicas y de las estaciones en cada componente, teniendo en cuenta los vectores propios y los factores con la mayor varianza explicada. Utilizando el paquete estadístico Statistica 6.0.
- **Análisis de agrupamiento:** para caracterizar los sitios de muestreo con base en las variables biológicas y determinar los posibles conjuntos de insectos acuáticos se procedió a realizar un análisis de agrupamiento de clasificación aglomerativa jerárquica utilizando el coeficiente de asociación de Bray-Curtis (Complete Link), para diferentes sitios de muestreo en el programa BioDiversity Pro versión 2.
- **Índice BMWP/Col:** permite evaluar la calidad del agua teniendo en cuenta el nivel taxonómico de familia en macroinvertebrados acuáticos. A cada familia se le asigna un puntaje de acuerdo a sus características como bioindicador (Tabla 3). La suma total de las puntuaciones nos da el índice, clasificando las estaciones desde muy buenas (Clase I) hasta fuertemente contaminadas (Clase V) (Tabla 4).

Tabla 3. Puntajes de familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP*





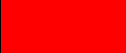
Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Vellidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Drypidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae, Syrphidae, Asellidae**	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae	2
Tubificidae	1

Fuente: G. Roldán (2003); Bioindicación de la calidad del agua en Colombia.

*Valores ajustados por Roldán (2003) para Colombia

** Asellidae. Alba-Tercedor (1985)

Tabla 4. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo al índice BMWP

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Significado	Color
I	Buena	> 150 101-120	Aguas muy limpias Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	61-100	Se evidencias efectos de la contaminación	
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	
V	Muy crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas situación crítica	

Fuente: Roldán (2003); Bioindicación de la calidad del agua en Colombia.

6 RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS

Para dar una visión general del estado de la cuenca, se escogieron 13 variables fisicoquímicas en cada una de las estaciones, durante los seis meses de muestreo, y se relacionaron con los análisis biológicos para determinar la calidad del agua de Río Frío.

6.1.1 Temperatura

Las variaciones de temperatura en el río están relacionadas con las condiciones de temperatura ambiente, altura sobre el nivel del mar, radiación solar, la hora del día en que se realizó el muestreo y la influencia de la vegetación ribereña, así como de los procesos fisiológicos de los organismos presentes en el agua (Tabla 5).

Tabla 5. Temperatura del agua en las estaciones de muestreo de agosto a diciembre del 2003 y febrero del 2004

Fecha (mes)	Temperatura (°C)					
	El Diviso	La Judía	La Esperanza	Aranzoque	Puente	Caneyes
Agosto	14,6	15,8	18	27,5	24	28
Septiembre	15,7	16,2	16,5	24	24	27
Octubre	13,7	14,5	15,8	23	22,2	26,8
Noviembre	14,5	17,2	18,2	28	23	28
Diciembre	16,2	17,5	17,7	26,3	23,5	28,4
Febrero	14,8	15,3	17,5	27	25	30,5
PROMEDIO	14,9	16,1	17,3	25,9	23,6	28,1

En la estación El Diviso los valores fluctúan entre 13,7°C y 16,2 °C. El promedio registrado en esta estación fue de 14,9°C La temperatura del agua es baja ya que este punto es el más alto, está ubicado a 1.966 msnm cerca del Alto de la Corcova donde

nace el río. En la estación II la temperatura osciló entre 14,5°C y 17,5°C, con un promedio de 16,1°C. En la zona media (La Esperanza) la mínima temperatura correspondió al mes de Octubre con un valor de 15,8°C y la máxima con un valor de 18,2°C.

Las estaciones IV, V y VI corresponden a la zona baja del Río, los valores extremos estuvieron comprendidos entre 22,2°C y 30,5°C, estas temperaturas aumentaron porque dichas estaciones se encuentran ubicadas en un gradiente altitudinal inferior y sus aguas atraviesan la parte urbana que por acción antrópica dejan sus orillas desprovistas de vegetación (Gráfico 2).

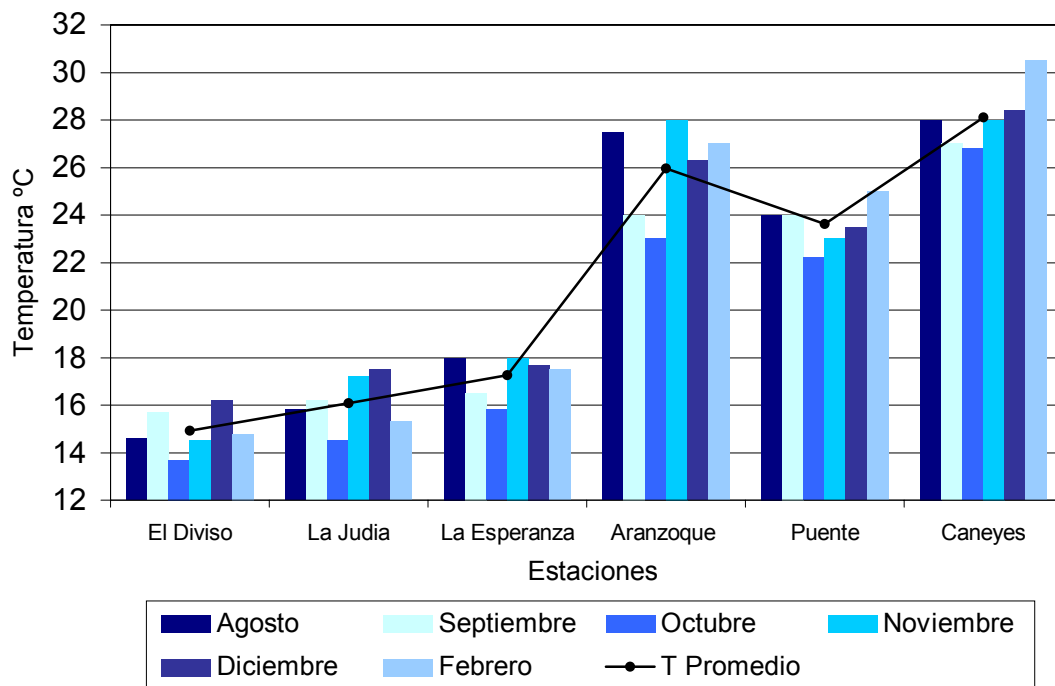


Gráfico 2. Variación de la temperatura del agua en los 6 puntos de muestreo

6.1.2 Turbidez

El término turbio se aplica a las aguas que contienen materia en suspensión que interfiere con el paso de la luz a través del agua, ésta puede ser causada por gran variedad de materiales tales como sustancias orgánicas e inorgánicas (arcilla y barro).

Las sustancias orgánicas que llegan a los ríos sirven de alimento a bacterias y su crecimiento produce turbiedad adicional (Sawyer 2000).

Tabla 6. Turbidez del agua en los sitios de muestreo. Agosto a diciembre del 2003 y febrero del 2004

Fecha (mes)	Turbidez del agua (NTU)					
	El Diviso	La Judía	La Esperanza	Aranzoque	Puente	Caneyes
Agosto	5	2	10	72	25	55
Septiembre	3	2	8	6	11	28
Octubre	7	4	13	70	45	84
Noviembre	4	3	15	17	29	36
Diciembre	8	9	9	14	13	25
Febrero	4	3	5	8	9	55

En la tabla 6 se observa como los valores fueron aumentando a medida que avanzaba el recorrido del río, en El Diviso y La Judía sus aguas son claras con valores de turbiedad que oscilan entre 2 y 9 NTU. La turbidez se incrementa en la estación La Esperanza durante los meses de octubre y noviembre con valores de 13 y 15 NTU respectivamente, ya que durante este período de muestreo se presentaron lluvias.

En la estación Aranzoque se presentaron valores de 72 y 70 NTU durante los meses de agosto y octubre. A pesar de que sus aguas son claras, el lecho del río es bastante arcilloso y al llover se remueven sedimentos dando una apariencia lodosa.

En la estación Caneyes se presentaron los valores más altos de turbidez con un máximo de 84 NTU y un promedio de 47 NTU.

6.1.3 Sólidos totales

Incluye los sólidos disueltos y suspendidos. Los sólidos totales disueltos constituyen los iones solubles en el agua cuyos principales cationes y aniones son: sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruros, sulfatos, bicarbonatos y carbonatos.

Tabla 7 Sólidos Totales en los sitios de muestreo. Agosto a diciembre del 2003 y febrero del 2004

Fecha	Sólidos totales (mg/l)					
	El Diviso	La Judía	La Esperanza	Aranzoque	Puente	Caneyes
Agosto	88	84	94	260	164	368
Septiembre	68	64	93	181	170	350
Octubre	78	60	84	66	78	418
Noviembre	58	54	136	180	190	356
Diciembre	86	80	106	162	154	324
Febrero	108	180	88	172	150	512

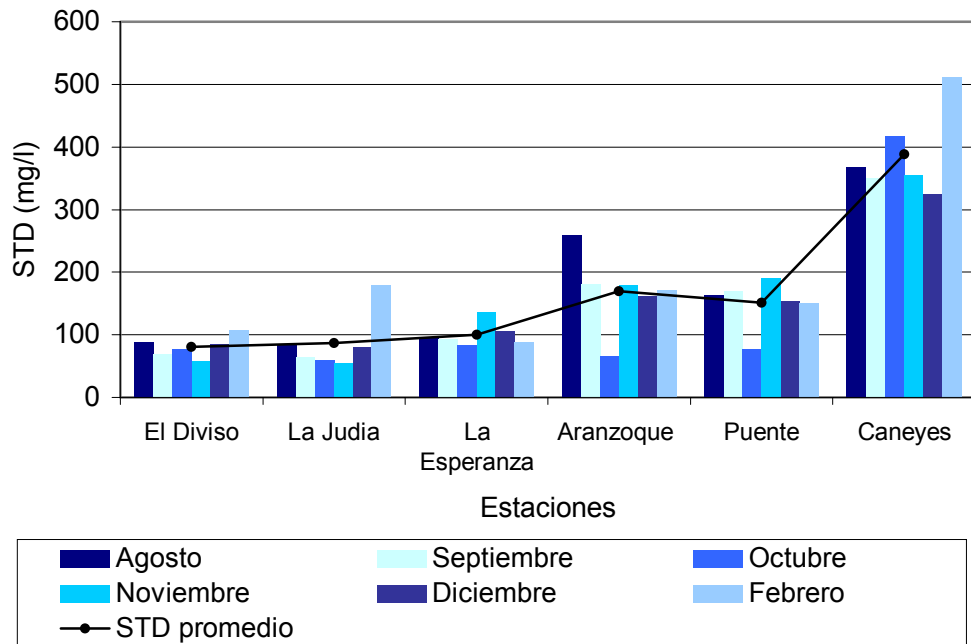


Gráfico 3. Variación de los Sólidos Totales Disueltos (STD) en los sitios de muestreo

El patrón de variación a lo largo de las estaciones corresponde con las descargas de vertimientos; en el gráfico 3 se observa el incremento progresivo de los STD (Tabla 7). En promedio los valores registrados en las estaciones I, II y III oscilaron entre 82,67 mg/l y 100,17 mg/l. En las estaciones IV, V y VI las concentraciones se incrementan con valores

promedios de 170,17 mg/l y 388 mg/l esto como consecuencia de las alteraciones del lecho asociadas a actividades de extracción de arena y descargas de aguas residuales.

6.1.4 pH

Término para expresar la concentración de los iones hidrógeno en el agua y es muy importante por su relación con la temperatura y la alcalinidad. Las variaciones del pH conducen al cambio de carbonos presentes en el agua.

El comportamiento del pH durante el período de muestreo fluctuó entre 6,97 y 8,4, En promedio las estaciones I, II y III presentan valores de 7,32 cercanos al neutro, en la estación Aranzoque se encuentran valores de pH básicos de 8,4 en septiembre y 8,2 en febrero, esto indica que descienden los bicarbonatos y aumentan los carbonatos.

En las dos ultimas estaciones Puente y Caneyes los valores promedios fueron de 7,8 y 7,6 respectivamente (Gráfico 4).

Tabla 8. pH del agua en los sitios de muestreo. Agosto a diciembre del 2003 y febrero del 2004

Fecha (mes)	Acidez del agua (pH)					
	El Diviso	La Judía	La Esperanza	Aranzoque	Puente	Caneyes
Agosto	7,45	7,46	7,19	7,99	7,94	7,68
Septiembre	7,22	7,5	7,5	8,4	8,2	7,9
Octubre	7	7,46	7,6	7,76	7,66	7,59
Noviembre	7,25	7,5	7,23	7,72	7,88	7,7
Diciembre	7,2	6,97	7,34	7,65	7,81	7,56
Febrero	7,26	7,2	7,4	8,24	7,85	7,56

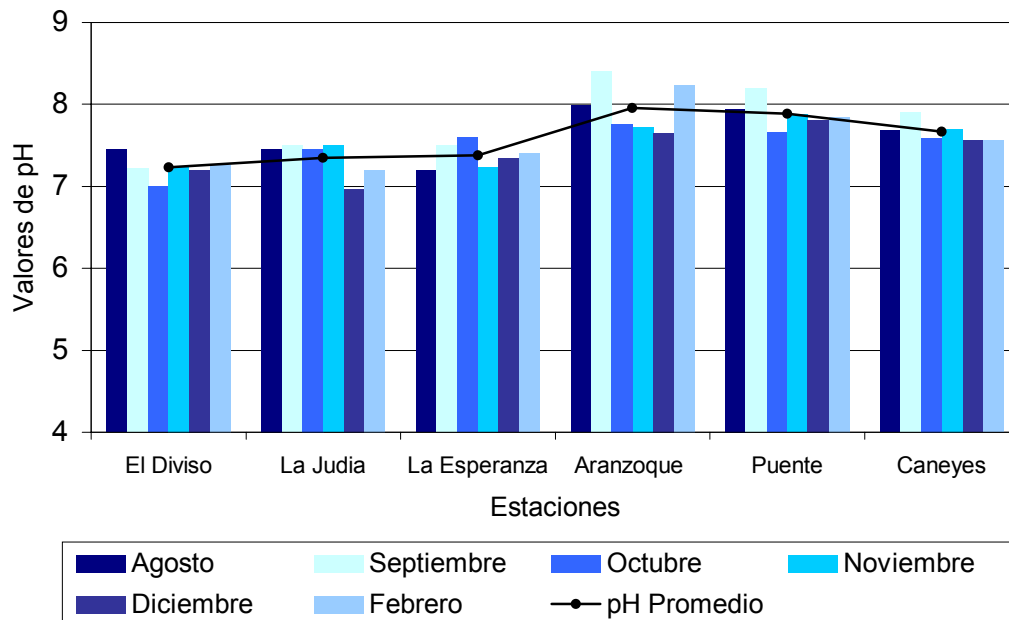


Gráfico 4. Variación del pH en los sitios de muestreo

6.1.5 Alcalinidad

La alcalinidad del agua es la medida de su capacidad para neutralizar ácidos, lo cual le confiere propiedades *buffer*, es decir, dificulta los cambios en el pH. Esta condición depende de las concentraciones de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos.

En los tres primeros puntos (El Diviso, La Judía y La Esperanza), la alcalinidad osciló entre 18 mg/l CaCO_3 y 26,2 mg/l CaCO_3 , mientras que en Aranzoque y Puente los valores promedio fueron 55,4 y 46,5 mg/l CaCO_3 . En la estación Caneyes la alcalinidad aumentó rápidamente a valores de 98 y 116 mg/l CaCO_3 , esto le confiere al agua un aumento en su capacidad *buffer* manteniendo el pH neutro a pesar de la contaminación (Tabla 9).

Tabla 9. Alcalinidad del agua en los puntos de muestreo. Agosto a diciembre del 2003 y febrero del 2004

Fecha (mes)	Alcalinidad (mg/l de CaCO ₃)					
	El Diviso	La Judía	La Esperanza	Aranzoque	Puente	Caneyes
Agosto	25	20	25	53,6	45,6	98,2
Septiembre	24	18,6	25,3	53,5	46,6	98,6
Octubre	23,8	17,6	26,2	56,2	48,2	116
Noviembre	54,6	18	25,5	56,4	46,8	110
Diciembre	22,6	23,2	25	56,1	46,2	98
Febrero	24,8	18,4	25,2	56,4	45,7	98,2

6.1.6 Oxígeno Disuelto

La baja solubilidad del oxígeno es el factor más importante que limita la capacidad de purificación de las aguas naturales (Sawyer 2000). Las variaciones en las concentraciones de oxígeno en las estaciones a lo largo del muestreo, nos indican la distribución espacio-temporal de los vertimientos orgánicos demandantes de oxígeno para su estabilización y la capacidad de recuperación del río. En las tres primeras estaciones se observa un promedio de oxígeno disuelto de 7,51 mg/l correspondiente a niveles de saturación. En las estaciones Aranzoque y Puente se registran promedios de 6,68 mg/l y 6,72 mg/l, indicando una buena solubilidad del oxígeno, a pesar de que son estaciones en las que se percibe el deterioro por contaminación antrópica; sin embargo, en la estación Caneyes los valores descienden en promedio a 2,8 mg/l indicando la contaminación producida por las descargas de las aguas residuales del Municipio de Floridablanca. (Gráfico 5).

Tabla 10. Oxígeno Disuelto en las estaciones de muestreo. Agosto a diciembre del 2003 y febrero del 2004

Fecha (mes)	Oxígeno disuelto (mg/l)					
	El Diviso	La Judía	La Esperanza	Aranzoque	Puente	Caneyes
Agosto	6,6	6,9	7,9	5,9	6,7	3,2
Septiembre	7,2	7,6	7,5	7,9	7,7	3,6
Octubre	8	7,7	7,4	6,6	6,9	3,4
Noviembre	8	7,8	7,7	6,1	6,3	3,7
Diciembre	7,5	7,5	7,2	5,7	5,7	2,9
Febrero	7,5	7,5	7,8	7,9	7	0,0

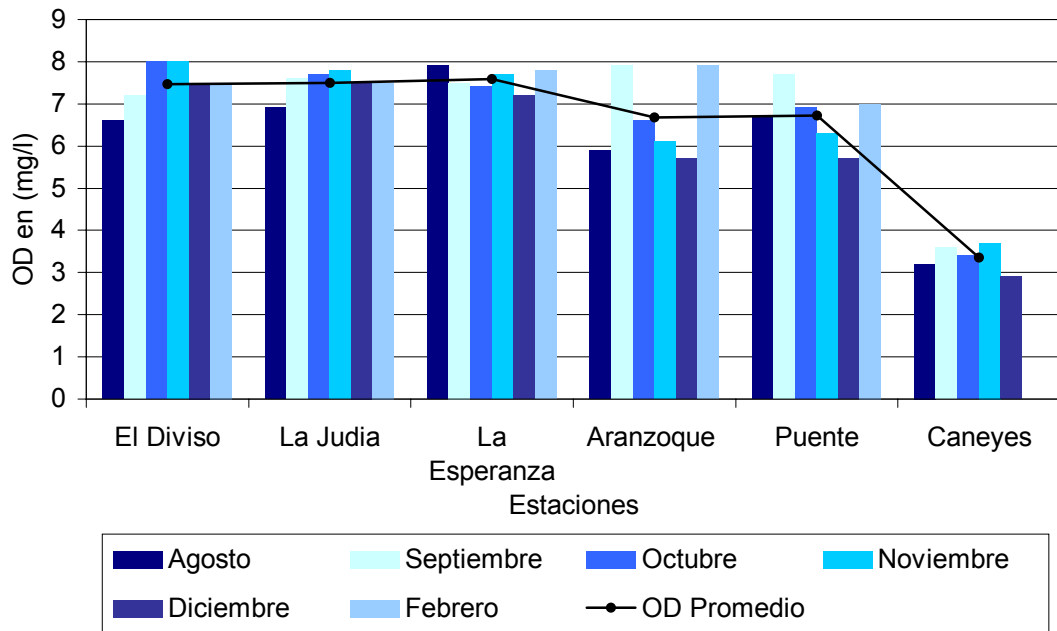


Gráfico 5. Variación del Oxígeno Disuelto (OD) en los sitios de muestreo

6.1.7 Conductividad

La conductividad se basa en la capacidad que tiene una solución de conducir la corriente eléctrica en función de la concentración de iones en ella presentes. La conductividad mide la cantidad total de iones presentes en un ecosistema tales como calcio, magnesio, potasio, sodio, carbonatos, cloruros y sulfatos; además, es un parámetro importante en limnología, porque correlaciona altas diversidades de especies con bajas conductividades y viceversa. (Roldan 2003).

Los valores de conductividad en el primer tramo del río en promedio son de 52,62 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para El Diviso, 49,32 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para La Judía y 55,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para La Esperanza, en las estaciones Aranzoque y Puente muestran un aumento en la conductividad con respecto a las anteriores estaciones con un promedio de 120,67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en la última estación Caneyes, con incidencia fuerte de descargas se obtuvo el valor promedio más alto 333,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabla 11).

Tabla 11. Conductividad en las estaciones de muestreo

Fecha (mes)	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)					
	El Diviso	La Judía	La Esperanza	Aranzoque	Puente	Caneyes
Agosto	55,1	51,6	52	102	118	330
Septiembre	55	46,4	54	104	119	334,6
Octubre	51,8	44,4	59	149	127	337
Noviembre	54,6	56,4	57	118	121	335
Diciembre	44,2	53,1	56	122	120	332
Febrero	55	44	55	130	118	330

6.1.8 Demanda Bioquímica de Oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno se define como la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias durante la estabilización de la materia orgánica susceptible de descomposición, en condiciones aeróbicas. Esta descomposición se ve afectada por el número de bacterias y la temperatura (Sawyer 2000).

Los valores que presentaron las tres primeras estaciones fueron muy constantes con un promedio de 1,32 mg/l. En Aranzoque y Puente los valores fluctuaron entre 1,3 mg/l y 7,4 mg/l con promedios de 2,3 mg/l y 4,1 mg/l, respectivamente. Los valores de DBO_5 se incrementaron considerablemente en la última estación con un promedio de 49,67 mg/l, evidenciando así el incremento de oxígeno requerido por las bacterias en presencia de las continuas descargas de residuos domésticos e industriales (Tabla 12).

Tabla 12. Demanda biológica de oxígeno en los sitios de muestreo. Agosto a diciembre del 2003 y febrero del 2004

Fecha (mes)	DBO_5 (mg/l)					
	El Diviso	La Judía	La Esperanza	Aranzoque	Puente	Caneyes
Agosto	1,6	1,3	1,3	4,5	7,4	47
Septiembre	1,3	1,3	1,3	2	4,1	35
Octubre	1,3	1,3	1,3	2,5	4	46
Noviembre	1,3	1,3	1,3	2	4,5	40
Diciembre	1,3	1,3	1,3	1,5	3,2	44
Febrero	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	86

6.1.9 Demanda Química de Oxígeno

La prueba de la demanda química de oxígeno (DQO) es ampliamente usada como una forma de medir la concentración de la materia orgánica en los residuos domésticos e industriales. Esta prueba permite medir en un residuo la cantidad total de oxígeno que se requiere para la oxidación de la materia orgánica a dióxido de carbono y agua, independientemente de la capacidad biológica de las sustancias para ser asimiladas. En consecuencia, los valores de DQO son mayores que los de DBO, y pueden ser superiores cuando existen cantidades significativas de materia orgánica biológicamente resistente (Sawyer 2000).

Los valores que presentaron las tres primeras estaciones fueron muy constantes con un promedio de 15,83 mg/l. En Aranzoque y Puente los valores fluctuaron entre 15,7 mg/l y 33 mg/l con promedios de 22,33 mg/l y 21,28 mg/l, respectivamente. Los valores de DQO se incrementaron considerablemente en la última estación con un promedio de 49,67 mg/l, estos datos pueden interpretarse en términos de valores de DBO ya que las dos pruebas proporcionan una estimación de la cantidad de oxígeno que se requiere para la oxidación de la materia orgánica (Tabla 13).

Tabla 13. Demanda Química de Oxígeno en los puntos de muestreo Agosto a diciembre del 2003 y febrero del 2004

Fecha	DQO (mg/l)					
	El Diviso	La Judía	La Esperanza	Aranzoque	Puente	Caneyes
Agosto	15,7	15,7	15,7	33	30	128
Septiembre	18	15,7	15,7	20	25	124
Octubre	15,7	15,7	15,7	21	20	123
Noviembre	15,7	15,7	15,7	20	21	105
Diciembre	15,7	15,7	15,7	17	15,7	108
Febrero	15,7	15,7	15,7	23	16	279

6.1.10 Nutrientes: nitrógeno y fósforo

Son nutrientes de gran importancia para los seres vivos y hacen parte fundamental del ecosistema acuático. El nitrógeno atmosférico llega al agua a través de descargas eléctricas y por la acción reductora de ciertas bacterias. Las plantas y algas lo toman como nitratos y cuando mueren, las proteínas se descomponen en amonio, luego en nitritos y por último en nitratos.

El fósforo es otro elemento importante para la estructura y función celulares. Sirve de componente básico para la estructura de ácidos nucleicos y del ATP.

Tabla 14. Concentración de Nitritos de los sitios de muestra. Agosto a diciembre del 2003 y febrero del 2004

Fecha	Concentración de Nitritos (mg/l)					
	El Diviso	La Judía	La Esperanza	Aranzoque	Puente	Caneyes
Agosto	0,028	0,002	0,007	0,003	0,124	0,083
Septiembre	0,025	0,0012	0,05	0,047	0,15	0,041
Octubre	0,011	0,002	0,009	0,03	0,174	0,107
Noviembre	0,016	0,006	0,01	0,042	0,146	0,108
Diciembre	0,02	0,004	0,012	0,032	0,129	0,101
Febrero	0,02	0,001	0,002	0,004	0,06	0

Los valores promedios de nitratos oscilaron entre 0,30 mg/l en Caneyes y 1,15mg/l en La Judía, evidenciando que en un medio acuático natural se espera encontrar la mayoría del nitrógeno como nitrato (Tabla 15). En la tabla 14 se muestra como los valores promedios de nitritos de las estaciones fluctuaron entre los 0,0027 mg/l y 0,131 mg/l cuya presencia es un indicio de reciente contaminación orgánica o de que existen procesos reductivos (Roldán 2003).

Tabla 15. Concentración de Nitratos de los sitios de muestra. Agosto a diciembre del 2003 y febrero del 2004

Fecha	Concentración de Nitratos (mg/l)					
	El Diviso	La Judía	La Esperanza	Aranzoque	Puente	Caneyes
Agosto	0,474	1,036	0,596	0,636	0,654	0,206
Septiembre	0,622	1,212	0,625	0,67	0,65	0,38
Octubre	0,767	1,159	0,646	0,622	0,842	0,392
Noviembre	0,47	1,124	0,656	0,56	0,836	0,326
Diciembre	0,536	1,176	0,702	0,826	0,42	0,474
Febrero	0,508	1,17	0,332	0,14	0,202	0

Tabla 16. Concentración de fósforo en los sitios de muestra. Agosto a diciembre 2003, febrero 2004

Fecha	Concentración de Fósforo (mg/l)					
	El Diviso	La Judía	La Esperanza	Aranzoque	Puente	Caneyes
Agosto	0,08	0,036	0,084	0,21	0,585	2,198
Septiembre	0,136	0,116	0,09	0,251	0,35	2,82
Octubre	0,048	0,054	0,036	0,019	0,225	0,036
Noviembre	0,088	0,062	0,735	0,365	0,44	3,44
Diciembre	0,078	0,068	0,083	0,212	0,415	3,66
Febrero	0,212	0,086	0,1	1,544	0,35	6,72

Los valores promedios de fósforo (Tabla 16) en las estaciones van desde 0,07 mg/l hasta 3,15 mg/l. Los valores máximos registrados se presentaron en la estación Caneyes evidenciando un impacto sobre la estructura del río ya que tiene un efecto de eutrofización.

El vertimiento de aguas residuales domésticas y el uso excesivo de abonos en la agricultura son las fuentes principales de fósforo y nitrógeno y, por tanto, de eutrofización de los ecosistemas acuáticos. En esencia, los efectos producidos por estos dos nutrientes son similares y crean condiciones adversas para la vida de la mayoría de los organismos acuáticos (Roldán 2003).

6.1.11 Análisis de Componentes Principales para los factores físicos y químicos entre estaciones

Al evaluar los resultados del análisis de componentes principales realizado para las variables fisicoquímicas, se distingue un porcentaje de varianza acumulado para los dos primeros ejes de 96,89%, donde el primero de ellos aporta el mayor porcentaje 93,34% (Gráfico 6).

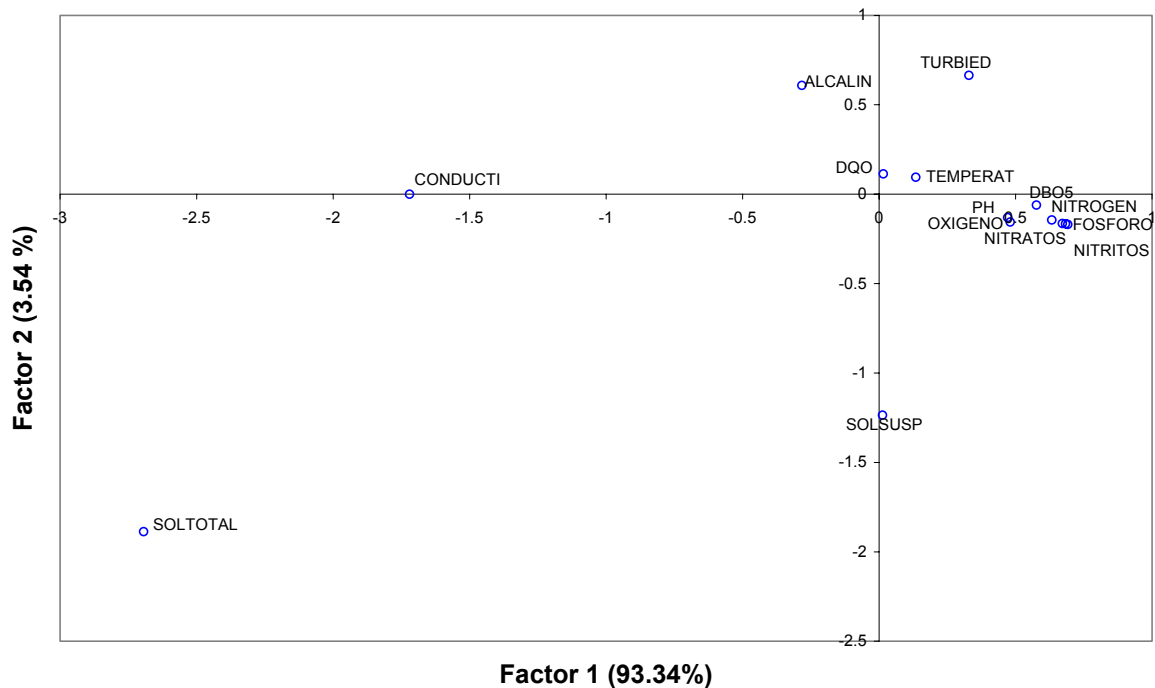


Gráfico 6. Análisis de componentes principales entre parámetros fisicoquímicos

Asociados positivamente con el eje I, se encuentra una gran nube de puntos correspondientes a las variables DBO₅, nitrógeno, nitritos, nitratos, oxígeno disuelto, pH y fósforo. La conductividad se presenta altamente correlacionada a este eje pero negativamente.

En el eje II se encuentran asociadas la alcalinidad y la turbiedad positivamente y se presentan como puntos aislados los sólidos totales y sólidos suspendidos.

Una segunda nube asocia las estaciones Puente y Aranzoque ubicadas dentro del casco urbano a una altura similar sobre el nivel del mar. Sin embargo, dichos puntos se disocian en los diferentes meses de muestreo marcados por las épocas correspondientes a los períodos de lluvia, presentando valores de turbiedad superiores respecto a las demás estaciones.

La tercera nube corresponde a la estación Caneyes en los primeros cinco meses de muestreo, presentando valores altos de conductividad asociados a la contaminación severa.

6.2 ANÁLISIS BIOLÓGICOS

La curva de saturación de especies basada en las 81 morfoespecies observadas, respecto a los estimadores Chao1 y Chao2 muestran un comportamiento asintótico, donde lo observado se acercó a lo esperado, indicando así un esfuerzo de muestreo suficiente (Gráfico 8). Los singletons y doubletons respaldan que están incluidas la mayoría de especies y que no aumentarán con un esfuerzo mayor de muestreo.

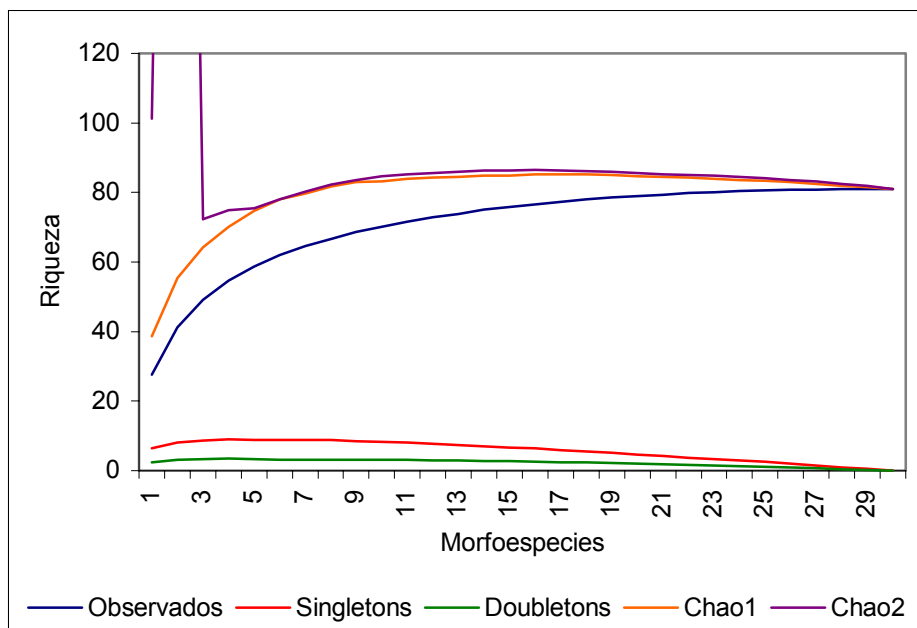


Gráfico 8. Curva de saturación de especies

En el muestreo cuantitativo se colectaron 27.934 individuos distribuidos en los órdenes Coleoptera (diez familias, 21,74%), Ephemeroptera (cuatro familias, 8,70%), Trichoptera (once familias, 23,91%), Odonata (cuatro familias, 8,70%), Megaloptera (una familia, 2,17%), Hemiptera (cuatro familias, 8,70%), Plecoptera (una familia, 2,17%), Diptera (diez familias, 21,74%) y Lepidoptera (una familia, 2,17%), (Gráfico 9).

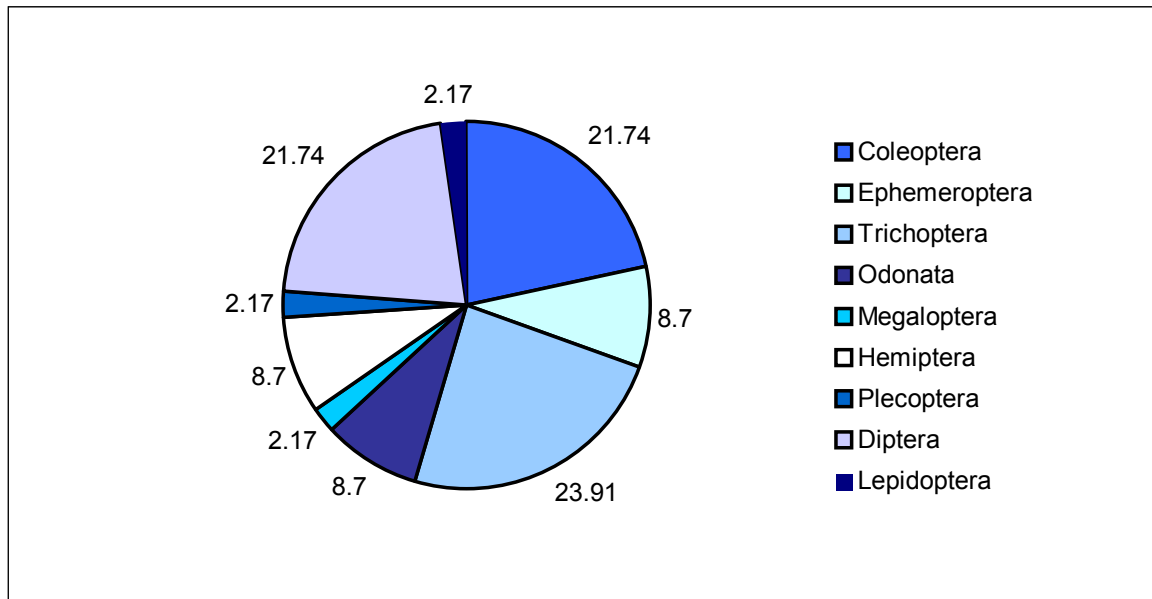


Gráfico 9. Porcentajes del número total de individuos por Orden en el muestreo cuantitativo

En el muestreo cualitativo se colectaron 4.622 individuos, distribuidos en los diferentes biotopos de la siguiente manera: orilla, con una abundancia de 34,37%, piedra en corriente rápida con 27,34%, piedra en corriente lenta y hojarasca presentaron abundancias similares con 19,19% y 19,08%, respectivamente (Gráfico 10).

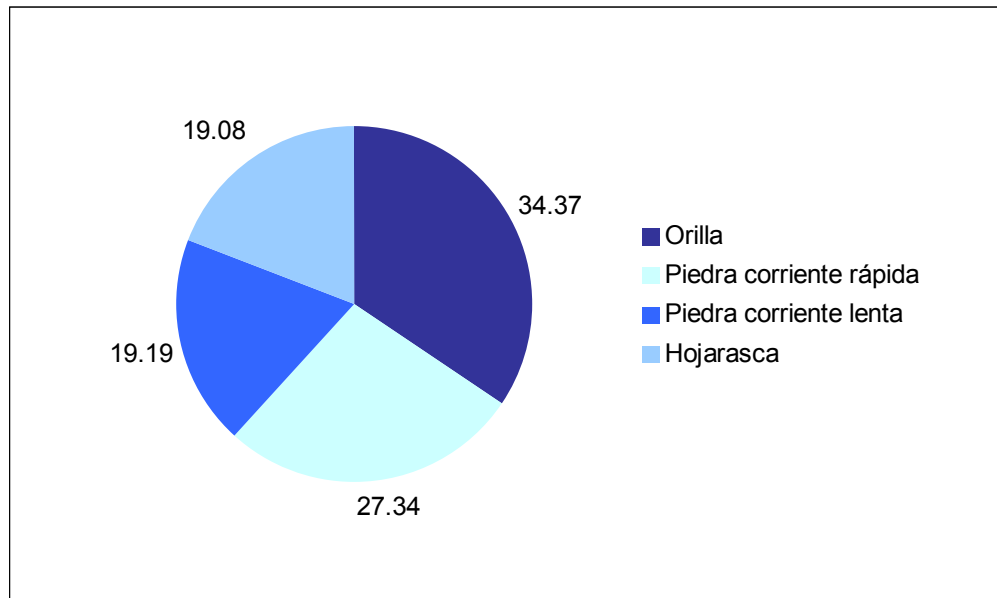


Gráfico 10. Porcentajes del número total de individuos por biotopo

6.2.1 Abundancia relativa

Para determinar la estructura de la comunidad de insectos acuáticos a lo largo del período de muestreo, se determinó la abundancia relativa, teniendo en cuenta el número de individuos colectados de cada taxón entre el número de individuos totales por estación.

En el Diviso *Baetodes* sp. (Orden Ephemeroptera), *Leptohyphes* sp. (Orden Ephemeroptera), y *Leptonema* sp. (Orden Trichoptera), presentan abundancias de 41,58%, 36.9% y 33,26% respectivamente, siendo las más representativas en este punto. En La Judía *Lachlania* sp. (Orden Ephemeroptera), alcanzó la máxima abundancia con 39,85%, seguido por *Leptonema* sp2 (15,34%) y *Smicridea* sp. (Orden Trichoptera), (14,45%).

En la estación La Esperanza se destacaron géneros pertenecientes al orden Ephemeroptera como *Camellobaetidius* sp, *Leptohyphes* sp. y *Baetodes* sp, con abundancias de 62,90%, 28,31% y 21,49% respectivamente, importantes por ser reportados en aguas poco contaminadas (Roldán 2003).

La estación Aranzoque se caracterizó por presentar géneros tales como *Camellobaetidius* sp. con un 45,22%, *Baetidae* sp1 con 25,83% y *Leptonema* sp2 con 16,23% de abundancias.

En la estación Puente, se encontró el género *Chironomus* sp. (Orden Diptera), con una abundancia del 89%, característico de ambientes contaminados con materia orgánica y baja concentración de oxígeno disuelto. El segundo género más representativo en esta estación fue *Baetodes* sp. con 46,97%, seguido de *Simulium* spp. (Orden Diptera), con 23,27% indicando un proceso de recuperación en este tramo del río.

En la estación Caneyes, por su alta degradación de la calidad del agua, se halló un grupo de insectos reportados como tolerantes a la contaminación. *Chironomus* sp. fue el género más representativo, con una abundancia relativa del 99,87%.

6.2.2 Riqueza numérica

Los valores de riqueza numérica indican que las tres primeras estaciones El Diviso, La Judía y La Esperanza presentan los valores más altos, con 26, 36 y 30 especies respectivamente. Estas especies pertenecen principalmente a las familias Baetidae, Hydropsychidae y Leptohiphidae indicadoras de buena calidad de agua.

En las tres últimas estaciones (Aranzoque, Puente y Caneyes), la riqueza biológica disminuye progresivamente debido, entre otras razones, a la contaminación de tipo orgánico, a la modificación del hábitat de los organismos por causa de los desechos sólidos que lo deterioran y por la explotación de arena (Gráfico 11).

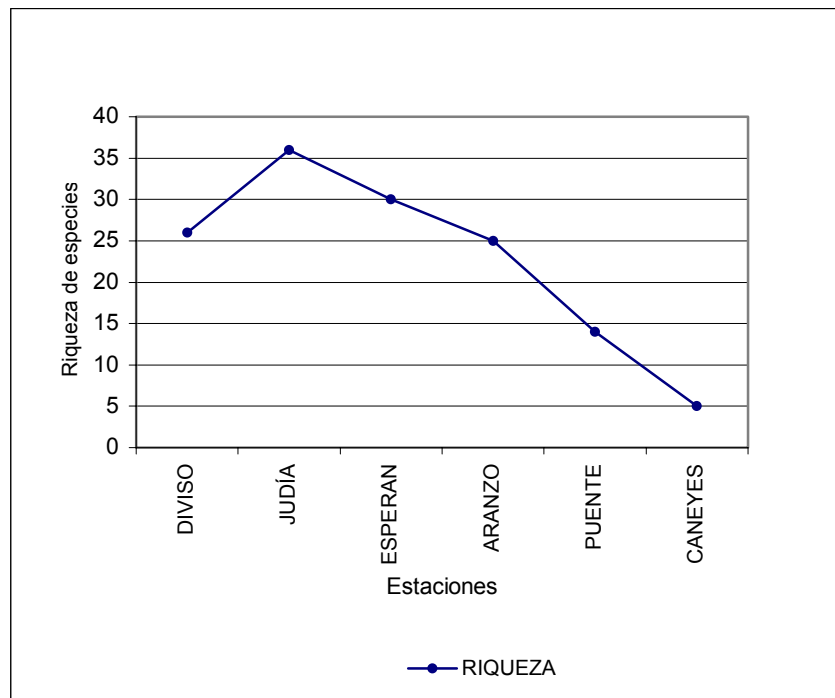


Gráfico 11. Variación de la riqueza de insectos acuáticos a lo largo de Río Frío

6.2.3 Dominancia de Simpson

Los valores del índice de dominancia van de 0 a 1. La dominancia aumenta cuando la diversidad biológica disminuye, indicando que algún taxón predomina sobre los demás.

Los valores de dominancia para las estaciones El Diviso son de 0,191; La Judía; 0,152, La Esperanza 0,991 y Aranzoque de 0,18, indicando una distribución proporcional de los taxones encontrados. La mayor dominancia se presentó en la estación Caneyes con un valor de 0,91 seguido de la estación puente con 0,51, indicando así que la presencia de factores ambientales favorece a unos pocos taxones y que para otros constituye un factor limitante de crecimiento y supervivencia (Gráfico 10.).

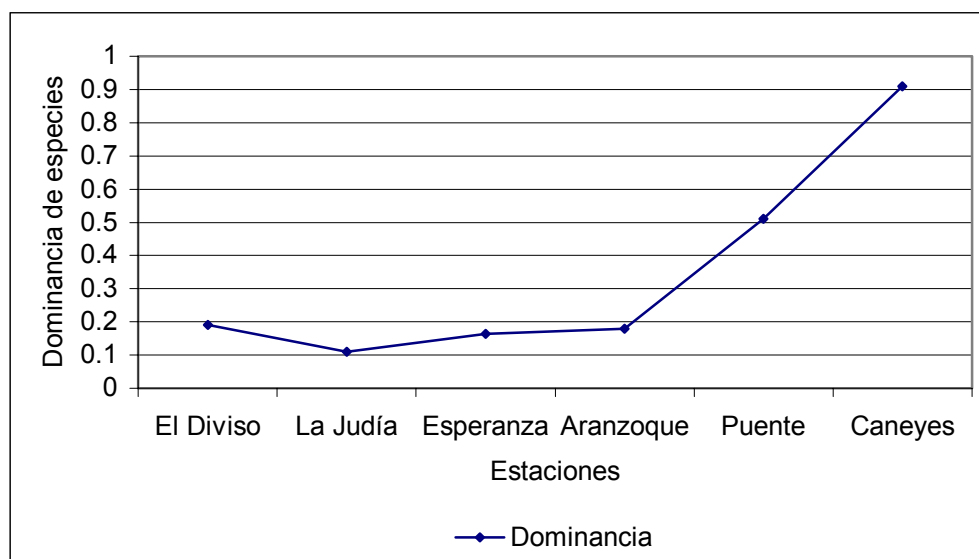


Gráfico 12. Variación de la dominancia de insectos acuáticos en Río Frío

6.2.4 Índice de Shannon-Weaver y equidad de Pielou

Para conocer la estructura de la comunidad de insectos, se calcularon el índice de diversidad de Shannon-Weaver (H') y el de equidad de Pielou (J') para cada una de las estaciones de muestreo (Tabla 18). En general, para este estudio los valores de diversidad encontrados a lo largo de Río Frío van desde 0,005 (Caneyes) a 1,225 (La Judía). Esta diversidad depende no solo del número de taxones presentes, sino también del número de individuos por taxón.

Se encontró que la estación La Judía con un índice de 1,225 registra la mayor diversidad de insectos para Río Frío, seguida de la estación La Esperanza con 1,08 y de la estación El Diviso con 0,99. Estos valores indican que estas tres estaciones presentan buenas condiciones como pocos tensores ambientales, vegetación ribereña abundante y gran variedad de sustratos, que permiten el establecimiento de la comunidad bentónica y la distribución del número de individuos por especie.

Aranzoque y Puente presentan valores de 0,83 y 0,604, respectivamente, su diversidad empieza a disminuir progresivamente debido a cambios en la constitución del lecho del río

y al incremento de tensores ambientales, que disminuyen la disponibilidad de nichos y hábitat. En Caneyes se obtuvo el valor más bajo de diversidad (0,005), por la gran influencia de factores contaminantes.

Tabla 17. Valores de Diversidad de Shannon-Weaver (bits/Ind.) y equidad de Pielou para los seis puntos de muestreo

Sitio	H'	J'
Diviso	0,986	0,639
La Judía	1,225	0,717
Esperanza	1,08	0,665
Aranzoque	0,83	0,547
Puente	0,604	0,513
Caneyes	0,005	0,045

Los valores de equidad (J') se sitúan entre 0 y 1, donde 1 representa una situación en la que todas las especies son igualmente abundantes. Los valores extremos se presentaron en La Judía con 0,717 y 0,045 en Caneyes.

6.2.5 Análisis multivariado biológico

En el muestreo cuantitativo se elaboró un análisis de agrupamiento para evaluar la presencia y el número de individuos por estación; el dendrograma de similaridad (Gráfico 13) entre las estaciones con relación al número total de familias de insectos acuáticos mostró que las estaciones con mayor afinidad fueron La Esperanza y Aranzoque con un 54,05%, le siguen los puntos, La Judía y El Diviso con un 44,18%, ambos puntos son de buena calidad, se agrupan por ser zonas con número similar de familias; cercano al anterior grupo se encuentra Puente con un porcentaje de afinidad del 32,8% y la estación Caneyes que se separa de todas las estaciones debido a la presencia de solo dos familias con gran número de individuos, esta última posee las más inferiores condiciones de calidad biológica.

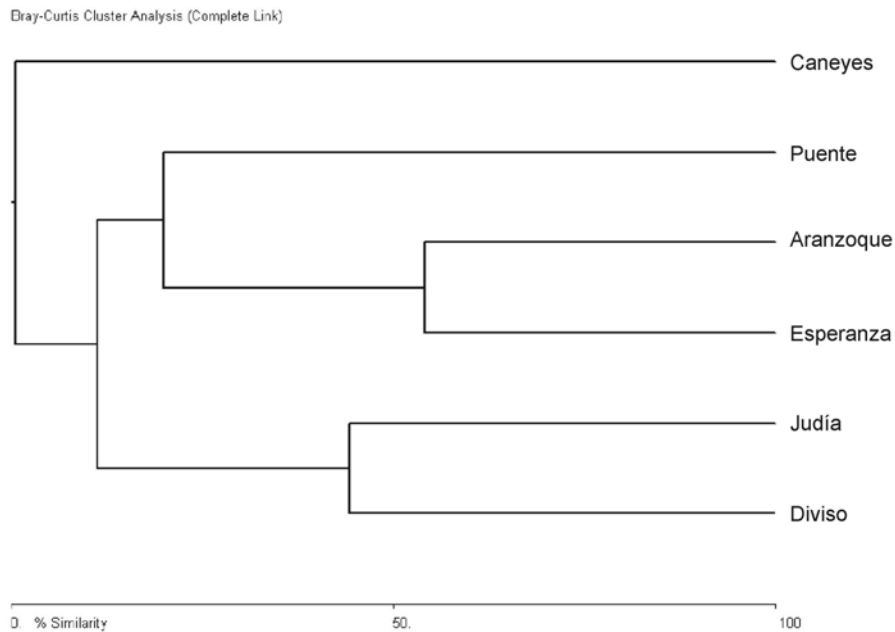


Gráfico 13. Dendrograma de similaridad. Análisis entre estaciones de muestreo de acuerdo a las familias de insectos acuáticos en Río Frío

Al realizar un análisis de regresión lineal múltiple entre las variables fisicoquímicas y la diversidad biológica (Anexo III), se encontró que la turbiedad, conductividad, alcalinidad, DBO₅, fósforo, nitrógeno, nitritos, sólidos totales, sólidos suspendidos y temperatura están relacionados significativamente con un coeficiente de correlación negativa, indicando que a medida que estas variables aumentan, la diversidad disminuye. Esto se debe a que todas y cada una de estas variables deben permanecer estables para mantener un equilibrio en el ecosistema acuático, de manera que si se presentan cambios en la morfología del lecho del río, en el sustrato o alteraciones por vertimientos de sustancias contaminantes, estos valores aumentan y como consecuencia la diversidad biológica es directamente afectada de forma negativa.

El oxígeno disuelto y los nitratos presentaron unos coeficientes de correlación positivos y relacionados significativamente con la diversidad biológica. Esto indica que son parámetros esenciales para la supervivencia de los organismos y su reducción limita la abundancia de la mayoría de la biota acuática.

Para la ordenación de las variables biológicas del muestreo cualitativo se utilizaron los resultados de la matriz de similitud aplicando el coeficiente de asociación de Bray Curtis y los resultados del análisis de componentes principales entre biotopos.

Con respecto a la distribución espacial, el biotopo Orilla contiene el 71% de los insectos totales; el biotopo Piedra en Corriente Rápida (PCR) aporta el 21,3% y la Hojarasca y Piedra en Corriente Lenta (PCL) contienen el 2,33% y 5,24% respectivamente.

Como se aprecia en el gráfico 14 , se evidencian tres grupos, el grupo I conformado por los biotopos Hojarasca y Piedra en Corriente Lenta (PCL), constituido principalmente por los géneros *Baetodes*, *Camellobaetidius* (Baetidae) y *Atanatolica* (Leptoceridae), con una similaridad del 67,9% (Figura 15). En este grupo también se incluyen géneros como *Helicopsyche*, *Culoptila* y *Simulium*. En el biotopo Hojarasca se incluyen representantes de la familia Calamoceratidae (*Phylloicus*) y *Heterelmis* de la familia Elmidae con porcentaje de similaridad del 50,96% y *Anacroneuria* (Perlidae), *Corydalus* (Corydalidae) y *Atopsyche* (Hydrobiosidae) con 81,4% y 55% de similaridad respectivamente. Estos organismos viven en aguas lentas debajo de troncos, hojas y piedras pequeñas.

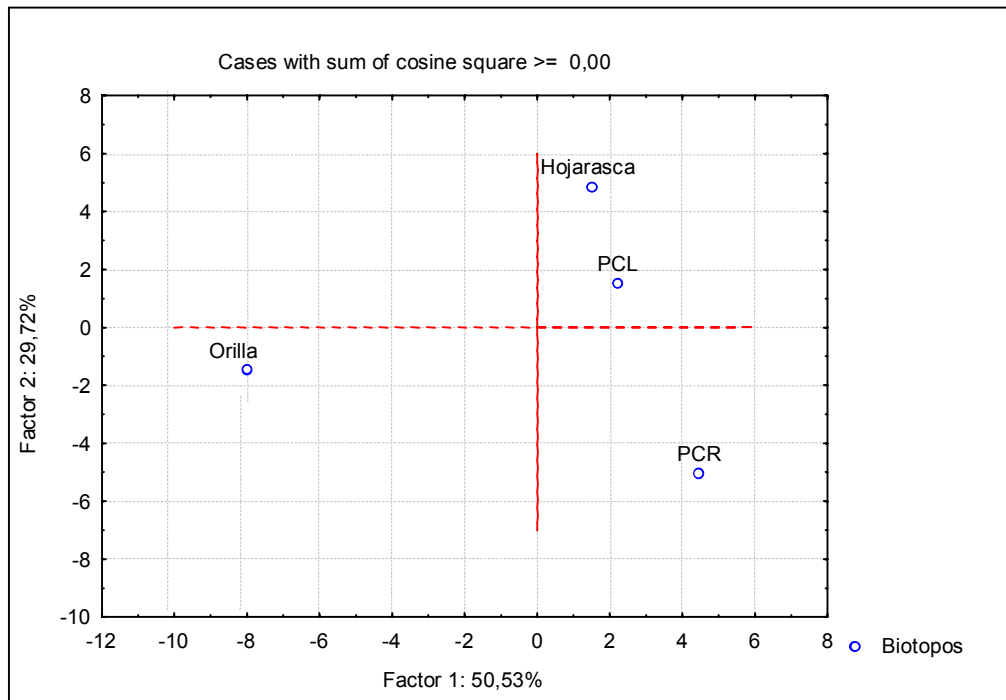


Gráfico 14. Ordenamiento de los biotopos según morfoespecies.

El biotopo Orilla constituye el grupo II representado por la abundancia en todos los muestreos del género *Rhagovelia* sp y sp2 (Hemiptera) con porcentaje de similaridad de 60%. Predominan también los géneros *Andogyrus* (Gyrinidae) *Hetaerina* (Calopterygidae), *Brachymetra* (Gerridae) y *Limnocorys* (Naucoridae) con similaridad conjunta del 48%. Estos organismos en su mayoría viven en la superficie, patinando o brincando y algunos odonatos suelen estar asociados a la vegetación ribereña.

El grupo III corresponde al biotopo (PCR) Piedra en Corriente Rápida, integrado por los géneros *Corydalus* (Megaloptera), *Anacroneuria*, (Plecoptera) *Culoptila*, *Smicridea* y *Leptonema* sp2 (Trichoptera) con similitudes del 62% y 72%, respectivamente. También se evidenció la dominancia de los géneros *Leptonema*, *Baetodes* y *Atanatolica* (Trichoptera) que constituyeron los grupos más abundantes durante el muestreo. Estos organismos presentan adaptaciones especiales para soportar la fuerza de la corriente del río, estas adaptaciones van desde ventosas, uñas fuertes, hasta la segregación de seda para poder pegar piedritas y hojas utilizadas en la construcción de casas.

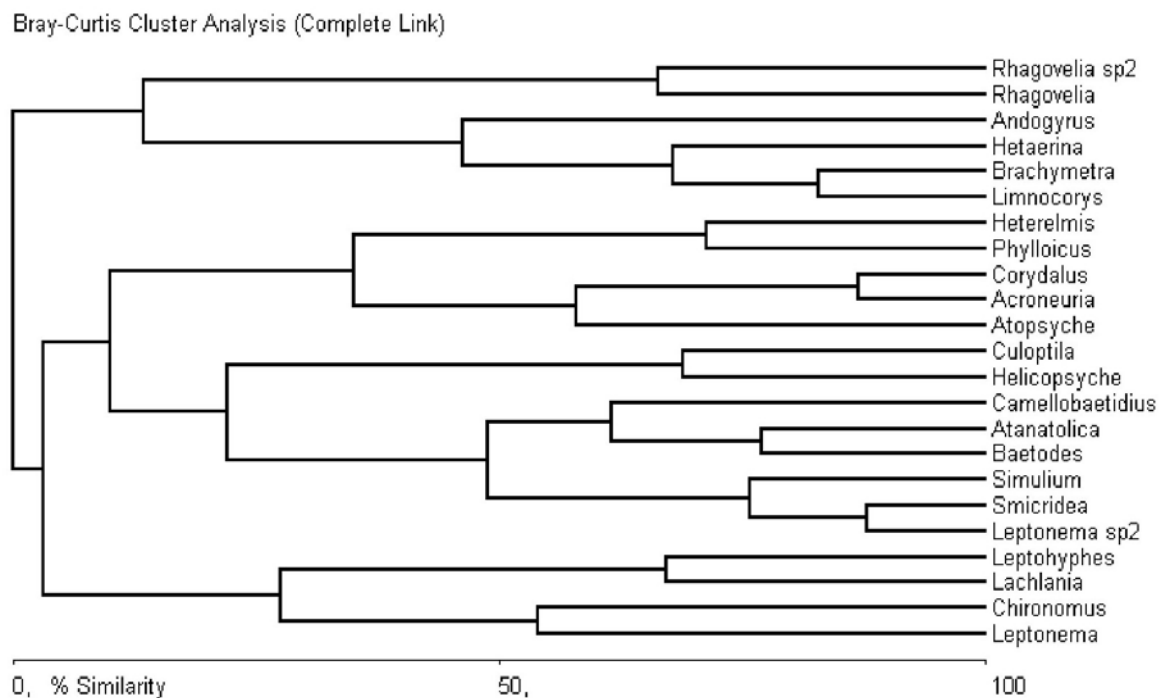


Gráfico 15. Dendrograma de similaridad entre morfoespecies






6.2.6 Evaluación de la calidad del agua de cada una de las estaciones de muestreo por medio del BMWP/Col.

El índice BMWP en este trabajo utiliza los puntajes ecológicos de las familias (Tabla 3) y la clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo al índice BMWP/Col (Tabla 4) que fue ajustado para Colombia por Roldán en 2003.

A continuación se presentan los valores totales del BMWP/Col en las 6 estaciones de muestreo (Tabla 19).

Tabla 18. Valores totales del BMWP/C en todas las estaciones

Estaciones	Meses					
	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Febrero
El Diviso	91	86	100	89	102	107
La Judía	149	140	114	142	148	175
La Esperanza	103	78	93	111	120	104
Aranzoque		74	77	85	79	105
Puente	19	40	31	50	68	67
Caneyes	8	6	5	14	25	5

	Aguas muy limpias a limpias
	Aguas ligeramente contaminadas
	Aguas moderadamente contaminadas
	Aguas muy contaminadas
	Aguas fuertemente contaminadas

Luego de haber aplicado el BMWP/Col y obtenida la representación cartográfica espacio temporal, se puede interpretar la calidad biológica del agua de las seis estaciones de muestreo de la siguiente forma:

La estación el Diviso, con 18 familias, presenta aguas de clase II en los cuatro primeros meses de muestreo, representando aguas ligeramente contaminadas con una calidad biológica **acceptable**. Esto probablemente se debe a la evidencia de algunos efectos de contaminación, ocasionados por vertimientos de desechos de algunas viviendas cercanas que poseen cultivos, galpones y porquerizas. A pesar de no existir ningún tipo de tratamiento de aguas domésticas y de uso agropecuario, el río posee una capacidad autodepuradora, que durante su trayecto logra amortiguar los efectos contaminantes. En diciembre y febrero se observa una recuperación del número de familias, proporcionando puntajes mayores de 101, indicando una calidad biológica **buena**, con aguas de clase I, limpias a muy limpias.

La estación Judía presentó a lo largo de los seis meses de muestreo una calidad de agua **buena de clase I** con aguas muy limpias a limpias. Sus puntajes extremos fueron de 114 en el mes de octubre y 175 en el mes de febrero; estuvieron representadas por 26 familias indicadoras de buena calidad. Esta estación presenta un aumento en el número de familias indicadoras con respecto a la estación anterior, debido a la disminución de la acción antrópica, por el difícil acceso en la pendiente del Cerro La Judía.

La estación Esperanza, cercana a la bocatoma del acueducto de Floridablanca presenta una calidad de agua **buena**, de clase I, con aguas muy limpias a limpias en los meses de agosto, noviembre, diciembre y febrero. En septiembre y octubre el puntaje de BMWP/Col disminuyó a 78 y 93 respectivamente, correspondiendo a aguas ligeramente contaminadas con una calidad biológica **acceptable**. Esto probablemente se debe a los factores climáticos, ya que en estos meses se presentaron lluvias, por lo cual disminuyeron el número de familias presentes. Sin embargo, no hay que desconocer que en este tramo del río, los bañistas que llegan diariamente, logran intervenir negativamente en la calidad del agua.

En la estación Aranzoque, a pesar de que se encuentra ubicada dentro del casco urbano, se presentan aguas ligeramente contaminadas de clase II, con una calidad biológica **acceptable**. Se registraron 18 familias de puntajes altos, indicadoras de buena calidad, esto demuestra que a pesar de que hay presencia de factores contaminantes, el río tiene una buena acción autodepuradora que permite la colonización de estas familias. En el

mes de febrero el puntaje de BMW/Col aumentó a 107 con una calidad de agua **buena**, de clase I, efecto producido probablemente por factores climáticos que incidieron sobre la caracterización biológica y disminución del grado de contaminación.

La estación Puente, en los primeros cuatro meses, comparada con las anteriores estaciones, presenta una disminución notoria de familias indicadoras de buena calidad (9). Posee una calidad de agua **dudosa** a **crítica** de clases III y IV catalogadas como contaminadas a muy contaminadas debido al puntaje obtenido. Esto evidencia efectos de contaminación por vertimientos de desechos domésticos de algunas viviendas cercanas y residuos de material orgánico e inorgánico. Los meses de diciembre y febrero presentaron aguas ligeramente contaminadas, de tipo II de calidad **aceptable**, mostrando una ligera recuperación del río.

En la última estación Caneyes, el agua es de clase V, fuertemente contaminada, con puntaje del índice muy bajo y familias indicadoras de poca cantidad o ausencia de oxígeno disuelto. La calidad biológica del agua es **muy crítica**, debido a la fuerte contaminación ocasionada por la recepción de las aguas residuales del Municipio de Floridablanca, los vertimientos industriales y actividades como la extracción diaria de arena.

6.2.7 Índice de pérdida de taxones

La información que suministra este índice, es el porcentaje de pérdida de familias en las diferentes estaciones, a lo largo del tiempo de muestreo, tomando una estación como punto de referencia. Para este estudio se escogió la estación 1 (El Diviso) y a partir de ésta, se hallan los porcentajes de pérdida para las otras estaciones de acuerdo al número de taxones comunes.

El porcentaje de pérdida de familias va aumentando a medida que el río empieza a recibir diferentes fuentes de contaminación, trayendo como consecuencia una disminución de las familias indicadoras de agua de buena calidad.

En Caneyes el porcentaje de pérdida osciló entre 73% y 88% debido a que sólo se encuentran familias tolerantes a tensores ambientales, como Chironomidae (Tabla 20).

Tabla 19. Índice de pérdida de taxones de las seis estaciones de muestreo

Fecha	Porcentaje (%) estaciones					
	Diviso	La Judía	La Esperanza	Aranzoque	Puente	Caneyes
Agosto	0	20	25	*	80	85
Septiembre	0	0	17	50	67	83
Octubre	0	29	12	41	65	88
Noviembre	0	7	27	27	53	73
Diciembre	0	23	41	50	64	73
Febrero	0	11	17	33	44	83

La disminución de familias en Río Frío se debe, además de la contaminación que afecta la estructura de las comunidades acuáticas, a la fragmentación y destrucción del hábitat. Esto ocurre por explotación de materiales, arrastre de sedimentos y pérdida de cobertura vegetal.

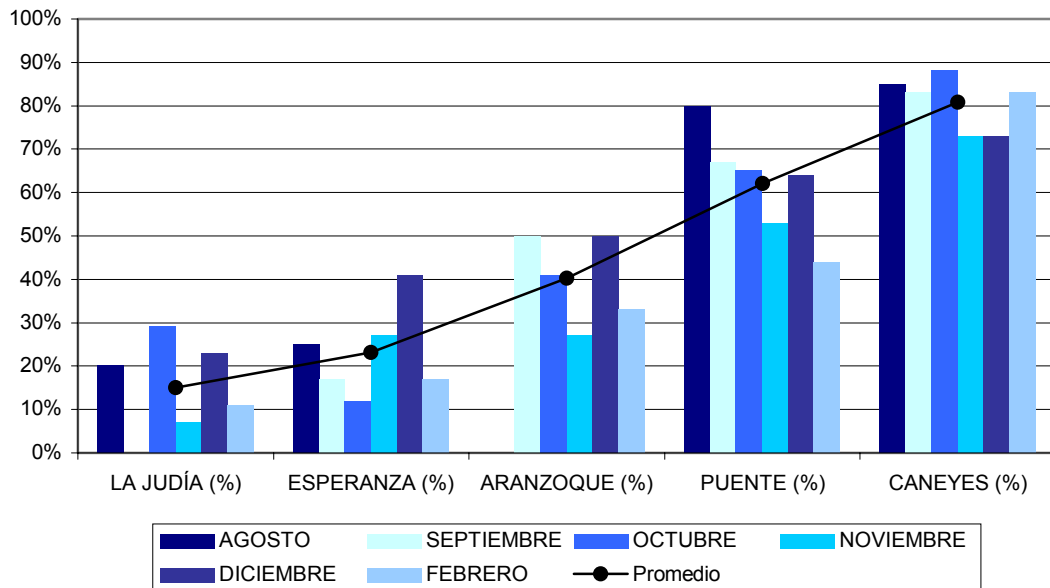


Gráfico 16. Porcentaje de pérdida de taxones en todos los puntos de muestreo

7 CONCLUSIONES

- En general, el patrón de comportamiento de los factores fisicoquímicos y biológicos fue el de asociar las estaciones dependiendo del grado de contaminación y similaridad en la composición y estructura de la comunidad de insectos acuáticos, de manera que se relacionaron Diviso, Judía y Esperanza, por otro lado Puente y Aranzoque y como estación aislada Caneyes.
- Desde el punto de vista de composición y estructura de la comunidad, Río Frío muestra que la tendencia general para la diversidad (H'), la equidad (J') y la riqueza numérica (S), fue la disminución progresiva desde la estación Diviso hasta la estación Caneyes, de acuerdo con el gradiente altitudinal, como consecuencia del aumento del grado de contaminación por alteraciones del medio.
- El índice BMWP/Col muestra la existencia de una comunidad de insectos que actúan como un sensor ambiental, siendo de gran utilidad en la evaluación del estado de los niveles de contaminación de las fuentes hídricas y a partir de esta información se pueden plantear estrategias eficaces de recuperación y conservación.

8 RECOMENDACIONES

- Dar continuidad al trabajo realizado, para conocer mejor las comunidades de insectos acuáticos, su capacidad como indicadores de la calidad del agua y reconocer su importancia en la recuperación de un río.
- Realizar proyectos de investigación que permitan evaluar las condiciones de los principales ríos de Santander, utilizando el BMWP/Col como un método sencillo de aplicar y de bajo costo.
- Realizar mapas de calidad de agua de los diferentes ríos de Santander, que permitan evaluar las condiciones estacionales e identificar problemas de contaminación a largo plazo.
- Las Instituciones ambientales o Corporaciones como la CDMB deberían realizar un seguimiento de los principales factores contaminantes que afectan las cuencas, y diseñar un plan de medidas específicas para la recuperación y preservación del recurso hídrico.
- Establecer convenios con el sector educativo, para crear un programa en el cual se informe y se capacite a la población de las zonas aledañas a las fuentes, sobre el uso, protección y conservación del recurso hídrico.

BIBLIOGRAFIA

ALBA-TERCEDOR, J. 1996. Macroinvertebrados Acuáticos y la calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del agua en Andalucía (SIAGA), Almeria 2: 203-213

APHA, AWWA, WPI. 1985. Standard methods for the examination of water and waste water. APHA, Washington. 1288 pp.

ARANGUREN, N., A. BOLIVAR., A. CANOSA. 2002. Manual de métodos en limnología. Asociación Colombiana de Limnología. 73 pp.

AVILES G, J. 1998. Aplicación de los Métodos Biológicos para la determinación de la calidad de Aguas. Rev. Ingeniería Civil (86): 125- 130.

CAICEDO y PALACIO. 1998. Los macroinvertebrados bénticos y la contaminación orgánica en la quebrada la mosca (Guarne, Antioquia). Actual Biol. 20 (69): 61-73

CAÑAS, M. 1987. Contaminación de Río Frío. Universidad Industrial de Santander Facultad de Ciencia. 43 pp.

CORPORACIÓN DE LA MESETA DE BUCARAMANGA.1985. Plan de manejo integral de la cuenca superior del río Lebrija. Departamento nacional de planeación. Proyecto ACDI.

_____.2002. Estudio de Plan de Ordenamiento Ambiental de la subcuenca de Río de Oro, Área de Jurisdicción de la CDMB. Documento No. ORO. 3453-04-CET 01.

_____. 2002. Informe evaluativo red de monitoreo de la calidad del agua año 2002. Bucaramanga. p. 1-22

COSTA, C. y VANIN, S. 1988. Larvas de Coleoptera do Brasil. Universidad de São Paulo. 300 pp.

DELGADO, M. 1997. Macroinvertebrados bentónicos en la planta de tratamiento de aguas residuales de Zipaquirá. *Diógenes, Revista de investigación en ciencias y enseñanza de las ciencias* (4) 2: 201-211

DE MARMELS, J. 1990. Key to the ultimate instar larvae of the Venezuelan odonate families. *Opusc. Zool. Flumin.* 50:1-6

EDMONDSON, W. T. 1959. *Fresh-Water Biology*. Second edition. University of Washington. 1200 pp

MERRIT, R. y CUMMINS, K. 1996. *An introduction to the Aquatic insects of North America*. Kendall/Hunt publishing Company. Third edition. 862 pp

FERNANDEZ, H.R. y DOMINGUEZ, E. 2001. *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos Sudamericanos*. Editorial universitaria de Tucumán, Argentina. 257 pp

FIGUEROA, R. y E. ARAYA. 1999. macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua. *VI Jornadas del CONAPHI-CHILE*. p. 1-24

GARCÍA, J. A. 1998. Aplicación de los métodos biológicos para la determinación de la calidad de las aguas en los ríos. *Revista Ingeniería Civil* (86): 125-130

HAERING, F. 1975. *Métodos de Hidrobiología*. Ediciones H. Blume, España. p. 14-41, 160-169

HULBERT, S. H. 1977. *Biota Acuática de Sudamérica Austral*, San Diego State University. San Diego California. 342 pp

HUTCHINSON, G. E. 1966. *A Treatise of Limnology*. Volumen I. Connecticut University. Washington. 1015 pp.

JOHANNSEN, O. A. 1977. Acuatic Diptera. Entomological Reprint Specialist, Los Angeles. 250 pp.

LOPRETTO, E. y G. TELL. 1995. Ecosistemas de aguas Continentales. Metodología para su estudio. Ediciones Sur, Argentina. p. 203- 249

LUGO-ORTIZ, C. R. y McCAFFERTY, W. P. 1995. Contribution to the Taxonomy of the Leptohiphidae (Insecta:Ephemeroptera) of Central America. Studies on Neotropical Fauna and Enviroment. 30(3):165-176

_____. 1995. Three distintive new genera of Baetidae (Insecta, Ephemeroptera) from South América. Annls. Limnol. 31(4):233-213

_____. 1995. New Species, Stage Description, and Records of Baetodes (Ephemeroptera: Baetidae) from Mexico and Central América. Ent. News 106(2):81-86.

McCAFFERTY, W. P. 1981. Acuatic Entomology. Science Books Internacional, Boston Massachussets. 404 pp

_____. 1996. Los efemerópteros (Ephemeroptera) de América. Rev.Nica.Ent. 35:19-28.

_____. 1997. Los efemerópteros de México: I. Clasificación superior, diagnosis de familias y composición. Dugesiana, 4(2):1-29

MACHADO, T. y RINCON, J. 1989. Distribución ecológica e identificación de los coleópteros acuáticos en diferentes pisos altitudinales del departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia. 324 pp

_____. 1997. Aspecto biológico y fisicoquímico del Rio Medellín. Tomo I. Instituto Mi Rio. p. 17-145

MAGURRAN, A. 1988. Diversidad ecológica y su medición. Ediciones Vedrá, España. 200 pp.

MARGALEF, R. 1983. Limnología. Omega, Barcelona. 1010 pp.

MARQUEZ, M.J. y E. MARTÍNEZ-CONDE. 2001. Los macroinvertebrados como índices de Evaluación rápida de ecosistemas acuáticos contaminados por metales pesados. *Ecotoxicology and Environmental Restoration* 4(1): 25-31

NEEDHAM, J. G. 1992. New Dragon -Fly Nymphs in the United States National museum. *Proceedings U.S National Museum*, Vol XXVII-No-1371

POSADA, J. y ROLDAN, G. 2003. Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en Nor-occidente de Colombia. *Caldasia* 25(1):169-192

QUIÑÓNEZ, L. y RAMÍREZ, J..J. 1998. Estructura numérica de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos derivadores en la zona de rital del río Medellín. *Actual Biol.* 20(69): 75- 86

RAMIREZ G., A. y VIÑA, G. 1998. *Limnología Colombiana*. Panamericana, Colombia. p. 3-127.

RAMIREZ P., A. 1997. Lista de especies Costarricenses del orden Odonata (Insecta) de las que se conoce la náyade. *Rev.Biol.Trop.* 44(3):225-232

RINCÓN, M. E. 1996. Aspectos bioecológicos de los tricópteros de la Quebrada Carrizal (Boyacá, Colombia). *Revista Colombiana de Entomología.* 22 (1): 53-60

RISS, W y R. OSPINA. 2002. Establecimiento de valores de Bioindicación para macroinvertebrados acuáticos de la sabana de Bogotá. *Caldasia* 24(1): 135-156

ROLDÁN, G. 1992. *Fundamentos de Limnología neotropical*. Ed. Universidad de Antioquia. p. 510

_____. 1996. Guía de Macroinvertebrados del Departamento de Antioquia. Fondo FEN. Colombia. pp. 340

_____. 1999. Los Macroinvertebrados y su valor como Indicadores de la Calidad del Agua. Rev. Acad. Colombiana Ciencias: Vol. XXIII. (88): 375 – 387.

_____. 2001. Los macroinvertebrados acuáticos y su uso como bioindicadores e la calidad del agua. Congreso Universidad Antioquia. p. 20-32

ROLDÁN, G., POSADA, J. y GUTIERREZ, J. 2001. Estudio Limnológico de los recursos hídricos del Parque de Piedras Blancas. Academia colombiana de Ciencias exactas, Físicas y Naturales, colección Jorge Álvarez Lleras N° 18. Bogotá. 137 pp

ROLDÁN, G. y RUIZ, E. 2001. Development of Limnology in Colombia. Limnology in Developing countries 3: 69-119.

_____. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín. 168 pp

SÁNCHEZ, M y ORTEGA, J. 2001. Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua de la zona media del río Pamplonita. Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta. 162 pp

SÁNCHEZ-VELEZ, A. 1999. Biomonitorio de ríos en la gestión de cuencas. IX Congreso Nacional de Irrigación, México. 65-71

SAWYER, C. y McCARTY, P. 2000. Química para Ingeniería ambiental. Mc Graw Hill, Bogotá. p. 475-651.

TELL, G. 1995. Ecosistemas de Aguas continentales. Metodologías para su estudio. Ediciones Sur. Argentina.

VERGARA, R. y F. GÓNGORA. 1994. Inventario de la entomofauna acuática de la quebrada Padilla, fuente del acueducto de Honda (Tolima). *Revista Colombiana de Entomología*. 20(2): 115-123

VILLALOBOS, A. 2002. Insectos de páramos y bosques de niebla del área de jurisdicción de la Corporación de Defensa de la Meseta de Bucaramanga. Bucaramanga. 49 pp.

_____. 2003. Caracterización de la fauna de la cuenca de río Frío –área de jurisdicción de la CDMB- . Bucaramanga. 39 pp.

WANG, T. Q. y McCafferty, W.P. 1996. Redescription and Reclassification of the South América Mayfly *Melanemerella Brasiliana* (Ephemeroptera:Leptophlebiidae). *Ent. News* 107(2):99-103

WHITTON, B. A. 1975. *River Ecology . Zonation River*. Ed. Blackwell. p. 312 – 374

WIGGINS, G. 1977. *Larvae of the North America Caddisfly Genera (Trichoptera)*. University of Toronto Press. 400 pp.

ZÚÑIGA DE CARDOSO, M., A. ROJAS DE HERNÁNDEZ y C. SERRATO. 1994. Interrelación de indicadores ambientales de calidad en cuerpos de aguas superficiales del Valle del Cauca. *Revista Colombiana de Entomología*. 20(2): 124-130

ANEXO 1. MATRIZ DE DATOS GENERAL DE INSECTOS COLECTADOS EN RÍO FRÍO DURANTE LOS MESES AGOSTO-DICIEMBRE DE 2003 Y FEBRERO DE 2004

Ordenes	Familias	Agosto						Septiembre					
		Diviso	Judía	Esper	Aran	Puente	Caney	Diviso	Judía	Esper	Aran	Puente	Caney
Coleoptera	Elmidae	34	76	34	0	0	0	26	83	40	58	0	0
	Saldidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Hydrophilidae	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0
	Staphylinidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	0	0
	Ptilodactylidae	1	11	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0
	Chrysomelidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Carabidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Curculionidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Dryopidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gyrinidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ephemeroptera	Baetidae	463	15	62	0	10	1	315	75	23	349	152	2
	Leptohyphidae	56	23	51	0	9	0	65	22	35	8	5	0
	Leptophlebiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	Oligoneuriidae	3	90	1	0	0	0	3	94	2	0	0	0
Trichoptera	Hydropsychidae	163	233	67	0	0	1	227	228	32	22	1	0
	Hydrobiosidae	9	20	1	0	0	0	13	19	2	0	0	0
	Helicopsychidae	0	44	3	0	0	0	6	64	0	0	0	0
	Glossosomatidae	22	16	37	0	0	0	26	9	20	0	0	0
	Xiphocentronidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
	Hydrophilidae	1	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0
	Polycentropodidae	0	0	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Calamoceratidae	0	8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Hydroptilidae	1	7	5	0	0	0	0	0	0	13	22	0
	Odontoceridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leptoceridae	0	2	0	0	0	0	1	14	1	0	0	0	

ANEXO 1. CONTINUACIÓN

Ordenes	Familias	Agosto						Septiembre					
		Diviso	Judía	Esper	Aran	Puente	Caney	Diviso	Judía	Esper	Aran	Puente	Caney
Megaloptera	Corydalidae	6	0	2	0	0	0	3	1	5	3	0	0
Hemiptera	Hebridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Veliidae	0	4	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0
	Gerridae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Naucoridae	0	20	1	0	0	0	1	10	1	0	0	0
Plecoptera	Perlidae	1	11	1	0	0	0	3	19	1	0	0	0
Diptera	Simuliidae	31	3	21	0	3	0	3	1	3	11	84	0
	Chironomidae	292	85	90	0	178	5441	324	44	10	88	96	1082
	Ceratopogonidae	8	2	5	0	0	0	0	1	1	3	0	0
	Blephariceridae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Empididae	4	2	4	0	0	0	9	1	8	0	0	0
	Psychodidae	13	2	38	0	0	5	6	3	1	18	0	3
	Tipulidae	1	7	0	0	0	0	1	2	0	1	1	0
	Stratiomyidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Athericidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Culicidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Lepidoptera	Pyralidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Odonata	Libellulidae	0	21	6	0	0	0	0	11	0	1	0	0
	Calopterygidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0
	Coenagrionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gomphidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ANEXO 1. CONTINUACIÓN

Ordenes	Familias	Octubre						Noviembre					
		Diviso	Judía	Esper	Aran	Puente	Caney	Diviso	Judía	Esper	Aran	Puente	Caney
Coleoptera	Elmidae	42	130	57	9	0	0	38	114	90	37	5	0
	Saldidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Hydrophilidae	0	0	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0
	Staphylinidae	0	1	0	3	0	0	0	1	0	4	28	0
	Ptilodactylidae	1	6	2	0	0	0	0	14	5	0	0	0
	Chrysomelidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carabidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Curculionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Dryopidae	0	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0
	Gyrinidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ephemeroptera	Baetidae	176	13	498	817	20	0	93	32	115	200	489	11
	Leptohyphidae	54	4	1	4	1	0	70	40	87	4	21	0
	Leptophlebiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Oligoneuridae	4	210	3	0	0	0	8	76	0	3	0	0
Trichoptera	Hydropsychidae	177	83	72	33	8	0	193	192	55	57	6	1
	Hydrobiosidae	21	0	3	0	0	0	7	18	8	0	0	0
	Helicopsychidae	0	13	2	0	0	0	1	30	4	0	0	0
	Glossosomatidae	20	3	25	1	0	0	4	11	12	0	0	0
	Xiphocentronidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1
	Hydrophilidae	0	0	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0
	Polycentropodidae	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0
	Calamoceratidae	0	6	0	0	0	0	0	19	1	0	0	0
	Hydroptilidae	0	2	3	18	0	0	3	2	0	25	8	3
	Odontoceridae	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Leptoceridae	0	7	2	0	0	0	0	20	4	0	0	0	
Megaloptera	Corydalidae	2	0	9	3	0	0	1	0	1	8	0	0
Hemiptera	Hebridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Veliidae	0	0	1	1	0	0	0	2	1	0	0	0
	Gerridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Naucoridae	1	9	1	0	0	0	0	12	1	0	0	0

ANEXO 1. CONTINUACIÓN

Ordenes	Familias	Octubre						Noviembre					
		Diviso	Judía	Esper	Aran	Puente	Caney	Diviso	Judía	Esper	Aran	Puente	Caney
Plecoptera	Perlidae	11	22	6	0	0	0	13	24	2	0	0	0
Diptera	Simuliidae	2	1	14	3	10	0	2	2	42	13	58	0
	Chironomidae	27	10	21	174	156	101	11	25	36	31	374	229
	Ceratopogonidae	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0
	Blephariceridae	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Empididae	2	1	0	1	0	0	0	0	2	4	1	0
	Psychodidae	2	0	2	7	2	4	0	0	2	17	0	7
	Tipulidae	2	0	1	0	0	0	3	4	0	1	0	0
	Stratiomyidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Athericidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Culicidae	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepidoptera	Pyralidae	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
Odonata	Libellulidae	0	5	2	2	0	0	0	8	1	1	0	0
	Calopterygidae	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	0
	Coenagrionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gomphidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ANEXO 1. CONTINUACIÓN

Ordenes	Familias	Diciembre						Febrero					
		Diviso	Judía	Esper	Aran	Puente	Caney	Diviso	Judía	Esper	Aran	Puente	Caney
Coleoptera	Elmidae	69	146	205	51	3	0	112	227	117	4	4	0
	Saldidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Hydrophilidae	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	Staphylinidae	2	2	0	0	0	0	0	6	6	11	9	0
	Ptilodactylidae	2	21	6	0	0	0	2	27	5	0	0	0
	Chrysomelidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carabidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Curculionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Dryopidae	0	4	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
	Gyrinidae	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0
Ephemeroptera	Baetidae	156	27	13	294	451	14	463	28	26	59	193	14
	Leptohyphidae	407	8	219	4	7	1	94	9	104	33	13	0
	Leptophlebiidae	0	9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Oligoneuriidae	11	170	11	0	2	0	20	251	58	0	0	0
Trichoptera	Hydropsychidae	383	226	208	56	17	1	259	279	151	98	10	0
	Hydrobiosidae	22	3	4	0	0	0	8	8	3	0	0	0
	Helicopsychidae	2	30	0	0	0	0	0	42	1	0	0	0
	Glossosomatidae	1	2	0	2	0	0	7	5	3	11	0	0
	Xiphocentronidae	0	0	0	5	1	0	1	1	0	3	0	0
	Hydrophilidae	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	Polycentropodidae	0	0	1	0	0	0	0	1	0	5	0	0
	Calamoceratidae	4	36	0	0	0	0	0	66	1	0	0	0
	Hydroptilidae	0	1	0	0	20	1	0	0	0	17	251	0
	Odontoceridae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leptoceridae	0	40	2	0	0	0	0	27	6	0	0	0	
Megaloptera	Corydalidae	1	0	1	8	0	0	2	2	10	20	1	0

ANEXO 1. CONTINUACIÓN

Ordenes	Familias	Diciembre						Febrero					
		Diviso	Judía	Esper	Aran	Puente	Caney	Diviso	Judía	Esper	Aran	Puente	Caney
Hemiptera	Hebridae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	Veliidae	0	1	0	0	0	0	0	1	2	11	0	0
	Gerridae	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	Naucoridae	1	21	13	1	0	0	1	7	12	1	0	0
Plecoptera	Perlidae	7	16	6	0	0	0	11	24	1	0	0	0
Diptera	Simuliidae	3	1	23	2	30	1	73	3	36	24	2	0
	Chironomidae	22	258	47	40	626	199	312	78	48	58	319	519
	Ceratopogonidae	0	2	0	0	3	1	1	1	0	2	26	1
	Blephariceridae	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Empididae	2	0	0	4	0	0	5	2	1	3	6	0
	Psychodidae	1	2	0	4	5	9	0	0	1	2	1	2
	Tipulidae	2	4	0	0	0	0	1	0	0	0	6	0
	Stratiomyidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Athericidae	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Culicidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Lepidoptera	Pyralidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Odonata	Libellulidae	0	4	6	1	1	0	0	5	0	19	5	0
	Calopterygidae	0	1	0	7	0	0	0	2	0	1	0	0
	Coenagrionidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Gomphidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

ANEXO 2. REGISTRO DE FAMILIAS Y GENEROS DE RÍO FRÍO

ORDENES	FAMILIAS	GENEROS	ORDENES	FAMILIAS	GENEROS	
	Elmidae	<i>Macrelmis sp.</i>	Odonata	Libellulidae	<i>Brechmorhoga sp.</i>	
		<i>Pseudodisersus sp.</i>		Calopterigydae	<i>Hetaerina sp.</i>	
		<i>Mycrocylloepus sp.</i>		Coenagrionidae	<i>Argia sp.</i>	
		<i>Heterelmis sp.</i>		Gomphidae	<i>Progomphus sp.</i>	
		<i>Disersus sp.</i>		Hebridae	<i>Hebrus sp.</i>	
		<i>Promoresia sp.</i>		Veliidae	<i>Rhagovelia sp.</i>	
		<i>Phanocerus sp.</i>		Gerridae	<i>Eurygerris sp.</i>	
		<i>Cylloepus sp.</i>			<i>Brachymetra sp.</i>	
	Saldidae		Hemiptera	Naucoridae	<i>Limnocorys sp.</i>	
	Hydrophilidae			Simuliidae	<i>Simulium sp.</i>	
	Staphylinidae			Chironomidae	<i>Chironomus sp.</i>	
	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus sp.</i>				<i>Atrichopogon sp.</i>
		<i>Tetraglossa sp.</i>				<i>Alluaudomyia sp.</i>
	Chrysomelidae				<i>Stilobezzia sp.</i>	
	Carabidae			Ceratopogonidae	<i>Probezzia sp.</i>	
Curculionidae		Blefaroceridae		<i>Limonicola sp.</i>		
Dryopidae	<i>Elmoparnus sp.</i>	Empididae		<i>Hemerodromia sp.</i>		
Gyrinidae	<i>Andogyrus sp.</i>	Psychodidae		<i>Maruina sp.</i>		
Hydropsychidae	<i>Leptonema sp.</i>			<i>Clognia sp.</i>		
	<i>Smicridea sp.</i>		<i>Limonia sp.</i>			
Trichoptera	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche sp.</i>	Diptera	Tipulidae	<i>Hexatoma sp.</i>	

ANEXO 2. CONTINUACION

ORDENES	FAMILIAS	GENEROS	ORDENES	FAMILIAS	GENEROS
	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche sp.</i>			<i>Molophilus sp.</i>
		<i>Protoptila sp.</i>		Stratiomyidae	<i>Nemotelus sp.</i>
	Glossosomatidae	<i>Culoptila sp.</i>		Athericidae	<i>Athericidae sp.</i>
	Xiphocentronidae	<i>Xiphocentrum sp.</i>	Diptera	Culicidae	
	Hydrophilidae				<i>Pyralidae sp.</i>
	Policentropodidae		Lepidoptera	Pyralidae	<i>Parargyractis sp.</i>
	Calamoceratidae	<i>Phylloicus sp.</i>			<i>Baetidae sp.</i>
		<i>Alisotrichia sp.</i>			<i>Baetodes sp.</i>
		<i>Leucotrichia sp.</i>			<i>Camellobaetidius sp.</i>
	Hydroptilidae	<i>Ochrotrichia sp.</i>		Baetidae	<i>Mayobaetis sp.</i>
	Odontoceridae	<i>Marilia sp.</i>			<i>Leptohiphes sp.</i>
		<i>Atanatolica sp.</i>		Leptohiphiidae	<i>Tricorythodes sp.</i>
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Grumichella sp.</i>		Leptophlebiidae	<i>Traulodes sp.</i>
Plecoptera	Perlidae	<i>Acroneuria sp.</i>	Ephemeroptera	Oligoneuridae	<i>Lachlania sp.</i>
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalis sp.</i>			

ANEXO 3. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS REGISTRADOS EN RÍO FRÍO

Tabla I. Resultados fisicoquímicos en Río Frío, durante el mes de agosto de 2003

Variable	Unidad	Diviso	Caneyes	Aranz.	Esper.	Puente	Judía
pH		7,45	7,68	7,99	7,19	7,94	7,46
Turbiedad	NTU	5	55	72	10	25	2
Conductividad	μS/cm	55,1	330	102	52	118	51,6
Alcalinidad tot.	mg/l	25	98,2	53,6	25	45,6	20
Oxígeno Disuelto	mg/l	6,6	3,2	5,9	7,9	6,7	6,9
DQO	mg/l	15,7	128	33	15,7	30	15,7
DBO5	mg/l	1,6	47	4,5	1,3	7,4	1,3
Fósforo Total	mg/l	0,08	2,198	0,21	0,084	0,585	0,036
Nitrógeno total	mg/l	1,01	19,21	1,29	0,34	3,64	0,73
Nitritos	mg/l	0,028	0,083	0,06	0,007	0,124	0,002
Nitratos	mg/l	0,474	0,206	0,636	0,596	0,654	1,036
Sólidos totales	mg/l	88	368	260	94	164	84
Sólidos suspend.	mg/l	13	130	116	32	42	0,5
Temperatura	°C	15	28	27,5	18	24	15,8

Tabla II. Resultados fisicoquímicos en río Frío, durante el mes de septiembre de 2003

Variable	Unidad	Diviso	Caneyes	Aranz.	Esper.	Puente	Judía
pH		7,22	7,9	8,4	7,5	8,2	7,5
Turbiedad	NTU	3	28	6	8	11	2
Conductividad	μS/cm	55	334,6	104	54	119	46,4
Alcalinidad tot.	mg/l	24	98,6	53,5	25,3	46,6	18,6
Oxígeno Disuelto	mg/l	7,2	3,6	7,9	7,5	7,7	7,6
DQO	mg/l	18	124	20	15,7	25	15,7
DBO5	mg/l	1,3	35	2	1,3	4,1	1,3
Fósforo Total	mg/l	0,136	2,82	0,251	0,09	0,35	0,116
Nitrógeno total	mg/l	0,84	20,8	1,9	1	2,34	0,62
Nitritos	mg/l	0,025	0,041	0,047	0,005	0,15	0,0012
Nitratos	mg/l	0,622	0,38	0,67	0,625	0,65	1,212
Sólidos totales	mg/l	68	350	181	93	170	64
Sólidos suspend.	mg/l	8	122	11	20	40	0,5
Temperatura	°C	15	28,5	27	18	23	16

Tabla III. Resultados fisicoquímicos en río Frío, durante el mes de octubre de 2003

Variable	Unidad	Diviso	Caneyes	Aranz.	Esper.	Puente	Judía
pH		7	7,59	7,76	7,6	7,66	6,97
Turbiedad	NTU	7	84	70	13	45	4
Conductividad	µS/cm	51,8	337	149	59	127	44,4
Alcalinidad tot.	mg/l	23,8	116	56,2	26,2	48,2	17,6
Oxígeno Disuelto	mg/l	8	3,4	6,6	7,4	6,9	7,7
DQO	mg/l	15,7	123	21	15,7	20	15,7
DBO5	mg/l	1,3	46	2,5	1,3	4	1,3
Fósforo Total	mg/l	0,048	0,036	0,19	0,036	0,225	0,054
Nitrógeno total	mg/l	1,37	15,12	1,29	1,23	1,23	0,97
Nitritos	mg/l	0,011	0,107	0,03	0,009	0,174	0,002
Nitratos	mg/l	0,767	0,392	0,622	0,646	0,842	1,159
Sólidos totales	mg/l	78	418	66	84	78	60
Sólidos suspend.	mg/l	18	212	10	5	14	4
Temperatura	°C	16	28	28	18	24	16

Tabla IV. Resultados fisicoquímicos en río Frío, durante el mes de noviembre de 2003

Variable	Unidad	Diviso	Caneyes	Aranz.	Esper.	Puente	Judía
pH		7,25	7,7	7,92	7,23	7,88	7,2
Turbiedad	NTU	4	36	17	15	29	3
Conductividad	µS/cm	54,6	335	118	57	121	56,4
Alcalinidad tot.	mg/l	23,2	110	56,4	25,5	46,8	18
Oxígeno Disuelto	mg/l	8	3,7	6,1	7,7	6,3	7,8
DQO	mg/l	15,7	105	20	15,7	21	15,7
DBO5	mg/l	1,3	40	2	1,3	4,5	1,3
Fósforo Total	mg/l	0,088	3,44	0,365	0,735	0,44	0,062
Nitrógeno total	mg/l	0,62	13,44	1,06	1,06	1,18	0,5
Nitritos	mg/l	0,016	0,108	0,042	0,01	0,146	0,006
Nitratos	mg/l	0,47	0,326	0,56	0,656	0,836	1,124
Sólidos totales	mg/l	58	356	180	136	190	54
Sólidos suspend.	mg/l	9	112	15	60	58	0,5
Temperatura	°C	15	28	28	18	23	17

Tabla V. Resultados fisicoquímicos en río Frío, durante el mes de diciembre de 2003

Variable	Unidad	Diviso	Caneyes	Aranz.	Esper.	Puente	Judía
pH		7,2	7,56	7,65	7,34	7,81	7,09
Turbiedad	NTU	8	25	14	9	13	9
Conductividad	μS/cm	44,2	332	122	56	120	53,1
Alcalinidad tot.	mg/l	22,6	98	56,1	25	46,2	23,2
Oxígeno Disuelto	mg/l	7,5	2,9	5,7	7,2	5,7	7,5
DQO	mg/l	15,7	108	17	15,7	15,7	15,7
DBO5	mg/l	1,3	44	1,5	1,3	3,2	1,3
Fósforo Total	mg/l	0,078	3,66	0,215	0,083	0,415	0,068
Nitrógeno total	mg/l	1,12	17,64	0,95	0,56	2,3	1
Nitritos	mg/l	0,02	0,101	0,032	0,012	0,129	0,004
Nitratos	mg/l	0,536	0,474	0,826	0,702	0,72	1,176
Sólidos totales	mg/l	86	324	162	106	154	80
Sólidos suspend.	mg/l	28	94	11	30	20	16
Temperatura	°C	16	28,4	26,3	17,7	23,5	17

Tabla VI. Resultados fisicoquímicos en río Frío, durante el mes de febrero de 2004

Variable	Unidad	Diviso	Caneyes	Aranz.	Esper.	Puente	Judía
pH		7,26	7,56	8,24	7,4	7,85	7,19
Turbiedad	NTU	4	55	8	5	9	3
Conductividad	μS/cm	55	330	130	55	118	44
Alcalinidad tot.	mg/l	24,8	98,2	56,4	25,2	45,7	18,4
Oxígeno Disuelto	mg/l	7,5	0	7,9	7,8	7	7,5
DQO	mg/l	15,7	279	23	15,7	16	15,7
DBO5	mg/l	1,3	86	1,3	1,3	1,4	1,3
Fósforo Total	mg/l	0,212	6,72	1,544	0,1	0,35	0,086
Nitrógeno total	mg/l	2,52	34,7	1,4	1,34	1,46	1,4
Nitritos	mg/l	0,02	0	0,004	0,002	0,06	0,001
Nitratos	mg/l	0,508	0	0,14	0,332	0,202	1,17
Sólidos totales	mg/l	108	512	172	88	154	180
Sólidos suspend.	mg/l	35	160	10	7	12	5
Temperatura	°C	14,8	25	22	16	21	15,3

ANEXO 4. CORRELACION ENTRE LOS FACTORES FISICOQUÍMICOS Y LA DIVERSIDAD

Parámetro	pH	Turbied	Cond.	Alcal	OD	DQO	DBO ₅	Fosf	Nitróg	Nitrit	Nitrat	Sol tot	Sol sus	Temper	Divers.
pH	1,0000	,3195	,3736	,4874	-,2190	,1386	,1268	,1888	,1451	,5230	-,3752	,3782	,1962	,7107	-,3322
	p= ---	p=,057	p=,025	p=,003	p=,199	p=,420	p=,461	p=,270	p=,399	p=,001	p=,024	p=,023	p=,252	p=,000	p=,048
Turbiedad	,3195	1,0000	,6713	,7172	-,6503	,5730	,5931	,3578	,5327	,4306	-,3603	,6462	,7624	,7192	-,6703
	p=,057	p= ---	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	p=,032	p=,001	p=,009	p=,031	p=,000	p=,000	0	p=,000
Conduct	,3736	,6713	1,0000	,9792	-,9081	,8488	,8941	,7726	,8858	,4365	-,5696	,9092	,8383	,7826	-,8691
	p=,025	p=,000	p= ---	p=0,00	0	0	0	p=,000	p=,000	p=,008	p=,000	0	0	0	0
Alcalinidad	,4874	,7172	,9792	1,0000	-,8714	,7901	,8341	,7065	,8144	,4806	-,5942	,9094	,8330	,8623	-,8422
	p=,003	0	p=0,00	p= ---	0	0	0	0	0	p=,003	0	0	0	0	0
OD	-,2190	-,6503	-,9081	-,8714	1,0000	-,9268	-,9440	-,8380	-,9313	-,2988	,5085	-,9103	-,8275	-,6623	,8116
	p=,199	0	0	0	p= ---	0	0	0	0	p=,077	p=,002	0	0	0	0
DQO	,1386	,5730	,8488	,7901	-,9268	1,0000	,9867	,9011	,9844	,1289	-,5517	,8937	,8190	,5105	-,7427
	p=,420	0	0	0	0	p= ---	p=0,00	0	p=0,00	p=,454	0	0	0	p=,001	0
DBO ₅	,1268	,5931	,8941	,8341	-,9440	,9867	1,0000	,8840	,9829	,2034	-,5444	,9085	,8469	,5407	-,7837
	p=,461	0	0	0	0	p=0,00	p= ---	0	0	p=,234	p=,001	0	0	0	0
Fosfatos	,1888	,3578	,7726	,7065	-,8380	,9011	,8840	1,0000	,9021	,1000	-,5562	,7902	,6183	,4720	-,6350
	p=,270	p=,032	0	0	0	0	0	p= ---	0	p=,562	0	0	0	p=,004	0
Nitrógeno	,1451	,5327	,8858	,8144	-,9313	,9844	,9829	,9021	1,0000	,1591	-,5550	,8953	,8138	,5294	-,7853
	p=,399	p=,001	0	0	0	0	0	0	p= ---	p=,354	0	0	0	0	0
Nitritos	,5230	,4306	,4365	,4806	-,2988	,1289	,2034	,1000	,1591	1,0000	-,1309	,3307	,3388	,5789	-,6208
	p=,001	p=,009	p=,008	0	p=,077	p=,454	p=,234	p=,562	p=,354	p= ---	p=,447	p=,049	p=,043	0	0
Nitratos	-,3752	-,3603	-,5696	-,5942	,5085	-,5517	-,5444	-,5562	-,5550	-,1309	1,0000	-,5694	-,5121	-,4033	,5188
	p=,024	p=,031	0	0	p=,002	0	p=,001	0	0	p=,447	p= ---	0	p=,001	p=,015	p=,001
Sól. tot	,3782	,6462	,9092	,9094	-,9103	,8937	,9085	,7902	,8953	,3307	-,5694	1,0000	,9063	,7094	-,7715
	p=,023	0	0	0	0	0	0	0	0	p=,049	0	p= ---	0	0	0
Sol. sus	,1962	,7624	,8383	,8330	-,8275	,8190	,8469	,6183	,8138	,3388	-,5121	,9063	1,0000	,6038	-,7660
	p=,252	0	0	0	0	0	0	0	0	p=,043	0	0	p= ---	0	0
Temperat.	,7107	,7192	,7826	,8623	-,6623	,5105	,5407	,4720	,5294	,5789	-,4033	,7094	,6038	1,0000	-,6893
	p=,000	0	0	0	0	p=,001	0	p=,004	0	p=,000	p=,015	0	0	p= ---	0
Diversidad	-,3322	-,6703	-,8691	-,8422	,8116	-,7427	-,7837	-,6350	-,7853	-,6208	,5188	-,7715	-,7660	-,6893	1,0000
	p=,048	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	p= ---

ANEXO 5. FOTOGRAFÍAS DE ALGUNOS INSECTOS ACUÁTICOS COLECTADOS EN RÍO FRÍO



Plecoptera
Perlidae: *Anacroneuria* sp



Ephemeroptera
Baetidae: *Baetodes* sp



Ephemeroptera
Oligoneuriidae: *Lachlania* sp



Ephemeroptera
Baetidae: *Camelobaetidius* sp



Megaloptera
Corydalidae: *Corydalis* sp



Odonata
Calopterygidae: *Hetaerina* sp



Odonata
Libellulidae



Odonata
Libellulidae: *Sympetrum* sp



Odonata
Coenagrionidae: *Argia* sp



Diptera
Chironomidae



Diptera
Simuliidae: *Simulium* sp



Diptera
Tipulidae



Diptera
Blephariceridae: *Limnicola* sp



Diptera
Psychodidae: *Maruina* sp



Trichoptera
Hydropsychidae: *Smicridea* sp



Trichoptera
Helicopsychidae: *Helicopsyche* sp



Trichoptera
Calamoceratidae: *Phylloicus* sp



Trichoptera
Leptoceridae: *Atanatica* sp



Trichoptera
Hydrobiosidae: *Atopsyche* sp



Trichoptera
Hydropsychidae: *Leptonema* sp



Coleoptera
Elmidae: *Heterelmis* sp (larva)



Coleoptera
Elmidae: *Heterelmis* sp (adulto)



Coleoptera
Dryopidae: *Elmoparnus* sp



Coleoptera
Gyrinidae: *Gyrinus* sp



Coleoptera
Elmidae: *Phanocerus* sp



Coleoptera
Elmidae: *Microcylloepus* sp



Coleoptera
Ptilodactylidae: *Anchytarsus* sp



Coleoptera
Hydrophilidae



Hemiptera
Naucoridae: *Limnocoris* sp



Hemiptera
Veliidae: *Rhagovelia* sp

ANEXO 6. MAPA DE CALIDAD DE AGUA PARA RÍO FRÍO AGOSTO – DICIEMBRE 2003 Y FEBRERO 2004

