

**TABLA DE CONTENIDO**

3 CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO ..... 3.1

3.1 MEDIO BIÓTICO..... 3.1

3.1.3 Ecosistemas acuáticos ..... 3.1

3.1.2.1 Área de Influencia Indirecta (All) ..... 3.2

3.1.2.2 Área de Influencia Directa (AID) ..... 3.9

3.1.2.2.1 Metodología ..... 3.9

3.1.2.2.2 Sitios de muestreo para cada uno de los tramos del Proyecto Hidroeléctrico Ituango ..... 3.30

3.1.2.3 Resultados ..... 3.85

3.1.2.3.1 Ficoperifiton..... 3.85

3.1.2.3.2 Macroinvertebrados..... 3.113

3.1.2.3.3 Peces ..... 3.203

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 3.1.3.1 Evaluación de la Calidad del Agua del Río Cauca mediante indicadores Ecológicos y el ICAUCA. Muestreo Junio de 2004 ..... 3.3

Tabla 3.1.3.2 Ordenes familias y especies de peces reportados para el río Cauca .. ..... 3.6

Tabla 3.1.3.3 Puntajes asignados a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del índice BMWP/Col1..... 3.13

Tabla 3.1.3.4 Clasificación de las aguas, su significado ecológico de acuerdo al índice BMWP/Col1 ..... 3.14

Tabla 3.1.3.5 Sitios de muestreo ictico sobre el río Cauca..... 3.15

Tabla 3.1.3.6 Sitios de muestreo para colecta de ictioplancton..... 3.16

Tabla 3.1.3.7 Aparejos de pesca, ambientes donde fueron utilizados y esfuerzo de pesca ..... 3.17

Tabla 3.1.3.8 Oligonucleotidos utilizados y algunas de sus características..... 3.22

Tabla 3.1.3.9 Medidas morfometricas tomadas para cada uno de los individuos capturados de *Prochilodus magdalenae*..... 3.24

Tabla 3.1.3.10 Tiempo (horas post-fertilización) que demoran algunas especies de peces en alcanzar los diferentes periodos y fases de desarrollo larval..... 3.28

Tabla 3.1.3.11 Número de registros de la colección de peces ..... 3.29

Tabla 3.1.3.12 Sitios de muestreo para peces en el tramo de obras principales.. 3.30

Tabla 3.1.3.13 Sitios de muestreo de perifiton y macroinvertebrados para el tramo de obras principales ..... 3.45

Tabla 3.1.3.14	Estaciones de muestreo hidrobiológico dentro del area de influencia del proyecto Hidroelectrico ituango .....	3.56
Tabla 3.1.3.15	Clasificación general de las algas perifíticas .....	3.86
Tabla 3.1.3.16	Abundancias totales de algas perifíticas (ind/ml).....	3.69
Tabla 3.1.3.17	Fórmula de biovolumen elegida para cada taxón .....	3.71
Tabla 3.1.3.18	Abundancias totales del biovolumen celular medio ( $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ ) por taxón .....	3.72
Tabla 3.1.3.19	Densidades totales por estación .....	3.78
Tabla 3.1.3.20	Registros de los índices de diversidad, equidad, dominancia.....	3.81
Tabla 3.1.3.21	Clasificación taxonómica del ficoperifiton registrado en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010 .....	3.85
Tabla 3.1.3.22	Valores de los descriptores de diversidad del ficoperifiton en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010 .....	3.88
Tabla 3.1.3.23	Agrupamiento espacial del ficoperifiton en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010.....	3.90
Tabla 3.1.3.24	Composición y densidad del fitoperifiton registrado en el municipio de San Andrés de Cuerquia .....	3.92
Tabla 3.1.3.25	Valores de los descriptores de diversidad en las estaciones de muestreo .....	3.97
Tabla 3.1.3.26	Clasificación taxonómica del ficoperifiton registrado .....	3.99
Tabla 3.1.3.27	Valores de los descriptores de diversidad del ficoperifiton de la Vía Puerto Valdivia Presa.....	3.104
Tabla 3.1.3.28	Análisis de agrupamiento espacial de las Quebradas de la Vía Puerto Valdivia Presa .....	3.105
Tabla 3.1.3.29	Clasificación taxonómica del ficoperifiton registrados en el tramo de Cola de embalse .....	3.106
Tabla 3.1.3.30	Valores de los descriptores de diversidad del ficoperifiton en el tramo de cola de embalse .....	3.110
Tabla 3.1.3.31	Muestreo de macroinvertebrados en área de estudio.....	3.113
Tabla 3.1.3.32	Índice de calidad BMWP para el Río Cauca y otras corrientes...	3.128
Tabla 3.1.3.33	Atributos de la comunidad de macroinvertebrados.....	3.128
Tabla 3.1.3.34	Ubicación taxonómica y abundancia de los taxones de macroinvertebrados encontrados en las quebradas localizadas de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010 .....	3.131
Tabla 3.1.3.35	Valores de los índices ecológicos registrados en los puntos de muestreo .....	3.137
Tabla 3.1.3.36	Porcentajes de similaridad entre los puntos de muestreo.....	3.138

Tabla 3.1.3.37	Calificación del índice BMWP/Col <sup>1</sup> para los puntos de muestreo	3.139
Tabla 3.1.3.38	Ubicación taxonómica y número de macroinvertebrados encontrados en las estaciones de monitoreo	3.149
Tabla 3.1.3.39	Valores de diversidad, equidad y dominancia de macroinvertebrados para los sitios de muestreo	3.164
Tabla 3.1.3.40	Matriz del índice de similaridad de Bray-Curtis entre los sitios de muestreo	3.165
Tabla 3.1.3.41	Calificación de las familias de macroinvertebrados para la obtención del índice BMWP/Col	3.167
Tabla 3.1.3.42	Ubicación taxonómica y abundancia de los taxones de macroinvertebrados encontrados en el área de influencia de la vía Puerto Valdivia - Sitio de presa	3.171
Tabla 3.1.3.43	Valores de los índices ecológicos registrados en los puntos de muestreo de macroinvertebrados	3.179
Tabla 3.1.3.44	Calificación del índice BMWP/Col <sup>1</sup> para los puntos de muestreo	3.180
Tabla 3.1.3.45	Porcentajes de similaridad entre los puntos de muestreo	3.182
Tabla 3.1.3.46	Ubicación taxonómica y abundancia de los taxones de macroinvertebrados encontrados en los diferentes sitios de muestreo	3.190
Tabla 3.1.3.47	Valores de los índices ecológicos registrados en los sitios de muestreo	3.196
Tabla 3.1.3.48	Calificación del índice BMWP/Col <sup>1</sup> para los sitios de muestreo	3.198
Tabla 3.1.3.49	Porcentajes de similitud entre los sitios de muestreo	3.199
Tabla 3.1.3.50	Captura y esfuerzo de pesca con cada uno de los aparejos de pesca utilizados en cada campaña de muestreo	3.203
Tabla 3.1.3.51	Órdenes, familias y especies capturadas en el río Cauca en agosto de 2006 y enero de 2007	3.206
Tabla 3.1.3.52	Abundancia y biomasa relativa de los órdenes capturados en el río Cauca en agosto de 2006 y enero de 2007	3.209
Tabla 3.1.3.53	Numero de individuos, especies y biomasa total capturada en la muestra de las asociaciones de especies de peces presentes en cada uno de los sitios de muestreo a lo largo del Río Cauca (Agosto de 2006 y enero de 2007)	3.216
Tabla 3.1.3.54	Distribución de biomasa (g) en cada uno de los sitios de muestreo ubicados sobre el río Cauca en agosto de 2006 y enero de 2007	3.225
Tabla 3.1.3.55	Esfuerzo de pesca y número de individuos y biomasa capturada con cada uno de los aparejos de pesca utilizados	3.226
Tabla 3.1.3.56	CPUE en número y biomasa para las capturas realizadas con atarraya en todos los sitios de muestreo ubicadas en el Río Cauca en Agosto de 2006 y enero de 2007	3.227

Tabla 3.1.3.57 Número de individuos, Biomasa total y especies por categoría trófica en el Río Cauca en Agosto de 2006 y enero de 2007 ..... 3.231

Tabla 3.1.3.58 Abundancia absoluta, abundancia relativa y densidad promedio de cada período y fase del ictioplancton total capturado en el Río Cauca ..... 3.243

Tabla 3.1.3.59 Abundancia absoluta, abundancia relativa (A.R.) y densidad de cada período y fase del ictioplancton capturado en las dos temporadas reproductivas en el Río Cauca (mitaca 2006 y subienda 2007)..... 3.243

Tabla 3.1.3.60 Densidad  $\pm$  desviación estándar de la densidad de cada taxón y fase en las dos temporadas reproductivas (mitaca-2006 y subienda-2007) en los diferentes sectores y sitios en la cuenca del Río Cauca ..... 3.246

Tabla 3.1.3.61 Distancia recorrida por el ictioplancton capturado en los diferentes sitios y migraciones muestreadas en el Río Cauca ..... 3.246

Tabla 3.1.3.62 Periodos y fases de los taxones que conformaron el ictioplancton en las dos temporadas reproductivas muestreadas en el Río Cauca ..... 3.247

Tabla 3.1.3.63 Especies ícticas capturadas en las microcuencas del área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010 ..... 3.258

Tabla 3.1.3.64 Abundancia y biomasa de las especies ícticas capturadas en las microcuencas del área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010..... 3.259

Tabla 3.1.3.65 Número de individuos por especie en las estaciones de muestreo en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010..... 3.262

Tabla 3.1.3.66 Número total de individuos, número de especies y biomasa de peces en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010..... 3.262

Tabla 3.1.3.67 Diversidad de especies ícticas para las estaciones de muestreo en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010 ..... 3.264

Tabla 3.1.3.68 Análisis de similaridad de Bray Curtis con datos de abundancia de las especies en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010 ..... 3.265

Tabla 3.1.3.69 Valores mínimos máximos y promedio de peso y talla de las especies capturadas el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010 ..... 3.266

Tabla 3.1.3.70 Número de especies, individuos y biomasa para los órdenes de peces capturados..... 3.268

Tabla 3.1.3.71 Número de especies, individuos y biomasa para las familias de peces capturadas en el tramo San Andres de cuerquia-El Valle ..... 3.269

Tabla 3.1.3.72 Lista de especies ícticas encontradas en el tramo San Andres de cuerquia-El Valle 3.270

Tabla 3.1.3.73 Número de individuos, abundancia relativa y coeficientes de variación para la biomasa y talla de las especies de peces capturadas en el tramo San Andres de cuerquia-El Valle ..... 3.272

Tabla 3.1.3.74 Número de individuos y aporte de biomasa íctica por sitio de muestreo en el tramo San Andres de cuerquia-El Valle ..... 3.273

Tabla 3.1.3.75	Estimadores de diversidad íctica para los sitios de muestreo en el tramo San Andres de cuerquia-El Valle.....	3.274
Tabla 3.1.3.76	Matriz de similaridad .....	3.275
Tabla 3.1.3.77	Abundancia, Biomasa, número de familias y especies colectadas por orden de peces capturados en octubre de 2009 en el tramo Puerto Valdivia-Presa.....	3.277
Tabla 3.1.3.78	Número de individuos y familias colectadas en las quebradas ubicadas en el tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009.....	3.278
Tabla 3.1.3.79	Órdenes, familias y especies capturadas en el tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009 .....	3.281
Tabla 3.1.3.80	Número de individuos, Biomasa y longitud estándar y biomasa de las especies colectadas en las quebradas del tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009. ....	3.285
Tabla 3.1.3.81	Número total de individuos, biomasa y especies de peces capturados en las estaciones de muestreo en las quebrada entre Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009. ....	3.287
Tabla 3.1.3.82	Número de individuos y biomasa por especie para cada una de las estaciones en el tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009.....	3.289
Tabla 3.1.3.83	Diversidad, equidad y dominancia de especie para cada una de las estaciones de muestreo en el tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009 ....	3.292
Tabla 3.1.3.84	Matriz de similaridad de similaridad de Bray-Curtis para las estaciones de muestreo en el tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009 ....	3.293
Tabla 3.1.3.85	Número de individuos, biomasa total y especies acumuladas por categoría trófica en las microcuencas del tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009 .....	3.295
Tabla 3.1.3.86	Número de familias, especies, individuos y biomasa para cada uno de los órdenes de peces capturados en área de cola de embalse en febrero de 2010....	3.300
Tabla 3.1.3.87	Número de especies, individuos y biomasa para las familias de peces capturadas en área de cola de embalse en febrero de 2010 .....	3.300
Tabla 3.1.3.88	Especies capturadas en área de cola de embalse .....	3.301
Tabla 3.1.3.89	Número de individuos, abundancia relativa y biomasa de las especies ícticas capturadas en área de cola de embalse durante febrero de 2010	3.301
Tabla 3.1.3.90	Número de individuos por especie íctica en las microcuencas del tramo de cola de embalse durante febrero de 2010 .....	3.304
Tabla 3.1.3.91	Número total de individuos, número de especies y biomasa de peces en las microcuencas del tramo de cola de embalse durante febrero de 2010.....	3.304
Tabla 3.1.3.92	Diversidad de especies ícticas para las microcuencas del tramo de cola de embalse durante febrero de 2010 .....	3.306

Tabla 3.1.3.93	Análisis de similaridad de Bray Curtis con datos de abundancia de las especies en las microcuencas del tramo de cola de embalse durante febrero de 2010 .....	3.308
Tabla 3.1.3.94	Valores mínimos máximos y promedio de peso y talla de las especies capturadas en el tramo de cola de embalse durante febrero de 2010 .....	3.308
Tabla 3.1.3.95	Distribución del número de individuos, biomasa y especies por categoría trófica en las microcuencas del tramo de cola de embalse durante febrero de 2010 .....	3.309

### LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1.3.1	Medidas morfométricas consideradas para los peces analizados (tomado de Maldonado y col, 2005) .....	3.25
Figura 3.1.3.2	Perfil de abundancia relativa: pi (basado en el biovolumen celular medio) registrado por los taxones. ....	3.76
Figura 3.1.3.3	Análisis de agrupamiento espacio-temporal - Índice de similaridad de Bray-Curtis .....	3.77
Figura 3.1.3.4	Variación del biovolumen y del número de organismos por unidad de volumen en cada estación.....	3.79
Figura 3.1.3.5	Variación del número de taxones y del número de organismos por unidad de área en cada estación.....	3.79
Figura 3.1.3.6	Número de familias, taxones y densidad de las divisiones algales en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010.....	3.84
Figura 3.1.3.7	Densidad ficoperifítica de las estaciones ubicadas en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010 .....	3.87
Figura 3.1.3.8	Densidad ficoperifítica de las quebradas Careperro y Chirí.....	3.88
Figura 3.1.3.9	Variación espacial de los descriptores de diversidad y la densidad total del ficoperifiton en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010 .....	3.89
Figura 3.1.3.10	Agrupamiento espacial del ficoperifiton en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010.....	3.90
Figura 3.1.3.11	Densidad total (ind/cm <sup>2</sup> ) de las divisiones presentes en el municipio de San Andrés de Cuerquia .....	3.94
Figura 3.1.3.12	Densidad (Ind/cm <sup>2</sup> ) del ficoperifiton encontrado en las estaciones de muestreo .....	3.96
Figura 3.1.3.13	Variación espacial de los valores de riqueza (*0,1), diversidad (H'), Equidad (J') y dominancia (D) del ficoperifiton .....	3.97
Figura 3.1.3.14	Análisis de Bray-Curtis para las estaciones de muestreo .....	3.98
Figura 3.1.3.15	Número de familias y taxones para cada una de las divisiones..	3.100

Figura 3.1.3.16 Densidad ficoperifítica de las estaciones influenciadas por la vía Puerto Valdivia-Sitio de Presa..... 3.103

Figura 3.1.3.17 Variación espacial de los descriptores de diversidad y la densidad total del ficoperifiton en la Vía Puerto Valdivia Presa..... 3.104

Figura 3.1.3.18 Agrupamiento espacial del ficoperifiton de la Vía Puerto Valdivia Presa ..... 3.105

Figura 3.1.3.19 Número de familias y taxones para cada una de las divisiones.. 3.106

Figura 3.1.3.20 Densidad ficoperifítica de las estaciones ubicadas en el tramo de la cola del embalse ..... 3.109

Figura 3.1.3.21 Variación espacial de los descriptores de diversidad y la densidad total del ficoperifiton en el tramo de cola de embalse cartográfico..... 3.111

Figura 3.1.3.22 Agrupamiento espacial del ficoperifiton del tramo de cola de embalse cartográfico ..... 3.112

Figura 3.1.3.23 Número total de individuos encontrados en cada estación..... 3.118

Figura 3.1.3.24 Riqueza y abundancia en el Río Cauca y otras corrientes de la zona de estudio ..... 3.120

Figura 3.1.3.25 Histogramas de distribución de abundancia en el río Cauca y otras corrientes de la zona de estudio..... 3.127

Figura 3.1.3.26 Número total de individuos y riqueza de taxones encontrados en los puntos de muestreo de la zona de estudio ..... 3.134

Figura 3.1.3.27 Abundancia relativa de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en los puntos de muestreo..... 3.136

Figura 3.1.3.28 Índices de diversidad, equidad y dominancia registrados en los puntos de muestreo..... 3.138

Figura 3.1.3.29 Análisis de similitud para los macroinvertebrados en los puntos de muestreo ..... 3.139

Figura 3.1.3.30 Resultados de la aplicación del índice BMWP/Col<sup>1</sup> en los puntos de muestreo ..... 3.141

Figura 3.1.3.31 Número de familias y de taxones de macroinvertebrados encontrados en la zona de estudio..... 3.153

Figura 3.1.3.32 Abundancia relativa total de macroinvertebrados en las estaciones de muestreo ..... 3.153

Figura 3.1.3.33 Número de individuos y taxones de macroinvertebrados registrados en los sitios de muestreo..... 3.154

Figura 3.1.3.34 Abundancia relativa de los macroinvertebrados encontrados en los diferentes sitios de muestreo..... 3.163

Figura 3.1.3.35 Valores de diversidad, equidad y dominancia de macroinvertebrados para los sitios de muestreo..... 3.165

Figura 3.1.3.36	Índice de similitud de Bray-Curtis entre los sitios de muestreo...	3.166
Figura 3.1.3.37	Curva de rarefacción para macroinvertebrados.....	3.167
Figura 3.1.3.38	Índice de calidad ambiental BMWP/Col1 de los sitios de muestreo.....	3.168
Figura 3.1.3.39	Número total de individuos y riqueza de taxones encontrados en los puntos de muestreo de la zona de estudio .....	3.175
Figura 3.1.3.40	Abundancia relativa de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en los puntos de muestreo.....	3.178
Figura 3.1.3.41	Índices de diversidad, equidad y dominancia registrados en los puntos de muestreo.....	3.180
Figura 3.1.3.42	Resultados de la aplicación del índice BMWP/Col <sup>1</sup> en los puntos de muestreo .....	3.182
Figura 3.1.3.43	Análisis de similitud para los macroinvertebrados en los puntos de muestreo .....	3.183
Figura 3.1.3.44	Número total de individuos y riqueza de taxones encontrados en los sitios de muestreo .....	3.192
Figura 3.1.3.45	Abundancia relativa (%) de los taxones de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la zona de estudio.....	3.194
Figura 3.1.3.46	Índices de diversidad, equidad y dominancia registrados en los sitios de muestreo .....	3.197
Figura 3.1.3.47	Valores encontrados del índice BMWP/Col <sup>1</sup> para los sitios de muestreo .....	3.199
Figura 3.1.3.48	Análisis de similitud para los macroinvertebrados en las estaciones de muestreo .....	3.200
Figura 3.1.3.49	Análisis de similaridad para la asociación de especies para la cuenca del río Cauca a partir de la información secundaria y capturas realizadas en el presente estudio .....	3.205
Figura 3.1.3.50	Número de individuos capturados por estación en el río Cauca en agosto de 2006 .....	3.215
Figura 3.1.3.51	Estimación del número de especies capturadas en el bajo Cauca con un número “n” de individuos .....	3.218
Figura 3.1.3.52	Distribución de la diversidad en los sitios de muestreo en el río Cauca en agosto de 2006 y enero de 2007 .....	3.220
Figura 3.1.3.53	Representación gráfica del Análisis de Correspondencia sobre las especies capturadas en los sitios de muestreo en el Río Cauca durante los dos momentos de muestreo (agosto de 2006 y enero de 2007).....	3.222
Figura 3.1.3.54	Distribución de las abundancias por especie dentro de la comunidad de especies capturadas en agosto de 2006 y enero de 2007 en el río Cauca .....	3.223

Figura 3.1.3.55	Distribución de la biomasa por especie en la comunidad de peces capturadas en agosto de 2006 en el río Cauca .....	3.224
Figura 3.1.3.56	Distribución de biomasa (g) en cada una de los sitios de muestreo ubicado sobre el Río Cauca en Agosto de 2006 y enero de 2007 .....	3.226
Figura 3.1.3.57	CPUE en número de individuos y biomasa para las capturas realizadas con atarraya en todos los sitios de muestreo ubicados en el Río Cauca .....	3.227
Figura 3.1.3.58	Distribución del número de especies, de individuos y de la biomasa total por categoría trófica en agosto de 2006 y enero de 2007 .....	3.230
Figura 3.1.3.59	A) Localización de las áreas de desove en el Río Cauca y densidad promedio ( $\pm$ Interv.conf. 95%) del ictioplancton en diferentes sectores de la cuenca en dos períodos de migración (mitaca-2006 y subienda-2007). (B) Distribución de la densidad total (promedio $\pm$ interv.confianza) de ictioplancton en diferentes sitios sobre el cauce del Río Cauca en las dos temporadas de migración (mitaca de 2006 y subienda de 2007). Barra negra: sector Alto, barra roja: sector medio y barra gris: sector bajo .....	3.248
Figura 3.1.3.60	Proyección de las variables en el espacio bidimensional de los factores 1 y 2. Círculos en rojo, variables más contribuyentes para el CP1 y círculos en azul para el CP2 .....	3.249
Figura 3.1.3.61	Separación de la población de <i>Prochilodus magdalenae</i> en el Río Cauca y en el Río Magdalena con base en su Morfometría .....	3.250
Figura 3.1.3.62	Arbol NJ no enraizado basado en distancias genéticas pareadas (Rst). PBER: Puerto Berrio, CMED: Cauca Medio, CALT: Alto Cauca, CBAJ: Bajo Cauca. ....	3.254
Figura 3.1.3.63	Aporte relativo de Abundancia y biomasa de las especies ícticas capturadas en las microcuencas del área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010 .....	3.259
Figura 3.1.3.64	Registro fotográfico de las especies de peces capturados en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010 .....	3.260
Figura 3.1.3.65	Distribución de abundancia y biomasa por especie íctica en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010 .....	3.261
Figura 3.1.3.66	Número de individuos por especie en las microcuencas del área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010 .....	3.262
Figura 3.1.3.67	Distribución del número de individuos, número de especies y biomasa por estación de muestreo en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010 .....	3.263
Figura 3.1.3.68	Diversidad de especies para las estaciones de muestreo en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010 .....	3.264
Figura 3.1.3.69	Análisis de similaridad de Bray-Curtis para las estaciones de muestreo en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010 .....	3.265

Figura 3.1.3.70 Dimensiones promedio de las especies capturadas el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010 .....	3.266
Figura 3.1.3.71 Número de individuos capturado por familia y género taxonómico en el tramo San Andres de cuerquia-El Valle .....	3.268
Figura 3.1.3.72 Biomasa por familia íctica capturada en el tramo San Andres de cuerquia-El Valle .....	3.269
Figura 3.1.3.73 Distribución de la abundancia y la biomasa por especie íctica capturada en el tramo San Andres de cuerquia-El Valle .....	3.272
Figura 3.1.3.74 Variación de los estimadores de diversidad entre sitios de muestreo en el tramo San Andres de cuerquia-El Valle .....	3.274
Figura 3.1.3.75 Curva de acumulación de especies.....	3.275
Figura 3.1.3.76 Cluster de similaridad.....	3.276
Figura 3.1.3.77 Número y biomasa de los individuos colectados por orden de peces en el tramo Puerto Valdivia-presa en octubre de 2009. ....	3.278
Figura 3.1.3.78 Número de individuos y biomasa por familia colectados las quebradas en el tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009. ....	3.279
Figura 3.1.3.79 Abundancia relativa de los individuos colectados por género en el tramo entre Puerto Valdivia – Presa en octubre de 2010. ....	3.280
Figura 3.1.3.80 Distribución de la abundancia y la biomasa de las especies de peces colectadas en el tramo entre Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009.....	3.286
Figura 3.1.3.81 Número total de individuos, biomasa y especies capturadas en las estaciones de muestreo ubicadas entre Puerto Valdivia-Presa en Octubre de 2009. ....	3.288
Figura 3.1.3.82 Número de individuos y biomasa por especie para cada una de las estaciones en el tramo Puerto Valdivia Presa en octubre de 2009.....	3.291
Figura 3.1.3.83 Diversidad, equidad y dominancia de especie para cada una de las estaciones de muestreo en el tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009. .	3.292
Figura 3.1.3.84 Análisis de similaridad de Bray-Curtis para las estaciones de muestreo en el tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009.....	3.294
Figura 3.1.3.85 Número de individuos, biomasa total y especies acumuladas por categoría trófica en las microcuencas del tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009 .....	3.295
Figura 3.1.3.86 Abundancia relativa (%) de los órdenes capturados en el área de cola de embalse .....	3.300
Figura 3.1.3.87 Distribución de abundancia y biomasa por especie íctica en las microcuencas del tramo de cola de embalse durante febrero de 2010 .....	3.303
Figura 3.1.3.88 Distribución de abundancia por especie íctica en las microcuencas del tramo de ajuste cartografico durante febrero de 2010.....	3.304

Figura 3.1.3.89	Distribución del número de individuos, número de especies y biomasa capturadas en las microcuencas del tramo de cola de embalse durante febrero de 2010 .....	3.305
Figura 3.1.3.90	Diversidad de especies en las microcuencas del tramo de cola de embalse durante febrero de 2010.....	3.306
Figura 3.1.3.91	Análisis de similaridad de Bray-curtis con datos de abundancia de las especies en las microcuencas del tramo de cola de embalse durante febrero de 2010... ..	3.307
Figura 3.1.3.92	Dimensiones promedio de las especies capturadas en el tramo de cola de embalse durante febrero de 2010 .....	3.309
Figura 3.1.3.93	Número de individuos, biomasa y especies totales en las microcuencas del tramo de cola de embalse durante febrero de 2010 .....	3.310

### LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 3.1.3.1	Métodos de muestreo para ficoperifiton .....	3.11
Fotografía 3.1.3.2	Metodologías para el muestreo de macroinvertebrados.....	3.12
Fotografía 3.1.3.3	Pescador utilizando atarraya.....	3.17
Fotografía 3.1.3.4	Medidas y peso de los peces capturados .....	3.18
Fotografía 3.1.3.5	Toma de muestras de contenido estomacal.....	3.20
Fotografía 3.1.3.6	Colecta de ictioplancton.....	3.26
Fotografía 3.1.3.7	Métodos de pesca.....	3.29
Fotografía 3.1.3.8	Estación La Balsa .....	3.31
Fotografía 3.1.3.9	Estación Puente Hormiguero .....	3.32
Fotografía 3.1.3.10	Estación Laguna del Sonso .....	3.32
Fotografía 3.1.3.11	Estación Puerto Bertín .....	3.33
Fotografía 3.1.3.12	Estación Río Frío .....	3.34
Fotografía 3.1.3.13	Estación Río La Vieja.....	3.35
Fotografía 3.1.3.14	Estación La Virginia .....	3.35
Fotografía 3.1.3.15	Estación Río Arma .....	3.36
Fotografía 3.1.3.16	Estación Bolombolo .....	3.37
Fotografía 3.1.3.17	Estación Puente Real .....	3.38
Fotografía 3.1.3.18	Estación Sabanalarga.....	3.38
Fotografía 3.1.3.19	Estación Río San Andrés .....	3.39
Fotografía 3.1.3.20	Estación Puente pescadero .....	3.40
Fotografía 3.1.3.21	Estación La Guamera .....	3.41

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Fotografía 3.1.3.22	Estación Río Man.....	3.42
Fotografía 3.1.3.23	Estación Ciénaga Colombia.....	3.42
Fotografía 3.1.3.24	Estación Cauce principal ciénaga La Ilusión .....	3.43
Fotografía 3.1.3.25	Estación Cienaga La Estrella .....	3.44
Fotografía 3.1.3.26	Estación Confluencia Cauca-Nechí.....	3.45
Fotografía 3.1.3.27	Estación Río Cauca Puente de occidente.A. Parte alta del muestreo B. Parte media del muestreo .....	3.46
Fotografía 3.1.3.28	Estación Río Cauca-Liborina A. Parte alta del muestreo B. Parte media del muestreo .....	3.47
Fotografía 3.1.3.29	Estación Río Cauca-Sabanalarga .....	3.48
Fotografía 3.1.3.30	Estación Puente pescadero .....	3.49
Fotografía 3.1.3.31	Estación Quebrada La Barbuda A. Parte alta del muestreo B. Parte media del muestreo .....	3.50
Fotografía 3.1.3.32	Estación Quebrada Juan García .....	3.51
Fotografía 3.1.3.33	Estación Quebrada La Rodas .....	3.51
Fotografía 3.1.3.34	Estación Quebrada La Honda A. Parte alta del muestreo B. Parte media del muestreo .....	3.52
Fotografía 3.1.3.35	Estación Quebrada La Clara A. Parte alta del muestreo B. Parte media del muestreo .....	3.53
Fotografía 3.1.3.36	Río San Andres.....	3.54
Fotografía 3.1.3.37	Estación Río Ituango.....	3.55
Fotografía 3.1.3.38	Estación Río Cauca sitio de presa .....	3.57
Fotografía 3.1.3.39	Estación Quebrada La Ordoñez.....	3.58
Fotografía 3.1.3.40	Estación Quebrada La Sucia.....	3.59
Fotografía 3.1.3.41	Registro fotográfico de la Quebrada El Tesorero .....	3.60
Fotografía 3.1.3.42	Quebrada Piedecuesta .....	3.60
Fotografía 3.1.3.43	Quebrada el Diablo .....	3.61
Fotografía 3.1.3.44	Quebrada El Roble .....	3.62
Fotografía 3.1.3.45	Quebrada El Hoyo .....	3.62
Fotografía 3.1.3.46	Quebrada Churrumbo .....	3.63
Fotografía 3.1.3.47	Quebrada Los Naranjos .....	3.63
Fotografía 3.1.3.48	Quebrada Cacagual.....	3.64
Fotografía 3.1.3.49	Estación Quebrada Taque .....	3.65
Fotografía 3.1.3.50	Estación Quebrada Matanza.....	3.65

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Fotografía 3.1.3.51	Estación Quebrada Urriaga.....	3.66
Fotografía 3.1.3.52	Estación Quebrada Careperro .....	3.67
Fotografía 3.1.3.53	Estación Quebrada Tacui.....	3.68
Fotografía 3.1.3.54	Estación Quebrada Los Linderos .....	3.68
Fotografía 3.1.3.55	Registro fotográfico de la Quebrada Chirí en enero de 2010 ..	3.69
Fotografía 3.1.3.56	Registro fotográfico de la Quebrada Bolivia en enero de 2010	3.70
Fotografía 3.1.3.57	Registro fotográfico de la Quebrada Orejón en enero de 2010	3.70
Fotografía 3.1.3.58	Registro fotográfico de la Quebrada Burundá en enero de 2010.... .....	3.71
Fotografía 3.1.3.59	Registro fotográfico de la Quebrada Villa Luz en enero de 2010.... .....	3.72
Fotografía 3.1.3.60	Registro fotográfico de la Quebrada Tenche en enero de 2010..... .....	3.72
Fotografía 3.1.3.61	Fotografía xx. Estación Río Ituango .....	3.73
Fotografía 3.1.3.62	Estación Quebrada Guriman A. Parte alta del muestreo B. Parte medio del muestreo .....	3.74
Fotografía 3.1.3.63	Estación Umaga – El Guaico A. Parte alta del muestreo B. Parte media del muestreo .....	3.75
Fotografía 3.1.3.64	Quebrada El Polvillo. (Captación) A. Parte alta del muestreo B. Parte media del muestreo. ....	3.76
Fotografía 3.1.3.65	Registro fotográfico del Tramo de muestro ubicado en la quebrada Ticuitá .....	3.77
Fotografía 3.1.3.66	Registro fotográfico del tramo de muestreo en el río Sinitavé .	3.78
Fotografía 3.1.3.67	Resgistro fotográfico de la estación de muestreo en la quebrada La Rica .....	3.79
Fotografía 3.1.3.68	Registro fotográfico de la estación de muestreo en la quebrada Organí .....	3.80
Fotografía 3.1.3.69	Registro fotográfico de la estación de muestreo en la quebrada La Guamera .....	3.81
Fotografía 3.1.3.70	Registro fotográfico de la estación de muestreo en la quebrada Achirá .....	3.82
Fotografía 3.1.3.71	Estación quebrada Arenales .....	3.82
Fotografía 3.1.3.72	Ubicación de la estación de muestreo en la quebrada La Planta ... .....	3.83
Fotografía 3.1.3.73	Estación Quebrada Vagamentos .....	3.84
Fotografía 3.1.3.74	Registro fotográfico de la estación de muestreo en la quebrada Remolinos .....	3.84

Fotografía 3.1.3.75	Estación quebrada Arroceras.....	3.85
Fotografía 3.1.3.76	Registro fotográfico de las especies más importantes de fitorifiton identificadas en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010 .....	3.92
Fotografía 3.1.3.77	Algunos de los macroinvertebrados encontrados en el área de influencia de la vía sustitutiva .....	3.148
Fotografía 3.1.3.78	Leptohyphidae: <i>Leptohyphes</i> .....	3.179
Fotografía 3.1.3.79	Registro fotográfico de algunos macroinvertebrados encontrados en la zona de estudio. ....	3.189
Fotografía 3.1.3.80	Hydropsychidae: <i>Leptonema</i> .....	3.195
Fotografía 3.1.3.81	Corydalidae: <i>Corydalus</i> .....	3.196
Fotografía 3.1.3.82	Algunos taxones de macroinvertebrados encontrados en el tramo de cola de embalse .....	3.202
Fotografía 3.1.3.83	Especies más abundantes en las capturas .....	3.213
Fotografía 3.1.3.84	Descripción de las migraciones en los tres sectores de la cuenca del Río Cauca .....	3.237
Fotografía 3.1.3.85	Registro fotográfico de las especies de peces capturadas en las quebradas en el tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009 .....	3.298
Fotografía 3.1.3.86	Registro fotográfico de las especies ícticas presentes en las microcuencas del tramo de cola de embalse durante febrero de 2010 .....	3.302

#### LISTA DE ANEXOS

Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03C2-ANX-A Especies de peces reportadas para la cuenca del río Cauca

Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03C2-ANX-B Encuestas a pescadores y comerciantes

#### LISTA DE MAPAS

D-PHI-110-LB-PR-MON-010 Sitios de muestreo y monitoreo

## 3 CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

### 3.1 MEDIO BIÓTICO

Para efectos de la actualización del Estudio de Impacto Ambiental, se presenta además de la caracterización de Obras principales la información relacionada a la Rectificación de la vía San Andrés de Cuerquia – El Valle, la vía sustitutiva y la Apertura de la Vía Puerto Valdivia – Sitio de Presa que surgen de nuevas actividades planteadas para el proyecto y por otra parte se presenta la caracterización relacionada al Reajuste y actualización de la zona de cola del embalse, producto de un ajuste cartográfico, al plantearse la necesidad de precisar en detall de las actividades de diseño, la modificación se realizó sobre la cartografía inicial del proyecto (IGAC, escala 1:25.000) utilizada en el estudio de factibilidad 2006. La principal consecuencia del cambio cartográfico es el aumento de la superficie del embalse en 738 ha.

A continuación se presenta la caracterización del ecosistema acuático presente en el Proyecto Hidroeléctrico Ituango.

#### 3.1.3 Ecosistemas acuáticos

Los ecosistemas acuáticos fueron caracterizados a partir del fítoplancton, los macroinvertebrados y los peces presentes en las áreas de influencia del medio biótico. En el área del Proyecto hidroeléctrico Ituango se vienen desarrollando estudios desde el año 2006. Las actividades de campo se desarrollaron en el 2006 y 2007 para la zona de Obras principales, para la zona correspondiente a la Rectificación de la vía San Andrés de Cuerquia-El Valle la campaña de muestreo se realizó en mayo de 2009, para la zona correspondiente a la Apertura de la Vía Puerto Valdivia- Sitio de Presa la salida se realizó en octubre de 2009 y febrero de 2010, para la vía sustitutiva el muestreo se realizó en enero de 2010 y para el Reajuste y actualización de la cola del embalse se realizó entre el 27 y el 29 de enero de 2010. Por lo tanto la caracterización abarcó diferentes momentos hidrológicos, diferenciadas por la estacionalidad en la zona (época de lluvia y época seca)

El diseño de muestreo incluyó jornadas diurnas en estaciones ubicadas en el cauce principal y algunos de sus afluentes. El muestreo biológico se hizo simultáneamente a la medición de las variables fisicoquímicas del agua e incluyó una descripción física del hábitat acuático y terrestre circundante, así como la toma de muestras biológicas de peces, macroinvertebrados y fítoplancton.

Para el estudio de cada uno de los grupos de fauna acuática se siguió una metodología particular, la cual se describe posteriormente; sin embargo, para el análisis de la información obtenida se aplicaron algunos índices ecológicos (Margalef, Simpson y Shannon-Wiener) comunes a todos los grupos.

A continuación se presenta la caracterización de la fauna acuática presente en el Proyecto Hidroeléctrico Ituango.

### 3.1.2.1 Área de Influencia Indirecta (AII)

En el departamento de Antioquia se han realizado investigaciones pioneras respecto a la biota acuática, encontrándose entre las más representativas las realizadas por Roldán (1992, 1996, 2003); Aguirre y Palacio (2002, 2004). Así como las investigaciones contratadas por Empresas Públicas de Medellín en el área de influencia de la cadena de embalses de Porce (2001, 2002 y 2004) y por ISAGEN en el Oriente Antioqueño (monitoreos limnológicos de las centrales San Carlos, jaguas y Calderas; aun en curso). En la cuenca del río Cauca en particular, se cuenta con información fragmentada de algunos grupos. Especialmente en la parte alta, sector claramente diferenciable del área de influencia del proyecto, dados los accidentes geográficos que se encuentran especialmente entre La Pintada y La Virginia, los que alguna forma han limitado el flujo de especies entre la cuenca media y alta del río Cauca. No obstante, por tratarse de la única información disponible para la cuenca será tomada en consideración.

En el año 1982 se iniciaron algunos estudios preliminares orientados hacia el conocimiento hidrobiológico en la zona a ser inundada por el embalse Salvajina como parte del proyecto de Regulación del río Cauca (Villabona, 1984). En estos estudios se analizaron parámetros fisicoquímicos y biológicos con el fin de determinar aspectos sanitarios y biológicos propios del medio antes de construirse el embalse. En este estudio las especies más importantes y representativas dentro del fitoplancton fueron, la diatomea *Diatoma sp.*, dentro del zooplancton, el *Paramecium sp.1*, dentro de los macroinvertebrados, los coleópteros de la familia Elmidae y peces principalmente del orden characiformes, los cuales en su mayoría están conformados por microcharacidos como los del género *Creagrutus*.

Respecto al ficoperifiton, son escasos los estudios que se encuentran disponibles para la cuenca media del río Cauca. Entre los registros encontrados, está la caracterización de biotopos acuáticos realizada por el Consorcio Carinsa Incoplan (1993) en la Cuenca del río Cauca y Magdalena, donde se estudiaron entre otras variables, los ensamblajes de algas ficoperifíticas. Los resultados con relación a densidad y diversidad fueron muy bajos dadas las condiciones de gran turbulencia y alta dinámica de las aguas que no permiten el desarrollo de este tipo de ensamblajes. Adicionalmente, se encontró que en épocas de sequía cuando los niveles del agua descienden significativamente, los sustratos quedan al descubierto, lo que limita el desarrollo del ficoperifiton, al secarse por la radiación directa del sol.

Lo anterior es corroborado en la caracterización y modelación matemática del río Cauca llevada a cabo por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (2004), donde se manifiesta como no relevante el incremento de productores primarios, pues la proliferación de algas prácticamente no tiene lugar debido a factores como el caudal. El ficoperifiton fue utilizado también en la medición de la calidad del agua de los afluentes del río Cauca, registrando un rango óptimo en términos de calidad para algunos de los puntos analizados y condiciones de hábitat muy favorables para el desarrollo masivo de algunas poblaciones en los sitios restantes. Esto constituye un indicio de contaminación en los cuerpos de agua donde se están favoreciendo dichos desarrollos masivos.

En términos generales, los estudios sobre el ficoperifiton llevados a cabo en los diferentes afluentes del Río Cauca registran las Bacilarioficeas como uno de los grupos más

significativos dentro de los ensamblajes encontrados, debido a su posibilidad de colonizar sustratos firmes inmersos en corrientes expuestas a la velocidad. A nivel de especies se cuenta con registro de la cuenca alta en el área de influencia del embalse Salvajina (Renjifo 1999). Entre las especies reportadas se destacan: *Anabaena sp.*, *Micrasteria sp.*, *Botryococcus sp.*, *Cosmarium sp.*, *Chroococcus sp.*, *Dynobrium sp.*, *Fragilaria sp.*, *Micrasteria sp.*, *Oscillatoria sp.*, *Pediastrum sp.*, *Scenedesmus sp.*, *Tabellaria sp.* Y *Tabellaria sp.* Para la cuenca media el único reporte corresponde al los estudios hechos por integral en 1999, en ellos se identificaron 49 especies cuya presencia podría ser un indicio de la intervención de los ecosistemas analizados, ya que los grupos dominantes se asocian a aguas con cierto nivel de contaminación como *Oscillatoria*, *Lyngbya* y *Chroococcus* al igual que algunas Crisofitas como *Nitzchia* (ver apartado obras principales).

En el caso de los macroinvertebrados, los reportes disponibles en su mayoría se derivan de las actividades realizadas por el Proyecto de modelación del río Cauca-PMC (CVC, 2004), el cual incluyó la caracterización de la calidad del agua de la cuenca alta del río y sus tributarios, la identificación de parámetros críticos mediante índices fisicoquímicos y ecológicos, y la implementación del modelo matemático para la simulación dinámica de la calidad del agua del río.

Este estudio se desarrolló en dos fases. En la primera se tomaron muestras en 19 corrientes de la cuenca alta del río Cauca, desde la represa de Salvajina hasta el municipio de La Virginia, Todas subcuencas localizadas en la zona montañosa (CVC, 2001). El estudio de calidad del agua en el tramo Salvajina – La Virginia se efectuó en el período 1996 – 2003 y en él sólo fueron aplicados los índices de calidad del agua (ICA) y de contaminación (ICO), y no se tomaron en consideración los índices biológicos. Sin embargo, durante la fase dos (en 2004) se hizo un monitoreo hidrobiológico en nueve de las estaciones evaluadas a nivel fisicoquímico, localizadas a lo largo del río Cauca en su paso por el valle medio interandino (Paso de la Balsa, Puente Hormiguero, Antes Navarro, Juanchito, Paso de la Torre, Mediacanoa, Puente la Victoria, y Anacaro). Con base en los organismos colectados en cada corriente, se estimaron diferentes indicadores ecológicos. Este estudio, se constituye en el registro más amplio y reciente de los macroinvertebrados de la cuenca, aunque sólo se presentan los resultados de calidad globales y no el listado de especies (Tabla 3.1.3.1).

**Tabla 3.1.3.1 Evaluación de la calidad del agua del río Cauca mediante indicadores Ecológicos y el ICAUCA. Muestreo Junio de 2004**

Tramo	Estación	INDICADORES ECOLÓGICOS						Índice fisicoquímico	
		Abundancia	Riqueza	Diversidad de Shannon (H')		Biótico (BMPW)		ICAUCA	
				Valor	Categoría	Valor	Categoría BMPW	Valor	Categoría
Tramo I	Paso de la Balsa	46	11	1,69	MedC	55	C	68,2	Buena
	Paso de la Balsa	36	10	1,75	MedC	45	C	67,0	Buena
	Puente Hormiguero	143	9	0,74	MC	29	MC	45,0	Aceptable
	Antes Navarro	1044	7	0,88	MC	22	MC	44,4	Aceptable
Tramo II	Juanchito	8408	7	0,4	MC	3	Séptica	51,2	Buena
	Paso de la	32942	7	0,07	MC	6	Séptica	19,3	Pésima

Tramo	Estación	INDICADORES ECOLÓGICOS						Índice fisicoquímico	
		Abundancia	Riqueza	Diversidad de Shannon (H')		Biótico (BMPW)		ICAUCA	
				Valor	Categoría	Valor	Categoría BMPW	Valor	Categoría
	Torre								
	Mediacanoa	6137	7	0,13	MC	16	MC	31,5	Inadecuada
Tramo III	Puente la Victoria	1176	10	0,65	MC	28	MC	37,6	Aceptable
	Anacaro	1620	12	1,15	MC	14	MC	3,1	Aceptable

MedC: medianamente contaminada, C: Contaminada, MC: Muy contaminada

Tomado de Universidad del Valle-CVC- (2004)

En el estudio de la CVC los valores más altos del índice BMWP se presentaron en el tramo I (Estaciones del Paso de La Balsa). Hacia el tramo II el índice disminuye drásticamente, presentando el valor más bajo en la estación Juanchito, seguido de la estación Mediacanoa. Hacia el tramo III el índice presenta un leve incremento. Aunque esta información está restringida a la cuenca alta del Cauca, antes de llegar al departamento de Antioquia (cuenca media), es valiosa respecto a la dinámica de la cuenca antes de llegar al área de influencia del proyecto.

Otras investigaciones sobre los macroinvertebrados en la cuenca alta del río Cauca se han hecho en el área de influencia del embalse Salvajina y han estado orientados a su aparición en las cadenas tróficas, donde los peces son los más beneficiados. Las especies de macroinvertebrados bentónicos reportados en estos estudios incluyen: *Leptohyphes sp.*, *Progomphus sp.*, *Corydalus sp.*, *Leptonema sp.*, *Simmulium sp.*, *Trepobats sp.*, *Atanatica sp* y *Chironomus sp*

En el caso de la ictiofauna, para Antioquia en general existen valiosos aportes como el trabajo de Andrés Posada Arango (1909) y de Jaramillo (2008). Así como los estudios antes mencionados de Empresas Públicas de Medellín e ISAGEN en el área de Porce y el oriente antioqueño. En todos estos estudios se destacan los ambientes torrenciales de las montañas antioqueñas por encima de los 1000 msnm. No obstante, no se tienen reportes de ictiofauna en las quebradas estructuralmente semejantes en la cuenca media del río Cauca, donde las alturas están por debajo de los 700 msnm y las condiciones ambientales son las de un bosque seco.

La información disponible de la composición, biología o ecología de los peces de esta zona se restringe a áreas más amplias que incluyen básicamente la cuenca alta del río, mientras que en la cuenca media y baja no se encuentran reportes. Lo cual se debe en algunos casos a las dificultades de acceso y en otros a problemas de orden público. Para la cuenca alta, Ortega-Lara *et al* (2006) reporta 85 especies entre nativas e introducidas; mientras Mojica *et al* 1999 reporta para la totalidad de la cuenca 94 especies. Integral ha realizado otros estudios en el río Cauca, entre los cuales se destacan algunos tramos del río Nechi, para los cuales se encontraron 30 especies. Posteriormente se llevó a cabo el estudio de impacto ambiental del proyecto hidroeléctrico Nechí (1997), el cual incluyó muestreos mensuales de fauna ictica desde Puerto Valdivia hasta inmediaciones de la desembocadura del río Cauca. En este estudio se encontraron 55 especies de peces (ver Tabla 3.1.3.2).

Los reportes encontrados en el Cauca pueden considerarse bajos respecto a otras cuencas del país. Lo que estaría relacionado con el deterioro progresivo y la geomorfología escarpada de algunas quebradas y tramos del río, especialmente en la parte media, que pueden ser un factor limitante para el establecimiento de un mayor número de especies. Adicionalmente, la introducción de especies exóticas como los géneros *Oreochromis*, *Trichogaster* y *Tilapia* puede contribuir a la disminución o desaparición de especies nativas por competencia, predación, transferencia de patógenos, entre otros (Vélez-Espino, 2003).

Entre los estudios ictiológicos del alto Cauca se encuentran los trabajos de Flórez y Montoya (1986), Flórez (1989), Vasquéz *et al.* (1991b) en el embalse Salvajina, quienes a través de la caracterización fisicoquímica e hidrobiológica del embalse, mostraron la relación entre la condición de calidad de agua existente, la complejidad de las cadenas tróficas y la distribución de la biota acuática en general. A través de estos estudios, el registro ictiológico reveló la presencia de ocho familias, 22, géneros y 25 especies dominantes de importancia bioecológica, económica y nutricional. Entre las especies dominantes en el sistema se encontraron las siguientes: *Pimelodus blochii*, *Prochilodus magdalenaetus*, *Pseudopimelodus bufonious*, *Pimelodus grosskopfii*, *Brycon henni*, *Salminus affinis*, *Astyanax Caucanus*, *Astyanax fasciatus* e *Ichthyoelephas longirostris*. Las otras especies forman parte de la fauna acompañante.

## ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Tabla 3.1.3.2 Ordenes familias y especies de peces reportados para el río Cauca

Orden	Familia	Especie	Nombre Común	Integral 1981	Integral 1998	Mojica 1999
Rajiformes	Potamotrygonidae	<i>Potamotrygon magdalenae</i>	Raya	X	X	X
Characiformes	Parodontidae	<i>Paradon suborbitale</i>	Rollizo		X	X
Characiformes	Curimatidae	<i>Cyphocarax magdalenae</i>	Viejito		X	X
Characiformes	Curimatidae	<i>Geophyrocharax melanocheir</i>	Brinconcita		X	X
Characiformes	Prochilodontidae	<i>Ichtholephas longirostris longirostris</i>	Jetudo	X	X	
Characiformes	Characidae	<i>Prochilodus magdalenae</i>	Bocachico	X	X	X
Characiformes	Anostomidae	<i>Abramites aques</i>	Totumito		X	X
Characiformes	Anostomidae	<i>Leporellus vittatus</i>	Mazorca	X	X	X
Characiformes	Anostomidae	<i>Leporinus striatus</i>	Rayado	X	X	X
Characiformes	Anostomidae	<i>Leporinus muiscorum</i>	Comelon	X	X	X
Characiformes	Characidae	<i>Acestrocephalus anomalus</i>	Sardina			X
Characiformes	Characidae	<i>Argopleura diquensis</i>	Sardina			X
Characiformes	Characidae	<i>Argopleura magdalenensis</i>	Sardina			X
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax aurcaudatus</i>	Sardina			X
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax fasciatus</i>	Sardina coliroja	X	X	X
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax gisleni</i>	Sardina			X
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax magdalenae</i>	Sardina			X
Characiformes	Characidae	<i>Brycon fowleri</i>	Sabaleta		X	X
Characiformes	Characidae	<i>Brycon henni</i>	Sabaleta	X	X	X
Characiformes	Characidae	<i>Brycon moorei moorei</i>	Dorada	X	X	X
Characiformes	Characidae	<i>Brycon rubricauda</i>	Sabaleta	X	X	X
Characiformes	Characidae	<i>Bryconamericus Caucanus</i>	Sardina			X
Characiformes	Characidae	<i>Characium Caucanum</i>	Sardina			X
Characiformes	Characidae	<i>Creagrutus affinis</i>	Sardina			X
Characiformes	Characidae	<i>Creagrutus magdalenae</i>	Sardina			X
Characiformes	Characidae	<i>Cynopotamus magdalenae</i>	Sardina			X
Characiformes	Characidae	<i>Cheirontops geayi</i>	Sardina			X
Characiformes	Characidae	<i>Gasteropelecus maculatus</i>	Volador		X	X
Characiformes	Characidae	<i>Gilbertolus alatus alatus</i>	Boquiancha		X	X
Characiformes	Characidae	<i>Hemibrycon tolimae</i>	Sardina			X
Characiformes	Characidae	<i>Hyphessobrycon inconstans</i>	Sardina			X
Characiformes	Characidae	<i>Hyphessobrycon panamensis</i>	Sardina			X
Characiformes	Characidae	<i>Piractus brachypomus</i>	Cachama		X	
Characiformes	Characidae	<i>Roeboides dayi dayi</i>	Changuito		X	X
Characiformes	Characidae	<i>Saccoderma hastata</i>	Sardina			X
Characiformes	Characidae	<i>Roeboides magdalenae</i>	Changuito		X	X
Characiformes	Characidae	<i>Salminus affinis</i>	Picuda	X	X	X

## ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Orden	Familia	Especie	Nombre Común	Integral 1981	Integral 1998	Mojica 1999
Characiformes	Characidae	<i>Tarpon atlanticus</i>	Sábalo	X	X	
Characiformes	Characidae	<i>Triportheus magdalenae</i>	Arenca	X	X	X
Characiformes	Curimatidae	<i>Curimata mivartii</i>	Vizcaína		X	X
Characiformes	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i>	Moncholo	X	X	X
Characiformes	Ctenoluciidae	<i>Ctenolucius hujeta</i>	Agujeta		X	X
Siluriformes	Asprenidae	<i>Bunocephalus colombianus</i>	Negrilo		X	X
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus bogotense</i>	Baboso			X
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus caliense</i>	Baboso			X
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus chapmani</i>	Baboso			X
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus nigromaculatus</i>	Baboso			X
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus striatum</i>	Baboso			X
Siluriformes	Callichthyidae	<i>Hoplosternum magdalenae</i>	Baboso			X
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus chotae</i>	Capitan			X
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus chapmani</i>	Capitan		X	X
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus grivalvii</i>	Capitan			X
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus nicefori</i>	Capitan			X
Siluriformes	Loricariidae	<i>Ancistrus Caucanus</i>	Capitan			X
Siluriformes	Loricariidae	<i>Chaetostoma fischeri</i>	Cucha	X	X	X
Siluriformes	Loricariidae	<i>Chaetostoma thomssoni</i>	Corroncho		X	X
Siluriformes	Loricariidae	<i>Cochilodon hondae</i>	Corroncho		X	X
Siluriformes	Loricariidae	<i>Hemiancistrus wilsoni</i>	Corroncho amarillo	X	X	X
Siluriformes	Loricariidae	<i>Lasiancistrus Caucanus</i>	Corroncho		X	X
Siluriformes	Loricariidae	<i>Loricaria magdalenae</i>	Raspacanoa			X
Siluriformes	Loricariidae	<i>Loricaria filamentosa</i>	Raspacanoa		X	X
Siluriformes	Loricariidae	<i>Loricaria gymnogaster</i>	Gaucuco ojo azul		X	X
Siluriformes	Loricariidae	<i>Loricaria variegata</i>	Raspacanoa			X
Siluriformes	Loricariidae	<i>Panaque gibbosus</i>	Corroncho	X	X	X
Siluriformes	Loricariidae	<i>Pteroplichtys undecimalis</i>	Corroncho		X	X
Siluriformes	Loricariidae	<i>Sturisoma leightoni</i>	Raspacanoa			X
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Cetopsorhamdia boquillae</i>	Bobito			X
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Cetopsorhamdia molinar</i>	Bobito		X	X
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Cetopsorhamdia nasus</i>				
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Imparfinis macrocephala</i>				X
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Imparfinis nemacheir</i>				X
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Pimelodella chegresi</i>	Capitanejo	X	X	X
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Pimelodus clarias</i>	Barbudo blanco	X	X	X
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Pimelodus grosskopffi</i>	Barbudo	X	X	X

## ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Orden	Familia	Especie	Nombre Común	Integral 1981	Integral 1998	Mojica 1999
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Pseudopimelodus zungaro</i>	Bagre sapo		X	X
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Pseudoplatistoma fasciatum</i>	Bagre pintado	X	X	X
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Rhamdia sebae</i>	Guabina	X	X	X
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Rhamdia wagneri</i>	Barbudo negro	X	X	X
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Rhamdella microcephala</i>				X
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Soribium lima</i>	Blanquillo	X	X	X
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Branchioica phaneronema</i>	Blanquillo		X	X
Siluriformes	Ageneiosidae	<i>Ageneiosus Caucanus</i>	Doncella	X	X	X
Siluriformes	Ageneiosidae	<i>Parauchenipterus insignis</i>	Doncella		X	X
Gymnotiformes	Sternopygidae	<i>Apteronotus rostratus</i>	Perrita	X	X	X
Gymnotiformes	Sternopygidae	<i>Eingemania virescens</i>	Mayupa		X	X
Gymnotiformes	Sternopygidae	<i>Gymnotus carapo</i>				X
Gymnotiformes	Sternopygidae	<i>Sternopygus macrurus</i>	Mayupa	X	X	X
Cyprinodontiformes	Cyprinodontidae	<i>Rachovia splendens</i>	Gupy			X
Cyprinodontiformes	Rivulidae	<i>Rivulus atratus</i>	Gupy			X
Cyprinodontiformes	Rivulidae	<i>Rivulus elegans</i>	Gupy			X
Cyprinodontiformes	Rivulidae	<i>Rivulus magdalenae</i>	Gupy			X
Cyprinodontiformes	Poecilidae	<i>Mollienisia Caucana</i>	Gupy			X
Synbranchiformes	Synbranchidae	<i>Synbranchus marmoratus</i>	Culebra			X
Perciformes	Cichlidae	<i>Caquetaia kraussi</i>	Mojarra amarilla	X	X	X
Perciformes	Cichlidae	<i>Petenia umbrifera</i>	Mojarra Negra	X	X	X
Perciformes	Cichlidae	<i>Aequidens pulcher</i>	Mojarra azul	X	X	X
Perciformes	Cichlidae	<i>Geophagus steindachneri</i>	Mojarra morrua			X
Perciformes	Scianidae	<i>Plagioscion</i>				X

### 3.1.2.2 Área de Influencia Directa (AID)

#### 3.1.2.2.1 Metodología

Para caracterizar los cuerpos de agua de la cuenca media del río Cauca (Antioquia) y su biota acuática se desarrollaron estudios entre el 2006 y el 2010. A continuación se presentan las fechas de muestreo para cada uno de los tramos considerados:

- Sector Obras Principales: 2006 y 2007
- Sector vía sustitutiva: Enero 2010
- Sector Rectificación Vía San Andrés de Cuerquia-El Valle: Mayo de 2009
- Sector Vía Puerto Valdivia-Presa: Febrero 2010
- Sector Reajuste y actualización zona de cola del embalse: Febrero de 2010

El diseño de muestreo incluyó jornadas diurnas en estaciones ubicadas en el cauce principal y algunos de sus afluentes. El muestreo biológico se hizo simultáneamente a la medición de las variables fisicoquímicas del agua e incluyó una descripción física del hábitat acuático y terrestre circundante, basado en el protocolo de Aurivas (Parsons, *et al.*, 2002), así como la toma de muestras biológicas de peces macroinvertebrados y ficoperifiton.

El esfuerzo de muestreo fue el mismo en todos los puntos excepto para los peces, ya que las características del hábitat fueron restrictivas para el uso de algunos aparejos de pesca en todas las estaciones, tal es el caso de los chinchorros y trasmallos los cuales fueron en su mayoría utilizados en la cuenca baja del río Cauca asociado al plano de inundación o ecosistemas cenagosos, mientras que la utilización de las atarrayas fue igual para todas las estaciones de muestreo, por lo cual las comparaciones entre momentos y estaciones de muestreo son realizadas con base a las capturas realizadas con esta aparejos, los demás son utilizados para la composición de especies en la cuenca. Algunas variables específicas como ictioplancton utilizan solo algunas estaciones de muestreo en el cauce principal (ver metodología particular para ictiofauna).

Para el estudio de cada uno de los grupos de fauna acuática se siguió una metodología particular, la cual se describe posteriormente; sin embargo, para el análisis de la información obtenida se aplicaron algunos índices ecológicos (Margalef, Simpson y Shannon-Wiener) comunes a todos los grupos. Para evitar la repetición innecesaria de esta información se presenta a continuación la descripción de estos índices, así como las referencias necesarias para complementar su aplicación.

- Índice de Margalef

Este índice se refiere esencialmente el número de especies en una unidad de muestreo definida (Magurran, 1988). Este índice nos permite establecer el número de especies en cada punto de muestreo con el fin de establecer comparaciones con base en la riqueza hallada para cada uno de los hábitats muestreados.

$$Dmg = \frac{(S-1)}{\ln N}$$

Donde:

*Dmg*: Índice de Margalef

*S*: Número de especies

*N*: Número total de individuos

*Ln*: Logaritmo natural

- Índice de Simpson (*D'*)

Es una medida no paramétrica de la densidad que sugiere que la diversidad está inversamente relacionada con la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra pertenezcan a la misma especie (Magurrán, 1988).

Este índice fue utilizado con el fin de establecer una especie indicadora dentro de la zona de estudio.

Para una población infinita este índice está dado por:

$$D' = 1 / \sum_{i=1}^S P_i^2$$

Donde:

*D'*: Índice de Simpson

*S*: Número de especies

*P<sub>i</sub>*: Proporción de individuos hallados en la *i*-ésima especie

- Índice de Shannon- Wiener (*H'*)

El índice de Shannon es una forma de medir la entropía (Pielou, 1977). Este índice asume que los individuos han sido muestreados aleatoriamente en una población indefinidamente grande, además de que todas las especies están representadas en la muestra (Pielou, 1977). Este índice se calcula como:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i * \ln P_i$$

Donde:

*H'*: Índice de Shannon-Wiener

*S*: Número de especies

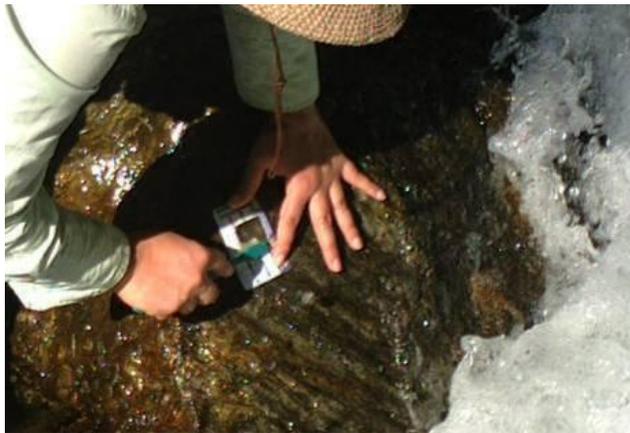
*P<sub>i</sub>*: Proporción de individuos hallados en la *i*-ésima especie

*Ln*: Logaritmo neperiano

- Ficoperifiton

- Trabajo de campo

Para coleccionar las muestras, se realizó una remoción por medio de cepillos plásticos del material adherido a sustratos naturales sumergidos en el lecho de los ríos o quebradas (piedras, troncos, hojarasca). Cada muestra se obtuvo utilizando un cuadrante de 10 cm<sup>2</sup>, en el cual se aplicó remoción 30 veces al azar en 10 puntos diferentes (Fotografía 3.1.3.1). Las muestras fueron coleccionadas a lo largo de un transecto de aproximadamente 30 m, para un total de 100 cm<sup>2</sup> por estación. Las muestras coleccionadas fueron fijadas con una solución de lugol al 10% (0.5 ml por cada 100 ml de muestra) y se transportaron en envases plásticos opacos, debidamente rotulados, para su posterior análisis al microscopio invertido.



Fotografía 3.1.3.1 Métodos de muestreo para ficoperifiton

- Trabajo de laboratorio

En el laboratorio, previo al conteo, cada muestra se homogenizó por agitación manual y de allí se extrajo una submuestra de 1.0 ml. El conteo se realizó en cámara de Kolwitz bajo microscopio invertido a una magnificación total de 400 X, en 30 campos, siguiendo la metodología de campos al azar mediante una tabla de números aleatorios previamente preparada. Los resultados se reportan como densidad en individuos/cm<sup>2</sup>.

Para la identificación del ficoperifiton se utilizaron las claves taxonómicas de Prescott (1962), Bicudo y Bicudo (1970), González (1988), Ramírez (2000), Wagner (2001), Kinross (2004) y Andries (2005). Además, se realizó el registro fotográfico de algunos de los organismos encontrados.

- Análisis de información

Se determinaron los índices de diversidad específica (Shannon Weaver, 1948), uniformidad (Pielou, 1969), riqueza de especies (Margalef, 1983) y dominancia (Simpson, 1949). La estructura de la comunidad se estableció con base en las medidas de densidad

a través del análisis de la variación en la distribución y composición de taxones. La similitud entre estaciones se determinó con base en un análisis de agrupamiento de los puntos de muestreo. Dicho agrupamiento se realizó mediante la aplicación del índice de similitud de Bray-Curtis utilizando los datos de densidad entre las estaciones, mientras que el esquema de agrupamiento se hizo con base en un ligamiento completo de los datos y se utilizó el programa Biodiversity-Professional (Versión 2).

- Macroinvertebrados
  - Trabajo de campo

En cada sitio se realizó un muestreo semicuantitativo utilizando un esfuerzo de muestreo de 15 minutos y muestreando todos los hábitats existentes (hojarasca o vegetación en la orilla, restos de madera sumergida, bancos o áreas de deposición) y en diferentes sustratos (grava, gravilla y arena). Se usó la red triangular para recolectar la muestra y se revisó la red para coleccionar con pinzas los macroinvertebrados presentes en ella (Fotografía 3.1.3.2). Se tomaron varias réplicas, tratando de cubrir diferentes puntos de la sección transversal en las estaciones de muestreo. Adicionalmente, se muestreó manualmente con la ayuda de unas pinzas durante otros 15 minutos y se depositaron los organismos en frascos pet cristal con alcohol al 70%.

En el campo el material colectado se guardó en bolsas plásticas, previamente rotuladas con el nombre del sitio, el municipio, la fecha de muestreo, y conteniendo en alcohol al 70% para la posterior separación en el laboratorio.

- Trabajo de Laboratorio

En el laboratorio, luego de separados los organismos del material colectado en campo, éstos fueron conservados en alcohol al 70 % en frascos de pet cristal rotulados con: nombre del proyecto, nombre de la estación de muestreo, fecha, colector y jerarquía taxonómica. Posteriormente los organismos fueron identificados hasta el mayor rango taxonómico posible y se contó el número de organismos, para su registro en tablas de abundancia. Además, se realizó el registro fotográfico de los taxones encontrados, de tal forma que éste sirva para confrontación en monitoreos futuros.



Fotografía 3.1.3.2 Metodologías para el muestreo de macroinvertebrados

Para la identificación de los macroinvertebrados se utilizaron las claves de Aristizábal (2002), Brown (1976), Domínguez y Fernández (2009), Correa (1980), Álvarez (1982), Arango (1983), Bedoya (1984), Machado (1989), Flint (1967), Gelhaus (2002), Johannsen (1977), Merrit y Cummins (1996), Domínguez y Peters (1992), Posada y Roldán (2003), Oliva *et al.* (2002), Wiggins (1977), Edmonson (1959), Edmunds (1976), Hungerford y Matsuda (1960), Marchese (1995), McCafferty (1981), Manzo (2005), Spangler (1990), Spangler y Santiago (1992), Sther (1991), Ruiz *et al.* (2000), Usinger (1956), entre otras.

– Análisis de información

Todos los datos fueron tabulados y analizados con el fin de graficar las abundancias relativas (%) de los diferentes taxones presentes en cada estación. Para el análisis estadístico del ensamble de macroinvertebrados acuáticos se aplicaron los índices de diversidad Shannon y Wiener ( $H'$ ) (1949) en Log 10, equidad de Pielou ( $J'$ ) (1966), dominancia de Simpson  $D$  (1949) y riqueza de Hill (1973); Se realizó el análisis de similaridad de Bray- Curtis para determinar la semejanza entre los sitios de muestreo. Los análisis se llevaron a cabo con el paquete estadístico BioDiversity Professional versión 2.

Se calculó el índice BMWP/Col1 para cada estación, éste es un método cualitativo en el que a cada familia de macroinvertebrados se le asigna un valor numérico (1-10) de acuerdo al grado de sensibilidad a la contaminación, siendo las familias con valor 1 las que toleran las condiciones más bajas de calidad del agua. En cada sitio se procedió a sumar los valores de cada familia y al total del puntaje se le designa como valores BMWP/Col. De acuerdo con el puntaje obtenido para cada estación, se califica la calidad del agua y su significado ecológico.

Álvarez (2005) ajustó el método propuesto por Roldán (2003), pues la experiencia ha demostrado que algunas familias no tienen ningún valor como organismos indicadores de la calidad del agua y fueron excluidas, a otras se les ha modificado su valor de bioindicación y se han agregado otras familias. Adicionalmente, se incluyen los valores de indicación para algunas familias de moluscos asignados por Gómez, *et al.* (2003) y los valores determinados por Posada y Roldán (2003) para algunas familias del orden Trichoptera. También es importante aclarar que a algunas familias no se les ha asignado puntuación, debido a que los reportes son escasos y se conoce poco sobre su ecología.

La Tabla 3.1.3.3 presenta las puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del índice BMWP/Col1 y la

Tabla 3.1.3.4 la clasificación de las aguas, su significado ecológico de acuerdo al índice y los colores utilizados para la elaboración de mapas de calidad del agua.

**Tabla 3.1.3.3 Puntajes asignados a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del índice BMWP/Col1**

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gripopterygidae, Lampyridae, Odontoceridae, Perlidae, Polymitarcyidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Coryphoridae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gomphidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Limnephilidae, Oligoneuriidae, Philopotamidae, Platystictidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae	9
Atyidae, Calamoceratidae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydraenidae, Hydroptilidae, Leptoceridae,	8

Familias	Puntajes
Limnephilidae, Lymnaeidae, Naucoridae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Sialidae, Sphaeriidae	
Ancylidae, Baetidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Dicteriadidae, Dixidae, Elmidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydrobiidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Lestidae, Ochteridae, Palaemonidae, Pyralidae, Trichodactylidae	7
Aeshnidae, Ampullariidae, Caenidae, Corydalidae, Dryopidae, Dugesidae, Hyriidae, Hydrochidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Mycetopodidae, Pleidae, Staphylinidae	6
Ceratopogonidae, Corixidae, Gelastocoridae, Gyrinidae, Libellulidae, Mesoveliidae, Nepidae, Notonectidae, Planorbidae, Simuliidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Belostomatidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Ephydriidae, Glossiphoniidae, Haliplidae, Hydridae, Muscidae Scirtidae, Empididae, Dolichopodidae, Hydrometridae, Noteridae, Sciomyzidae	4
Chaoboridae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Stratiomyidae, Tipulidae	3
Chironomidae (cuando es la familia dominante y el género más abundante es <i>Chironomus</i> ), Culicidae, Psychodidae, Syrphidae	2
Haplotoxida, Tubificidae	1

Tabla 3.1.3.4 Clasificación de las aguas, su significado ecológico de acuerdo al índice BMWP/Col1

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Significado	Color
I	Buena	> 150	Aguas muy limpias	Blue
		123-149	Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	71-122	Ligeramente contaminadas	Green
III	Dudosa	46-70	Aguas moderadamente contaminadas	Yellow
IV	Crítica	21-45	Aguas muy contaminadas	Orange
V	Muy crítica	<20	Aguas fuertemente contaminadas	Red

Fuente: Alvarez, 2005.

- Íctiofauna

Dado que para el tramo de Obras principales entre 2006 y 2007 se desarrollaron estudios adicionales para la ictiofauna tales como: Pesquerías, ictioplancton y variabilidad genética y morfométrica de las poblaciones de *Prochilodus magdalenae* (Bocachico) y *Brycon moorei* (Dorada). Se hace necesaria la descripción detallada de los métodos adicionales utilizados.

Adicionalmente los datos de ictiofauna de Obras principales, incluyen estaciones de muestreo adicionales a las que se presentan para lo demás componentes lo cual debe a las características particulares de este grupo, dado su desplazamiento, por tanto las estaciones de muestreo incluyen también el alto Cauca.

La implementación de los métodos mencionados obedece a los objetivos planteados para acceder a la información tanto biológica como de la actividad pesquera en la zona. A continuación, se presenta el diseño del muestreo utilizado para cumplir con cada uno de los objetivos planteados para tal fin.

- Objetivos planteados

- ◆ Definir la variación espacial y temporal de la asociación de especies de peces presente en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico Ituango, durante los periodos de aguas bajas del río Cauca.
- ◆ Identificar aquellas especies endémicas, amenazadas, vulnerables y en vía de extinción y que puedan ser afectadas por la construcción y operación del proyecto hidroeléctrico Ituango.
- ◆ Evidenciar la presencia de nuevas especies de peces presentes en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico Ituango.
- ◆ Identificar aquellas especies importantes en la actividad pesquera, dimensionar su importancia económica y definir las zonas de pesca dentro del área de influencia del proyecto hidroeléctrico, durante los periodos de aguas bajas del río Cauca mitaca-agosto y subienda-enero.
- ◆ Describir la participación de la comunidad de peces dentro de la red trófica que se sucede en el área de influencia del proyecto.
- ◆ Definir la variabilidad de las poblaciones de dos especies migratorias importantes para la pesca en el área de influencia del proyecto, bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Dorada (*Brycon moorei*) a partir de su variabilidad genotípica y fenotípica.
- ◆ Describir las rutas de migración de las principales especies migratorias presentes en el área de influencia del proyecto, durante los periodos de aguas bajas del río Cauca en el ciclo 2006-2007.
- ◆ Definir áreas de desove de las principales especies migratorias importantes para la pesca que se desarrolla dentro del área de influencia del proyecto hidroeléctrico Ituango.

– Diseño de los muestreos icticos en la cuenca alta, media y baja del río Cauca

Para cumplir con los objetivos 1, 2, 3 y 7, se realizaron capturas de ejemplares (*pesca experimental*) en dos momentos de aguas bajas (agosto de 2006 y enero de 2007) del ciclo hidrológico 2006-2007, en 19 sitios de muestreo (Tabla 3.1.3.5, ver apartado sitios de muestreo.) distribuidos a lo largo de la cuenca del río Cauca. Estos sitios de muestreo se agrupan en zonas localizadas aguas arriba del futuro embalse, en el futuro embalse y aguas abajo del sitio donde se localizará la presa. Dentro de cada zona, se realizaron muestreos en el cauce principal del río Cauca, algunos tributarios y ecosistemas cenagosos aledaños.

**Tabla 3.1.3.5 Sitios de muestreo ictico sobre el río Cauca.**

Tramo	Ambiente	Estación	Departamento	Municipio
Alto Cauca	Cauce principal	La Balsa	Cauca	Sant de Quilichao
	Cauce principal	Puente Hormiguero	Cauca	Pto Tejada
	Ciénaga	Laguna de Sonso	Valle del Cauca	Buga
	Cauce principal	Río Cauca Puerto Bertin	Valle del Cauca	Buga
	Tributario	Río Frio	Valle del Cauca	Río Frio
	Tributario	Río La Vieja	Valle del Cauca	Cartago
	Cauce principal	La Virginia	Risaralda	Virginia
Cauca medio	Tributario	Río Arma	Antioquia	La Pintada

Tramo	Ambiente	Estación	Departamento	Municipio
	Cauce principal	Bolombolo	Antioquia	Venecia
	Cauce principal	Puente Real	Antioquia	Santa Fe de Ant
	Cauce principal	Sabanalarga	Antioquia	Sabanalarga
	Tributario	Rio San Andres	Antioquia	Toledo
	Cauce principal	Puente Pescadero	Antioquia	Ituango
Bajo Cauca	Cauce principal	La Guamera	Antioquia	Valdivia
	Tributario	Río Man	Antioquia	Caucasia
	Ciénaga	Ciénaga Colombia	Antioquia	Caucasia
	Cauce principal	Cauce ppal ciénaga La Ilusion	Antioquia	Caucasia
	Ciénaga	Cienaga la Estrella	Antioquia	Caucasia
	Cauce principal	Confluencia Cauca-Nechi	Antioquia	Nechí

El objetivo 4 se logra a partir de la información obtenida mediante encuestas informales realizadas a los pescadores (ver Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03C2-ANX-B). En cada una de ellas se obtuvo información sobre la composición de su captura (especies), efectividad de pesca (esfuerzo de pesca: número de horas pescando, especificaciones de los aparejos) y la economía pesquera (combustible consumido, costos de equipos, etc). Esta información se tomó en los poblados que concentran un buen número de pescadores dentro de la zona de estudio. Cada jornada de encuestas tuvo una duración de un día en los principales poblados.

La participación de los peces en la estructura trófica del sistema (objetivo 5), se basó en la información sobre aspectos de la ecología trófica de las especies proveniente de estudios previos y algunos análisis de las especies con hábitos migradores dentro del área de estudio.

Para definir si las poblaciones de dos especies de peces migratorios presenta sub-poblaciones (objetivo 6) o no, fueron tomadas muestras de por lo menos 30 ejemplares de cada especie en dos sectores de la cuenca del río Cauca (alta y baja) y en la cuenca del río Magdalena (Puerto Berrío, Antioquia).

Para conocer la localización de las áreas y la magnitud del desove (objetivo 8), las muestras de ictioplancton fueron colectadas simultáneamente en seis sitios de muestreo en el cauce principal del río Cauca (Tabla 3.1.3.6) durante cinco días consecutivos en las dos temporadas de aguas altas (octubre y abril) que se incluyen dentro del estudio (2006-2007).

**Tabla 3.1.3.6 Sitios de muestreo para colecta de ictioplancton**

Zona*	Ubicación	Localidad
Aguas arriba	Cauce principal	Laguna del Sonso (Bugá-Valle del Cauca)
presa	Cauce Principal	La Virginia
	Cauce principal	Bolombolo (Municipio de Venecia)
	Cauce principal	Puente de Occidente (Santa fe de Antioquia)
Aguas abajo	Cauce principal	La Guamera Puerto Valdivia
presa	Cauce principal	La Ilusión (Caucasia)

- Pesca experimental
  - ◆ Trabajo en campo

En los 19 sitios de muestreo fueron utilizadas atarrayas, trasmallos y chinchorros; y en algunos casos fueron utilizados otros aparejos como Barredera (aparejo de pesca típico de la zona de estudio) o Línea de anzuelos. Para las atarrayas el esfuerzo de pesca fue de 30 lances para cada ojo de malla, con un total de 90 lances; los trasmallos fueron expuestos en jornadas de 12 horas, especialmente en los ecosistemas cenagosos (Tabla 3.1.3.7 y Fotografía 3.1.3.3). La utilización del chinchorro estuvo sujeta al tipo de sustrato en cada uno de los sitios; para esto fueron realizados dos arrastres por punto de muestreo. La línea de anzuelos fue expuesta por períodos de 12 horas, especialmente en ecosistemas cenagosos y en sitios de remanso del río y tributarios.

**Tabla 3.1.3.7 Aparejos de pesca, ambientes donde fueron utilizados y esfuerzo de pesca**

Aparejo	Ojo de malla	Dimensión	Ambiente	Esfuerzo
Atarraya	1,2,3 cm	2,4 m	Lóticos y Lenticos	90 lances
Trasmallo	2,4,6,8,12,14 cm	60m*2m	Lenticos	12 Horas de exposición
Chinchorro	1 cm	14m*2m	Lóticos	2 arrastres



**Fotografía 3.1.3.3 Pescador utilizando atarraya**

A cada ejemplar se le asignó un número de campo, luego fue pesado y medido en su longitud estándar. Los individuos capturados fueron sumergidos en solución de formol al 10% y posteriormente transportados al laboratorio (Fotografía 3.1.3.4). Aquellas especies en las que fue posible determinar su especie en campo, fueron devueltas al medio o cedidas a los pescadores.



Fotografía 3.1.3.4 Medidas y peso de los peces capturados

◆ Trabajo en laboratorio

*Identificación de las especies:* En el laboratorio, los peces fueron lavados con agua para eliminar el exceso de formaldehído y luego fueron introducidos en una solución de alcohol al 70% para su preservación. Para la determinación se emplearon claves taxonómicas, descripciones y listas de Nelson (1994); Dahl (1971), Eigenmann (1912, 1920), Gery (1977), Schultz (1944a) Mees (1974), Castillo y Rubio (1987), Castro-Aguirre (1978), Rubio (1988), Vargas (1989), Valencia (1990), Castro (1994) y Uribe (1996). El material colectado fue incluido dentro de la colección ictiológica de la Universidad de Antioquia.

◆ Análisis de la información

La información biológica se organizó en dos matrices: en una las columnas fueron las variables biológicas (taxones) y las filas los atributos de las muestras (sitio y momento de muestreo). La segunda incluye la información biológica de las poblaciones de las especies, donde las columnas fueron las variables descriptoras (peso total, longitud estándar y total, peso del tracto digestivo, sexo, volumen de los ítems) y las filas las muestras (especie, individuo, momento y sitio de muestreo).

A partir de la primera matriz se obtuvo la estructura de las asociaciones (composición y abundancia de cada especie) y fueron estimados las características emergentes de esta estructura (riqueza –Margalef, 1969-diversidad - Shannon-Wiener, 1948-, dominanci y equidad -Pielou, 1969). El número de especies esperada a partir de los datos, fue estimada con base en curvas de rarefacción y los estimadores de riqueza de Chao y Jack nife.

Para la estimación de la distribución espacio temporal de la composición de especies, se aplicó el análisis de similaridad de Bray Curtis (ligamiento promedio –UPGMA-). La diferencia en la distribución de las abundancias y biomasa por especie, entre sitios y momentos de muestreo, se realizó con base en la captura por unidad de esfuerzo (número de individuos y biomasa por hora y m<sup>2</sup>).

– Actividad pesquera

◆ Trabajo en campo

La información que se tomó en la encuesta a cada pescador fue: el número aparejos de pesca utilizados en la faena, duración de la faena (en horas), número de peces por especie capturados en esa jornada, peso total por especie, área donde realizó la pesca, combustible consumido y su costo, especificaciones del bote y del motor, entre otras. En aquellos sectores del río donde no hubo concentración de pescadores, la información se obtuvo a partir de entrevistas a personas que pescan de forma ocasional.

◆ Análisis de la información

Los datos pesqueros obtenidos y provenientes de las encuestas realizadas a los pescadores, fueron analizados en términos cuantitativos y cualitativos, según la naturaleza de la pregunta analizada. Fueron presentados gráficos y tablas que resumen la información obtenida durante las entrevistas; se establecieron los puertos de pesca, los poblados de pescadores, las rutas de comercialización del producto, entre otros. Fue establecida la CPUE, número de individuos y biomasa para cada una de las especies por momento, sitio de muestreo y aparejo de pesca.

◆ Identificación de rutas migratorias

La identificación de rutas migratorias fue realizada con base en la información obtenida en campo por los pescadores, así como los datos obtenidos de las capturas de la pesca experimental y las colectas de ictioplanton. De acuerdo con los datos obtenidos en las entrevistas y abundancia relativa de cada especie en las capturas de individuos adultos en los diferentes sitios de muestreo, fueron identificadas las principales rutas migratorias utilizadas por los peces.

– Aspectos tróficos

◆ Trabajo en campo

La definición de la dieta de las especies presentes en el área de estudio, se basó en la información disponible en el estudio de restricciones ambientales, complementada con literatura específica para cada una de las especies. Adicionalmente fueron elegidas las especies de mayor importancia comercial (12) dentro del área de estudio y que estén asociadas a fenómenos migratorios en la cuenca. De cada una de las especies fueron elegidos al azar ocho individuos, los cuales fueron fijados con formol al 10% y transportados al laboratorio para su posterior análisis (Fotografía 3.1.3.5).



Fotografía 3.1.3.5 Toma de muestras de contenido estomacal

◆ Trabajo en laboratorio

Antes de la disección, cada pez fue pesado nuevamente, con el fin de determinar el efecto del paso por las diferentes soluciones fijadoras y preservadoras. Para el análisis de la dieta, se pesó el contenido del estómago y de la totalidad del intestino, y posteriormente fue observado al estereoscopio para identificar los ítems alimenticios. En la determinación de la biomasa por ítem, se siguieron las estimaciones volumétricas propuestas por Prejs & Colomine (1981) y Mejía y Salazar (2003).

◆ Análisis de la información

Se realizó el análisis de cada ítem (presa) utilizado por cada especie de pez durante el periodo de estudio. Debido al bajo número de estómagos, se presenta una descripción de la alimentación para cada especie además de la información secundaria hallada para la especie en la misma cuenca.

– Variabilidad genética y morfométrica

◆ Información genética

A. Trabajo en campo

En las capturas fueron elegidos 30 individuos de *Prochilodus magdalenae* (Bocachico), y 5 individuos de *Brycon moorei* (Dorada); a estos se les extrajo sangre periférica de la vena caudal. Las muestras de sangre fueron recibidas en tubos vacuotiner de 3 ml y su contra muestra en tubos tapa rosca de 2 ml, ambas con buffer TNE y almacenadas a -20 C. Las muestras fueron conservadas en refrigeración hasta su análisis en laboratorio.

B. Trabajo en laboratorio

La extracción de ADN genómico se hizo por el micrométodo “salting-out” Miller *et al*, (1988).

Se tomó aproximadamente 100 ul de muestra, empleando puntas de 1000 ul con el fin de sustraer parte del coágulo presente en el tubo. Cada muestra fue puesta en un tubo de reacción limpio y estéril de 1,5 ml debidamente rotulado (código de la muestra y la fecha)

y aforado a 1500 µl de solución “A” (51,35 gr de sucrosa, 400 ml agua inyectable, 10 ml Tris-HCl 0.5 M, 2.5 ml MgCl<sub>2</sub> 1 M, 5 ml Triton X-100), mezclado con vortex por 30 segundos y centrifugado a 13000 rpm durante 3 minutos; posteriormente el sobrenadante fue descartado. Después se realizó un lavado suave al precipitado con solución salina al 0.9%, usando pipeta pasteur estéril, cuidando de no remover el precipitado y descartando suavemente el sobrenadante.

Se agregaron 150 µl de solución “B” (30 ml de buffer de lisisII, 1 ml SDS 20%, 15 ml Perclorato de sodio 5M) y se agitó con vortex a 3000 rpm hasta obtener una disolución parcial o total del botón; luego se adicionaron 50 µl de solución “C” (35 gr NaCl, llevar a 100 ml con agua inyectable), se agitó con vortex a 3000 rpm durante 10 segundos, se centrifugó a 13000 rpm durante 3 minutos y se transfirió el sobrenadante a un tubo de reacción limpio y estéril de 1,5 ml debidamente rotulado, al cual se le adicionaron 200 µl de isopropanol frío. Luego se mezcló el tubo por inversión hasta detectar la malla de ADN y se centrifugó a 13000 rpm durante 3 minutos. El precipitado resultante fue lavado con 100 µl de etanol al 70% y disuelto en 200 µl de agua inyectable estéril.

La cuantificación del ADN fue realizada con el espectrofotómetro *thermo spectromic Genesys 10uv*, para lo cual se hizo una dilución 1:50 del material genético puro en tubos de reacción de 1.5 ml estériles (30 µl de muestra de ADN en 1470 µl de agua inyectable estéril), marcados con el código de la muestra. Para establecer un control negativo de cuantificación, se empleó una muestra blanco consistente en agua eyectable. Las muestras diluidas fueron transferidas a cubetas de cuarzo para ser leídas a 260 nm (longitud de onda a la que absorbe el ADN). Una vez estimada la cantidad de DNA que poseía la muestra, se procedió a hacer la dilución a 10 ng/µl para la PCR en tubos de reacción de 0.5 ml con base en los cálculos realizados en Microsoft Excel 2003. Las muestras de ADN se almacenaron a -20° C en gradilla.

Una vez obtenidas las soluciones de trabajo se procedió a realizar la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) para cada uno de los pares de oligonucleotidos seleccionados, usando 0.1 ul de Taq polimerasa (promega 500 u), 1.5 ul de Buffer 10X (promega), 1.2 ul de dNTPs (10 uM promega), 1.2 ul de Mg Cl<sub>2</sub> (promega), 0.7 ul de primer 5 uM, 8.3 ul de agua inyectable estéril y 2 ul de muestra de ADN. Para la amplificación se usaron dos termocilcadores *MJ Research PT100* y dos perfiles térmicos, así: 5 minutos a 94 °C, 35 ciclos con 94 °C por un minuto, 56°C por un minuto y 72°C por un minuto, y un paso final a 72°C por 20 minutos. El segundo programa empleado varió a 48 °C la temperatura de apareamiento con el fin de cubrir al máximo las temperaturas medias de cada primer y obtener una amplificación más eficiente.

Una vez realizada la PCR los amplificados fueron sometidos a electroforesis en geles de poliacrilamida al 4% y revelados con nitrato de plata para seleccionar los oligonucleótidos que se usarían en la realización del presente estudio (Tabla 3.1.3.8). En este sentido, se determinó que Pme14, Pme28 y Pme32 por su diferente movilidad en el gel, debido a la diferencia en pares de bases del amplificado, se podrían usar realizando una múltiplex (una mezcla de más de un par de oligonucleótidos) para lo cual se mezclaron los tres pares de primer. Los otros oligonucleótidos seleccionados fueron Pcos20, Par12 y P1001, estos se hicieron individualmente ya que sus amplificados se mueven en lugares parecidos en el gel solapándose unos con otros.

**Tabla 3.1.3.8 Oligonucleotidos utilizados y algunas de sus características**

Primer	# GenBank	Secuencia	Motivo	AE	RE (pb)	AO	RO (pb)	REF
Pme32	AF362452	Forward 5'-GCG AGA AAT CTG CCT GTG AC-3'	(CGT)7	3	242-247	11	260-282	2
		Reverse 5'-AGG AGG GCA TCA TGG AGA A-3'						
Pme28	AF362451	Forward 5'-CCC AGA AGA GTG GAA GCT GT-3'	(GT)15	10	209-227	19	178-215	2
		Reverse 5'-TGG TGG GAA TTG ACA AGA AA-3'						
Pme14	AF362448	Forward 5'-ACC GTT ATG CCC TAC CCT TC-3'	(CTG)7	9	195-208	17	131-159	2
		Reverse 5'-GCG TTC TAGACA GAA CTCATG G-3'						
Par12	DQ367228	Forward 5'-CGA GCT GGT ACC GTC ACA TA-3'	(AAAC)7	8	192-232	19	188-217	3
		Reverse 5'-AGC ATG ATG CAA AGG ATC TG-3'						
Pcos2 0	DQ276698	Forward 5'-GTG TAC ATT GGC CTG TTT ATC-3'	(GACA)6	2	170-186	8	156-182	3
		Reverse 5'-AGG GCA GTT AGT GTC ACA TC-3'						
P101	AY176774	Forward 5'-TGA CTG TGA ACA CGG TCA CGC-3'	(AATTT)10	12	170-230	18	156-256	7
		Reverse 5'-ACA CAG TAG AAC ATA CCT CTG-3'						

AE: Alelos esperados; AO: Alelos Observados; RE: Rango esperado; RO: Rango observado, REF: Referencias.

Una vez las muestras fueron amplificadas, se procedió a su análisis mediante electroforesis en geles de poliacrilamida al 4% en cámara CBS Scientific. Las condiciones de electroforesis fueron de 2400 voltios, 60 watts y 30 miliamperios; calentando inicialmente el gel por 30 minutos (precorrido) y realizando un corrido con las muestras por un tiempo de 2 horas.

Durante la etapa de precorrido del gel se seleccionaron y ordenaron las muestras a sembrar, intercalando un marcador de peso molecular cada 6 muestras que indicaría el tamaño de cada amplificado, y al final de cada sistema se incluyó su respectivo control negativo.

Esta mezcla se realizó en cajas de Terasaki en las que se depositó por pozo 2,5 ul de buffer de carga 2X y 2,5 ul de ADN amplificado, las cuales posteriormente fueron desnaturalizadas por 3 minutos a 95 °C en bloque de calentamiento e inmediatamente enfriadas entre dos bloques de hielo. Se siembran aproximadamente 4 µl de las muestras.

Al terminar la electroforesis se apaga la fuente, se desmonta el gel, se retira la peinetas, se separaron los vidrios, se retiraron los espaciadores y se procede a realizar la tinción con nitrato de plata.

El vidrio corto al cual esta adherido el gel, es colocado en una solución fijadora de etanol al 10% durante 8 minutos, luego pasa a una solución de oxidación de ácido nítrico al 1% por 3 minutos, se lava con agua desionizada rápidamente y se deja en la solución de tinción con nitrato de plata 0.1% durante 20 minutos; una vez terminado este paso, se pone en agua nuevamente mientras se sirve la solución reveladora (carbonato de sodio, formaldehído al 37% y tiosulfato) que se debió de mantener refrigerada al iniciar el proceso de revelado; se agita el gel en esta solución hasta que aparezcan las bandas del

amplificado; el gel puede retirarse de la solución y contrastar contra una superficie blanca para evaluar la nitidez de las bandas antes de detener el revelado. El revelado es detenido con ácido acético al 10% durante 2 minutos; por último, el gel es pasado a una bandeja con agua desionizada para lavar el exceso de ácido acético y secado al aire o con secador de cabello.

La lectura se realizó por personal altamente calificado y con experiencia, capaz de dar una correcta interpretación e identificación de los alelos de cada uno de los sistemas. Para ello fue necesario analizar y diferenciar los tamaños dados por los marcadores de peso molecular o por los patrones de peso empleados. La identificación del alelo se da conforme su posición en el gel, teniendo como guía los patrones anteriormente mencionados. La información se consigna en el cuaderno de lectura de geles, colocando el número de los alelos de cada sistema que se encontraron en cada uno de los individuos.

### C. Análisis de la información

- 1) Frecuencias Alélicas. Las frecuencias alélicas observadas fueron calculadas por medio del programa GENEPOP v. 3.4 (Raymond & Rousset, 1995), sencillamente por conteo alélico (Weir, 1996).
- 2) Equilibrio de Hardy Weinberg. Para probar si las poblaciones de Bocachico consideradas están o no en E-HW, se realiza el test de probabilidad de Guo y Thompson (1992), incluido en el paquete estadístico de GENEPOP v. 3.4, que permite rechazar o aceptar la hipótesis nula de apareamiento al azar. Esta prueba se realiza para probar el E-HW en cada locus para cada población.
- 3) Diferenciación Genética. Con el objetivo de probar la hipótesis nula, de homogeneidad en la distribución alélica, el programa GENEPOP v. 3.4 (Raymond & Rousset, 1995), realiza un test exacto de Fisher para tablas de contingencia multilocus en todas las poblaciones. El nivel de significancia se consideró en 0.05. Las mismas consideraciones se tomaron para probar la hipótesis nula de homogeneidad en distribución de genotipos.
- 4) Subestructura. El grado de subestructuración actual en la población de Bocachico de la cuenca del Cauca se evaluó con el estadístico  $R_{st}$  según Slatkin (1995), por el método de Michalakis y Excoffier, 1996. Los cálculos se realizaron en el programa GENEPOP v. 3.4. para pares de poblaciones entre todos los loci. Adicionalmente se realizó el análisis de varianza molecular (AMOVA) tabulado, en la forma de valores  $R_{st}$  y examinados para su significancia estadística usando la prueba de Monte-Carlo, implementada en el programa Arlequín Ver 3.01.
- 5) Flujo Génico. Este parámetro se estimó considerando el número de migrantes por generación entre poblaciones, mediante el modelo de islas de Wright (Neigel, 1997), mediante el programa Genetix v. 4.4 (Belkhir, 2003).
- 6) Distancia Genética. El árbol UPGMA fue construido de la matriz de distancias ( $R_{st}$ ) usando la opción Neighbour y drawtree implementados en el programa PHYLIP. El árbol fue visualizado con el programa Treeview.

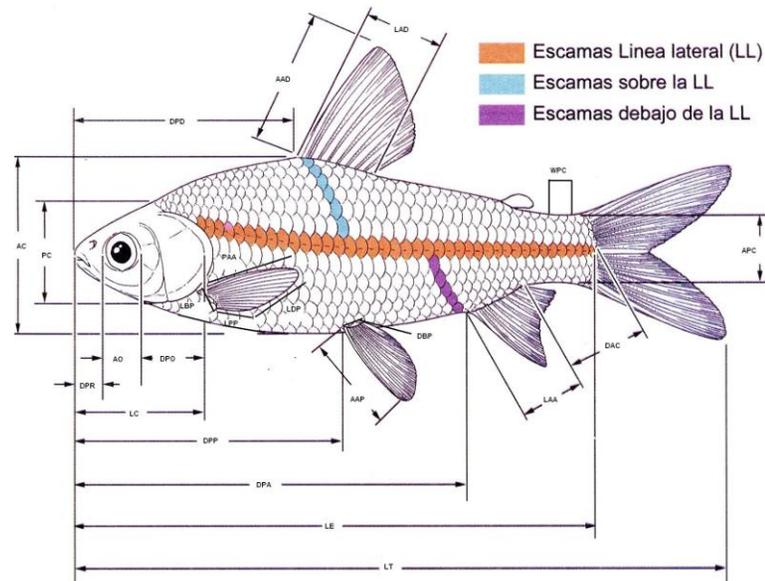
#### ◆ Información fenotípica (Variables Morfológicas)

### A. Trabajo de campo

Para 120 individuos de las dos especies fueron seleccionadas 31 variables corporales, algunas de ellas usadas habitualmente en taxonomía de peces o en estudios ecomorfológicos (Tabla 3.1.3.9, Figura 3.1.3.1). Los especímenes fueron medidos inmediatamente después de la captura (sin eviscerar), o posterior al almacenamiento temporal en hielo, para evitar inicios de descomposición y que ello incidiera en la medida resultante. Cada una de las variables morfológicas de los peces se midieron tres veces (para estimar la precisión) con un calibrador digital Vernier (0,01mm de exactitud) y los datos posteriormente analizados fueron el promedio de cada una de las tres repeticiones

**Tabla 3.1.3.9 Medidas morfométricas tomadas para cada uno de los individuos capturados de *Prochilodus magdalenae*.**

Siglas	Descripciones de la variable
AA	Altura aleta anal
AAC	Ancho aleta caudal
AAD	Altura aleta dorsal
AAP	Altura aleta pélvica
AC	altura del cuerpo
ACLM	Altura del cuerpo desde la base hasta la línea media
APC	altura pedúnculo caudal
DAC	Distancia aleta anal hasta el final del pedúnculo caudal
DBP	Ancho de la base aleta pélvica
DO	Diámetro del ojo
DPA	Distancia boca hasta aleta anal
DPD	Distancia boca hasta aleta dorsal
DPO	Distancia ojo hasta abertura branquial
DPP	Distancia boca hasta aleta pélvica
DPR	Distancia boca hasta el ojo
LAA	Ancho aleta anal
LAC	Longitud aleta caudal
LAD	Ancho aleta dorsal
LBP	Longitud base aleta pectoral
LC	Longitud cabeza
LDD	Ancho distal aleta dorsal
LDP	Ancho distal aleta pectoral
LE	Longitud estándar
LPC	Longitud pedúnculo caudal
LPD	Longitud proximal aleta dorsal
LPP	Longitud proximal aleta pectoral
LT	Longitud total
MAC	Máximo ancho del cuerpo
PAA	Altura aleta pectoral
PC	Altura de la cabeza
WPC	Ancho pedúnculo caudal



**Figura 3.1.3.1 Medidas morfométricas consideradas para los peces analizados (tomado de Maldonado y col, 2005)**

Todas las mediciones fueron realizadas por la misma persona y los datos de los primeros 30 individuos fueron eliminados y nuevamente medidos, con el fin de asegurarse que los registros se estabilizaran y reducir así los sesgos debidos a cambios en los criterios de medición durante los registros iniciales (Yezerinac y col. 1992, Lee 1987).

#### B. Trabajo en laboratorio

Se estimó la precisión y exactitud de las 31 variables iniciales, siguiendo los criterios de Sokal y Rohlf (1995). Para la estimación de la precisión se promedian las diferencias absolutas entre cada repetición; por el contrario, la exactitud la proporcionaron las cuatro cifras significativas del calibrador. Las variables morfológicas bilaterales siempre fueron tomadas en lado izquierdo del cuerpo, para evitar efectos asimétricos.

#### C. Análisis de la información

Se consideró el tamaño corporal como la sumatoria de todas las variables morfométricas medidas. Los valores de las medidas originales fueron transformados mediante la relación de logaritmo natural ( $L_N$ ), con el propósito de evitar el efecto de la escala entre las mediciones, acercarse a la distribución normal de los datos, homogeneizar las varianzas e independizar la media de la varianza. La distribución normal de estos nuevos valores fue evaluada mediante la prueba Shapiro-Wilk (datos no mostrados). A partir de éstos fueron construidas matrices de varianza-covarianza (Jolicoeur 1963), como punto de partida en los análisis multivariados, los cuales permiten obtener unas pocas variables no relacionadas, por medio de la combinación lineal de las variables originales (Campbell y Atchley 1981).

Se realizó análisis de componentes principales (ACP) como análisis exploratorio, con el fin de evaluar la distribución de los individuos en el espacio multivariado. El primero de los componentes calculado del conjunto de medidas morfométricas, expresa la variación en el tamaño corporal (Reyment *et al.* 1984), siempre y cuando los coeficientes de las variables tengan el mismo signo y estén altamente correlacionadas con las variables originales. La varianza relativa de la conformación libre de tamaño, permanece descrita en los componentes principales subsecuentes (Schäuble 2004). La contribución relativa de las variables originales a cada componente principal, fue determinada a partir de la matriz de varianza-covarianza.

Para determinar las diferencias entre los tratamientos, se realizó un test de Friedman (Zar, 1999), dado que la variabilidad de los individuos al interior de cada tratamiento puede ser mayor que entre los tratamientos. A su vez se realizó un análisis *post hoc* de comparaciones de medias mediante una prueba Tukey-Kramer (Zar, 1999), con el objetivo de establecer cuál o cuáles son los tratamientos disimiles entre si y aportan a las diferencias.

Los análisis de estadística descriptiva y univariados se llevaron a cabo en STATISTICA 5.0 (StatSoft, 1998), y para los análisis multivariado en JMP 5.0 (SAS Institute., 2003).

- Ictioplancton
  - ◆ Trabajo en campo

Las muestras fueron tomadas con la ayuda de una red cónico-cilíndrica de 1,5 m de longitud y 35 cm de abertura de boca. La estimación del volumen de agua que filtró la red fue estimada a partir del cálculo de la velocidad del agua (distancia recorrida por un objeto durante un tiempo específico) y el volumen de la red (Fotografía 3.1.3.6).



Fotografía 3.1.3.6 Colecta de ictioplancton

## ◆ Trabajo en laboratorio

Las muestras fueron lavadas en tamices de diferente poro y el ictioplancton fue separado del material acompañante y agrupado según su periodo y fases de desarrollo (ovocito, embrión, larva).

Las larvas fueron agrupadas según el grado de desarrollo de acuerdo a los criterios de Kendall y col. (1984c) y de Nakatani y col. (2001), en las fases de:

Larval vitelino. Comprende desde la eclosión hasta el inicio de la alimentación exógena (boca y ano abiertos, ojo totalmente formado y pigmentado),

Pre-flexión. Desde el inicio de la alimentación exógena y la flexión de la notocorda, seguido de la formación de los elementos de soporte de la aleta caudal,

Flexión. Desde la flexión de la notocorda, seguido de la formación de los elementos de soporte de la aleta caudal hasta la flexión completa y la aparición del botón de la aleta pélvica y el comienzo de la segmentación de los radios de las aletas dorsal y anal,

Post-flexión. Desde la flexión completa de la notocorda, la aparición del botón de la aleta pélvica y el comienzo de la segmentación de los radios de las aletas dorsal y anal, hasta la formación completa de los radios de la aleta pectoral, la absorción de la aleta primordial o embrionaria y la aparición de las escamas.

Para identificar el taxón de las larvas fue utilizada la clave de Jiménez-Segura (2007) sobre especies y formas de ictioplancton en el periodo larval.

## ◆ Análisis de información

La información biológica fue organizada en matrices donde las filas fueron las muestras de acuerdo con la temporada reproductiva y el sitio de muestreo y, las columnas, la abundancia de las especies y formas capturadas. A partir de la abundancia absoluta y el volumen de agua filtrado en cada muestra, se calculó la densidad promedio de individuos por m<sup>-3</sup> y su medida de dispersión (desviación estándar).

A partir del tiempo que toma un individuo (horas) en alcanzar el periodo larval (fase pre-flexión y flexión) luego de la fertilización, y teniendo en cuenta la velocidad promedio del río (cm/s) en cada día de muestreo, se estimó la distancia que han recorrido los individuos desde la fertilización hasta su captura en cada uno de los sitios de muestreo. Sólo en el caso de *Prochilodus magdalenae* (bocachico) se contó con información del desarrollo ontogénico en condiciones de laboratorio, así que para estimar las áreas de desove de las otras especies (*Pimelodus* spp y *Leporinus muyscorum*) fue utilizada información proveniente de especies del mismo género. En el caso de las formas de Characidos, se utilizó el tiempo promedio de desarrollo de las especies de characiformes de las que se tiene información (Tabla 3.1.3.10). En todos los casos se seleccionó información de desarrollos larvales que hubiesen sido efectuados en rangos de temperaturas entre 27 y 28 °C, temperatura promedio del agua en el río Magdalena durante el tiempo de muestreo.

**Tabla 3.1.3.10 Tiempo (horas post-fertilización) que demoran algunas especies de peces en alcanzar los diferentes periodos y fases de desarrollo larval**

Género	Especie	Embrión		Larva				
		Final	Eclos	Pref	Flex	Posf	Temperatura	Referencia
<i>Salminus</i>	<i>brasiliensis</i>	14	18				27	1
<i>Salminus</i>	<i>hilarii</i>	14	26				27	1
<i>Salminus</i>	<i>maxillosus</i>	12	14				27	1
<i>Brycon</i>	<i>orbignyanus</i>	12	14				27	1
<i>Brycon</i>	<i>siebenthalae</i>	12					27	1
<i>Brycon</i>	<i>moorei sinuensis</i>		11	26	78	115	27,8	2,3
<i>Leporinus</i>	<i>firderici</i>	10	13				27,6	1
<i>Leporinus</i>	<i>obtusidens</i>	13	14				27,6	1
<i>Leporinus</i>	<i>muyscorum</i>	11	16	38	124		27,6	4
<i>Porchilodus</i>	<i>argenteus</i>	14	19				27,8	1
<i>Porchilodus</i>	<i>brevis</i>		25				27,8	1
<i>Porchilodus</i>	<i>costatus</i>	14	19				27,8	1
<i>Porchilodus</i>	<i>lineatus</i>	12	16				27,8	1
<i>Porchilodus</i>	<i>magdalenae</i>		14	62	144		27	5
<i>Pimelodus</i>	<i>ortmani</i>	6	30				27	1
<i>Pimelodus</i>	<i>maculatus</i>			24	41		27	1,6
<i>Pseudoplatystoma</i>	<i>coruscan</i>	7	16	43	64		27	1
<i>Pseudoplatystoma</i>	<i>fasciatum</i>		14	38	110		27	7,8
<i>Sorubim</i>	<i>cuspidatus</i>		14	34	62	119	28,5	9

1= Nakatani y col(2001); 2= Aristizabal-Regino y col.,(2005); 3= Atencio-Garcia (2005); 4= Lopez y Lopez, (2005); 5= Arias y col. (en prepara); 6=Luz y Zniboni Filho (2007); 7=Padilla y col., (2001); 8= Contreras y Contreras., (1990); 9= Novoa y Cataño (2005)

- Ictiofauna en ambientes de alto gradiente (quebradas)

Los estudios icticos desarrollados en 2009 y 2010 en los otros tramos del proyecto: Rectificación de la vía San Andrés de Cuerquia- El Valle; Apertura de la vía Puerto Valdivia-Sitio de Presa, Reajuste y actualización zona de cola del embalse y Via Sustitutiva; fueron dirigidos al establecimiento de la estructura de la asociación de peces en cada sector y no incluyeron aspectos pesqueros, reproductivos, genéticos o morfométricos de las especies capturadas. A continuación se presenta la metodología para los tramos mencionados. Adicionalmente, la metodología de pesca presenta algunas variaciones debidas a las características de los sitios los cuales se encuentran en sitios encañonados, bastante escarpados, los cuales no permiten la utilización de los mismos aparejos de pesca que son utilizados para el cauce principal del río Cauca y ambientes asociados (chinchorro y trasmallo).

- Trabajo en campo

El esfuerzo de pesca fue estandarizado por tiempo y área con el fin de comparar los resultados entre los sitios de muestreo. En aquellos cuerpos de agua donde se presentaba un alto gradiente como rocas emergentes del lecho y escaso caudal, el único aparejo utilizado fue la jama, mientras que en los cuerpos de agua de gradiente medio a bajo, con mayor caudal o condiciones hidrológicas que lo permitieran, se utilizaron atarrayas con 1 y 2 cm de ojo de malla y se hicieron 30 lances con cada una en diferentes puntos de muestreo (Fotografía 3.1.3.7).

A cada ejemplar se le asignó un número de campo, luego fue pesado y medido en su longitud estándar. Los individuos capturados fueron sumergidos en solución de formol al 10% y posteriormente transportados al laboratorio de limnología de la Universidad Católica de Oriente para su determinación e inclusión en la colección de referencia.



Fotografía 3.1.3.7 Métodos de pesca

– Trabajo de laboratorio

En el laboratorio, los peces fueron lavados con agua para eliminar el exceso de formaldehído y luego introducidos en una solución de alcohol al 70% para su preservación. Para la determinación se emplearon claves taxonómicas generales de Dahl (1971), Maldonado-Ocampo, *et al.* (2005), Schultz (1944), Eigenmann (1912 y 1922), Miles (1971), Gery (1977), Nelson (1994) y Buitrago-Suárez (1995). La denominación y clasificación filogenética vigente de las especies se estableció a partir de Reis *et al.* (2003). El material colectado fue incluido dentro de la colección de ictiología de la Universidad Católica de Oriente, registrada ante el Instituto Alexander von Humboldt (ver Tabla 3.1.3.11)

Tabla 3.1.3.11 Número de registros de la colección de peces

Sector	Códigos
Vía sustitutiva El Valle-Ituango	CP-UCO 1010-1019
Rectificación de la vía San Andrés de Cuerquia- El Valle	CP-UCO 849-858
Apertura de la vía Puerto Valdivia-Sitio de Presa	CP-UCO 976-985; CP-UCO 1012-1025; CP-UCO 1058; CP-UCO 1084-1102
Reajuste y actualización zona de cola del embalse	CP-UCO 1005-1008, 1020

– Análisis de información

La información biológica se organizó en dos matrices: en una las columnas fueron las variables biológicas (taxones) y las filas los atributos de las muestras (estación de muestreo). La segunda, incluye la información biológica de las poblaciones de las especies, donde las columnas fueron las variables descriptoras (peso total, longitud estándar, gremio trófico) y las filas las muestras (especie, individuo, estación de muestreo). La categoría trófica de las especies ícticas capturadas fue definida a partir de información secundaria. La información sobre biología básica de la especie dominante en la asociación íctica se presenta en forma descriptiva.

A partir de la primera matriz se obtuvo la estructura de las asociaciones (composición y riqueza de especies, Margalef 1969, distribución de abundancia de cada una de las estaciones de muestreo, diversidad de Shannon-Weaver 1949, dominancia, equidad de Pielou 1969. Para la estimación de la distribución espacial de la composición de especies se aplicó el análisis de similaridad de Bray Curtis (ligamiento promedio -UPGMA-). La segunda matriz permitió establecer aspectos biológicos de especies particulares, como la distribución de talla, en aquellas estaciones donde el número de individuos capturados por especie permitió el análisis

### 3.1.2.2 Sitios de muestreo para cada uno de los tramos del Proyecto Hidroeléctrico Ituango

- Estaciones de Muestro para el EIA-componente Ictiofauna

A continuación se presentan las coordenadas de los diferentes sitios de muestreo para la íctiofauna en cada uno de los tramos del proyecto Hidroeléctrico Ituango, adicionalmente en el mapa D-PHI-110-LB-PR-MON-010 se ubican las estaciones consideradas. Estaciones de muestreo íctiofauna-Obras principales (ver Tabla 3.1.3.12)

Teniendo en cuenta que las características del muestreo de ictiofauna fueron particulares, pues este grupo además de ser analizados dentro del área de influencia directa del proyecto, también fueron realizadas jornadas de campo en la cuenca alta del río Cauca, por lo cual se hace necesario que inicialmente se haga una descripción de esta área. Posteriormente se presenta la zona que incluye quebradas y en general el área de influencia directa de las obras asociadas a al proyecto (Vía sustitutiva, Puerto Valdivia-presa, rectificación San Andrés de Cuerquia y cola de embalse) Cauca

**Tabla 3.1.3.12 Sitios de muestreo para peces en el tramo de obras principales**

Tramo	Ambiente	Estación	Municipio	Coordenadas		msnm
				X MS	Y MS	
Alto Cauca	Cauce principal	La Balsa	Sant de Quilichao	1053122,955	833592,469	1020
	Cauce principal	Puente Hormiguero	Pto Tejada	1066834,65	856849,074	955
	Ciénaga	Laguna de Sonso	Buga	1080466,996	918278,763	935
	Cauce principal	Río Cauca Puerto Bertin	Buga	1080465,693	919807,644	938
	Tributario	Río Frio	Río Frio	1089350,78	948627,586	925
	Tributario	Río la Vieja	Cartago	1136273,082	1010057,19	961
	Cauce principal	La Virginia	Virginia	1133235,307	1031993,48	921
Cauca medio	Tributario	Río Arma	La Pintada	1170052,268	1122948,7	640
	Cauce principal	Bolombolo	Venecia	1136950,902	1151744,89	541
	Cauce principal	Puente Real	Santa Fe de Ant	1139264,298	1212259,2	450
	Cauce principal	Sabanalarga	Sabanalarga	1136550,757	1250199,66	355
	Tributario	Río San Andres	Toledo	1156928,86	1269151,35	602
	Cauce principal	Puente Pescadero	Ituango	1153637,744	1275333,33	285
Bajo Cauca	Cauce principal	La Guamera	Valdivia	1180383,955	1293826,03	285
	Tributario	Río Man	Caucasia	1206179,628	1372012,64	45
	Ciénaga	Ciénaga colombia	Caucasia	1202008,433	1371489,9	49
	Cauce principal	Cauce ppal ciénaga la Ilusion	Caucasia	1229034,586	1380378,77	47
	Ciénaga	Cienaga la Estrella	Caucasia	1231345,723	1377347,1	46
	Cauce principal	Confluencia Cauca-Nechi	Nechí	1253697,094	1386352,22	31

– Estación La Balsa

Esta estación se encuentra ubicada en el departamento del Cauca municipio de Buenos Aires, próxima al municipio de Suárez donde se encuentra el Embalse Salvajina. El río Cauca en este sitio tiene un caudal alto, el agua es transparente, sin ningún tipo de coloración asociado a la presencia de material particulado; no se presentan olores a materia orgánica ni otro tipo de vertimientos. El lecho tiene fondo rocoso de tamaño medio, las cuales dada la transparencia del agua logran observarse fácilmente. Se presenta socavamiento del lecho muy seguramente por la fluctuación de caudales propios de la operación del embalse Salvajina, además de la extracción de materiales de playa, actividad que es realizada de forma intensa en la zona. La vegetación ribereña está conformada por extensos cultivos de caña. Cerca de este sitio de muestreo, entre los municipios de Suárez y Puerto Tejada, se encuentran aproximadamente 30 madre viejas (ver Fotografía 3.1.3.8).



**Fotografía 3.1.3.8 Estación La Balsa**

– Estación Puente Hormiguero

La estación de muestreo se encuentra en el corregimiento Puente Hormiguero en el municipio de Puerto Tejada, en la parte noreste del departamento del Cauca. A diferencia de la estación anterior, se observa una coloración café en el agua, la cual puede ser producto de la entrada de material particulado y diferentes tipos de contaminantes proveniente de los ingenios azucareros, cada vez más frecuentes en esta zona. El caudal del agua es importante, sin embargo se observa una notable reducción que puede ser resultado de la utilización del agua con fines agrícolas. Sumado a lo anterior, en este tramo del río se realiza extracción de materiales de playa y en algunos tramos se presenta olores a materia orgánica, producto de la entrada de aguas residuales provenientes de los asentamientos en este sitio. La estación de muestreo se encuentra rodeada de grandes extensiones de tierra totalmente deforestada (ver Fotografía 3.1.3.9).



**Fotografía 3.1.3.9 Estación Puente Hormiguero**

– Estación Laguna del Sonso

Es un ecosistema cenagoso ubicado en el municipio de Buga, corregimiento de Puerto Bertín, en el departamento del Valle del Cauca. En este ecosistema el agua presenta color y un grado moderado de turbidez, lo cual puede ser debido a la entrada de aguas residuales provenientes de los corregimientos aledaños, además del depósito de residuos sólidos por parte de los pobladores. Las macrófitas acuáticas cubren enormes extensiones del espejo de agua, lo cual está generando altas tasas de descomposición que producen fuertes olores a materia orgánica. Adicionalmente hay una alta abundancia de caracoles, que según los pobladores, son invasores del ecosistema. La laguna de Sonso se encuentra rodeada por grandes extensiones de potreros dedicados a la ganadería y la pesca es ampliamente practicada por los pobladores de la zona (ver Fotografía 3.1.3.10).



**Fotografía 3.1.3.10 Estación Laguna del Sonso**

– Estación Puerto Bertín-río Cauca

La estación de muestreo está ubicada sobre el río Cauca cerca del corregimiento Puerto Bertín, aguas arriba del puente que conduce al municipio de Yotoco. En este sector el río baja con un cauce estrecho, la velocidad es baja debido a la poca pendiente; el agua presenta una coloración café oscura y se observan sólidos suspendidos que favorecen una alta turbidez. Dicha turbidez es proveniente principalmente de aguas residuales y diferentes desechos domésticos y pecuarios del municipio de Cali y sus alrededores. En el sitio de muestreo se hace extracción de materiales de playa, lo cual igualmente determina la alta turbidez del agua. Los alrededores están conformados por áreas de potrero y la vegetación ribereña es escasa, dominada por pastos altos y unos pocos arbustos; una gran cantidad de potreros y algunos cultivos extensivos de caña de azúcar (ver Fotografía 3.1.3.11)



**Fotografía 3.1.3.11 Estación Puerto Bertín**

– Estación Río Frío

El Municipio de Río frío se encuentra situado en la parte occidental del Departamento del Valle del Cauca, limitada por el norte con el municipio de Trujillo y por el oriente con el municipio de Tulúa. El sitio en el cual fueron realizadas las capturas, se encuentra próximo a la confluencia de éste con el río Cauca. Río Frío es un río de aguas claras, sustrato con rocas de tamaño medio, embebidas en sedimento, con presencia de playas en algunos tramos del sitio de muestreo. El agua no presenta olores característicos, a pesar de que hay vertimientos provenientes de las fincas asentadas en las márgenes del río. El sitio está rodeado por potreros y algunas áreas de cultivos de caña de azúcar y pancoger (ver Fotografía 3.1.3.12)



Fotografía 3.1.3.12 Estación Río Frío

– Estación Río La Vieja

El sitio de muestreo ubicado sobre el río La Vieja, se encuentra en el municipio de Cartago, al norte del departamento del Valle del Cauca. Limita al norte con el departamento de Risaralda, al oriente con Ulloa, Alcalá y el departamento del Quindío, al sur con Obando y al occidente con Toro y Ansermanuevo. El agua presenta color café debido a la entrada de aguas residuales provenientes de los asentamientos aledaños, los cuales vierten todas las aguas residuales al río. El olor del agua está asociado con procesos de descomposición de materia orgánica y depósitos de basuras en la zona. Entre los impactos locales se encuentra la extracción de materiales de playa y el vertimiento de aguas residuales de la empresa papeles de Colombia y el matadero municipal. Situación que contribuye en gran medida en la alta contaminación del río. El sustrato es fangoso, la vegetación riberaña está compuesta en su mayoría por arbustos y gramíneas (ver Fotografía 3.1.3.13).

– Estación La Virginia

El municipio de La Virginia se encuentra localizado sobre la margen izquierda del río Cauca, aproximadamente a 30 km de Pereira, capital del departamento de Risaralda. El sitio de muestreo está ubicado aproximadamente a 200 metros aguas arriba, desde el puerto (lugar de acopio de pescadores y extractores de material de playa) hasta un lugar llamado los chorros de La Virginia, sitio en el cual se presentan grandes raudales con una velocidad alta de la corriente, y que es conocido como una de las barreras geográficas más importantes para el desplazamiento de los peces. El color del agua es café, producto de la entrada de aguas residuales de fincas y grandes áreas de cultivos ubicadas alrededor, sumados a la extracción de material de playa, actividad que es realizada por un buen número de pescadores de la región. La vegetación alrededor está conformada por cultivos de caña o pancoger, además de extensas áreas de ganadería (ver Fotografía 3.1.3.14).



**Fotografía 3.1.3.13 Estación Río La Vieja**



**Fotografía 3.1.3.14 Estación La Virginia**

– Estación Río Arma

Esta estación de muestreo se encuentra ubicada en el municipio de La Pintada en el suroeste antioqueño. El agua en este sitio es transparente, no presenta colores característicos pues no hay entrada de aguas residuales o algún tipo de vertimiento; el sustrato es rocoso y está conformado por rocas de tamaño pequeño y medio, en algunos tramos se forman remansos y playas de gran tamaño. El sitio donde fueron realizadas las capturas es descubierto e iluminado; la margen izquierda de este consta de unos pocos arbustos pues en su mayoría está conformado por zonas de potrero; en la margen

derecha la vegetación se encuentra un poco mas conservada y densa, aunque aguas abajo del sitio, por la misma margen, se observa un muro de contención próximo a la desembocadura al río Cauca (ver Fotografía 3.1.3.15).



**Fotografía 3.1.3.15 Estación Río Arma**

– Estación Bolombolo

Esta estación de muestreo se encuentra ubicada en el suroeste Antioqueño y hace parte del municipio de Venecia. En el sitio de muestreo el agua es turbia, muy seguramente debido a la descarga de aguas residuales proveniente de las viviendas ubicadas en el margen del río, así como de las actividades que se desarrollan en ésta como la extracción de materiales de playa, explotación maderera, entre otras. La vegetación ribereña está compuesta por árboles, arbustos y una buena parte por pastos y áreas de potrero dedicadas a la ganadería. Cerca al sitio se observan algunos cultivos, principalmente de cacao, plátano, yuca, café y frutales. Una de las actividades importantes en la región es la extracción de madera, actividad que ha provocado la deforestación de grandes áreas (ver Fotografía 3.1.3.16).

– Estación Puente Real

Ubicada en la zona occidente del departamento de Antioquia, municipio de Santa Fe de Antioquia. En esta estación el agua se observa fuertemente turbia, un sustrato conformado por rocas de tamaño menor; en la margen izquierda presenta zona amplia de playas y la derecha es escarpada y con abundante vegetación. En la parte central aguas abajo, hay una pequeña isla formada por rocas y arena, que los pescadores llaman la isleta del medio y es uno de los sitios para extracción de arena del río. La zona se encuentra totalmente intervenida, no solo por la extracción de material que causa la desviación del río Tonusco, una de las corrientes mas importantes que llegan al río, sino porque el barrio Puente Real, que se encuentra ubicado en la ribera, no tiene servicio de

recolección de desechos sólidos, por lo cual las personas vierten todos los residuos sólidos y líquidos al río. De acuerdo a la información suministrada por pescadores de la región, en una creciente del río, gran cantidad de sedimentos son aportados por las quebradas La Guaca, Altamira y La Púrpura, ubicadas hacia el municipio de Bolombolo (aguas arriba); y también llega gran cantidad de residuos orgánicos y de restos de madera provenientes de los aserrios ubicados en la zona (ver Fotografía 3.1.3.17).

La economía de la zona se basa en la agricultura, principalmente de maíz y árboles frutales; sin embargo, la actividad económica más importante para la región es el turismo, lo cual ha traído consigo una fuerte contaminación en la región.



**Fotografía 3.1.3.16 Estación Bolombolo**

– Estación Sabanalarga

Localizado al occidente de Antioquia, limita por el norte con los municipios de Peque, Ituango y Toledo; por el este con los municipios de Toledo y San Andrés de Cuerquia. La estación de muestreo se encuentra ubicada a una hora de la cabecera municipal de sabanalarga, en un sitio encañonado, dominado por fuertes pendientes. Esto conlleva a un alto caudal del río, que según los pescadores favorece un buen nivel del río durante la mayor parte del año. El agua se presenta algo turbia producto de la extracción de arena y de la minería que es practicada en la zona; a pesar de esto no se presentan olores característicos o asociados a presencia de materia orgánica. Próximo a la estación de muestreo se encuentran algunas fincas con plantaciones de frutales así como algunas áreas de potrero dedicadas a la ganadería. Dentro de las actividades económicas de la zona, una de las más importantes es la minería, la cual es practicada de forma intensa, encontrando incluso cerca al sitio de muestreo caseríos como Orobajo (ver Fotografía 3.1.3.18).



Fotografía 3.1.3.17 Estación Puente Real



Fotografía 3.1.3.18 Estación Sabanalarga

– Estación Río San Andrés

La estación de muestreo se encuentra ubicada en el municipio de Toledo, cerca de la confluencia con el río Cauca, dentro de un cañón pronunciado, que al igual que la

estación anterior, presenta fuertes pendientes. El río se caracteriza por un alto caudal, agua transparente con muy poca presencia de material particulado; no se observa presencia de materia orgánica, lo cual puede estar relacionado con la ubicación del río sobre un cañón tan profundo que no permite la presencia de asentamientos en la zona aledaña. La vegetación de ribera está conformada principalmente por árboles y arbustos de gran tamaño y fragmentos discontinuos de bosques protegidos. En general, en la estación no se observa intervención antrópica, aunque el fuerte caudal y las altas pendientes han socavado el lecho de la quebrada (ver Fotografía 3.1.3.19).



**Fotografía 3.1.3.19 Estación Río San Andrés**

– Estación Puente pescadero

Puente Pescadero sirve para dar continuidad a la vía que comunica a San Andrés de Cuerquia e Ituango, y está ubicado aguas arriba del sitio de presa del proyecto Hidroeléctrico Ituango. La estación de muestreo está ubicada dentro del cañón mas importante para el río Cauca, sitio dominado por pendientes escarpadas y sustrato conformado por rocas de tamaño muy grande, las cuales también determinan una fuerte turbulencia. El agua se observa turbia, con presencia de sólidos suspendidos que pueden provenir de vertimientos cercanos. Las actividades más importantes para la zona son la minería, la agricultura principalmente de maíz y la ganadería, la cual es establecida en las pendientes que conforman el cañón (ver Fotografía 3.1.3.20).



**Fotografía 3.1.3.20 Estación Puente pescadero**

– Estación La Guamera

La Guamera es uno de los raudales que separa el bajo y medio Cauca el cual está ubicado en el municipio de Valdivida, al norte de Antioquia; en este punto ya se comienza a observar el plano de inundación del río. El agua se observa muy turbia por la entrada de material suspendido proveniente de los asentamientos mineros que se encuentra aguas arriba del sitio de muestreo, sumado a la extracción de materiales de playa y la erosión de las laderas. En la margen izquierda se forma una playa, mientras que la margen derecha está conformada por una pendiente pronunciada; el sustrato está conformado por rocas de tamaño medio y pequeñas (ver Fotografía 3.1.3.21).

Cerca al sitio de muestreo llega la quebrada Espíritu Santo; en el sitio se observan algunas entradas de aguas residuales provenientes de las fincas aledañas al sitio, sin embargo, no se observan altos niveles de contaminación en el sitio, lo cual puede estar relacionado con el fuerte caudal del río que actúa como factor de dilución para los contaminantes. Algunas de las actividades económicas importantes en la zona son la Agricultura principalmente de yuca, cacao, plátano, y maíz, la ganadería, la minería y la pesca. Aunque esta última es practicada por algunos pescadores no es considerada actualmente una actividad importante.



Fotografía 3.1.3.21 Estación La Guamera

– Estación Río Man

Esta estación se encuentra ubicada en el bajo Cauca del municipio de Caucasia, al norte de Antioquia. Se presenta una alta turbidez del agua, la cual es producto de la entrada de sedimento proveniente de los cultivos ubicados en las márgenes de la ciénaga Colombia, la cual descarga sus aguas al río Man. El sustrato es fangoso y en algunos tramos se forman playones.

Además se observa la entrada de aguas residuales provenientes de las viviendas de la vereda río Man, las cuales están ubicadas en la margen derecha del río, mientras que en la izquierda se observan algunas áreas de potrero dedicadas a la ganadería. La vegetación ribereña es muy escasa y está compuesta por unos cuantos arbustos y árboles dispersos de menor tamaño, y en su mayor parte son áreas de pastizal. Dentro de las actividades económicas importantes para la zona se encuentra principalmente la minería de oro, el turismo y la ganadería, la cual es practicada en forma intensiva (ver Fotografía 3.1.3.22).

– Estación Ciénaga Colombia

La ciénaga Colombia se encuentra ubicada, al igual que río Man, en el municipio de Caucasia, al norte de Antioquia, en la margen izquierda del río Cauca, y está conectada con este por medio del río Man. La ciénaga presenta extensas áreas cubiertas por buchón de agua (*Eichornia* sp). En la zona aledaña a la ciénaga se observan grandes extensiones de cultivos y áreas de potrero dedicadas a la ganadería. La ciénaga está sufriendo un proceso de aislamiento con el cauce principal del Río Man, debido al enraizamiento de macrófitos y la deposición de grandes barras de sedimento (ver Fotografía 3.1.3.23).



Fotografía 3.1.3.22 Estación Río Man



Fotografía 3.1.3.23 Estación Ciénaga Colombia

- Estación Cauce principal ciénaga La Ilusión

La zona de muestreo está ubicada en el corregimiento la Ilusión del municipio de Caucasia, al norte del Departamento de Antioquia. En este sitio, el río Cauca corre por un amplio valle, que durante los periodos de aguas altas inundan zonas aledañas. El agua

presenta un alto grado de turbidez, y la presencia de material particulado es producto de la fuerte actividad minera y las grandes áreas deforestadas, lo cual trae consigo el arrastre de material aloctono especialmente troncos de árboles. También se suman las grandes áreas dedicadas a la ganadería y la agricultura, especialmente de arroz, que se realiza en las zonas inundadas. Las fincas aledañas determinan igualmente, en gran medida, el grado de deterioro del río en este tramo, ya que vierten sus residuos sólidos y líquidos, los cuales no reciben ningún tipo de tratamiento antes de ser depositados (ver Fotografía 3.1.3.24).



**Fotografía 3.1.3.24 Estación Cauce principal ciénaga La Ilusión**

– Estación Ciénaga La Estrella

La ciénaga La Estrella hace parte del complejo de ciénagas de La Ilusión, localizada dentro del municipio de Caucasia y próxima al municipio de Nechí. La ciénaga se encuentra conectada directamente al río Cauca, aunque la conexión no es eficiente, porque al igual que para muchos ecosistemas cenagosos del bajo Cauca, se encuentra seriamente limitada por presencia de grandes extensiones de macrófitas. Estas plantas se están enraizando en los caños de comunicación, donde se acumulan grandes depósitos de sedimentos que son arrastrados por el río. Adicionalmente hay un desvío de agua con fines ganaderos. La ciénaga está rodeada por grandes áreas de potreros dedicados a la ganadería intensiva (ver Fotografía 3.1.3.25).



**Fotografía 3.1.3.25 Estación Ciénaga La Estrella**

– Estación Confluencia Cauca-Nechí

El sitio de muestreo se encuentra ubicado en el municipio de Nechí, exactamente en la confluencia de este con el río Cauca; en este punto, el color del agua es café, con una buena cantidad de material particulado que se debe en gran medida a la actividad minera que es realizada en el río Nechí de forma intensa, incluso según los pobladores de la región, es la actividad más importante para los pobladores asentados en las riberas del río Nechí. Se presenta un olor del agua a materia orgánica en descomposición, debido a la entrada de vertimientos provenientes del casco urbano del municipio de Nechí, además de las aguas residuales que recoge el río aguas arriba.

Además de la minería, que es considerada la actividad económica más importante en la zona, se encuentran grandes extensiones de tierra dedicadas a la agricultura principalmente de arroz, maíz, yuca y plátano y ganadería intensiva, siendo incluso la pesca una de las actividades económicas más importantes para la región (ver Fotografía 3.1.3.26).

- Area de estudio EIA-Fitoperifiton y Macroinvertebrados

Los sitios de muestreo que se presentan a continuación hacen parte del estudio de impacto ambiental, en los cuales se hizo análisis de fitoperifiton y macroinvertebrados, los cuales como se mencionó anteriormente son diferentes a los analizados para la ictiofauna (ver Tabla 3.1.3.13)



Fotografía 3.1.3.26 Estación Confluencia Cauca-Nechí

Tabla 3.1.3.13 Sitios de muestreo de perifiton y macroinvertebrados para el tramo de obras principales

Ambiente	Codigo	Nombre	X	Y
Cauce principal	P1	Río Cauca Puente de Occidente	1141606,662	1219395,217
Cauce principal	P2	Río Cauca Liborina	1137263,751	1229166,281
Cauce principal	P3	Río Cauca Sabanalarga	1136279,977	1251904,338
Cauce principal	P4	Río Cauca Puente Pescadero	1152808,252	1275849,222
Afluente	P5	Quebrada La Barbuda	1140060,716	1225053,244
Afluente	P6	Quebrada Juan Garcia	1138158,737	1227510,268
Afluente	P7	Quebrada Rodas	1134885,805	1235006,317
Afluente	P8	Quebrada La Honda	1133402,874	1242161,346
Afluente	P9	Quebrada Clara	1133181,876	1242443,349
Afluente	P10	Quebrada Peque	1140076,139	1267216,332
Afluente	P11	Quebrada La Pená	1143804,186	1271145,303
Afluente	P12	Quebrada Santamaria	1145008,204	1272714,294
Afluente	P13	Quebrada Tacui		
Afluente	P14	Río San Andrés		
Afluente	P15	Río Ituango		

– Estación río Cauca Puente de Occidente

Ubicada en el municipio de Santa Fe de Antioquia con límites con el municipio de Olaya. El valle describe un plano aluvial amplio y poco profundo, con pendientes no mayores al 15%. El río en este tramo posee un ancho aproximado de 130 metros. La vegetación está compuesta por, anacardiáceas (*Mangifera indica*) y algunas mimocáceas como también gramíneas (Poaceae) plantas que se presentan de forma semicontinua y son conformadas en un 60% por árboles con alturas mayores a 10m, un 20% menores a 10m y 20% de gramíneas, tanto para la margen derecha como la izquierda (ver Fotografía 3.1.3.27).

En el sitio de muestreo no se presentan afloramientos rocosos, el sustrato en la margen derecha está compuesto de un 10% de piedras, 30% de gravas y 60% arenas arcillosas formando una amplia playa que supera los 50 metros de ancho y abraza más de 400 m de largo, en la ribera derecha este está compuesto en un 40% de piedras, 20% de gravas y 40% arenas arcillosas. El cauce presenta una zona meándrica en donde hay arrastre de material desde la margen izquierda, el cual es depositado en la derecha. Este material es conformado principalmente de arenas finas, gravas y guijarros. Los principales factores que impactan la zona son las construcciones de viviendas y la tala de árboles para ampliar la frontera agrícola y pecuaria, principalmente para el desarrollo de la ganadería de ceba. El cauce es de corrientes continuas sin grandes obstáculos en su trayecto que puedan impedir el paso de especies reofílicas o de individuos de gran tamaño. No se detectan olores de aceites en el agua ni sedimento no se observan descargas puntuales de aguas residuales (ver Fotografía 3.1.3.27).



**Fotografía 3.1.3.27 Estación Río Cauca Puente de Occidente. A. Parte alta del muestreo B. Parte media del muestreo**

– Estación Río Cauca Liborina

Ubicada en el municipio de Liborina, esta zona presenta un valle amplio, extenso y poco profundo, en donde se vienen dando fuertes procesos de erosión debido a la extracción de oro (minería de aluvión), lo cual ha afectado significativamente el sustrato en el cauce principal. En términos generales, la vegetación ribereña está completamente deteriorada debido a la actividad minera y los asentamientos humanos. La turbidez del agua es alta

por la gran cantidad de sedimentos y residuos de minería. Igualmente, se evidencia la presencia de desechos sólidos provenientes de los asentamientos humanos (ver Fotografía 3.1.3.28).

El relieve quebrado a partir de este punto el río Cauca empieza a encañonarse mostrando pendientes en las riberas superiores al 7%. No hay afloramientos rocosos pero si hay arrastre de muchas gravas que se depositan en la margen derecha del río. La vegetación ribereña está conformada especialmente por pastos de la Familia Poaceae, con un porcentaje de cobertura de 5 % hacia la derecha y de árboles (>10 m altura) en un 30%. Entre las principales familias se encuentran Leguminosae (*Inga sp*), Mimosaceae (*Mimosa sp*, *Samanea saman*), Ulmaceae (ver Fotografía 3.1.3.28).



**Fotografía 3.1.3.28 Estación Río Cauca-Liborina A. Parte alta del muestreo B. Parte media del muestreo**

– Estación Río Cauca-Sabanalarga

Localizado al occidente de Antioquia, limita por el norte con los municipios de Peque, Ituango y Toledo; por el este con los municipios de Toledo y San Andrés de Cuerquia. La estación de muestreo se encuentra ubicada a una hora de la cabecera municipal de Sabanalarga, en un sitio encañonado, dominado por fuertes pendientes. Esto conlleva a un alto caudal del río, que según los pescadores favorece un buen nivel del río durante la mayor parte del año. El agua se presenta algo turbia producto de la extracción de arena y de la minería que es practicada en la zona; a pesar de esto no se presentan olores característicos o asociados a presencia de materia orgánica. Próximo a la estación de muestreo se encuentran algunas fincas con plantaciones de frutales así como algunas áreas de potrero dedicadas a la ganadería. Dentro de las actividades económicas de la zona, una de las más importantes es la minería, la cual es practicada de forma intensa, encontrando incluso cerca al sitio de muestreo caseríos como Orobajo (ver Fotografía 3.1.3.29).



**Fotografía 3.1.3.29 Estación Río Cauca-Sabanalarga**

– Estación Puente pescadero

Puente Pescadero sirve para dar continuidad a la vía que comunica a San Andrés de Cuerquia e Ituango, y está ubicado aguas arriba del sitio de presa del proyecto Hidroeléctrico Ituango. La estación de muestreo está ubicada dentro del cañón mas importante para el río Cauca, sitio dominado por pendientes escarpadas y sustrato conformado por rocas de tamaño muy grande, las cuales también determinan una fuerte turbulencia. El agua se observa turbia, con presencia de sólidos suspendidos que pueden provenir de vertimientos cercanos. Las actividades más importantes para la zona son la minería, la agricultura principalmente de maíz y la ganadería, la cual es establecida en las pendientes que conforman el cañón (ver Fotografía 3.1.3.30).

– Estación Quebrada La Barbuda

Se encuentra a la margen derecha del río Cauca en el municipio de Olaya, este sitio se caracteriza por tener una pendiente moderada de cauce (3% aproximadamente) lo cual permite la presencia de rápidos y corrientes fuertes. El cauce mide aproximadamente 2,5 m de ancho a pesar de ser tan cercano a la al río Cauca no se logra observar ninguna planicie de inundación definida. presentan intervenciones antropicas, tales como tala de bosques vertimientos provenientes de asentamientos humanos; la ganadería de ceba el paso de personas y animales, para la margen derecha como para la izquierda presenta un cubrimiento por vegetación compuesta en un 60% de arboles nativos en su mayoría leguminosas, un 20% conformado por gramíneas para pastoreo y pastos de corte, tanto en la ribera izquierda como en la derecha predominan a lo largo del tramo de muestreo la vegetación restante está compuesta por pequeños arbustos y vegetación rastrera (ver Fotografía 3.1.3.31).

El cauce no presenta barreras antrópicas ni obstrucción del flujo de manera natural, el cuse es amplio pero a ocupación no alcanza el 30%. El lecho es rocoso y predominan rocas grandes en un 60%, guijarros y arenas en un 10% y 15% respectivamente. Por la

poca presencia de árboles y arbustos mayores a 10 metros de altura el sombreado del canal es leve en un 5% y la exposición al sol varía dependiendo de las horas del día por presentarse mayor vegetación nativa y de dosel amplio en la ribera derecha y verse menos poblado en la izquierda adicional a este por ser un valle profundo.



**Fotografía 3.1.3.30 Estación Puente pescadero**

La ganadería, la vegetación despejada, los cultivos son factores que pueden afectar la estabilidad de la ribera. No se observan desagües puntuales de aguas residuales, no se detectan olores de aceites en el agua y sedimento. La turbidez en el agua es leve causada por el material en suspensión y materia orgánica proveniente de aguas residuales domesticas aguas arriba.

El lecho rocoso conformado en su mayoría por rocas de gran tamaño superiores a 1 metro en un 60%, roca menor a 1m de diámetro 10%, piedras entre 0.10 a 0.25 metros de diámetro 5% las cuales se pueden desalojar fácilmente y el 25% restante conformado por guijarro y grava. Las partículas más finas son desplazadas hacia los márgenes formando depósitos de roca, grava y arena facilitando la formación de rápidos casi en la mitad del cauce, zona en la cual se presenta la mayor profundidad (ver Fotografía 3.1.3.31).

Los ambientes o hábitat mas encontrados en el sitio de muestreo son los rápidos 60% , corrientes y rizados aunque menos frecuentes se presentan en proporciones cercanas a 15 y 5 % respectivamente.



**Fotografía 3.1.3.31 Estación Quebrada La Barbuda A. Parte alta del muestreo B. Parte media del muestreo**

– Estación Quebrada Juan García

Esta quebrada se caracteriza porque a ella se vierten las aguas servidas del municipio de Liborina y de veredas adyacentes, en el momento de muestreo el agua presentó una coloración oscura, y un fuerte olor a descomposición en sus sedimentos, no se observó la presencia de grasas ni aceites. El flujo desciende a través de un valle amplio poco profundo con pendientes moderadas en ambas márgenes, pero no presenta un plano de inundación definido. Se observaron depósitos de grandes rocas hacia las orillas producto de las crecientes (ver Fotografía 3.1.3.32). La estructura del lecho se compone de rocas de gran tamaño, canto rodado, grava y arena, el material puede ser desalojado moderadamente y predomina la formación rizados, caballitos y cascadas. Se observaron zonas de inestabilidad y erosión en ambas márgenes; la cobertura vegetal se compone principalmente de arbustos y árboles con altura no superior a los 10 m. El constante paso de vehículos y animales evidencia un fuerte impacto sobre la quebrada (ver Fotografía 3.1.3.32).





Fotografía 3.1.3.32 Estación Quebrada Juan García

– Estación Quebrada la Rodas

El cauce de la quebrada presenta forma de U aplanada, el agua descende a través de un valle amplio y profundo, con riveras escarpadas entre los 60 – 80°, la estructura del lecho presentó baja compactación, la matriz de sedimentación se compone de guijarros, canto rodado y arena que pueden ser desalojados fácilmente, prevalece la formación de rizos y caballitos y las barreras a lo largo del cauce forman un canal trenzado. El color del agua fue claro, y no presento ningún olor y el nivel del flujo fue bajo para el momento de muestreo. La vegetación riparia se compone de arboles menores de 10 m en la margen izquierda, y prevalece el rastrojo bajo en la margen derecha. En ambas márgenes se observaron algunas zonas de inestabilidad además de procesos erosivos (ver Fotografía 3.1.3.33).



Fotografía 3.1.3.33 Estación Quebrada La Rodas

– Estación Quebrada La Honda

Este sitio se caracteriza por poseer mayor cubrimiento vegetal en ambas riveras aunque el sombreado del canal es moderado. En la derecha hay mayor presencia de arboles grandes en su mayoría leguminosas en un 60% aproximadamente, acompañados por

panatas epifitas y rastreras 10% el resto de la vegetación son arbustos y plantas muy pequeñas 20% y el 10% restante sin vegetación o zonas de pastoreo. Se puede observar en este lado de la ribera la entrada de agua proveniente de la parte alta de la cuenca siendo este afluente tributante a la quebrada el Polvillo. En la ribera derecha con árboles de buen tamaño con presencia de parches aislados de gramíneas y forrajes (ver Fotografía 3.1.3.34).

El canal del afluente no presenta ninguna modificación, el cauce está formado en su mayoría por guijarro y roca en un 40% y 30% respectivamente y con baja compactación lo cual hace fácil la formación de rápidos y corrientes en proporciones similares, los hábitats de los cuales está conformada la mayor parte del cuerpo de agua son rápidos y saltos superiores a 0,5 metros. Las rocas presentan menos del 10 % de cobertura de algas filamentosas y en algunos casos musgos menor al 10% lo cual evidencia el movimiento y la inestabilidad del material de cauce. Las riberas son estables y no hay presencia de erosiones considerables.

Los impactos antropicos en este punto son en su mayoría los derivados de la minería de aluvión, los usos del suelo son exclusivamente para la minería pero la zona de ribera con vegetación nativa cubre al rededor de unos 5m de la ribera tanto para la derecha como para la izquierda. La vegetación se encuentra de forma continua y los claros son pocos pero con mayor incidencia cercano a la margen derecha del rio Cauca en donde tributa al mismo (verFotografía 3.1.3.34).



**Fotografía 3.1.3.34 EstaciónQuebrada La Honda A. Parte alta del muestreo B. Parte media del muestreo**

– Estación Quebrada Clara

Se encuentra a la margen izquierda del rio Cauca en el municipio de Buritica la finca la clara de la cual se deriva la quebrada que lleva el mismo nombre.

Este sitio se caracteriza por tener una pendiente moderada de cauce (2,5 % aproximadamente) lo cual permite la presencia de rápidos y corrientes leves. El cauce mide aproximadamente 4 m de ancho no se logra observar zonas de inundación adicional a esto la quebrada la clara tributa al rio Cauca de manera abrupta en una serie de caídas de aproximadamente 0.8 m cada una. presentan intervenciones antropicas, muy leves al estar alejado de asentamientos humanos, la ganadería de ceba el paso de personas y

animales son factores que pueden afectar la estabilidad de la ribera, para la margen derecha como para la izquierda presenta un mayor cubrimiento por vegetación compuesta en un 50% de arboles nativos en su mayoría leguminosas adicional a esto algunas mirtáceas y cítricos como limón, un 20% conformado por gramíneas, tanto en la ribera izquierda como en la derecha predominan a lo largo del tramo de muestreo plantas pequeñas y alginas de ellas epifitas para este punto se encuentra gran influencia de cactáceas al ser esta zona considerada como bosque seco tropical, la vegetación restante está compuesta por pequeños arbustos y vegetación rastrera (ver Fotografía 3.1.3.35).

El cauce no presenta barreras antrópicas ni obstrucción del flujo de manera natural. El lecho es rocoso y predominan rocas grandes superiores a 0,4 m de radio en un 60%, guijarros y arenas en un 10% y 15% respectivamente. Por la presencia de árboles y arbustos mayores a 10 metros de altura el sombreado del canal es moderado en un 10% y la exposición al sol varía dependiendo de las horas del día por presentarse mayor vegetación nativa y de dosel amplio en la ribera derecha y verse menos poblado en la izquierda.

La vegetación despejada, y el paso de personas y animales son factores que pueden afectar la estabilidad de la ribera. No se observan desagües de aguas residuales, no se detectan olores de aceites en el agua y sedimento. La turbidez en el agua es leve causada por el material en suspensión.

El lecho y las márgenes conformado en su mayoría por rocas de gran tamaño superiores a 1 metro en un 60%, roca menor a 1m de diámetro 10%, piedras entre 0.10 a 0.25 metros de diámetro 5% las cuales se pueden desalojar fácilmente y el 25% restante conformado por guijarro y grava. Las partículas más finas son desplazadas hacia la margen derecha formando depósitos de roca, grava y arena facilitando la formación de rápidos casi en la mitad del cauce, zona en la cual se presenta la mayor profundidad.

Los ambientes o hábitat mas encontrados en el sitio de muestreo son los rápidos 60%, los pozos y rizos aunque menos frecuentes se presentan en proporciones cercanas a 15 y 5% respectivamente (ver Fotografía 3.1.3.35).



Fotografía 3.1.3.35 Estación Quebrada La Clara A. Parte alta del muestreo B. Parte media del muestreo

- Estación Quebrada Peque
- Estación Quebrada La Pená
- Estación Quebrada Santamaria
- Estación Quebrada Tacui
- Estación Río San Andres

El cauce presenta una longitud aproximada de 10 m, el lecho se compone de rocas de gran tamaño, también se observó canto rodado y arena. Hacia la margen izquierda se forman una serie de pozas y la vegetación se compone de pastos y guayabos; la margen derecha presenta una pendiente elevada en ángulo convexo y el rastrojo bajo es la vegetación predominante. La corriente es fuerte, observándose principalmente rápidos y caballitos. El agua presenta un color café con olor fuerte a sedimento en descomposición (ver Fotografía 3.1.3.36).



Fotografía 3.1.3.36 Río San Andres

- Estación río Ituango

Este sitio se encuentra ubicado cerca de la confluencia del río Ituango y Cauca, el cauce en este sitio posee una pendiente del 3% aproximadamente, dando lugar a la formación de raudales, rápidos y caídas cercanas hasta de 1,5m de altura. El río Ituango en este punto tiene un ancho aproximado de 10m (figura xx)

Para este sitio se presentan intervenciones antrópicas muy leves, por estar alejado de caminos y asentamientos humanos. Adicionalmente, ambas riberas poseen una alta cobertura por vegetación, la cual está dispuesta en forma continua y compuesta en un 30% de árboles nativos, 50 % por arbustos de menor tamaño y el 20% restante por plantas rastreras o vegetación epífita.

El valle es estrecho y profundo con pendientes escarpadas (generalmente corte de la corriente a través de roca dura). No se encuentran modificaciones en el canal, ni barreras de sedimento; el material de arrastre aguas arriba del río Ituango se acumula en su mayoría en la margen derecha del río. Estos materiales son desalojados, especialmente en momentos de fuertes lluvias, lo cual ha favorecido socavación en algunos tramos.

Debido a la baja intervención del sitio no se observan factores antrópicos que estén deteriorando el río, sin embargo, la fuerte corriente determina un aumento en la erosión de las margenes.

Para la temporada de lluvias el río Ituango muestra un aumento rápido e importante aumento en el nivel del agua (del 30% aproximadamente), lo cual hace que se pierdan zonas de acumulación de sedimento, gravas y rocas. En la parte de la desembocadura del río Ituango al río Cauca se logra apreciar un represamiento de agua, lo cual hace que los regímenes hidráulicos presentes en el sitio de muestreo varíen, perdiendo en un 50% los rápidos y los raudales, y mostrando una disminución en la velocidad de la entrega de aguas al río Cauca (ver Fotografía 3.1.3.37).



**Fotografía 3.1.3.37 Estación Río Ituango**

- Área de estudio de obras anexas al proyecto

Las estaciones que se presentan a continuación se encuentran ubicadas en el área de influencia directa del proyecto hidroeléctrico Ituango, hacen parte de la vía sustitutiva, rectificación, vía Puerto Valdivia-Presa y cola del embalse. En estas fueron realizados muestreos de fitoepierifiton, macroinvertebrados y peces. Aunque se presentaron algunas diferencias entre quebradas, en la mayoría de corrientes la estructura del cauce, el tipo de corriente y la cobertura vegetal son muy semejantes. Es así como la vegetación riparia está compuesta por árboles con altura inferior a 10 m arbustos, y rastrojo característicos de bosques secos tropicales intervenidos, independientemente de la estación, y sólo varía el grado de cobertura. Así mismo, todas las quebradas presentan un valle en forma de V y son considerados ambientes de alto gradiente, el lecho se compone principalmente de rocas grandes y grava, donde abundan las cascadas, rápidos, saltos, pozas y en algunos casos aguas corrientes, dadas las condiciones topográficas, de velocidad del agua y demás en muchos casos las capturas de peces presentaron pocos o ningún individuo.

El agua presenta una alta transparencia en la mayoría de los casos, aunque también se presentan sitios con abundante sedimento, en general para la mayoría de los sitios no se

presenta olores o colores característicos pero sus niveles son muy bajos debido a la intensa sequía durante el periodo de muestreo que estuvo asociada al fenómeno del niño. En la Tabla 3.1.3.14 se presenta la georeferenciación de las estaciones de muestreo.

**Tabla 3.1.3.14 Estaciones de muestreo hidrobiológico dentro del area de influencia del proyecto Hidroelectrico ituango**

Ambiente	Codigo	Nombre	X	Y
Cauce principal	P1	Río Cauca sitio de presa	1156512,314	1281287,197
Cauce principal	P2	Río Cauca después de descarga	1157052,318	1281567,192
Afluente	P3	Quebrada la Ordoñez	1136724,769	1230994,29
Afluente	P4	Quebrada la Sucia	1135150,798	1234206,312
Afluente	P5	Quebrada Tesorero	1134351,753	1235307,878
Afluente	P6	Piedecuesta	1154908,2	1256032
Afluente	P7	Quebrada El Diablo	1155258,2	1256533
Afluente	P8	Quebrada El Roble	1155386,6	1257691
Afluente	P9	Quebrada El Hoyo	1157472,9	1262547
Afluente	P10	Quebrada Churumbo	1157899,5	1264136
Afluente	P11	Quebrada Los Naranjos	1158162,8	1264778
Afluente	P12	Quebrada Cacagual	1157631,3	1267292
Afluente	P13	Quebrada Taque	1156459,6	1268682
Afluente	P14	Quebrada Matanza	1155348	1269571
Afluente	P15	Quebrada Uriaga	1154631,6	1271796
Afluente	P16	Quebrada Careperro	1155404,05	1273011,37
Afluente	P17	Qda. Tacui	1153889,231	1273525,207
Afluente	P18	Quebrada Los Linderos	1154337,47	1277165,74
Afluente	P19	Quebrada Chirí	1156347,72	1276019,03
Afluente	P20	Quebrada Bolivia (Orejón parte alta)	1154431,85	1277913,26
Afluente	P21	Quebrada Orejón	1156443,4	1277758,08
Afluente	P22	Quebrada Burundá	1155109,77	1279153,35
Afluente	P23	Quebrada Villa luz	1155406,68	1279905,14
Afluente	P24	Quebrada Tenche	1156235,41	1279728,76
Afluente	P25	Río Ituango		
Afluente	P26	Quebrada Guriman		
Afluente	P27	Quebrada El Guaico		
Afluente	P28	Quebrada El Polvillo		
Afluente	P29	Quebrada Ticuitá	1157645,11	1280614,77
Afluente	P30	Quebrada Sinitave	1166570,269	1288303,859
Afluente	P31	Quebrada La Rica	1167452,211	1288593,502
Afluente	P32	Quebrada Organi		
Afluente	P33	Quebrada. Tamara		
Afluente	P34	Quebrada. La Guamera	1180299,619	1293875,114
Afluente	P35	Quebrada. Achira	1182924,068	1294286,578
Afluente	P36	Quebrada Arenales	1183520,459	1295741,735
Afluente	P37	Quebrada La Planta	1184157,114	1296476,576
Afluente	P38	Quebrada Vagamentos	1184742,435	1297053,797
Afluente	P39	Quebrada. Remolinos	1185148,84	1297679,535
Afluente	P40	Quebrada El Matadero (Tapias)	1185424,167	1298005,742
Afluente	P41	Quebrada Arrocerá	1185618,639	1298179,765

– Estación Río Cauca sitio de presa

El punto de muestreo se ubica en la margen izquierda del río Cauca, en jurisdicción del municipio de Ituango a una altura de 240 m.s.n.m. Sobre esta estación el cauce del río presenta un ancho aproximado de 50 m, desciende a través de un valle de amplio profundo con pendientes escarpadas y no se observa un plano de inundación definido. La extensión longitudinal de la vegetación riparia se extiende de forma continua y el grado de intervención antrópica es moderado. Las riberas son escarpadas, predominan los afloramientos de roca desde el lecho, y sobre las orillas se observan grandes depósitos de rocas semiangulares y redondeadas (ver Fotografía 3.1.3.38).

Durante el momento de muestreo el color del agua fue turbio, producto de las lluvias y no se detectaron olores característicos en el agua y el sedimentos, el nivel del agua fue alto, ocupando más del 75% del canal y la velocidad de la corriente fuerte, factores que determinan la composición del sustrato. El canal presenta una pendiente moderada y se observan solo dos de los regímenes de velocidad y profundidad (lento-profundo, lento-poco profundo y rápido-profundo).



**Fotografía 3.1.3.38 Estación Río Cauca sitio de presa**

- Estación río Cauca después de descarga
- Estación quebrada la Ordoñez

Este punto se encuentra en jurisdicción del municipio de Buritica, en la margen izquierda del río Cauca, Caucael cauce atraviesa un valle amplio con pendientes en ángulo agudo y no presenta un plano de inundación definido. Este sitio se caracteriza por tener una pendiente de cauce de 2% aproximadamente lo cual permite la formación de rápidos los cuales se encuentran mas abundantes en el cuerpo de agua. El cauce mide aproximadamente 7 m de ancho sin embargo la ocupación del cauce por el cuerpo de agua no superan los 1,5 metros. Presentan intervenciones antropicas, moderadas al estar alejado de asentamientos humanos, la ganadería de ceba el paso de personas y animales son factores que pueden afectar la estabilidad de la ribera.

El lecho se compone de rocas de gran tamaño, guijarros y canto rodado con baja compactación que puede removerse fácilmente. Para el momento de muestreo el nivel del agua fue bajo, pero se observa depósitos de grandes rocas que evidencian grandes crecientes (ver Fotografía 3.1.3.39 y Fotografía 3.1.3.39 ). La vegetación compuesta en un 50% de arboles nativos en su mayoría leguminosas y de manera ocasional mirtáceas presentándose de iguales proporciones para ambas márgenes, un 20% conformado por gramíneas y se encuentra de manera semicontinua, tanto en la margen izquierda como en la derecha predominan a lo largo del tramo de muestreo plantas pequeñas y algunas de ellas epifitas al igual que individuos de la familia cactáceas y crasuláceas la vegetación riparia se compone principalmente de arbustos y árboles con altura superior a 10 m. al ser esta zona considerada como bosque seco tropical, la vegetación restante está compuesta por pequeños arbustos y vegetación rastrera. La vegetación despejada, y el paso de personas y animales son factores que pueden afectar la estabilidad de la ribera. No se

observan desagües de aguas residuales, no se detectan olores de aceites en el agua y sedimento. La turbidez en el agua es leve causada por el material en suspensión.

A lo largo del cauce se forman barras con vegetación tanto en la parte media como en la zona lateral y existen barreras al flujo del agua. El lecho es rocoso y predominan rocas medianas superiores a 0,3 m de radio en un 60%, guijarros y arenas en un 10% y 15% respectivamente. Por la presencia de árboles y arbustos mayores a 10 metros de altura pero al estar alejados del cuerpo de agua el sombreado del canal es leve 5% y la exposición al sol es constante a lo largo del día. Los ambientes o habitat mas encontrados en el sitio de muestreo son los rápidos 90%, las corrientes aunque menos frecuentes se presentan en proporciones cercanas a 10%.



Fotografía 3.1.3.39 Estación Quebrada La Ordoñez

– Estación quebrada la Sucia

Para este sitio de muestreo la pendiente es superior al 10% lo cual hace que la mayor parte del hábitat sea corrientes, rápidos y algunas caídas, con ninguna presencia de pozas. Con un cauce aproximado de 3m de ancho. En este punto la composición de la vegetación de ribera se encuentra dominando las leguminosas y anacardiáceas, en el sitio predominan las pasturas para ganadería de ceba; para la parte alta del sitio de muestreo se pueden observar amplia cobertura de vegetación con árboles y arbustos con un DAP mayor a 10cm en un porcentaje del 80% lo cual hace que el sombreado del canal sea moderado mayor al 30%. Las pasturas y plantas rastreras abarcan alrededor del 20 % y se observa mayor cobertura por vegetación en la margen derecha que en la izquierda. La vegetación riparia se compone de arboles menores de diez 10 m de altura y en mayor parte de arbustos y rastrojo bajo, en las laderas se observaron algunas zonas de inestabilidad y procesos erosivos asociados a los fenómenos de creciente y a algunas actividades antrópicas como la minería.

El cauce no presenta modificaciones de ningún tipo; en el sitio de muestreo predominan las piedras alrededor de 0.5 m en una proporción cercana al 80% formando barreras leves. En su mayoría a lo largo del cuerpo de agua el lecho está conformado por cantos rodados y material de playa sedimentado. Se logra observar la socavación del la margen izquierda por la fuerza del agua y depósitos de materia tanto para la margen derecha

como para la izquierda. El paso de personas, vehículos y animales así como la desprotección de las margenes por la deforestación son factores que pueden alterar la estabilidad de la ribera mostrando focos de erosión en ambas márgenes.

La turbidez es leve causada por material en suspensión a raíz de la erosión causada por la ganadería y la agricultura en la parte mas alta, sin embargo, el agua es clara y se puede observar fácilmente el lecho rocoso, el lecho se compone principalmente de rocas de gran tamaño en ambas márgenes, grava y arena en el lecho, favoreciendo la formación de rizos y caballitos.. No se perciben olores de ningún tipo en el agua ni en los sedimentos.

El sedimento es fino y presenta compactación moderada, el material producto de la escorrentía forman un canal trenzado y barreras laterales con poca vegetación (ver Fotografía 3.1.3.40).



Fotografía 3.1.3.40 Estación Quebrada La Sucia

– Estación Quebrada Tesorero

Esta quebrada recorre un valle asimétrico, con riveras heterogéneas en ambas márgenes. El cauce tiene aproximadamente 10 m de ancho, aunque no presentó zonas inundadas.

El lecho se encuentra firmemente empacado, pero se puede desalojar moderadamente y se compone principalmente de rocas grandes y grava, donde prevalecen las cascadas, rizos y caballitos. El flujo del agua en el momento de muestreo presentó un nivel bajo, su color fue claro y no se percibió ningún olor. En algunas partes de la quebrada se observó grandes depósitos de rocas y charcas secas (ver Fotografía 3.1.3.41). La vegetación riparia está compuesta por arboles con altura inferior a 10 m, arbustos, y rastrojo característicos de bosques secos tropicales.



Fotografía 3.1.3.41 Registro fotográfico de la Quebrada El Tesorero

– Estación quebrada Piedecuesta

Presenta una pendiente moderada y el lecho es amplio compuesto de grandes rocas, canto rodado y guijarros. Al momento del muestreo el agua presentó un color café y olor moderado a descomposición, gran cantidad de sólidos disueltos. Predominan las charcas, saltos y rápidos. Las márgenes y laderas intervenidas con poca vegetación compuesta por pasto y rastrojo, principalmente. La matriz del lecho presentó una estructuración débil, fácilmente movable. Hacia la parte superior se observaron casas en las márgenes (ver Fotografía 3.1.3.42).



Fotografía 3.1.3.42 Quebrada Piedecuesta

– Estación quebrada el Diablo

Esta zona es de difícil acceso debido a su elevada pendiente, presenta zonas de cascada y pozas. El cauce es estrecho, con una longitud del área húmeda no superior a 1m, presentando una geomorfología típica de sistemas de alta montaña, donde predomina la formación de cascadas, saltos y pozas. El agua de color café con olor fuerte a sedimento. Presenta una buena cobertura de dosel aproximadamente del 70%. El lecho se compone de roca de gran tamaño y arena principalmente. La zona de la rivera presenta pendientes elevadas tipo convexo, escarpadas y sin vegetación (ver Fotografía 3.1.3.43).



**Fotografía 3.1.3.43 Quebrada el Diablo**

– Estación quebrada El Roble

Ancho del cauce aproximado de 10 m, márgenes descubiertas sin ningún tipo de vegetación, con pendientes elevadas y convexas. El cauce corresponde solo a un 60% del ancho total. El lecho compuesto de una matriz de roca fina, arenas y canto rodado, fácilmente removible. Se observaron zonas de pozas aisladas por rocas de gran tamaño. El agua turbia con gran cantidad de sólidos disueltos y olor fuerte a descomposición. En las zonas aledañas se observó la presencia de viviendas y vertimiento de aguas negras (ver Fotografía 3.1.3.44).

– Estación quebrada El Hoyo

Presenta una estructura geomorfológica característica de los sistemas loticos de primer orden andino, con pendiente moderada y sustrato compuesto principalmente de rocas pequeñas, cascajo y canto rodado. Se observaron pozas, cascadas y rápidos. La cobertura de dosel es de aproximadamente el 80%, conformada por rastrojo alto y árboles con altura superior a 10 m. es una zona poco intervenida y bien conservada (ver Fotografía 3.1.3.45).



Fotografía 3.1.3.44 Quebrada El Roble



Fotografía 3.1.3.45 Quebrada El Hoyo

– Estación quebrada Churrumbo

Pendiente elevada, sustrato rocoso, muy buena cobertura vegetal tanto en las riberas como del dosel, se observaron arboles de altura superior a 10 m. agua clara sustrato rocoso, con arena y material vegetal asociado (hojarasca). Es un sitio apto para la colonización de comunidades acuáticas debido a la estabilidad de la matriz del lecho y a la disponibilidad de material aloctono, procedente de la vegetación riverina (ver Fotografía 3.1.3.46).



**Fotografía 3.1.3.46 Quebrada Churrumbo**

- Estación quebrada los Naranjos

Esta zona presenta una pendiente alta, aguas someras y claras con gran cantidad de rápidos y caballitos. La cobertura del dosel es de aproximadamente el 40% conformada por arbustos y árboles de altura superior a 10 m. Las márgenes del cauce se encuentran cubiertas de vegetación riverina. El ancho del cauce húmedo es de aproximadamente 1m y su lecho está compuesto principalmente por canto rodado y guijarros, además se observó arena y material particulado fino (ver Fotografía 3.1.3.47).



**Fotografía 3.1.3.47 Quebrada Los Naranjos**

- Estación quebrada Cacagual

Presenta una pendiente elevada con una estructura geomorfológica del cauce típica de zonas alto andinas. Predominan las caídas y saltos, de manera poco frecuente se forman pozas someras. El ancho del cauce húmedo aproximado es de 2 metros. El agua sin ningún tipo de olor ni color extraño. La cobertura del dosel es de aproximadamente el 40% compuesta por arboles de gran tamaño y matorrales. La matriz del lecho se compone principalmente de canto rodado y arena (ver Fotografía 3.1.3.48).



**Fotografía 3.1.3.48 Quebrada Cacagual**

– Estación quebrada Taque

El sitio de muestreo se encuentra a 640 m.n.s.m. en jurisdicción del municipio de Toledo. En este punto, la quebrada desciende a través de un valle amplio poco profundo, con pendientes moderadas (30 - 60°) y no presenta plano de inundación definido. La vegetación riparia se extiende de forma semicontinua y se compone principalmente de arbustos y pastos. Las orillas son moderadamente estables y se observaron algunos procesos erosivos asociados a los fenómenos de creciento.

El ancho del cauce es de aproximadamente 10 m, pero presenta zonas no inundadas. El agua es muy turbia con gran cantidad de sedimentos, el lecho puede removerse fácilmente lo que indica posibles borrascas en días anteriores, situación que fue corroborada por habitantes de la zona. Las márgenes con vegetación principalmente rastrojo y arboles de altura menor a 10 m. Hacia la margen izquierda se observaron procesos erosivos y deslizamientos constantes de tierra (ver Fotografía 3.1.3.49).

A pesar de presentar una pendiente media-baja, la velocidad de la corriente es fuerte y prevalece la formación de rápidos, rizos y deslizaderos. En ambas márgenes se observan zonas de depósito donde se acumula una gran cantidad de material aluvial (arena y canto rodado). El lecho se conforma principalmente de canto rodado y arena, los sedimentos presentan un grado de compactación moderada y pueden ser desalojados fácilmente. Durante el momento de muestreo se observó un nivel del flujo base, aunque la velocidad de la corriente era fuerte. Así mismo, se observó que el agua contenía una gran cantidad de sedimentos y se percibió un fuerte olor a lodos.



Fotografía 3.1.3.49 Estación Quebrada Taque

– Estación quebrada Matanza

Esta quebrada desciende a través de un valle estrecho poco profundo en forma de "V", con pendientes escarpadas (60 – 80°) y no presenta plano de inundación. El ancho del cauce es de aproximadamente 10 m, aunque durante el muestreo el flujo del agua ocupa menos del 10% de la superficie total del canal. El cauce presenta una pendiente moderada, y prevalece la formación de rápidos y rizos. La vegetación riparia se extiende formando grupos ocasionales y a lo largo del transecto son evidentes los procesos erosivos asociados a los fenómenos de creciente. El Lecho se compone de canto rodado y arena, los sedimentos presentan un grado de compactación moderada los cuales pueden ser desalojados fácilmente y la matriz de sedimentación presenta una estructura abierta. Durante el momento de muestreo el nivel del flujo fue bajo, la velocidad de la corriente fuerte se observó que el agua descendía con una alta carga de sedimentos.

Presenta un fuerte pendiente Cobertura vegetal cercana al 30%. Sustrato compuesto principalmente de canto rodado y arena, se observó además algunas rocas de gran tamaño. Durante el muestreo se presentaron lluvias constantes (Fotografía 3.1.3.50).



Fotografía 3.1.3.50 Estación Quebrada Matanza

– Estación quebrada Uriaga

Este sitio se caracteriza por presentar un cauce con un ancho promedio de 4 metros, somero cuyo sustrato está compuesto principalmente por rocas y canto rodado que puede ser fácilmente desalojado. Se observaron zonas de pozas y rápidos. La cobertura vegetal es de aproximadamente el 40% componiéndose de arbustos, pastos y arboles con altura no superiores a 10 m. no se observaron colores ni olores extraños en el agua ni en el sedimento (ver Fotografía 3.1.3.51).

La quebrada presenta un grado de perturbación alto, debido a su cercanía a centros urbanos, sitios de obras y al constante paso de vehículos pesados. El flujo del agua desciende a través de un cauce amplio, con una pendiente de aproximadamente el 5%, riberas convexas de pendiente baja (10 – 30°), y un plano de inundación poco definido. La vegetación riparia presenta un alto grado de perturbación, y a lo largo del cauce son frecuentes los procesos erosivos. El lecho se compone de canto rodado y grava, y los sedimentos presentan una estructura dilatada y un grado de compactación baja. Prevalecen los rápidos y los rizos, se observan algunos desechos leñosos sobre el cauce y la modificación del canal es evidente. Durante el muestreo el nivel del flujo fue bajo, y no se detectaron olores característicos en el agua y sedimentos.



**Fotografía 3.1.3.51 Estación Quebrada Urriaga**

– Estación quebrada Careperro

En esta quebrada el flujo del agua desciende a través de un valle estrecho poco profundo con pendientes escarpadas y riberas moderadamente estables, se observan algunos afloramientos de roca, y los procesos erosivos son poco evidentes. Por la amplitud de su lecho (entre 6 y 10m), se evidencia que Careperro es una quebrada de gran caudal en la temporada lluviosa, sin embargo durante enero de 2010 la corriente de agua ocupó menos del 5% del cauce. A medida que se desciende hacia a la confluencia con el río San Andrés, la pendiente disminuye y el ancho del cauce puede alcanzar los 10 m.. Lo cual estaría favorecido por una intensa sequía asociado a la mínima cobertura vegetal (ver Fotografía 3.1.3.52).

El lecho se encuentra firmemente empacado y acomodado, los sedimentos se componen de rocas, canto rodado y arena, y presentan una estructura abierta con alta disponibilidad de espacios intersticiales. La geomorfología del canal y la composición del lecho favorece la formación de saltos, rápidos, cascadas y rizos. A lo largo del cauce se observaron

grandes desechos leñosos, palizadas y hojarasca, las cuales favorecen el establecimiento de la epifauna colonizante.

La vegetación riparia es densa y se extiende de forma semicontinua, los márgenes de esta quebrada corresponden a galerías de árboles de pequeño porte dispersos entre arbustos en el límite de pastizales y caminos de herradura frecuentemente transitados por personas y ganado, convirtiéndose en un factor de perturbación.

La estructura del lecho presentó baja compactación y la matriz de sedimentación se compone de guijarros, canto rodado y arena que pueden ser desalojados fácilmente. Este tipo de lecho favorece las corrientes tipo rizos y correderas. La gran acumulación rocosa evidencia una creciente importante, que los pobladores asocian a la desaparición de la sabaleta. Especie que reportan como abundante en la quebrada hasta noviembre de 2009 y la cual en los años siguientes va en continuo detrimento o la desaparición casi total de la misma.



**Fotografía 3.1.3.52 Estación Quebrada Careperro**

– Estación quebrada Tacui

En el sitio de muestreo la quebrada presenta una pendiente superior del 15%, y antes de la confluencia con el río San Andrés se observa un salto de aproximadamente 10 m de alto. El cauce presenta un ancho promedio de 4 m, y el flujo del agua descende a través de un valle estrecho poco profundo, con orillas escarpadas y no se observa inundable. El lecho se compone de rocas redondeadas de mediano tamaño, canto rodado, arena y presenta una estructura abierta, los sedimentos se encuentran moderadamente acomodados y pueden ser desalojados fácilmente. La vegetación riparia es densa y se extiende de forma continua a lo largo del cauce, además se observaron grandes desechos leñosos y de hojarasca que se acumulaban en orillas y zonas de baja corriente. A lo largo de transecto prevalecen los rápidos, chorros, cascadas y saltos. Durante el muestreo el nivel del flujo fue bajo y la velocidad de la corriente fuerte, la claridad del agua estuvo reducida principalmente por material suspendido y no se detectaron olores característicos en el agua y sedimentos (ver Fotografía 3.1.3.53).



Fotografía 3.1.3.53 Estación Quebrada Tacui

– Estación quebrada Los Linderos

El lecho está compuesto de rocas semiangulares de gran tamaño, en las que se puede observar el crecimiento de masas perifíticas. La vegetación riparia es continua, y favorece el sombreado completo del canal, se compone de vegetación nativa (rastrojo, pequeños arbustos y árboles con altura superior a 10 m). Sobre el cauce se observa la acumulación de desechos leñosos y hojarasca. Prevalecen los saltos, rápidos y algunas pozas. La matriz de sedimentos presenta una estructura abierta, se compone de material fino, canto rodado y presenta un grado de compactación moderada. Durante el muestreo el nivel del agua fue bajo, la velocidad de la corriente moderada, el grado de turbidez del agua fue leve y no se detectaron olores característicos en el agua y sedimentos.

Las márgenes no presentan gran pendiente respecto al cauce y están constituidas por barrancos cubiertos de rastrojo y arboles dispersos, con una composición de bosque seco intervenido y un aporte de hojarasca significativo. El lecho de grandes cantos de roca sugiere además el predominio de corriente en chorros, correderas y pequeñas pozas marginales (ver Fotografía 3.1.3.54).



Fotografía 3.1.3.54 Estación Quebrada Los Linderos

– Estación quebrada Chirí

Presenta una estructura de lecho y corrientes propias de alto gradiente, semejante a la mayoría de microcuencas de la zona (ver Fotografía 3.1.3.55) como una corriente de agua muy pequeña que desciende entre rocas por una gran pendiente en medio de un bosque seco, poco denso, que aporta hojarasca a las numerosas pozas. Se destaca por la poca amplitud de su cauce (2 a 3m) y por la afluencia de una quebrada proveniente de cultivos cocaleros en lo alto de la cuenca, según lo relatan habitantes de la región. No obstante el agua es clara y sin olor. El lecho rocoso presenta abundantes rocas emergentes y barras de arena y favorece una corriente en forma de rizos y correderas. El sustrato arenoso medianamente compactado ofrece alguna dificultad al desalojo.



Fotografía 3.1.3.55 Registro fotográfico de la Quebrada Chirí en enero de 2010

– Estación quebrada Bolivia

Esta quebrada que también cruza la vía, corresponde a la parte alta de la quebrada Orejón. Presenta un descenso agreste de pendiente superior a 50% y un lecho de grandes cantos de roca rodados. El flujo de agua es permanente aún en el estiaje y está favorecido por una abundante cobertura vegetal de bosque seco secundario e intervenido de baja densidad que genera sombra sobre el 100% del cauce. La estructura presenta pequeñas cascadas escalonadas que terminan en pozas relativamente grandes, especialmente en el límite de la carretera (ver Fotografía 3.1.3.56). El agua es clara y no presenta olor ni color característicos, pero se presenta gran acumulación de detritos (especialmente hojarasca) en las pozas. El sustrato es poco compactado y de fácil remoción en los tramos constituidos por pozas pero aparentemente estables en los tramos rocosos. Los márgenes corresponden a barrancos, raíces de árboles y rocas de altura y pendiente variable respecto al cauce.

– Estación quebrada Orejón

Pese al estiaje, el cauce de la quebrada Orejón, de escasos 4 metros de ancho, lleva un volumen de agua considerable respecto a otras quebradas de la zona y presenta una mayor torrencialidad. La corriente predominante son los chorros, correderas y pozas y su lecho presenta grandes rocas en el centro del cauce, barras de arena y acumulación de material vegetal, evidencia de crecientes o deslaves en días anteriores (ver Fotografía 3.1.3.57). La cobertura vegetal no es completa y por ende es menor el aporte de

hojarasca. La transparencia del agua es bastante alta y no se perciben olores. Las márgenes están constituidas por barrancos con pendiente variable entre 10 y 90% respecto al cauce con una cobertura poco densa de bosque seco.



**Fotografía 3.1.3.56** Registro fotográfico de la Quebrada Bolivia en enero de 2010



**Fotografía 3.1.3.57** Registro fotográfico de la Quebrada Orejón en enero de 2010

– Estación quebrada Burundá

El cauce de la quebrada Burundá es amplio (al menos 10m), pero presenta un gran porcentaje de lecho seco,. Se encuentran evidencias de crecientes en meses anteriores que suponen que la quebrada puede alcanzar grandes caudales (ver Fotografía 3.1.3.58). El lecho tiene un gradiente moderado y no cuenta con una cobertura vegetal significativa que genere sombra sobre la totalidad del cauce ya que en las márgenes se encuentran galerías de árboles y arbustos en el límite de pastizales y caminos de herradura, a medida que se asciende por la quebrada, la extensión longitudinal de la vegetación riparia es semicontinua, aunque el grado de perturbación no deja de ser alto.

Su estructura presentó baja compactación y la matriz de sedimentación se compone de guijarros, canto rodado y arena que pueden ser desalojados fácilmente. La corriente predominante tiene forma de rizos y correderas. El agua es bastante clara y con poca acumulación de detritos, sin olor o color característicos. Aguas arriba la matriz de sedimentación presenta una estructura dilatada, los materiales predominantes son canto rodado, arena y grava, y el grado de compactación del lecho es moderado. La geomorfología del canal favorece la formación de rápidos y rizos; se observaron pocos desechos leñosos sobre el cauce y en las orillas se evidencian algunos procesos erosivos. Durante el momento de muestreo el nivel del agua fue bajo, la velocidad de la corriente fue moderada y el grado de turbidez leve. A pesar de la cercanía de obras y a la entrada de vehículos no se detectaron grasas ni aceites en el agua y sedimentos.



**Fotografía 3.1.3.58 Registro fotográfico de la Quebrada Burundá en enero de 2010**

– Estación quebrada Villa Luz

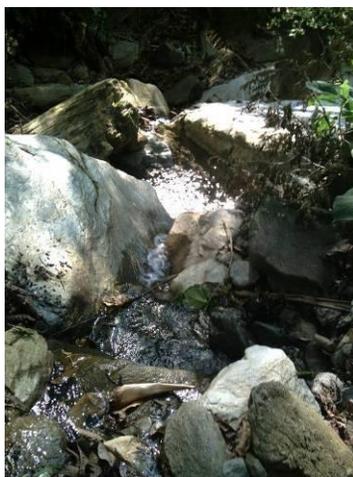
Esta es una corriente de agua muy pequeña que desciende entre rocas por una gran pendiente en medio de un bosque seco poco denso. La estación de muestreo se ubica en una cascada que cae a una poza justo sobre el camino de herradura (ver Fotografía 3.1.3.59). Al igual que en otras quebradas con estructura semejante, el agua es muy clara en el estiaje aunque con acumulación de detritos en las pozas e incluso algunos troncos. El lecho es rocoso y aguas debajo de la estación el agua desaparece entre las rocas como agua de infiltración. Las márgenes están constituidas por grandes rocas cubiertas de vegetación rastrera con pendiente de 90°.



**Fotografía 3.1.3.59 Registro fotográfico de la Quebrada Villa Luz en enero de 2010**

– Estación quebrada Tenche

Pese a presentar un cauce de amplitud considerable, durante el muestreo de enero de 2010 el flujo de agua es demasiado pequeño y se seca unos metros antes del sitio de confluencia al el río Cauca. El cauce posee una buena cobertura vegetal de galería de rastrojo alto y algunos árboles dispersos precedidos por plantaciones de pan coger de un campamento minero cercano. Dicho campamento toma artesanalmente el agua de la quebrada mediante mangueras. El lecho presenta tanto grandes rocas como grava y abundante hojarasca (ver Fotografía 3.1.3.60). Al igual que en las estaciones anteriores el agua es bastante clara, sin olor ni color y la corriente dominante son los chorros, correderas y pozas. La matriz del sedimento en este punto es altamente compactada, compuesta por grandes cantos de roca, arena y detritos de difícil remoción, y continua con esta estructura hasta su confluencia al Cauca a menos de un kilómetro aguas abajo.



**Fotografía 3.1.3.60 Registro fotográfico de la Quebrada Tenche en enero de 2010**

– Estación río Ituango

Este sitio se encuentra ubicado cerca de la confluencia del río Ituango y Cauca, el cauce en este sitio posee una pendiente del 3% aproximadamente, dando lugar a la formación de raudales, rápidos y caídas cercanas hasta de 1,5m de altura. El río Ituango en este punto tiene un ancho aproximado de 10m (figura xx)

Para este sitio se presentan intervenciones antrópicas muy leves, por estar alejado de caminos y asentamientos humanos. Adicionalmente, ambas riberas poseen una alta cobertura por vegetación, la cual está dispuesta en forma continua y compuesta en un 30% de arboles nativos, 50 % por arbustos de menor tamaño y el 20% restante por plantas rastreras o vegetación epífita.

El valle es estrecho y profundo con pendientes escarpadas (generalmente corte de la corriente a través de roca dura). No se encuentran modificaciones en el canal, ni barreras de sedimento; el material de arrastre aguas arriba del río Ituango se acumula en su mayoría en la margen derecha del río. Estos materiales son desalojados, especialmente en momentos de fuertes lluvias, lo cual ha favorecido socavación en algunos tramos. Debido a la baja intervención del sitio no se observan factores antrópicos que estén deteriorando el río.

Para la temporada de lluvias en la zona baja del río Ituango mostró un aumento rápido en el nivel del agua (del 30% aproximadamente) durante el muestreo de octubre. Este incremento equivale a seis metros en dos horas (tiempo promedio) lo cual hace que se pierdan zonas de acumulación de sedimento, gravas y rocas. En la parte de la desembocadura del río Ituango al río Cauca se logra apreciar un represamiento de agua, lo cual hace que los regímenes hidráulicos presentes en el sitio de muestreo varíen, perdiendo en un 50% los rápidos y los raudales, y mostrando una disminución en la velocidad de la entrega de aguas al río Cauca (ver Fotografía 3.1.3.61).



Fotografía 3.1.3.61 Estación río Ituango

– Estación quebrada Gurimán

Para este sitio de muestreo la pendiente es superior al 70% lo cual hace que la mayoría del hábitat sea considerado salto. Con un cauce aproximado de 3m. Este punto presenta aproximadamente una diferencia de 600 m.s.n.m. Cambiando un poco la composición de la vegetación de ribera y los usos del suelo, en el sitio predominan los cultivos de maíz y arros además de pasturas para ganadería de ceba; para la parte alta del sitio de muestreo se pueden observar amplia cobertura de vegetación con árboles y arbustos superiores al 80% lo cual hace que el sombreado del canal sea moderado mayor al 70%.

El cauce no presenta modificaciones de ningún tipo; en el sitio de muestreo predominan las piedras alrededor de 0.5 m en una proporción cercana al 80% formando barreras leves. en su mayoría a lo largo del cuerpo de agua el lecho está conformado por roca madre o material parental. No se puede definir la presencia de hábitats diferentes enmarcados por regímenes hidráulicos considerándose todo el sitio como una caída (ver Fotografía 3.1.3.62). La turbidez es leve causada por material en suspensión a raíz de la erosión causada por la ganadería y la agricultura en la parte mas alta, sin embargo, el agua es clara y se puede observar fácilmente el lecho rocoso. No se perciben olores de ningún tipo en el agua ni en sedimentos. La ribera izquierda presenta afloramientos rocosos de aproximadamente 5 metros de altura.

Este sitio se encuentra se encuentra a 600 m de altura con referencia al río Cauca y pertenece al municipio de Briceño.



**Fotografía 3.1.3.62 Estación quebrada Guriman A. Parte alta del muestreo B. Parte medio del muestreo**

– Estación quebrada Umaga – El Guaico

Se encuentra a la margen izquierda del río Cauca en el municipio de Ituango la finca Umaga de la cual se deriva la quebrada que lleva el mismo nombre. Este sitio se caracteriza por tener una pendiente moderada de cauce (3% aproximadamente) lo cual permite la presencia de rápidos y corrientes leves. El cauce mide aproximadamente 4 m de ancho por ser el punto mas cercano al río Cauca se logra observar una planicie de inundación definida. presentan intervenciones antropicas, muy leves al estar alejado de asentamientos humanos, la ganadería de ceba el paso de personas y animales son factores que pueden afectar la estabilidad de la ribera, para la margen derecha pues la izquierda presenta un mayor cubrimiento por vegetación compuesta en un 60% de

árboles nativos en su mayoría leguminosas, un 20% conformado por gramíneas para pastoreo y pastos de corte, tanto en la margen izquierda como en la derecha predominan a lo largo del tramo de muestreo la vegetación restante está compuesta por pequeños arbustos y vegetación rastrera.

El cauce no presenta barreras antrópicas ni obstrucción del flujo de manera natural. El lecho es rocoso y predominan rocas grandes en un 60%, guijarros y arenas en un 10% y 15% respectivamente. Por la presencia de árboles y arbustos mayores a 10 metros de altura el sombreado del canal es moderado en un 15% y la exposición al sol varía dependiendo de las horas del día por presentarse mayor vegetación nativa y de dosel amplio en la ribera derecha y verse menos poblado en la izquierda. La ganadería, la vegetación despejada, los cultivos son factores que pueden afectar la estabilidad de la ribera. No se observan desagües de aguas residuales, no se detectan olores de aceites en el agua y sedimento. La turbidez en el agua es leve causada por el material en suspensión y materia orgánica proveniente de aguas residuales domésticas. El lecho rocoso conformado en su mayoría por rocas de gran tamaño superiores a 1 metro en un 60%, roca menor a 1m de diámetro 10%, piedras entre 0.10 a 0.25 metros de diámetro 5% las cuales se pueden desalojar fácilmente y el 25% restante conformado por guijarro y grava. Las partículas más finas son desplazadas hacia la margen derecha formando depósitos de roca, grava y arena facilitando la formación de rápidos casi en la mitad del cauce, zona en la cual se presenta la mayor profundidad (ver Fotografía 3.1.3.63).

Los ambientes o hábitat más encontrados en el sitio de muestreo son los rápidos 60% , los pozos y rizos aunque menos frecuentes se presentan en proporciones cercanas al 15 y 5 % respectivamente.



Fotografía 3.1.3.63 Estación Umaga – El Guaico A. Parte alta del muestreo B. Parte media del muestreo

– Estación quebrada el Polvillo

Este sitio se caracteriza por poseer mayor cubrimiento vegetal en ambas riberas aunque el sombreado del canal es moderado. En la izquierda hay mayor presencia de árboles grandes en su mayoría leguminosas en un 20% aproximadamente, acompañados por caña brava, algunas gramíneas para pastoreo y de corte 10% el resto de la vegetación son arbustos y plantas muy pequeñas (40%) y el 30% restante sin vegetación o zonas de

pastoreo. Se puede observar en este lado de la ribera la entrada de agua proveniente de la parte alta de la cuenca siendo este afluente tributante a la quebrada el Polvillo. En la ribera derecha con árboles de buen tamaño con presencia de parches aislados de gramíneas y forrajes.

El canal del afluente no presenta ninguna modificación, el cauce está formado en su mayoría por guijarro y roca en un 40% y 30% respectivamente y con baja compactación lo cual hace fácil la formación de rápidos y pozas en proporciones similares, los hábitats de los cuales esta conformada la mayor parte del cuerpo de agua son rápidos y saltos superiores a 3 metros. Las rocas presentan de un 10 a 35 % de cobertura de algas filamentosas y en algunos casos musgos menor al 10%. Las riberas son estables y no hay presencia de erosiones considerables (ver Fotografía 3.1.3.64).

Los impactos antropicos en este punto son pocos, los usos del suelo son exclusivamente para la ganadería de pastoreo pero la zona de ribera con vegetación nativa cubre al rededor de 5m de la ribera tanto para la derecha como para la izquierda.



**Fotografía 3.1.3.64 Quebrada El Polvillo (captación) A. Parte alta del muestreo B. Parte media del muestreo.**

– Estación quebrada Ticuitá

Esta quebrada presenta un valle con forma de V y cauce estrecho. Su descenso es agreste de pendiente superior a 50% y un lecho de grandes cantos de roca rodados. El cauce mojado de la quebrada Ticuitá es de aproximadamente tres metros, el volumen de agua es poco, lo cual se ve fuertemente agravado por el fuerte verano de los últimos meses, lo cual podría determinar su desaparición. Las márgenes corresponden a barrancos, raíces de árboles y rocas de altura y pendiente variable respecto al cauce y presentan una buena cobertura vegetal de bosque seco secundario que genera sombra sobre un alto porcentaje del cauce.

El cauce está rodeado en ambas márgenes por altas pendientes y terrenos escarpados. El lecho de la quebrada está conformado por rocas grandes y de tamaño medio, embebidos en una matriz compuesta principalmente por canto rodado y en menor proporción arena. Se presenta acumulación de hojarasca y troncos para algunos de los tramos lo cual favorece la formación de palizadas. La vegetación aledaña hacia ambas

márgenes está compuesta por árboles y arbustos, aunque también se presenta vegetación rastrera aunque en menor frecuencia.

La estructura presenta pequeñas cascadas escalonadas y las formas predominantes en la corriente son los chorros, correderas y pozas. En estas pozas se acumula un sedimento fino, débilmente compactado y de fácil remoción, constituido principalmente por detritos de origen vegetal (ver Fotografía 3.1.3.65). El agua es clara y no presenta olor ni color característicos. El sustrato es poco compactado y de fácil remoción en los tramos constituidos por pozas pero aparentemente estables en los tramos rocosos. No se aprecian viviendas o cultivos cercanos, pero en el área circundante el principal uso del suelo es el pastoreo.

La conformación del cauce y la depositación diferencial de los diferentes sustratos de paso a la formación de chorros, pequeñas cascadas, algunas pozas y zonas de agua corriente (ver Fotografía 3.1.3.65). El agua no presentó turbidez, ni olores característicos que pudieran ser producto de la entrada de materia orgánica, adicionalmente, las rocas no presentaron películas de perifiton, no se observaron grasas y aceites.



**Fotografía 3.1.3.65** Registro fotográfico del Tramo de muestro ubicado en la quebrada Ticuitá

– Estación río Sinitavé

Este río presenta un cauce sinuoso de curvas amplias, con forma de U a través de un valle estrecho y profundo, con pendientes verticales y un terreno altamente escarpado hacia ambas márgenes. Presenta una pendiente moderada, y su rívera se compone de afloramientos de roca (ver Fotografía 3.1.3.66). El sustrato lo componen rocas grandes, grava y arena, moderadamente acomodados y fáciles de desalojar y contribuyen a la formación de rápidos, cascadas, rizados, y caballitos. Prevalece todos los regímenes de velocidad y profundidad a lo largo del cauce (lento-profundo, rápido-profundo, lento-poco profundo y rápido-poco profundo).

La corriente ha removido el material suelo de la parte baja de las márgenes, además induce flujo altamente torrencial de gran capacidad de arrastre y tiene como cualidad el transporte y la degradación de sedimentos. Presenta playas aluviales de poca extensión. El canal se encuentra parcialmente sombreado y la cobertura vegetal está compuesta por arbustos y a árboles con más de 10 metros de altura. Las zonas de deposición de rocas, grava y arena son aprovechadas por lo pobladores para extraer material de playa para

actividades relacionadas a la construcción. El nivel del agua alcanza entre el 25 – 75% del canal disponible, el color fue claro y no presentó olores característicos, aceites y grasas, a pesar de que a lo largo del río y en especial el tramo de muestreo presenta paso continuo de personas y animales.



**Fotografía 3.1.3.66 Registro fotográfico del tramo de muestreo en el río Sinitavé**

– Estación quebrada La Rica

Su cauce es rectilíneo, encañonado, poco profundo y tiene forma de U. El flujo del agua desciende a través de un valle estrecho con pendientes escarpadas en ambas márgenes (60 – 80°), el ancho del cauce es de aproximadamente 4 m. La margen derecha presenta un depósito aluvial reciente 2,0 m de espesor en la respectiva orilla, ladera arriba se encuentra un coluvión con espesor aproximado de 3,0 m. La margen izquierda por su lado está cimentada en roca, con una inclinación casi vertical. Se observan árboles y arbustos en las márgenes y arbustos en el lecho. Los depósitos de sedimento producto de la escorrentía forman barreras laterales y en el centro del cauce, sin que estos restrinjan el paso del flujo, ni se de la formación de pozas aislada, lo cual afectaría en gran medida la fauna acuática presente especialmente la íctiofauna (ver Fotografía 3.1.3.67).

La ribera está compuesta principalmente por grandes rocas y el material predominante en el sustrato son rocas medianas, guijarros y arena, que contribuyen a la formación de rápidos, cascadas y sitios donde la poca corriente forma pequeñas charcas, además la acumulación de troncos, lo cual da paso a la formación de palizadas que proveen hábitats para ser ocupados por especies como peces y macroinvertebrados. La presencia de algunos saltos inducen depositación localizada en los peldaños, éstos son de poca altura originados en general, por el gran tamaño de los bloques en el lecho y la acumulación de troncos y hojarasca. El sedimento es fino y presenta compactación moderada. La vegetación rarápía se compone de grupos ocasionales de arboles no mayores de 10 m, arbustos y rastrojo. El color del agua fue claro y no se observó la presencia de olores, grasa y aceites.



**Fotografía 3.1.3.67** Registro fotográfico de la estación de muestreo en la quebrada La Rica

– Estación quebrada Organí

El ancho del cauce es aproximado de 10 m. El sustrato está conformado por bloque y fragmentos de formas predominantemente angulares, gravas y en menor cantidad, arenas; aunque también se presentan rocas de gran tamaño y algunos parches de canto rodado. El cauce posee una inclinación de 40 ° (ver Fotografía 3.1.3.68). Prevalcen las zonas de rápidos y pozas, la cobertura del dosel es poca, aproximadamente 10% del cauce. La vegetación se compone principalmente de matorrales, zonas de rastrojo y arboles de altura menor a los 10 m. al momento del muestreo el agua presentó un color naranja lo cual se debe a los elevados procesos de erosión, la mayoría de los sustratos especialmente las rocas presentaron películas importantes de perifiton, lo cual indica entrada de nutrientes a la quebrada. No se presentaron olores característicos ni se observaron grasas ni aceites.

Esta quebrada tiene gran capacidad de arrastre y tiene un comportamiento muy torrencial, en general es una zona que presenta procesos elevados de erosión. La velocidad de flujo es alta, presenta un trenzado muy localizado observándose pequeñas islas compuestas por materiales gruesos (fragmentos y bloques), donde además se observa gran cantidad de troncos y zonas de empalizadas.



**Fotografía 3.1.3.68** Registro fotográfico de la estación de muestreo en la quebrada Organí

- Estación quebrada Tamara

El agua corre por un cauce estrecho, de alta pendiente, alineamiento recto y sustrato conformado por rocas, bloques de gran tamaño y poca arena. Se observan bloques hasta de 1,30 m de formas subangulares. Las márgenes son rocosas y tienen poco desarrollo de suelo (inferior a 2,0 m).

- Estación quebrada La Guamera

La quebrada corre por un cañón compuesto por laderas rocosas, con una alta pendiente, ubicado en una amplia cuenca donde se observan pequeños afluentes. Su cauce está conformado por material aluvial en el lecho, roca en las orillas y un cono de deyección en la desembocadura, este último, con un tamaño mayor en el costado izquierda. La quebrada desemboca por la margen izquierda al río Cauca, el cauce es amplio con un ancho aproximado de unos 30 m, y el cauce húmedo al momento del muestreo fue de 20 m, siendo más amplio hacia la desembocadura. El lecho se compone de rocas embebidas en matriz de arena, también se observan rocas de gran tamaño y canto rodado. Prevalcen los rápidos y pozas pequeñas, y algunas zonas de corriente (ver Fotografía 3.1.3.69). La vegetación en la margen derecha se compone de arboles de gran tamaño y un parche de bosque de galería. La margen izquierda está rodeada principalmente por matorrales, potreros y en general vegetación rastrera, aunque en las proximidades de la quebrada se encuentra bastante protegida. Hacia la parte media se observa gran cantidad de desechos.

Al momento del muestreo el agua no presentó ningún grado de turbidez, adicionalmente, no fueron identificados olores a materia orgánica, grasas o aceites. El abanico aluvial existente en la desembocadura indica la alta torrencialidad de esta quebrada. Los bloques encontrados en el lecho alcanzan tamaños de hasta 2,50 m y se observan marcas creadas por las crecientes a una altura de 3,50 m.



**Fotografía 3.1.3.69** Registro fotográfico de la estación de muestreo en la quebrada La Guamera

– Estación quebrada Achirá

En este punto de muestreo la quebrada presenta un ancho aproximado de 8m, la margen derecha está rodeada por vegetación rastrera hacia la parte baja, mientras que la parte alta está conformada especialmente por árboles <10m de altura. En la margen izquierda se presenta una vegetación más densa conformada por árboles <10m y una baja abundancia de rastrojo (ver Fotografía 3.1.3.70). En ambas márgenes hay abundante vegetación con predominio de árboles, arbustos y rastrojo alto.

El lecho se compone de piedras de gran tamaño, las cuales dan paso a la formación de pequeñas cascadas, las cuales son seguidas por pozas de profundidad aproximada de 1m. Aguas abajo se observa que el sustrato está compuesto en gran medida por una matriz de sedimento fino y canto rodado formando barras de arena y piedra especialmente hacia la desembocadura. El agua al momento del muestreo fue clara, no se observó la presencia de grasas ni aceites pero se detectó un olor fuerte a materia orgánica, aunque no fue posible definir exactamente su origen. La margen izquierda tiene una inclinación de 60°, mientras que la inclinación del flanco derecho es de 70°. Dadas las pendientes de la quebrada y sus laderas, así como la inestabilidad del sustrato se puede inferir que esta tiene alta capacidad de arrastre y es muy torrencial.

Se encuentra ubicada en el corregimiento de Puerto Valdivia, a una altura de 180 m.s.n.m y descarga sus aguas en la margen izquierda del río Cauca. Esta quebrada presenta un cauce estrecho, y una pendiente moderada (<10%). La extensión longitudinal de la vegetación riparia es semicontinua, el grado de intervención antrópica es moderado y sobre la margen derecha de la quebrada se observan algunos cuadros con cultivos de coca. La matriz de sedimentación presenta una estructura dilatada con alta disponibilidad de espacios intersticiales, el lecho presenta un grado de compactación moderado y se compone de rocas de mediano tamaño, canto rodado y antes de la confluencia con el río Cauca, se forman grandes depósitos de arena y grava.



**Fotografía 3.1.3.70** Registro fotográfico de la estación de muestreo en la quebrada Achirá

- Estación quebrada Arenales

La geomorfología del cauce favorece la formación de rápidos, cascadas y rioses, lo que a su vez determina los regímenes de velocidad y profundidad. Las orillas son estables y no se detectaron procesos erosivos a lo largo del transecto de muestreo. Durante la evaluación del sitio no se detectaron olores característicos en los sedimentos y el grado de turbidez en el agua fue leve (ver Fotografía 3.1.3.71).



**Fotografía 3.1.3.71** Estación quebrada Arenales

- Estación quebrada La Planta

El sitio de muestreo, presenta un cauce húmedo de longitud aproximada de 15m. Ambas orillas están rodeadas por bosque de galería intervenido con presencia de vegetación rastrera. El sustrato está compuesto de de piedras de gran tamaño y canto rodado, mezclados con una matriz de sedimentos arenosos y en menor proporción finos. Los hábitat observados más frecuentemente fueron las pozas con profundidad mayor a 1m, seguidas por zonas de aguas corriente, mientras, que no se observa la presencia de rápidos (ver Fotografía 3.1.3.72). El agua es clara no se observa la presencia de grasas ni

aceites, ni olores característicos, provenientes de aguas residuales o residuos sólidos. Hacia la desembocadura se forman dos brazos que vierten por ambas márgenes y se encuentra aguas abajo. Se observó gran cantidad de algas filamentosas



**Fotografía 3.1.3.72 Ubicación de la estación de muestreo en la quebrada La Planta**

– Estación quebrada Vagamientos

Esta quebrada presenta un cauce amplio y una pendiente moderada (<10%). El flujo del agua desciende a través de un valle estrecho poco profundo, con riberas escarpadas y una vegetación riparia que se extiende de forma semicontinua. Las orillas son estables y los procesos erosivos son poco evidentes. El lecho presenta un grado de compactación moderada y los sedimentos presentan estructura dilatada y está compuesto de rocas, canto rodado, arena y grava. Sobre el cauce se pueden observar desechos leñosos con diámetro superior a 10 cm, restos de ramas y acumulación de hojarasca.

Prevalece la formación de rápidos y cascadas, se observa zonas donde la velocidad se reduce y la profundidad aumenta, y aproximadamente a 100 m aguas arriba de la confluencia con el río Cauca, la quebrada presenta un salto de aproximadamente 3 metros de altura. El tránsito de personas sobre las riberas es constante, y este sitio parece ser frecuentado por pescadores y mineros. Durante el momento de muestreo no se detectaron olores característicos en los sedimentos, el nivel del agua fue bajo, la velocidad de la corriente fue moderada y el grado de turbidez leve (ver Fotografía 3.1.3.73).



Fotografía 3.1.3.73 Estación Quebrada Vagamentos

– Estación quebrada Remolinos

En esta quebrada aguas abajo del sitio de muestreo se observa la acumulación de basura, hay casas alrededor las cuales posiblemente vierten las aguas residuales a esta, también se observan tomas de agua para las mismas. Hacia la parte alta se observan dos brazos de la quebrada con un ancho aproximado de 1.50 m. Se presenta gran acumulación de material de litera, principalmente hojas de plátano. Hay cultivos de coca alrededor y amplias zonas de potrero lo cual nos permite aseverar que la que la estación de muestreo está bastante intervenida. El lecho se compone principalmente de canto rodado, arena y material fino, aunque también se observan rocas de tamaño medio y grande las cuales están principalmente ubicadas en las márgenes de la quebrada. Como hábitats dominantes se observan los rápidos, zonas de aguas corrientes y pozas. El cauce posee forma de V, se encuentra en una zona bastante encañonada con una pendiente aproximada de 30°. Los arboles alrededor son de <10 m de altura, aunque también se pueden observar algunos arbustos y vegetación rastrera. A pesar de la perturbación que se presenta el agua no presenta una alta turbidez (ver Fotografía 3.1.3.74).



Fotografía 3.1.3.74 Registro fotográfico de la estación de muestreo en la quebrada Remolinos

– Estación quebrada El Matadero (Tapias)

El cauce húmedo mide aproximadamente 8 m, el lecho se compone de rocas de gran tamaño y canto rodado principalmente, permitiendo la formación de zonas de pozas de profundidad máxima 1m y zonas de rápidos. La vegetación de las márgenes se compone principalmente de matorrales y bosque secundario, presentando una cobertura del dosel de aproximadamente 30 %. Presenta aguas cristalinas y no se observó la presencia de grasas ni aceites, hubo prevalencia de algas perifíticas en rocas de gran tamaño, lo cual hace pensar probablemente en la entrada de nutrientes provenientes posiblemente de descargas domésticas, aunque estas no están próximas al sitio de muestreo. De esta quebrada se toma el acueducto municipal del corregimiento de Puerto Valdivia.

– Estación quebrada Arrocerá

Dada su cercanía al corregimiento de Puerto Valdivia, está quebrada presenta una perturbación muy alta; a lo largo del canal se observan desechos y residuos domésticos, es frecuentada como balneario, antes de la confluencia con el río Cauca se observan algunas descargas de aguas residuales domésticas y el grado de perturbación de la vegetación riparia es alto. Esta quebrada desciende a través cauce estrecho poco profundo con una pendiente suave (<5%), las orillas son estables y no se observan procesos erosivos a lo largo del transecto. Cerca al puente se observa un salto que supera los 5 metros de alto. El lecho se compone de canto rodado, arena y grava, lo que favorece la formación de rizos y rápidos, los sedimentos presentan un grado de compactación moderada y pueden ser desalojados fácilmente. Durante el momento de muestreo el agua presentó una coloración clara, aunque se percibió un fuerte olor a materia orgánica en agua y sedimentos (ver Fotografía 3.1.3.75).



Fotografía 3.1.3.75 Estación quebrada Arrocerá

### 3.1.2.3 Resultados

#### 3.1.2.3.1 Ficoperifiton

- Estudio de Impacto Ambiental

En la Tabla 3.1.3.15 se presentan el listado general de las algas perifíticas encontradas con su respectiva clasificación taxonómica en tres divisiones generales, siete órdenes,

nueve familias y 19 géneros, número que puede considerarse apreciable, si se tiene en cuenta que el muestreo fue puntual y sin réplicas temporales.

La mayoría de las algas encontradas pertenecen a la división Bacillariophyta, comúnmente conocidas como “diatomeas”, que son integrantes frecuentes del perifiton de las aguas corrientes. Estas algas pueden ser unicelulares, coloniales o filamentosas y son utilizadas regularmente en el estudio de la calidad del agua de corrientes ya que sus células están incluidas en una pared celular rodeada de silicio, lo que les confiere más peso y en consecuencia una adaptación para colonizar sustratos firmes inmersos en las corrientes expuestos a la velocidad. Por su elevada frecuencia, las diatomeas son un componente fundamental en la cadena trófica como grupo productor del sistema (Bold y Wynne, 1985).

**Tabla 3.1.3.15 Clasificación general de las algas perifíticas**

División	Orden	Familia	Género
CYANOPHYTA (Cianobacterias)	OSCILLATORIALES	OSCILLATORIACEAE	<i>Oscillatoria</i> sp.
			<i>Lyngbya</i> sp.
CHLOROPHYTA (Algas Verdes)	CLADOPHORALES	CLADOPHORACEAE	<i>Cladophora</i> sp.
	ZYGNEMATALES	DESMIDIACEAE	<i>Cosmarium</i> sp.
	ULOTHRICALES	ULOTHRICACEAE	<i>Ulothrix</i> sp.
BACILLARIOPHYTA (Diatomeas)	DIATOMALES	FRAGILARIACEAE	<i>Fragilaria</i> sp 1
			<i>Fragilaria</i> sp 2
			<i>Fragilaria</i> sp 3
		DIATOMACEAE	<i>Synedra</i> sp.
			<i>Aulacoseira</i> sp.
			Naviculaceae ( <i>Navicula</i> sp. cf)
	NAVICULALES	NAVICULACEAE	<i>Gomphonema</i> sp.cf
			<i>Cymbella</i> sp.
			<i>Amphora</i> sp.
			<i>Pinnularia</i> sp.
			<i>Pleurosigma</i> sp.
			<i>Amphipleura</i> sp.
		BACILLARIACEAE	<i>Nitzschia</i> sp.
ACHNANTALES	ACHNANTHACEAE	<i>Cocconeis</i> sp.	

También se encontraron algas pertenecientes a la división Cyanophyta o algas verde-azules y a la división Chlorophyta o algas verdes; sin embargo, el número de taxones reportados en estas divisiones es menor respecto al número de taxones de diatomeas, lo cual es un hecho regular en las corrientes tropicales.

En la Tabla 3.1.3.16 se presentan los registros de las abundancias totales después del conteo al microscopio, las cuales en principio son calculadas por unidad de volumen (individuos por mililitro), y luego transformadas a la dimensión geométrica o biovolumen de cada organismo utilizando las fórmulas volumétricas referidas en la Tabla 3.1.3.17.

Como puede observarse, los taxones más comunes entre las quince estaciones son: Naviculaceae (*Navicula* sp. cf.), *Gomphonema* sp., *Cymbella* sp., *Nitzschia* sp. y *Cocconeis* sp., que junto con *Fragilaria* sp. presentan los más altos registros, tanto en

densidad como en biovolumen celular (ver Tabla 3.1.3.18). La elevada abundancia de estos taxones hace que dominen en biovolumen celular por encima de otros taxones de mayor tamaño geométrico como *Cladophora* sp., *Ulothrix* sp., *Aulacoseira* sp ó *Pinnularia* sp., que resultaron ser menos numerosos.

Tabla 3.1.3.16 Abundancias totales de algas perifíticas (ind/ml)

TAXONES	R. Cauca Pte Occte	Río Cauca Liborina	R. Cauca Sabana larga	Río Cauca Pescadero	Quebrada Barbudas	Quebrada Juan Garcia	Quebrada Rodas	Quebrada Honda	Quebrada Clara	Quebrada Peque	Quebrada Peña	Quebrada Santa Maria	Quebrada Tacui	Río San Andrés	Río Ituango
<i>Oscillatoria sp.</i>			2041	2041			14116	12415		2211					3061
<i>Lyngbya sp.</i>													3061	1020	3061
<i>Cladophora sp.</i>					2721	1190	16667	6973					1020		5102
<i>Cosmarium sp.</i>											1531				
<i>Ulothrix sp.</i>							11224								
<i>Fragilaria sp 1</i>			1701		2211	3571	11565	12415					2041		
<i>Fragilaria sp 2</i>	2721		5272		1190	6293	7313	32823	9524		42857	2211			
<i>Fragilaria sp 3</i>			3231			2041	8673	37925		3571		2721			
<i>Synedra sp.</i>								11054					2041		
<i>Aulacoseira sp.</i>						2551	12585						3061		
<i>Naviculaceae</i>		2551	3912	2041		9524	12075	43027	7313	19388	45918	3912	22449	5102	8163
<i>Gomphonema sp.</i>		4082	1361			2211	5442	17517	5272	11395	13265	5272	7143	2041	4082
<i>Cymbella sp.</i>				2041	3061		8673		2551	6122	103061	1190	5102	1020	5102
<i>Amphora sp.</i>								7313					1020		
<i>Pinnularia sp.</i>	680					1531	6122		2211						
<i>Pleurosigma sp.</i>		2041													
<i>Amphipleura sp.</i>							7143								
<i>Nitzschia sp.</i>		5442	2891	1020	7143	6633	9014	27721	8163		24490	4082	2041		3061
<i>Cocconeis sp.</i>	2041		2891		850	2891	6463	17517	4762	3741	14286	7313	1020	3061	

Tabla 3.1.3.17 Fórmula de biovolumen elegida para cada taxón

División algal	Género	Fórmula de biovolumen elegida según Hillebrand <i>et al.</i> (1999)	Biovolumen celular medio ( $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ )
Cianoprocarionta	<i>Oscillatoria sp.</i>	Cilindro	2113
	<i>Lyngbya sp.</i>	Cilindro	286
Chlorophyta	<i>Cladophora sp.</i>	Cilindro	3462
	<i>Cosmarium sp.</i>	Esfera Prolada	618
	<i>Ulothrix sp.</i>	Cilindro	3436
Bacillariophyta	<i>Fragilaria sp 1</i>	Base elíptica en prisma	869
	<i>Fragilaria sp 2</i>	Base elíptica en prisma	936
	<i>Fragilaria sp 3</i>	Base elíptica en prisma	427
	<i>Synedra sp.</i>	Caja Rectangular	557
	<i>Aulacoseira sp.</i>	Cilindro	5645
	<i>Naviculaceae</i>	Base elíptica en prisma	315
	<i>Gomphonema sp.</i>	Base elíptica en prisma	582
	<i>Cymbella sp.</i>	Mitad de prisma elíptica	564
	<i>Amphora sp.</i>	Mitad de prisma elíptica*2	814
	<i>Pinnularia sp.</i>	Rectangular box	2698
	<i>Pleurosigma sp.</i>	Base elíptica en prisma	426
	<i>Amphipleura sp.</i>	Base elíptica en prisma	723
	<i>Nitzschia sp.</i>	Base paralelograma en prisma	1802
	<i>Cocconeis sp.</i>	Esfera Prolada	602

Algunas Naviculaceae pueden crecer en aguas turbias, por lo cual están adaptadas a corrientes que presenten altos caudales, con incidencia de arrastre de sedimentos o influenciados por importantes escorrentías. Están generalmente constituidas por ciertas sustancias de alto valor energético o fácilmente digeribles por lo cual constituyen una importante oferta para macroinvertebrados o peces que se alimentan de algas perifíticas (Ramírez, 2000). El tamaño de los representantes de Naviculaceae es pequeño con respecto a otras algas perifíticas, lo cual hace que su tasa de regeneración sea rápida si las condiciones ambientales son propicias, esto favorece una rápida repoblación de estos organismos después del arrastre provocado por perturbaciones naturales en el ambiente, como la fuerte temporada invernal.

Con respecto a *Gomphonema sp.*, son características de aguas limpias (Branco, 1986), En tanto que *Cymbella sp.*, puede vivir bien tanto en aguas ricas en sales provenientes de desechos, utilizándolos como nutrientes para su desarrollo, como en aguas limpias. Muchas especies viven en aguas ricas en materia orgánica y su abundancia depende de la carga de material orgánico que exista (Branco, 1986).

Por su parte, algunas especies de *Nitzschia sp* son características de aguas limpias mientras otras lo son de aguas contaminadas (Branco, 1986); sin embargo es importante aclarar que en la zona de estudio puede encontrarse incidencia de aguas residuales pero no de altas descargas de residuos industriales, por ello se podría considerar que son especies probablemente procedentes de aguas limpias. Con respecto a *Cocconeis sp.*, suele ser abundante en las capas más internas del perifiton, y, por lo tanto, está menos expuesto a la herbivoría; igualmente puede reportarse en ambientes libres de altas cargas de residuos industriales (Wetzel, 1990).

Tabla 3.1.3.18 Abundancias totales del biovolumen celular medio ( $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ ) por taxón

ESTACIONES	Río Cauca Pte Occidente	Río Cauca Liborina	Río Cauca Sabana larga	Río Cauca Pescadero	Q. Barbudas	Q. Juan García	Q. Rodas	Q. Honda
TAXONES								
<i>Oscillatoria sp.</i>	4.671.599		4.312.245	4.312.245		6.468.367	4.312.245	
<i>Lyngbya sp.</i>		875.510				875.510		291.837
<i>Cladophora sp.</i>		3.532.653				17.663.265		
<i>Cosmarium sp.</i>					945.918			
<i>Ulothrix sp.</i>								
<i>Fragilaria sp 1</i>			1.477.891				29.826.361	26.232.823
<i>Fragilaria sp 2</i>			4.934.694					
<i>Fragilaria sp 3</i>			1.378.793		9.420.408	4.121.429	57.700.000	24.139.796
<i>Synedra sp.</i>								
<i>Aulacoseira sp.</i>							38.567.347	
<i>Naviculaceae</i>			1.232.143	642.857	1.921.259	3.103.571	10.049.660	10.788.605
<i>Gomphonema sp.</i>	2.546.939		791.837		1.114.286	5.889.796	6.844.898	30.722.449
<i>Cymbella sp.</i>				1.151.020		870.816	3.700.969	16.182.670
<i>Amphora sp.</i>								6.155.045
<i>Pinnularia sp.</i>						14.400.469	71.042.315	
<i>Pleurosigma sp.</i>		803.571				3.000.000	3.803.571	13.553.571
<i>Amphipleura sp.</i>		2.375.510				1.286.735	3.167.347	10.194.898
<i>Nitzschia sp.</i>			5.209.864	1.838.776	1.726.531		4.891.837	
<i>Cocconeis sp.</i>			1.741.054					5.951.259

## ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

ESTACIONES	Q. Clara	Q. Peque	Q. Pená	Q. Santa Maria	Q. Tacui	Río San Andrés	Río Ituango
TAXONES							
<i>Oscillatoria sp.</i>		4.671.599					6.468.367
<i>Lyngbya sp.</i>					875.510	291.837	875.510
<i>Cladophora sp.</i>					3.532.653		17.663.265
<i>Cosmarium sp.</i>			945.918				
<i>Ulothrix sp.</i>							
<i>Fragilaria sp 1</i>					1.773.469		
<i>Fragilaria sp 2</i>			40.114.286	2.069.388			
<i>Fragilaria sp 3</i>		1.523.929		1.161.088			
<i>Synedra sp.</i>					1.136.316		
<i>Aulacoseira sp.</i>					17.280.563		
<i>Naviculaceae</i>		6.107.143	14.464.286	1.232.143	7.071.429	1.607.143	2.571.429
<i>Gomphonema sp.</i>	8.914.286	6.631.633	7.720.408	3.068.367	4.157.143	1.187.755	2.375.510
<i>Cymbella sp.</i>		3.453.061	58.126.531	671.429	2.877.551	575.510	2.877.551
<i>Amphora sp.</i>					830.408		
<i>Pinnularia sp.</i>							
<i>Pleurosigma sp.</i>	2.303.571						
<i>Amphipleura sp.</i>	3.068.367						
<i>Nitzschia sp.</i>	1.438.776		44.130.612	7.355.102	3.677.551		5.516.327
<i>Cocconeis sp.</i>		2.253.129	8.602.857	4.403.844	614.490	1.843.469	

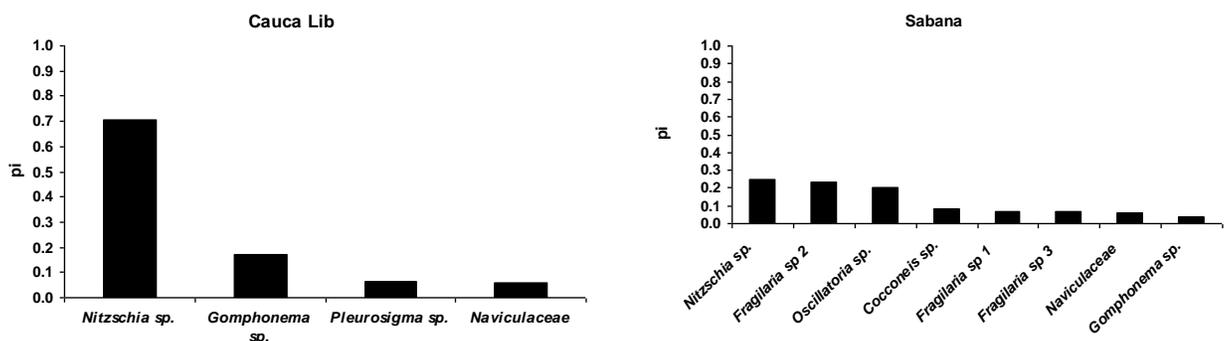
El género *Fragilaria* sp., a pesar de no registrarse en la mayoría de las estaciones, es importante por los aportes de biovolumen en las estaciones Río Cauca (Sabanalarga), Quebrada Rodas, Quebrada Juan García y Quebrada Honda. Este taxón lo conforman células unidas de lado a lado y forma colonias permanentes o fluctuantes, produce olor a geranio cuando se encuentra en pequeñas cantidades, y a tierra cuando forma grandes colonias. Su presencia es común en las comunidades perifíticas de corrientes de montaña desde las partes altas de la cuenca hasta planicies de inundación y muchas de sus especies son indicadoras de agua con buenos estados de oxidación y activa descomposición de materia orgánica, por lo cual son sistemas saludables en términos de la calidad del agua (Branco, 1986).

Otros taxones como *Cosmarium* sp., *Ulothrix* sp., *Synedra* sp., *Amphora* sp. *Pleurosigma* sp. y *Amphipleura* sp., además de que fueron registrados de manera fortuita en alguna de las estaciones, presentan bajas densidades, por lo cual su presencia no es un buen indicador para caracterizar los sitios de muestreo; sin embargo, son comúnmente encontrados en ambientes lóticos de aguas con buena calidad fisicoquímica y sanitaria.

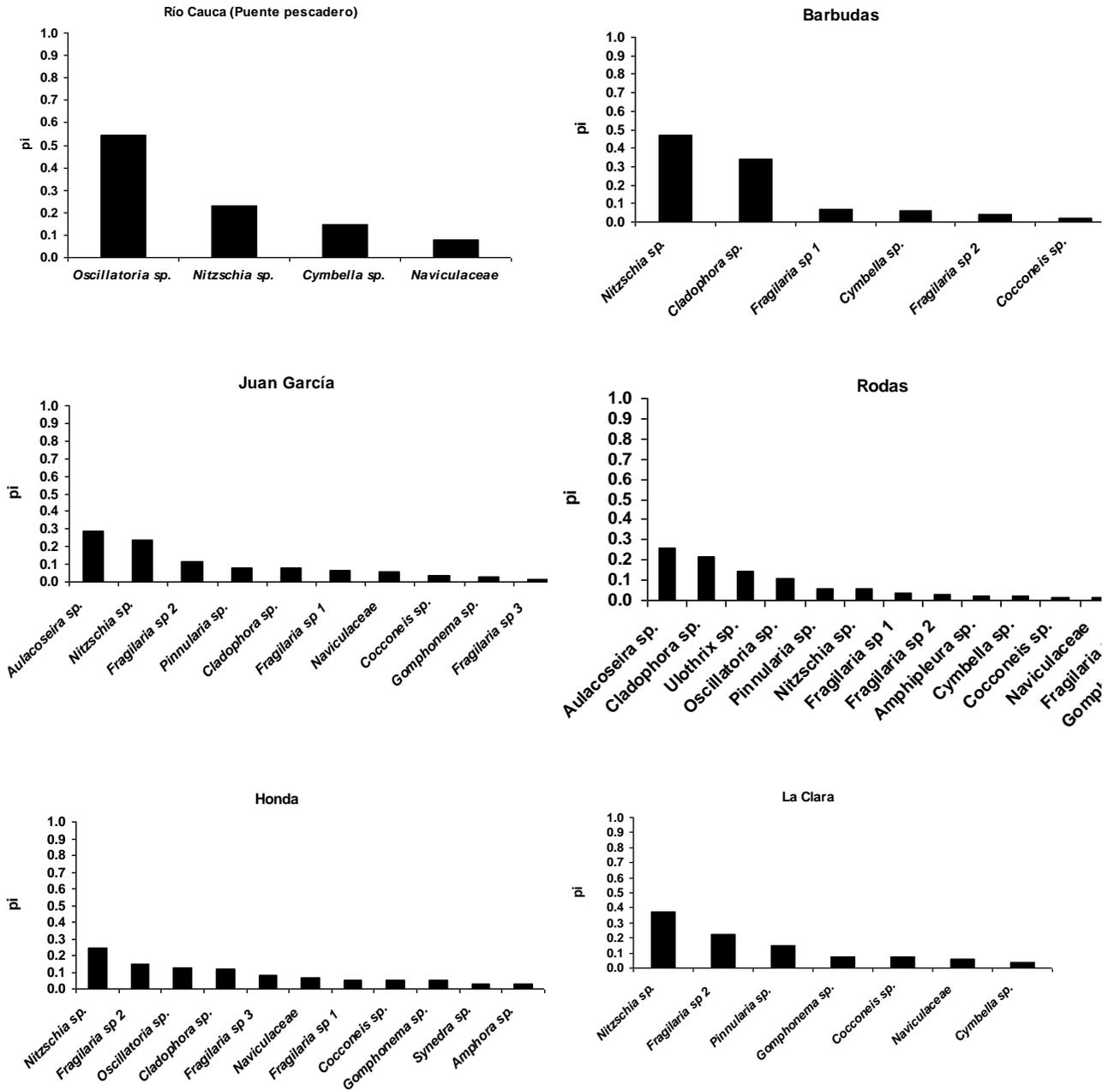
En síntesis, según la abundancia de los taxones de algas perifíticas encontrados en la mayoría de las estaciones estudiadas en este tramo, el ambiente fisicoquímico de los sitios corresponde probablemente a un sistema de buena calidad, que permite la presencia y buenos aportes de biomasa perifítica en los ecotonos analizados.

En la Figura 3.1.3.2 se presenta el perfil de abundancias relativas de los taxones encontrados en cada estación; en términos generales puede decirse que su conformación es achatada, es decir que en pocas estaciones las barras indican una predominancia por parte de un solo taxón, o que en la mayoría de las estaciones la distribución de las abundancias presenta tendencias uniformes.

Sólo en las estaciones sobre el río Cauca, Puente Pescadero y Liborina, el perfil de abundancias presentó alta predominancia por parte de un taxón, el cual en el caso de Puente Pescadero fue *Oscillatoria* sp. y en Liborina *Nitzschia* sp. Este resultado puede estar relacionado con el indicio de alto estrés físico en el sitio, que limita el desarrollo de otras especies.



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO



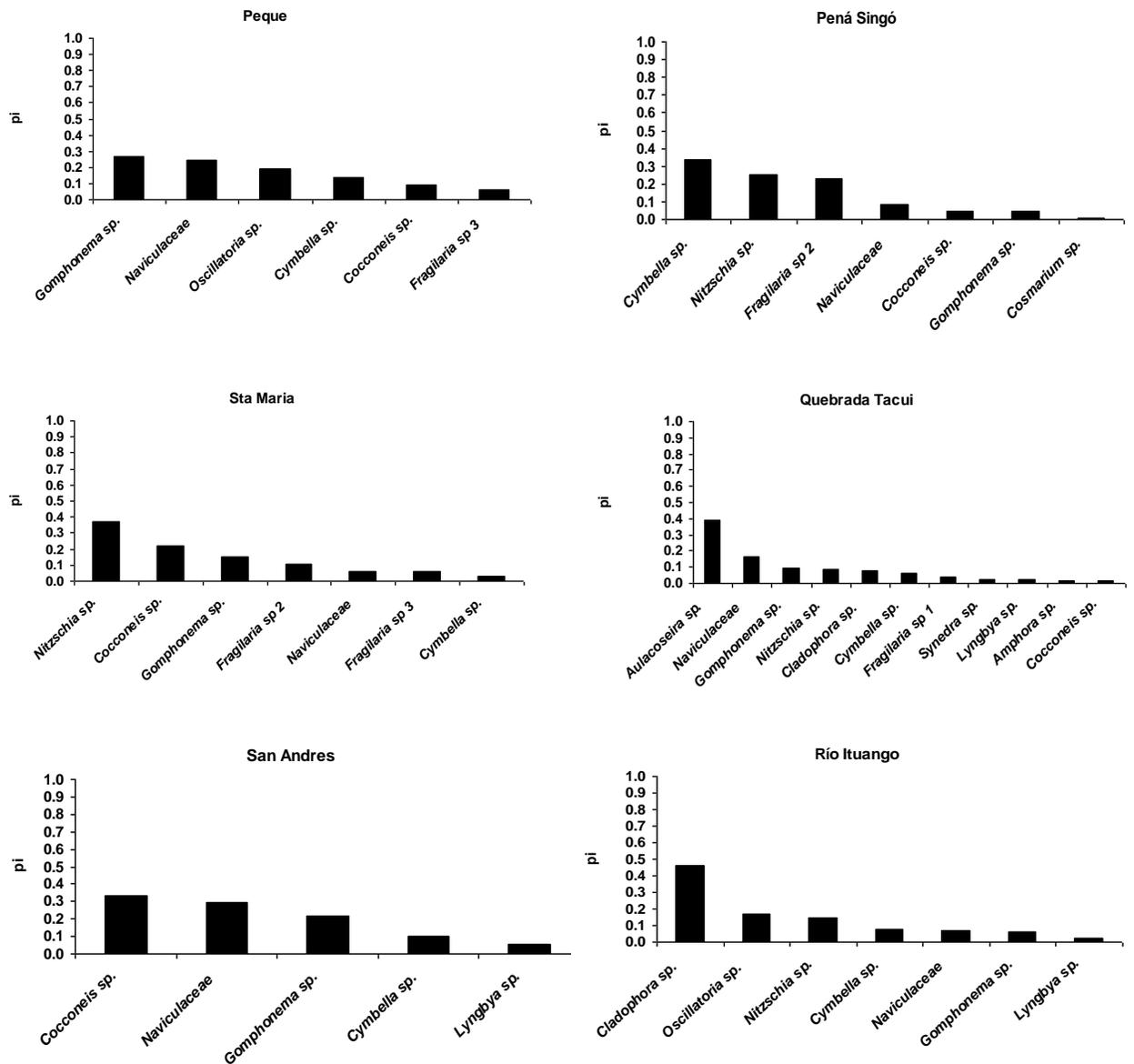
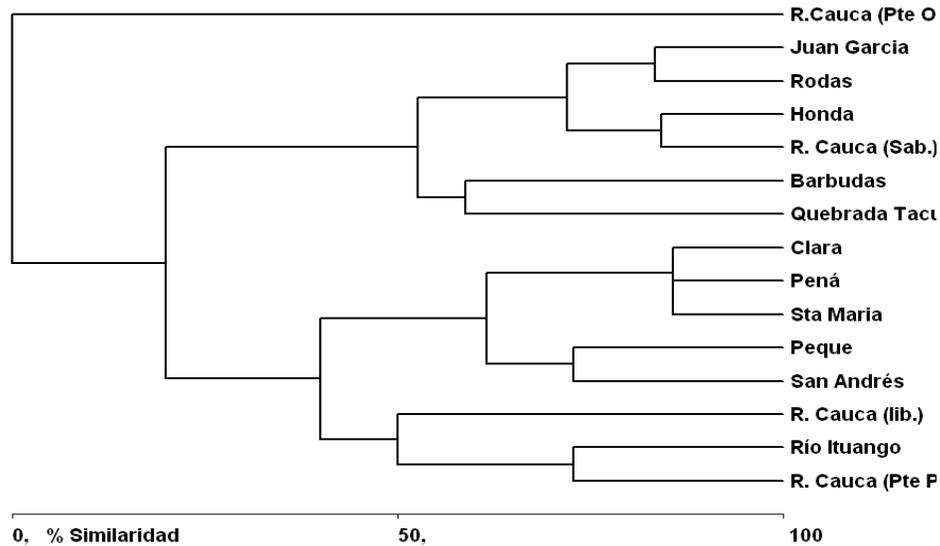


Figura 3.1.3.2 Perfil de abundancia relativa: pi (basado en el biovolumen celular medio) registrado por los taxones.

En la Figura 3.1.3.3 se encuentran los análisis de agrupación de las estaciones según la presencia o ausencia de los diferentes taxones. A pesar de que el porcentaje de similitud general es bajo, existe una clara separación de dos grupos de estaciones, uno conformado por la quebrada Juan García, Rodas, Honda, Río Cauca en Sabanalarga, Quebrada Barbudas y Tacui y el segundo constituido por Quebrada Clara, Pená, Santa María, Peque, San Andrés, Río Cauca en Liborina, Río Ituango y Río Cauca puente pescadero.



**Figura 3.1.3.3 Análisis de agrupamiento espacio-temporal - Índice de similaridad de Bray-Curtis**

Por grupos se presentan entonces importantes similitudes (superiores al 40%), lo cual sugiere que la mayoría de los taxones encontrados entre los dos grupos, son de presencia común en los sitios comprendidos. Esto es importante ya que evidencia una asociación notable de especies en los cuerpos de agua de la zona, que podría representar cierta estabilidad biótica en términos de composición de especies y respondería al buen estado ecológico del sistema en general y de calidad del agua entre los cuerpos de agua estudiados.

Así mismo se hizo evidente que la estación río Cauca-Puente de Occidente, es el sitio más disímil, lo cual sugiere que en este lugar se encontraron taxones que no fueron de presencia común en los demás puntos, adicionalmente, es importante anotar que es el sitio con menor diversidad de taxones, así como también con bajas abundancias. Lo cual, visto a través del análisis de las algas perifíticas, evidencia que es el sitio con menos condiciones ecológicas favorables para el desarrollo de estos organismos. Esta situación, así como su posible explicación se presenta más adelante en el apartado de cuantificación de la densidad de organismos.

En la Tabla 3.1.3.19 se encuentran los registros de las densidades de las algas perifíticas, en diferentes unidades de escala, pasando por la cuantificación preliminar en 30 campos, la medida de biovolumen celular y la cantidad de organismos por unidad de área; si bien son unidades diferentes para representar la densidad, existe una correspondencia entre los resultados.

**Tabla 3.1.3.19 Densidades totales por estación**

ESTACIÓN	# individuos/ 30 campos	Individuos/ml	Biovolumen $\mu\text{m}^3/\text{ml}$	Individuos/ $\text{cm}^2$
Río Cauca (Pte Occidente)	32	5.442	5.611.293	2.268
Río Cauca (Liborina)	83	14.116	13.855.272	5.882
Río Cauca (Sabanalarga)	137	23.299	21.078.520	9.708
Río Cauca (Pte Pescadero)	42	7.143	7.944.898	2.976
Quebrada Barbudas	101	17.177	27.565.986	7.157
Quebrada Juan García	226	38.435	50.495.503	16.015
Quebrada Rodas	806	137.075	271.411.244	57.115
Quebrada Honda	1.333	226.701	204.423.259	94.459
Quebrada Clara	234	39.796	39.267.789	16.582
Quebrada Peque	273	46.429	24.640.493	19.345
Quebrada Pená	1.443	245.408	174.104.898	102.253
Quebrada Santa María	157	26.701	19.961.361	11.125
Quebrada Tacui	294	50.000	43.827.083	20.833
Río San Andrés	72	12.245	5.505.714	5.102
Río Ituango	186	31.633	38.347.959	13.180

Densidad preliminar de conteo en 30 campos, organismos cuantificados por unidad de volumen (Ind/ml), biovolumen cuantificado en relación a la dimensión del organismo ( $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ ) y al número de (Ind/ml) y finalmente organismos cuantificados por unidad de área (Ind/ $\text{cm}^2$ ).

Como comentarios generales se podría mencionar que la mayoría de los registros se encuentran en un rango óptimo en términos de calidad, indicando que son aguas libres de polución o contaminación de algún tipo; sin embargo, las estaciones ubicadas en los sitios Rodas, Honda y Pená, parecen presentar escenarios ecológicos favorables para el desarrollo de algas (ver la Figura 3.1.3.4 y la Figura 3.1.3.5). Esto podría estar relacionado con presencia de polución en las fuentes, ya que los valores se encuentran muy por encima de los valores comunes de aguas naturales libres de contaminación.

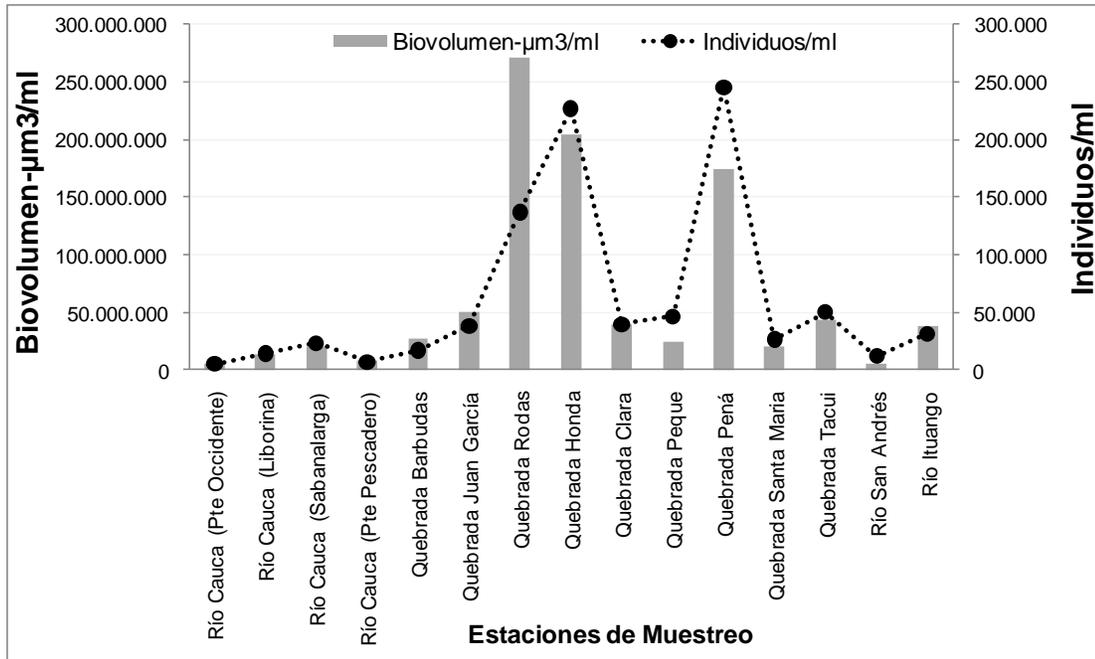


Figura 3.1.3.4 Variación del biovolumen y del número de organismos por unidad de volumen en cada estación.

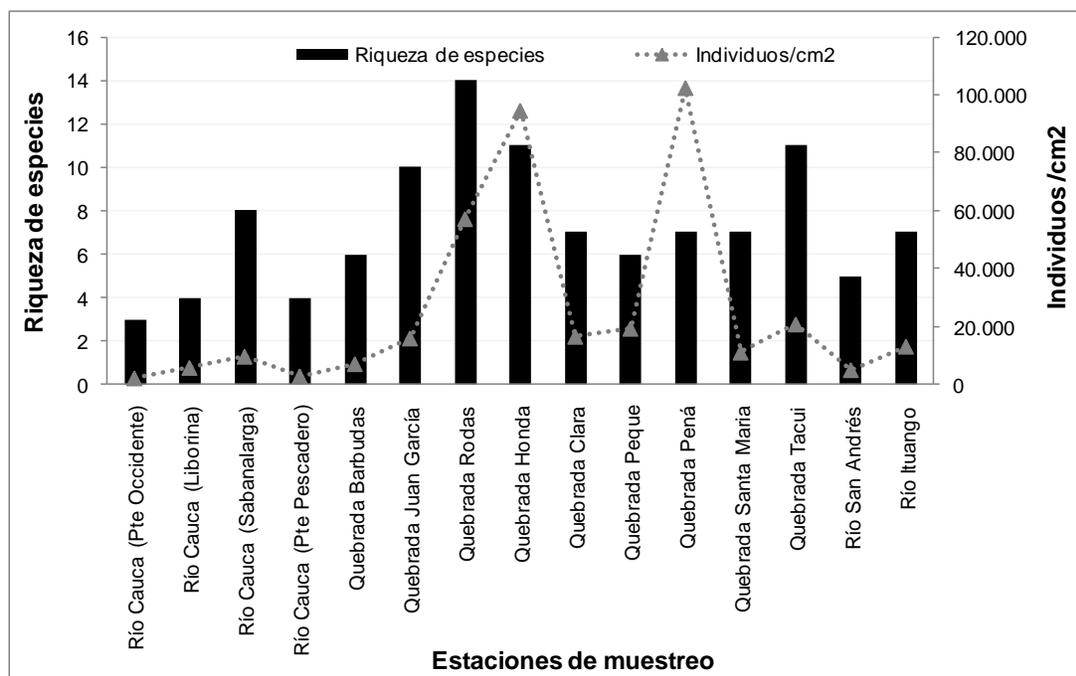


Figura 3.1.3.5 Variación del número de taxones y del número de organismos por unidad de área en cada estación

Estas estaciones de muestreo se caracterizan por presentar un sustrato heterogéneo compuesto de grava, rocas de tamaño grande y mediano, disposición de sustrato variable y estable, inmerso en la corriente y propicio para la colonización de las algas. Adicionalmente fue reportada alta penetración de luz, y caudal y velocidad de la corriente moderado a alto. Este escenario ecológico, el cual puede presentar variaciones temporales, reúne condiciones fisicoquímicas de calidad del agua que favorecen el desarrollo de altas densidades de algas.

Las bajas cantidades registradas, especialmente en las estaciones San Andrés y en el Río Cauca, tanto en Puente Pescadero como en Liborina y Puente Occidente, reflejan las condiciones físicas del escenario ecológico de estos sitios de muestreo, ya que implican características que no favorecen un alto desarrollo de las algas, como el estrés físico o la falta de sustratos disponibles y estables que se encuentren inmersos en el lecho de la corriente.

Las estaciones de las quebradas Rodas, Honda y Pená, que presentan los mayores registros, se caracterizaron por presentar un sustrato heterogéneo, con presencia de rocas de diferente tamaño, lo cual asegura cierta estabilidad y diversidad del biotopo para la colonización de algas. Estos aspectos son más vulnerables en ambientes dominados por sustratos de tipo sedimento y grava los cuales son más fácilmente arrastrados por la corriente.

Como se mencionó anteriormente los altos registros en Rodas, Honda y Pená pueden también estar relacionados con eventos por enriquecimiento de nutrientes y como consecuencia altas densidades de organismos que responden a este efecto; implicando posible presencia de polución en estos cuerpos de agua. Adicionalmente, con respecto a las densidades cuantificadas también se podría decir que acorde a la clasificación del estado trófico de un cuerpo de agua, basada en la densidad algal según Margalef (1983), las cantidades de algas registradas en Rodas, Honda y Pená están muy por encima de las densidades indicadoras de estado eutrófico o “deficiente” de un sistema acuático (50.000 ind/ml).

Con respecto a la cuantificación del biovolumen, es notable que los resultados de org/ml, corresponden con los picos más altos de cuantificación por volumen celular o biovolumen, de esta manera se puede concluir que en realidad las estaciones ubicadas en Pená, Rodas y Honda brindan una mayor oferta alimenticia a otros componentes como macroinvertebrados y peces ya que la cantidad de organismos algales, tanto en número como en dimensión celular o biomasa, es mucho más significativa respecto a otras estaciones.

En la Tabla 3.1.3.20 se encuentran los resultados relacionados con los índices de diversidad, que resumen la información obtenida en términos de abundancia y cantidad de taxones encontrados en cada estación.

**Tabla 3.1.3.20 Registros de los índices de diversidad, equidad, dominancia.**

Estación	Riqueza de especies (S)	Diversidad de Shannon H'	Equidad Pielou (J')	Dominancia de Simpson (D)
Río Cauca (Pte Occ.)	3	1,06	0,96	0,36
Río Cauca (Liborina)	4	0,89	0,64	0,54
Río Cauca (Sabanalarga)	8	1,87	0,9	0,18
Río Cauca (Pte Pesc.)	4	1,15	0,83	0,38
Quebrada Barbudas	6	1,29	0,72	0,35
Quebrada Juan Garcia	10	1,98	0,86	0,17
Quebrada Rodas	14	2,13	0,81	0,16
Quebrada Honda	11	2,19	0,91	0,13
Quebrada Clara	7	1,67	0,86	0,23
Quebrada Peque	6	1,68	0,94	0,2
Quebrada Pená	7	1,57	0,81	0,24
Quebrada Sta Maria	7	1,68	0,86	0,23
Quebrada Tacui	11	1,91	0,8	0,21
Río San Andrés	5	1,45	0,9	0,26
Río Ituango	7	1,57	0,81	0,28

En términos generales los valores de diversidad de Shannon en las quince estaciones pueden considerarse intermedios, excepto en Río Cauca-Liborina, en donde el valor es menor que uno, por lo cual se considera bajo. Las estaciones con mayor diversidad de Shannon fueron Quebrada Rodas, Quebrada Honda, Quebrada Juan García y Quebrada Tacui, en las cuales los valores son cercanos o superiores a dos. Las estaciones con los mayores valores de dominancia fueron Río Cauca-Liborina y Río Cauca-Puente Pescadero, de las cuales ya se había mencionado anteriormente presentaron predominancia por parte de un taxón.

Con respecto a los resultados de estos índices se observa que la riqueza de especies entre las estaciones no supera los 14 taxones (Quebrada Rodas). Aunque este es un valor bajo, es importante tener en cuenta que estos resultados derivan de un único muestreo al azar, sin estudios previos disponibles. El número de especies cuantificado se podría considerar normal dentro de un sistema con buenas condiciones fisicoquímicas.

En términos de la calidad del agua con respecto a la cuantificación de los índices se podría decir que los valores de diversidad de Shannon (H') los cuales varían entre 0 y 5, se observó que en la mayoría de las estaciones, a excepción las ubicadas en el Río Cauca, los valores presentan una tendencia común, siendo extremos los datos de 1,06 (Río Cauca Puente Occidente) y 2.19 (Quebrada Honda); el grupo de valores puede ser considerado de rango intermedio, común y propio de aguas naturales.

Es importante recordar que este índice asume que los individuos son muestreados aleatoriamente en una población infinita y que todas las especies presentes están representadas en la muestra, por lo tanto considerando que estos resultados provienen de una sola campaña de muestreo al azar los valores obtenidos fueron importantes y podrían estar relacionados con aguas de buena calidad.

Con respecto a los resultados derivados del índice de equidad ( $J'$ ) los valores son superiores a 0,64 (río Cauca Liborina), lo cual puede estar indicando, en términos de la calidad del agua, condiciones favorables para el desarrollo equitativo de varias especies.

Observando la distribución de los índices en la mayoría de las estaciones consideradas se deduce que la estación menos diversa es Río Cauca (Liborina), la cual además de registrar el más bajo valor de diversidad de Shannon, presenta la menor equidad y la mayor dominancia, indicando la presencia de factores que propician el desarrollo de algunas especies en particular y limitan a la mayoría.

Se concluye entonces para la zona de obras principales que las algas perifíticas encontradas pertenecen a las divisiones Cyanophyta (Algas verde azules), Chlorophyta (Algas verdes) y Bacillariophyta (Diatomeas); entre estos tres grupos fueron encontrados 19 géneros, número apreciable, entendiendo que el listado obtenido proviene de un muestreo puntual, en un sitio determinado en el cuerpo de agua y sin réplicas temporales. Dentro de este listado, el mayor número de taxones pertenece a la división Bacillariophyta, lo cual es un rasgo común de corrientes naturales ya que este grupo posee adaptaciones ecológicas para adherirse fuertemente a los sustratos inmersos en lechos turbulentos.

Con respecto a la distribución de las diferentes especies entre las estaciones, se encontró como rasgo común la presencia de los taxones de las diatomeas Naviculaceae (*Navicula* sp. cf.), *Gomphonema* sp., *Cymbella* sp., *Nitzschia* sp. y *Cocconeis* sp. y *Fragilaria* sp. Estos taxones están conformados por esqueletos de sílice lo cual les confiere adaptación para no ser arrastrados ante las diferentes velocidades de la corriente. Adicionalmente, la mayoría de las especies pertenecientes a estos géneros son indicadores de aguas limpias o al menos libres de altas concentraciones de contaminantes residuales o industriales.

En relación con las densidades cuantificadas la mayoría de los registros se correspondieron a un rango óptimo en términos de calidad, indicando que son aguas libres de poluciones o contaminación de algún tipo, sin embargo, las estaciones ubicadas en los sitios Rodas, Honda y Pená parecen presentar, según la cantidad de organismos, escenarios ecológicos favorables para el desarrollo masivo de algas, lo cual también podría estar relacionado con presencia de polución en las fuentes

De acuerdo a los registros de densidad en cada una de las estaciones se observaron algunas tendencias en los resultados en torno al tipo de sustrato presente y a la estructura física del escenario ecológico de cada estación (Biotopo). Fue así como en las estaciones con sustrato heterogéneo compuesto de grava, rocas de tamaño grande y mediano inmersas en la corriente existió la tendencia a encontrar mayores densidades ya que las condiciones favorecían la colonización de las algas, lo cual también es facilitado por supuesto por la penetración de luz en las corrientes.

Las menores densidades fueron registradas en las estaciones San Andrés y en el Río Cauca, tanto en Puente Pescadero, Liborina y Puente Occidente; este grupo de estaciones reflejan en sus resultados, condiciones físicas desfavorables del biotopo para la colonización de algas, ya que implican alto estrés físico en la corriente y la falta de sustratos disponibles, favorables y estables que se encuentren inmersos en el lecho del caudal.

En relación a los índices, se observó que la diversidad de Shannon registró valores de rango intermedio, común y propio de aguas naturales; este registro es importante, considerando una sola campaña de muestreo al azar, por lo cual los valores obtenidos (al menos durante la campaña realizada) podrían estar relacionados con aguas de buena calidad. Respecto a los índices de equidad y dominancia, se encontró que existen condiciones favorables para el equitativo desarrollo de varias especies. Los valores de dominancia son bajos, e indican que no existen tendencias específicas en las condiciones del biotopo que restrinjan la ocupación a pocas especies; siendo así, es posible que el escenario ecológico sea lo suficientemente saludable para favorecer a varias formas de vida con diferente ecología en la mayoría de las estaciones. Solo la estación Río Cauca (Liborina), registró el más bajo valor de diversidad de Shannon, la menor equidad y la mayor dominancia, siendo el cuerpo de agua con los más probables indicios de baja calidad de sus aguas.

- Via sustitutiva

En total se registraron 38 taxones, agrupados en 21 familias y 5 clases. El 39,47% (15) de los taxones pertenece a la división Chrysophyta, 26,31% (10) a las divisiones Cyanophyta y Chlorophyta mientras el 7,89% restante se ubicó en las Euglenophytas. Siendo la división Cyanophyta la más representativa con 897,866, 03 Ind/ml (Figura 3.1.3.6)

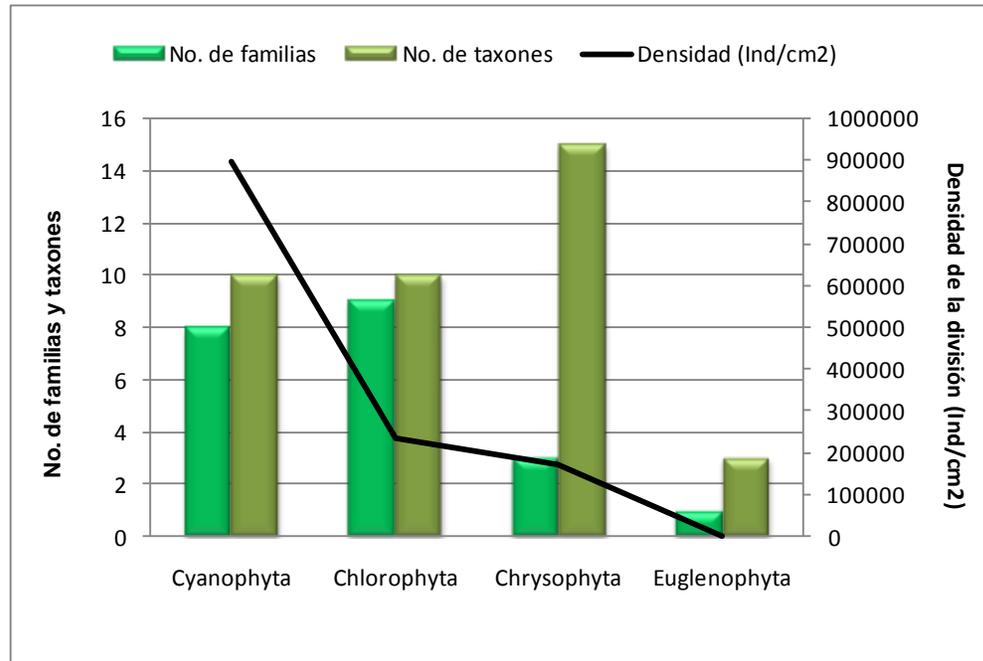


Figura 3.1.3.6 Número de familias, taxones y densidad de las divisiones algales en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010

Los tres mayores registros de las densidades corresponden a la quebrada Bolivia (P2) con 372,941,84 Ind/cm<sup>2</sup> seguida por P9 – quebrada Careperro con 342,786,83 Ind/ml y P8- quebrada Chirí con 218,966,40 Ind/ml. Los taxones más sobresalientes para estos puntos fueron *Chroococcus* y *Lyngbya* del grupo de las cianobacterias, aunque en P2 (Bolivia) también fueron significativas *Borzia* y *Oscillatoria* y en P8 (Q. Chirí) *Cylindrospermopsis*. De las algas verdes, la más significativa en los tres puntos fue *Chlorococcum* mientras *Cylindrocystis* se destacó en P2 y P8. Del grupo de las diatomeas, los taxones comunes más significativos fueron *Cyclotella* y *Navicula*, aunque en cada punto también se registraron otros taxones de esta misma división, *Cocconeis*, *Fragilaria*, *Gomphonema* y *Surirella* en P2; *Achnantes* y *Surirella* en P8, y *Cymbella*, *Fragilaria*, *Gomphonema* y *Nitzchia* en P9 (Q. Careperro). En la Tabla 3.1.3.21 se especifican las densidades para cada una de las quebradas analizadas.

La quebrada Villa Luz (P4) y Orejón (P7) obtuvieron densidades de 194,120,84 y 149,355,06 Ind/ml, *Chroococcus*, *Lyngbya* y *Oscillatoria* fueron los más frecuentes en ambos, aunque *Borzia* y *Coelosphaerium* también sobresalieron en P4, mientras *Synechococcus* y *Volvulina* lo hicieron en P7. *Chlorococcum* y *Cylindrocystis* también fueron muy representativas en ambos sitios, mientras *Cyclotella*, *Gomphonema* y *Navicula* fueron las más típicas de las diatomeas. Sin embargo, en P4 también se destacaron *Achnanthes*, *Cocconeis*, *Nitzchia*, *Punnularia*, *Rophalodia*, *Surirella* y *Synedra*. *Cymbella* se registró en P7.

Las menores densidades, 13,017,65 y 13,404,05 Ind/ml correspondieron a Burunda (P3) y Tenche (P5) respectivamente. Como en los demás puntos los taxones más

representativos en P3 – quebrada Burunda fueron *Chroococcus*, *Lyngbya*, *Chlorococcum* y *Cocconeis*, mientras en P5 - quebrada Tenche sólo se destacaron *Chlorococcum* y *Fragilaria*.

En general, en los 7 puntos de muestreo sobresalieron por sus densidades la división Cyanophyta seguida de las Chlorophyta (Tabla 3.1.3.21, Figura 3.1.3.7 y Figura 3.1.3.8) coincidiendo con Allan (1995) y Soininen (2004) quienes encontraron que los grupos principales de algas presentes en el perifiton de sistemas lóticos son las cianobacterias y las algas verdes. Botero *et al.* (1995) asocian a altas densidades de cianofitas la anoxia en diferentes ecosistemas acuáticos. estas densidades que pueden ser causadas por los grandes aportes de fósforo que reciben dichos ecosistemas debido a actividades antropógenicas, son aprovechadas por este grupo de algas llegando a ser el grupo más exitoso a pesar de los cambios en las demás condiciones ambientales (Hernández, 1986).

La división de las Chrysophyta también fue significativa en el ensamble registrado en estas estaciones, pues se encontraron 15 taxones pertenecientes a la misma. La amplia representatividad de las diatomeas, no sólo en este ensamble sino en general dentro de los ensambles perifíticos, se debe principalmente a la facilidad que tienen de adherirse a diferentes tipos de sustratos por su forma alargada y porque pueden segregarse al exterior de su frústulo un mucílago péptico que les permite adherirse al sustrato o permanecer agrupadas en colonias (Díaz, 2004). Dado que este tipo de algas responden rápidamente a los cambios que se producen en el entorno debido a su elevada tasa de reproducción, su presencia en estas quebradas puede ser un indicio del incremento de materia orgánica en las mismas.

**Tabla 3.1.3.21 Clasificación taxonómica del ficoperifiton registrado en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010**

División	Clase	Familia	Taxón
Cyanophyta	Cyanophyceae	Nostocaceae	<i>Anabaena</i>
			<i>Cylindrospermopsis</i>
		Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>
		Merismopediaceae	<i>Coelosphaerium</i>
		Oscillatoriaceae	<i>Lyngbya</i>
			<i>Oscillatoria</i>
		Volvocaceae	<i>Volvulina</i>
		Borziaceae	<i>Borzia</i>
		Synechococcaceae	<i>Synechococcus</i>
Microcystaceae	<i>Microcystis</i>		
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcaceae	<i>Characium</i>
			<i>Chlorococcum</i>
		Chaetophoraceae	<i>Chaetophora</i>
		Mesotaeniaceae	<i>Cylindrocystis</i>
		Chlorellaceae	<i>Monoraphidium</i>

División	Clase	Familia	Taxón
		Oocustaceae	<i>Oocystis</i>
		Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i>
		Ulvophyceae	<i>Planctonema</i>
		Zygnemaceae	<i>Mougeotia</i>
	Oedogoniophyceae	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i>
Chrysophyta	Bacillariophyta	Bacillariophyceae	<i>Achnantes</i>
			<i>Amphora</i>
			<i>Anomoneoneis</i>
			<i>Cocconeis</i>
			<i>Cymbella</i>
			<i>Diatoma</i>
			<i>Gomphonema</i>
			<i>Navicula</i>
			<i>Nitzchia</i>
			<i>Rophalodia</i>
			<i>Surirella</i>
		<i>Pinnularia</i>	
			<i>Synedra</i>
		Coscinodiscophyceae	<i>Cyclotella</i>
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenaceae	<i>Trachelomonas aff volvocina</i>
			<i>Euglena</i>
			<i>Lepocinclis</i>

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

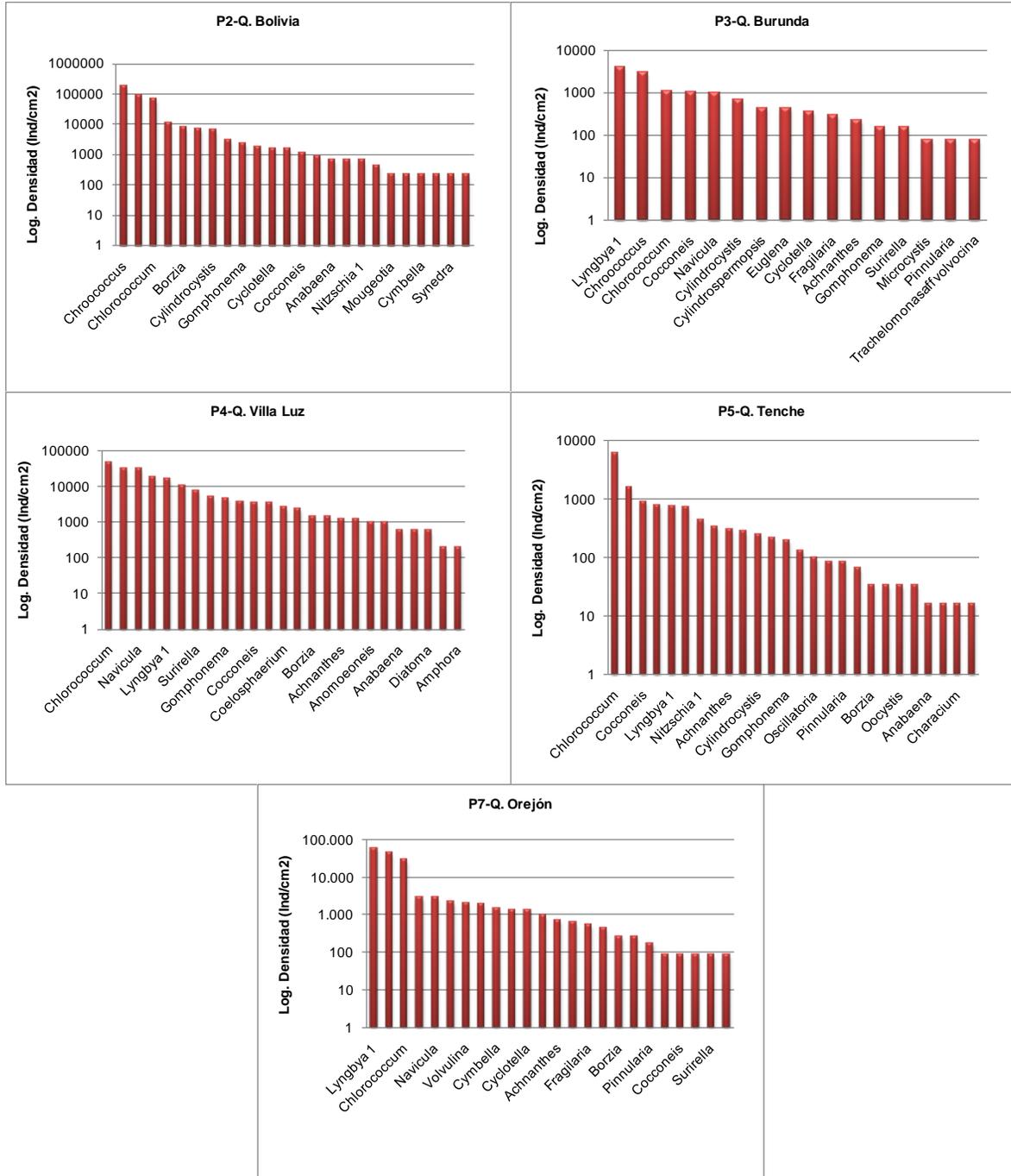


Figura 3.1.3.7 Densidad ficoperifítica de las estaciones ubicadas en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010

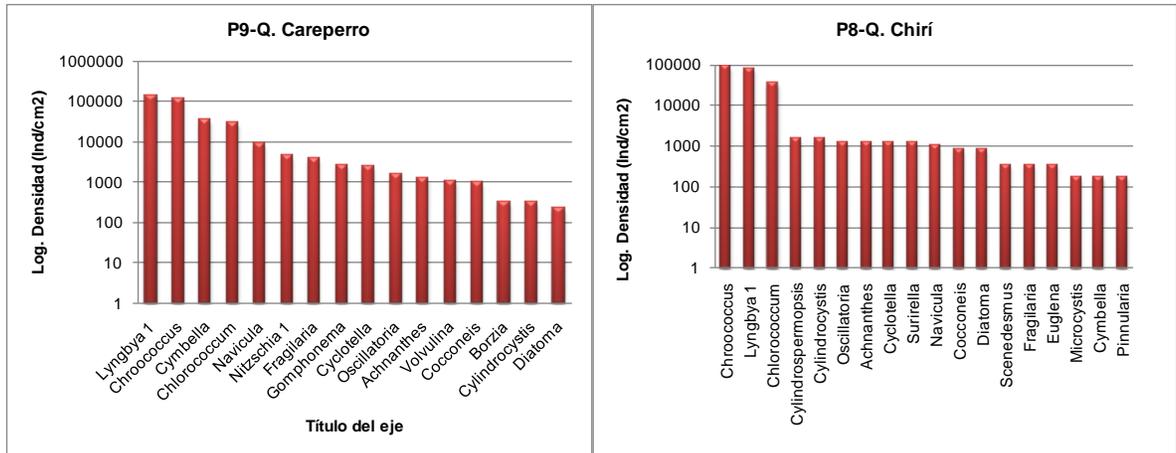


Figura 3.1.3.8 Densidad ficoperifítica de las quebradas Careperro y Chirí

Los resultados de los índices ecológicos aplicados se muestran en la Tabla 3.1.3.22 y la Figura 3.1.3.9. La diversidad más baja se observó en P8 (quebrada Chirí) con 0,57 Ind/nat y aumento un poco en P9 (quebrada Careperro), P2 (quebrada Bolivia) y P7 (quebrada Orejón). Lo contrario se presentó en P4 (quebrada Villa Luz) que fue la más diversa, razón por la cual aparece en grupo un aislado en el dendograma junto con la quebrada Tenche (P5) y Burunda (P3). Estas quebradas obtuvieron el mismo valor de diversidad (0,92) a pesar de que la riqueza de especies difería por 10 taxones, ya que los valores de la diversidad y equidad fluctuaron de acuerdo a la dominancia de los diferentes taxones (González y Roa 1999). Aunque la quebrada Villa Luz no tiene la mayor riqueza de especies su diversidad si fue mayor lo que posiblemente se explica por las relativas abundancias de varios taxones y no la dominancia de unos cuantos. Esta situación se observa más claramente en los puntos P5 y P3, pues aunque P5 obtuvo un valor de riqueza 10 taxones mayor a P3, ambas tuvieron el mismo valor de diversidad, ya que en esta última taxones como *Chroococcus*, *Lyngbya*, *Oscillatoria* y *Chlorococcum* fueron dominantes. Otra razón que puede explicar este valor de la diversidad es la presencia en P4, aunque en bajas proporciones, de taxones raros como *Oocystis*, *Chaetophora*, *Amphora* y *Anomoneoneis*.

Las resultados de la dominancia, reflejan cambios en el medio que son mayores que la capacidad de las algas para responder a ellos, de manera que el ensamblaje cambia, disminuyendo la biomasa y la diversidad, y sólo sobreviven los más aptos manifestándose así dominancias (Casco y Toja, 2003). Estos cambios pueden deberse principalmente a alteraciones por contaminación que está generando fuertes procesos de eutrofización.

Tabla 3.1.3.22 Valores de los descriptores de diversidad del ficoperifiton en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010

Índices	P2-Q. Bolivia	P3-Q. Burunda	P4-Q. Villa Luz	P5-Q. Tenche	P7-Q. Orejón	P8-Q. Chirí	P9-Q. Careperro
Diversidad de Shannon (H') (Ind/nat)	0,68	0,92	1,04	0,92	0,72	0,57	0,67

Índices	P2-Q. Bolivia	P3-Q. Burunda	P4-Q. Villa Luz	P5-Q. Tenche	P7-Q. Orejón	P8-Q. Chirí	P9-Q. Careperro
Equidad de Pielou (J')	0,49	0,77	0,75	0,65	0,52	0,46	0,56
Dominancia (D)	0,30	0,17	0,13	0,23	0,27	0,34	0,29
Riqueza *0,1	2,40	1,60	2,50	2,60	2,40	1,80	1,60
Densidad total	372941,84	13017,65	194120,84	13404,05	149355,06	218966,40	342786,83

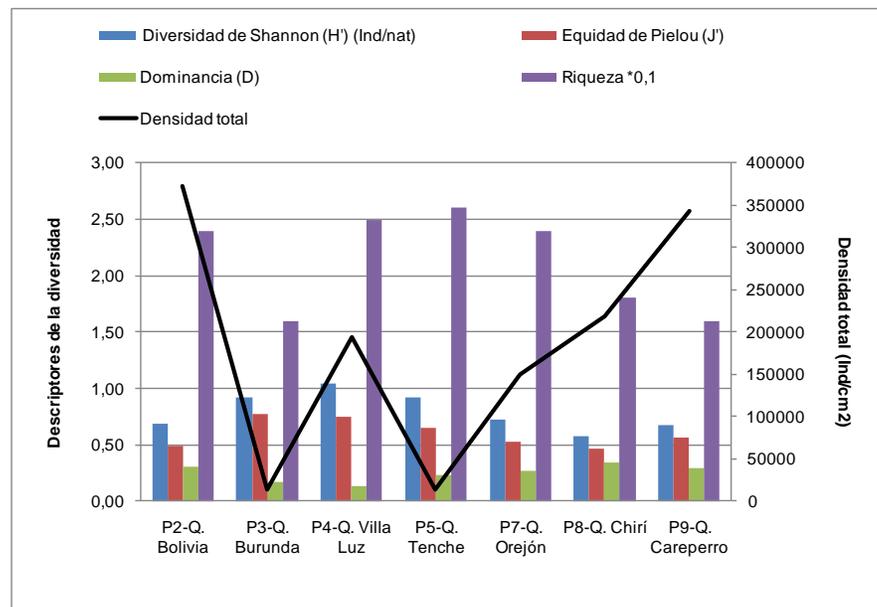


Figura 3.1.3.9 Variación espacial de los descriptores de diversidad y la densidad total del fícorperifiton en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010

El análisis de similaridad arrojó los siguientes resultados. El mayor porcentaje de similaridad fue 80,39% y corresponde a P8 (quebrada Chirí) y P2 (quebrada Bolivia), posiblemente porque éstas presentaron taxones dominantes comunes como *Chroococcus*, *Lynbya* y *Chlorococccum* y por lo tanto los valores más bajos de diversidad (Tabla 3.1.3.23 y Figura 3.1.3.10). También se observa un grupo aislado, mencionado en el párrafo anterior, en él se encuentran las quebradas Villa Luz (P4), Tenche (P5) y Burunda (P3) que obtuvieron índices de diversidad mayores.

Tabla 3.1.3.23 Agrupamiento espacial del ficoperifiton en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010

Estaciones	P2-Q. Bolivia	P3-Q. Burunda	P4-Q. Villa Luz	P5-Q. Tenche	P7-Q. Orejón	P8-Q. Chirí	P9-Q. Careperro
P2-Q. Bolivia	*	16,0981	47,7467	39,5866	76,4383	80,3908	63,5025
P3-Q. Burunda	*	*	28,2029	32,3944	15,4879	21,0235	8,8532
P4-Q. Villa Luz	*	*	*	53,9101	44,5011	44,0798	31,4731
P5-Q. Tenche	*	*	*	*	44,0047	33,7488	27,0594
P7-Q. Orejón	*	*	*	*	*	79,8283	64,7808
P8-Q. Chirí	*	*	*	*	*	*	55,5406
P9-Q. Careperro	*	*	*	*	*	*	*

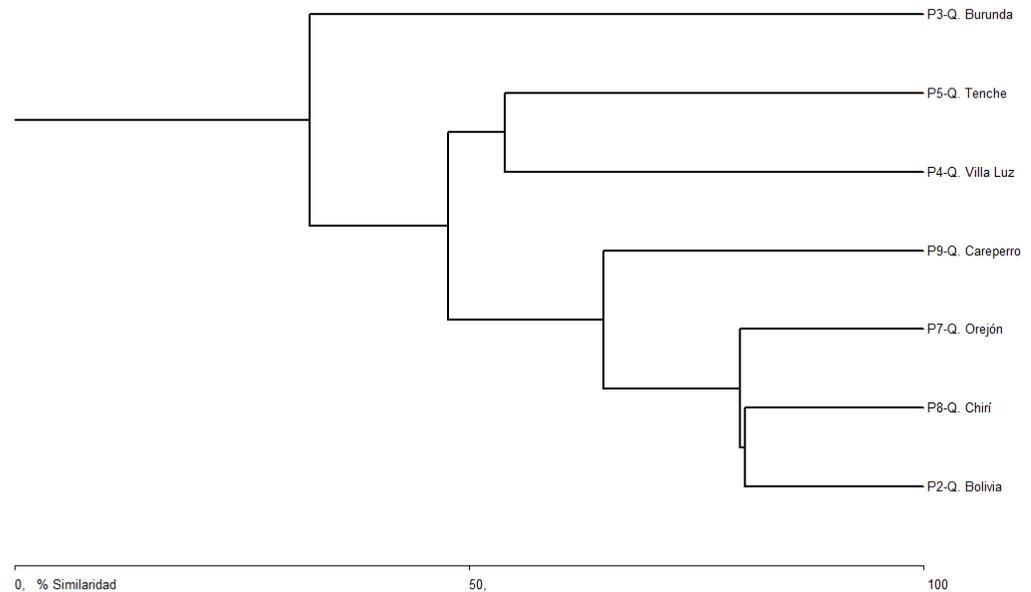
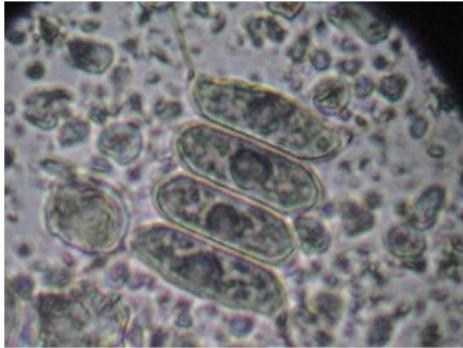


Figura 3.1.3.10 Agrupamiento espacial del ficoperifiton en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010

A continuación se presenta el registro fotográfico de las especies de ficoperifiton más importantes en las microcuencas del área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010 (Fotografía 3.1.3.76)



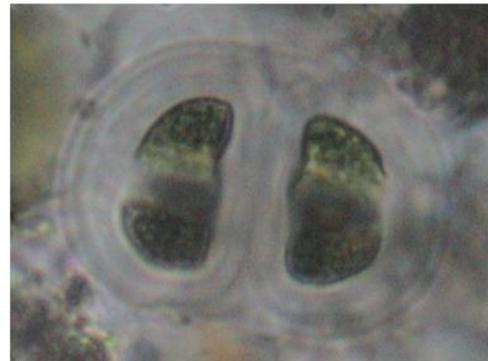
*Scenedesmus*



*Cocconeis*



*Navicula*



*Chroococcus*



*Gomphonema*



*Fragilaria*



**Cymbella**



**Oscillatoria**

**Fotografía 3.1.3.76** Registro fotográfico de las especies más importantes de ficoperifiton identificadas en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010

- Rectificación Vía San Andrés de Cuerquia – El Valle

El ensamble fitoperifítico, estuvo compuesto por 43 taxones pertenecientes a las divisiones Cyanophyta, Chlorophyta, Chrysophyta, Euglenophyta y Pyrrophyta. La división mejor representada fue Chrysophyta con 19 géneros de la clase Bacillariophyceae, la cual presenta características fisiológicas diversas, pueden sobrevivir en ambientes con baja luminosidad y suelen crecer en aguas poco profundas (Hernández–Atilano *et al.*, 2005). Le siguen las divisiones Cyanophyta y Chlorophyta con 11 géneros cada una (ver Tabla 3.1.3.24). La división que presentó la mayor densidad de organismos fue Cianofita con 391337,15 ind/cm<sup>2</sup>, seguida de Crisofita con 246820,73 ind/cm<sup>2</sup>, mientras que la división Pirofita con un solo género presentó la menor densidad (76,94 ind/cm<sup>2</sup>) (ver la Tabla 3.1.3.24). Las especies de la división Cyanophyta pueden ser especializadas a un tipo de hábitat determinado, pero al mismo tiempo pueden tener una muy amplia distribución geográfica (Komárek 2003), y se presentan fundamentalmente cuando las condiciones ambientales se desvían de manera notable de las condiciones habituales (Ramírez 2000).

**Tabla 3.1.3.24** Composición y densidad del fitoperifiton registrado en el municipio de San Andrés de Cuerquia

Taxones	Q. El Roble	Q. Los Naranjos	R. San Andrés	Q. Churrum bo	Q. El Hoyo	Q. Piedecuesta	Q. El Diablo	Quebrada Matanzas	Q. Taque	Q. Cacagual	Q. Uriaga
Cyanophyta											
<i>Anabaena sp.</i>									76,9		
<i>Borzia trilocularis</i>									461,6	182,2	
cf <i>Capsosira brebissonii</i>				1965,4							
<i>Chroococcus sp</i>	5735,4	513,5		91935,9	33558,5	136,8	236,7	1148,9	37,8	13116,9	651,7
<i>Coelosphaerium sp</i>						217,9			37,8		
<i>Cylindrospermopsis aff raciborskii</i>									76,9	182,2	

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Taxones	Q. El Roble	Q. Los Naranjos	R. San Andrés	Q. Churrum bo	Q. El Hoyo	Q. Piedecuesta	Q. El Diablo	Quebrada Matanzas	Q. Taque	Q. Cacagual	Q. Uriaga
<i>Lyngbya sp</i>	39373,1	87445,1	1315,9	5634,8	19855,2	435,6	473,3	39918,5	23,8	18216,8	325,8
<i>Microcystis sp</i>				3712,4	1354,4	435,6					
<i>Myxosarcina sp</i>		5976,5		436,7		217,9		2494,9			
<i>Oscillatoria sp</i>	175,1	1572,7	838,4	191,9	15,5	871,2	7637,5	356,4	1384,9	47,7	244,4
<i>Planktolyngbya sp</i>											81,5
Chlorophyta											
<i>Chaetophora sp</i>				436,7	15,5		59,2			546,5	
<i>Characium sp</i>			44,1							182,2	
<i>Chlorella sp</i>		943,7		873,6							
<i>Chlorococcum sp</i>		314,6	44,1	873,6	15,5			356,4		3643,3	1547,8
<i>Closteridium sp</i>										182,2	
<i>Cosmarium sp</i>										182,2	162,9
<i>Cylindrocystis sp</i>									153,9	546,5	
<i>Dictyosphaerium sp</i>	62,5										
<i>Mougeotia sp</i>										1275,2	
<i>Oedogonium sp</i>			529,5		15,5	217,9	4582,5	169,2	76,9		
<i>Zignema sp</i>								169,2			
Chrysophyta (Bacillariophyceae)											
<i>Achnanthes sp</i>						136,8					
<i>Anomoeoneis sp</i>								356,4			
cf <i>Diatoma sp</i>				218,4							
<i>Cocconeis sp</i>		1572,8	44,1	655,1	15,5		763,7	2851,3	76,9	51,7	314,3
Chrysophyta (Bacillariophyceae)											
<i>Cyclotella sp</i>								356,4	76,9	6558,5	488,8
<i>Cymbella sp</i>				218,4	92,9			712,8	76,9	91,8	314,3
<i>Ephitenia sp</i>					15,5			169,2			
<i>Eunotia sp</i>			44,13	218,4				356,4			
<i>Fragilaria sp</i>		629,1		218,4					51,1	34794,7	92138,5
<i>Gomphonema sp</i>		221,9		191,9	15,5	136,9	59,2	169,2	153,9	39712,6	1955,2
<i>Gyrosigma sp</i>				218,4			1272,9		76,9		244,4
<i>Melosira sp</i>		629,1		218,4			254,6				
<i>Navicula sp</i>	155,1	7234,7	38,89	968,6	752,4	136,8	13747,4	659,6		546,5	162,9
<i>Nitzschia sp</i>			88,26				28513,2	169,2			
<i>Pinnularia sp</i>									76,9		
<i>Planotidium sp</i>				218,4	15,5		254,6				
<i>Rhopalodia sp</i>				218,4	15,5	871,2		392,6			
<i>Suirella sp</i>		629,1					254,6				325,9
<i>Synedra sp</i>											162,9
Euglenophyta											
<i>Trachelomonas aff volvocina</i>										182,2	

Taxones	Q. El Roble	Q. Los Naranjos	R. San Andrés	Q. Churrum bo	Q. El Hoyo	Q. Piedecuesta	Q. El Diablo	Quebrada Matanzas	Q. Taque	Q. Cacagual	Q. Uriaga
<i>Pyrrophyta</i>											
<i>Peridinium sp</i>									76,9		
<b>Densidad Total</b>	<b>45501,4</b>	<b>107682,7</b>	<b>2987,6</b>	<b>109623,7</b>	<b>55752,8</b>	<b>3814,8</b>	<b>58109,4</b>	<b>50807,1</b>	<b>2997,3</b>	<b>120241,9</b>	<b>99121,4</b>

La estación con la mayor densidad de organismos fue la Quebrada Cacagual con 120241,90 ind/cm<sup>2</sup>, siendo *Gomphonema* (Bacillariophyceae) el género que más contribuyó a la densidad total con 39712,65 ind/cm<sup>2</sup>, seguido de *Fragilaria* (34794,72 ind/cm<sup>2</sup>) y *Lyngbya* (18216,79 ind/cm<sup>2</sup>), mientras los géneros *Coconeis* y *Oscillatoria* presentaron las menores densidades con 51,72 ind/cm<sup>2</sup> y 47,69 ind/cm<sup>2</sup> respectivamente (ver la Tabla 3.1.3.24, la Figura 3.1.3.11 y Figura 3.1.3.12).

Después de esta estación estuvieron las estaciones Quebrada Churrumbo (109623,66 ind/cm<sup>2</sup>) y Quebrada Los Naranjos (107682,76 ind/cm<sup>2</sup>), en estas los géneros que presentaron las mayores densidades fueron las Cianofitas, *Chroococcus* para la primera con 91935,96 ind/cm<sup>2</sup> y *Lyngbya* en la segunda con 87445,12 ind/cm<sup>2</sup>

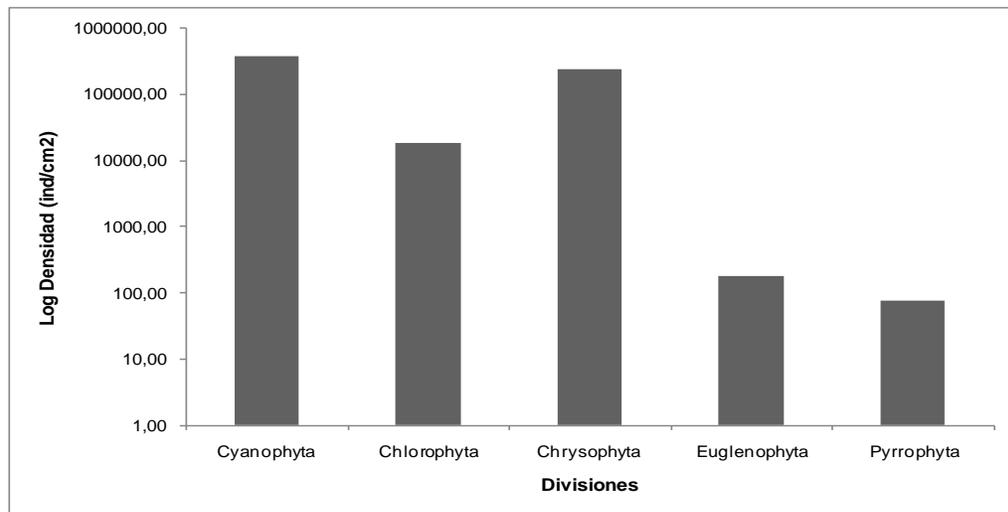


Figura 3.1.3.11 Densidad total (ind/cm<sup>2</sup>) de las divisiones presentes en el municipio de San Andrés de Cuerquia

Las estaciones con la menor densidad de organismos fueron la Quebrada Piedecuesta (3814,82 ind/cm<sup>2</sup>), la Quebrada Taque (2997,33 ind/cm<sup>2</sup>) y el Río San Andrés (2987,58 ind/cm<sup>2</sup>), y de nuevo el grupo de las cianofitas con los géneros *Oscillatoria* y *Lyngbya* fueron las más abundantes. El primero en las estaciones Taque y Piedecuesta con 1384,93 ind/cm<sup>2</sup> y 87,24 ind/cm<sup>2</sup> respectivamente y el segundo en Río San Andrés con 1315,96 ind/cm<sup>2</sup>.

Además de las estaciones anteriores, el género *Lyngbya* también fue muy abundante en las estaciones Quebrada El Roble con 39373,16 ind/cm<sup>2</sup> y Quebrada Matanzas con 39918,53 ind/cm<sup>2</sup> y *Chroococcus* en la Quebrada El Hoyo con 33558,50 ind/cm<sup>2</sup>. En las Chrysophytas, además de *Gomphonema*, los géneros *Nitzschia* en la Quebrada El Diablo (28513,24 ind/cm<sup>2</sup>) y *Fragilaria* en la Quebrada Uriaga (92138,49 ind/cm<sup>2</sup>), fueron los más abundantes.

Las divisiones Cyanophyta y Chrysophyta son muy abundantes en el ficoperifiton de los ríos, las primeras pueden considerarse como poseedoras de un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles, por lo que al igual que las segundas son muy utilizadas como indicadoras de polución y contaminación (Díaz-Quirós & Rivera-Rondón 2004; Roldán & Ramírez 2008).

La composición del perifiton en un momento y ambiente dados depende del tipo de sustrato, de su rugosidad, del estado trófico del agua y de la velocidad de la corriente (Roldán & Ramírez, 2008). En ambientes con altas velocidades y bajos suministros de nutrientes, el crecimiento de las algas continúa pero a bajas tasas, favoreciendo el desarrollo de comunidades dominadas por Cyanophytas filamentosas (como *Lyngbya* y *Oscillatoria*) y diatomeas bénticas (*Ephithemia* y *Navicula*), mientras que en sistemas con bajas velocidades y buen suministro de nutrientes se da un gran desarrollo de otros taxones filamentosos como *Chaethophora*, *Oedogonium*, *Mougeotia*, etc, y formas adherentes como *Cocconeis* (Sheath & Wehr, 2003).

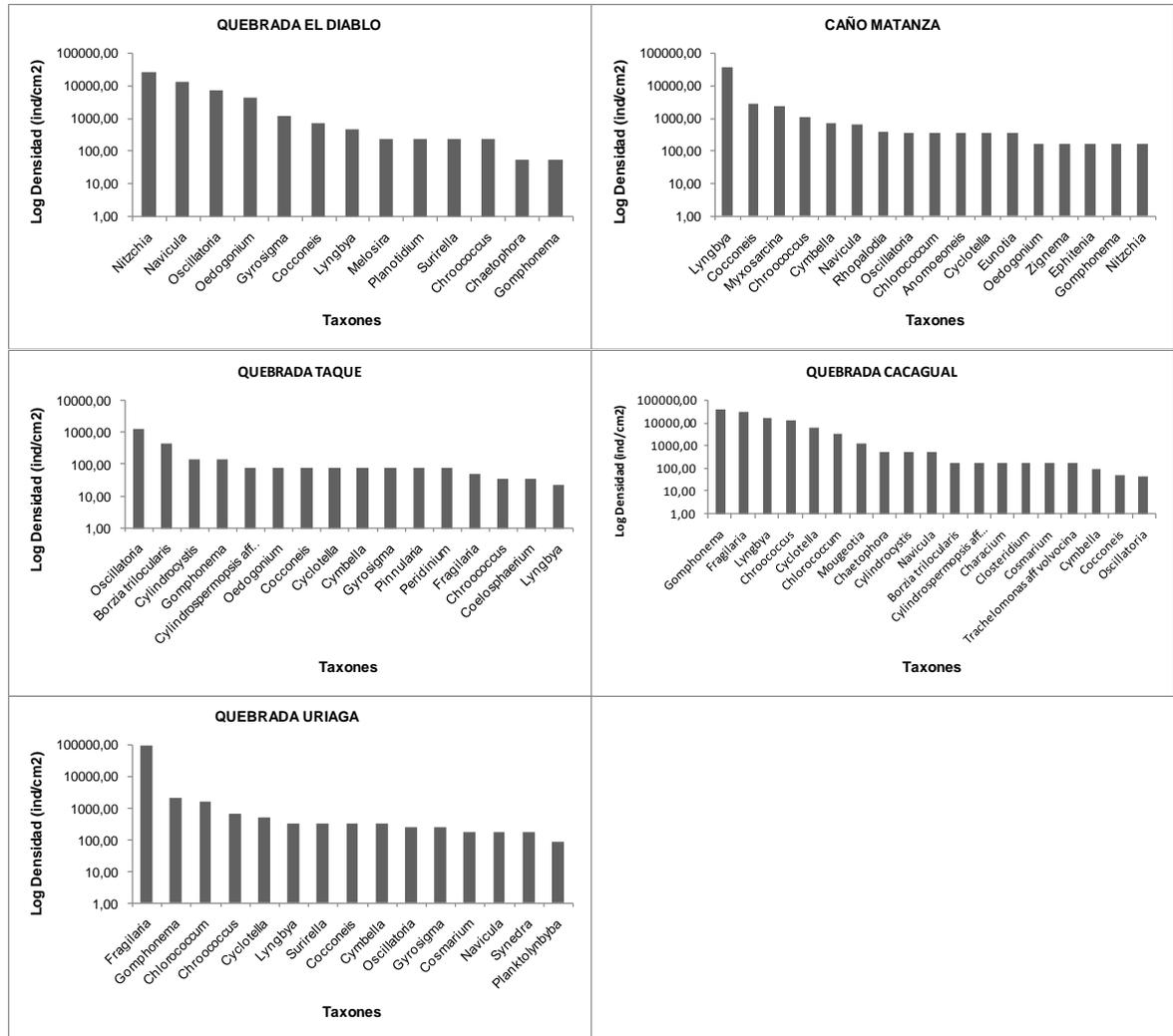


Figura 3.1.3.12 Densidad (Ind/cm<sup>2</sup>) del ficoperifiton encontrado en las estaciones de muestreo

Como se puede observar en la

Tabla 3.1.3.25, la diversidad tuvo una amplia variación de 0,19 nat/ind en la Quebrada El Roble a 0,93 nat/ind en la Quebrada Piedecuesta, lo mismo que la riqueza ya que esta fluctuó entre cinco taxones en la quebrada El Roble y veinte en Churrumbo. Como es de esperarse la dominancia se comportó contraria a la equidad y a la diversidad (ver la Figura 3.1.3.13). En los sitios en los que la dominancia fue mayor (Quebrada El Roble y Quebrada Uriaga) se presentó una alta densidad de géneros como *Lyngbya* y *Fragilaria*, esta última también es un abundante componente del ficoperifiton y muchas de sus especies se encuentran en ambientes eutróficos (Kingston, 2003).

Tabla 3.1.3.25 Valores de los descriptores de diversidad en las estaciones de muestreo

Estaciones	Diversidad de Shannon (nat/ind)	Equidad de Pielou (J')	Dominancia (D)	Riqueza de Hill
Q. El Roble	0,19	0,27	0,77	5
Q. Los Naranjos	0,36	0,33	0,67	12
R. San Andrés	0,62	0,65	0,31	9
Q. Churrumbo	0,35	0,27	0,71	20
Q. El Hoyo	0,37	0,32	0,49	14
Q. Piedecuesta	0,93	0,89	0,15	11
Q. El Diablo	0,63	0,56	0,32	13
Q. Matanzas	0,44	0,36	0,62	17
Q. Taque	0,88	0,71	0,25	17
Q. Cacagual	0,74	0,58	0,23	19
Q. Uriaga	0,18	0,15	0,87	15

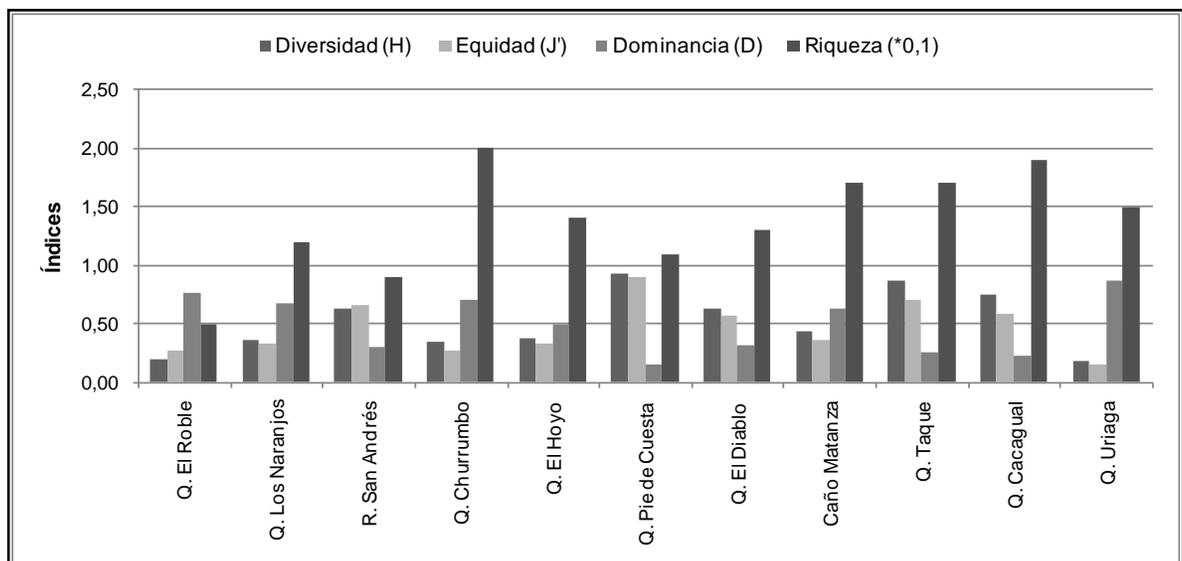


Figura 3.1.3.13 Variación espacial de los valores de riqueza (\*0,1), diversidad (H'), Equidad (J') y dominancia (D) del ficoperifiton

El comportamiento de los índices presentados en los once sitios de muestreo, es característico de ambientes eutróficos, ya que según Wetzel (2001) la diversidad en ecosistemas continentales es apreciablemente más alta en ambientes menos productivos que en aguas eutróficas, por lo que los valores de equidad indican mayor contaminación y por ende bajas diversidades (Ramírez, 2000). El hecho de que la Quebrada El Roble presentara la menor diversidad y riqueza y una de las mayores dominancias indica que está ocurriendo algún tipo de alteración que está afectando al ficoperifiton, y aunque en la Quebrada Taque la diversidad fue la más alta entre las estaciones, ésta sigue siendo muy baja ya que alcanza valores de cinco en los sistemas oligotróficos (Ramírez, 2000).

De acuerdo al análisis de similaridad de Bray y Curtis, basado en la presencia /ausencia de los taxones de ficoperifiton, las estaciones de muestreo presentan una similaridad del 50%. La estación más alejada es la Quebrada El Roble con una similitud inferior al 50% con las demás estaciones y las más cercanas son Quebrada Matanzas y El Hoyo con una similaridad del 70,97%, en tanto que esta última con la Quebrada Churrumbo tiene una similaridad del 70,59%.

Además de *Lyngbya* y *Oscillatoria*, que estuvieron presentes en todas las estaciones de muestreo, *Chroococcus* excepto en el Rio San Andrés y *Navicula* en La Quebrada Taque; El Hoyo compartió con Quebrada Matanzas y Quebrada Churrumbo doce taxones (ver la Tabla 3.1.3.24 y Figura 3.1.3.14) entre los que se encuentran *Microcystis*, *Oedogonium*, *Cymbella*, *Rhopalodia*, *Gomphonema*, *Cocconeis*, entre otros.

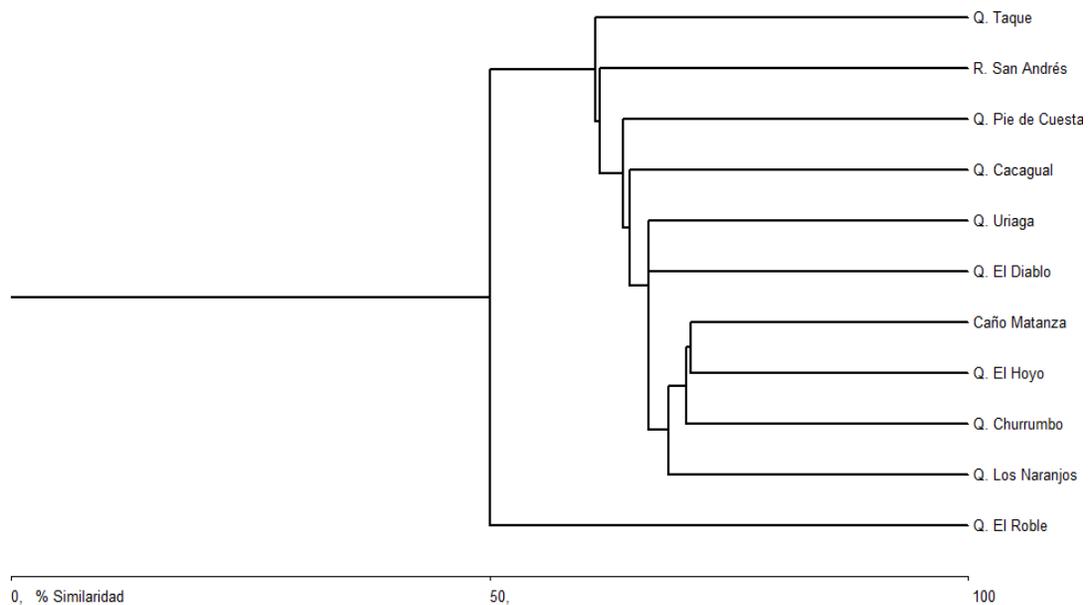


Figura 3.1.3.14 Análisis de Bray-Curtis para las estaciones de muestreo

En los sitios muestreados se presentaron en general taxones que pueden estar indicando cierto grado de contaminación o intervención en las aguas, ya que fueron las Cianofitas las más dominantes. Géneros como *Oscillatoria*, *Chroococcus* y *Lyngbya* son indicadores de aguas empobrecidas, con alguna forma de contaminación (*Chroococcus*) o son muy resistentes a la contaminación química (*Oscillatoria*). Así mismo, muchas diatomeas se desarrollan muy bien en medios eutrofizados como algunas especies de los géneros *Achnanthes*, *Gomphonema*, *Navicula* y *Nitzschia*, al igual que muchas Cloroficeas como *Characium* y *Oedogonium* (Ramírez, 2000).

- Apertura Vía Puerto Valdivia – Sitio de Presa

En el primer tramo de muestreo de la vía Puerto Valdivia sitio presa correspondiente a las quebradas P1 - Organí, P2 - La Guamera, P3 - Tamara, P4 - Achira, P5 - La Planta, P6 -

Remolinos, P7 - El Matadero, P8 - La Rica y P9 – Sinitave; se hallaron un total de 46 taxones (27 familias y cinco clases). De estos 19 están agrupados en la división Chrysophyta, correspondiente al 41,30% de los registrados. La división Chlorophyta fue representada por 13 taxones equivalentes al 28,26%, las Cyanophyta por 12 taxones (26,01%). Mientras que de las Euglenophyta y Criptophyta se halló un taxón de cada una (Tabla 3.1.3.26 y Figura 3.1.3.15). Con relación al número de taxones encontrado, este ensamblaje ficoperifítico estuvo representado mayormente por diatomeas (división Chrysophyta) cuya colonización ocurre gracias a que pueden mantenerse adheridas a los sustratos mediante las adaptaciones morfológicas que ya fueron mencionadas (Peterson, 1996. En: Bojorje y Cantoral, 2007). Así mismo las Chlorophytas pueden adherirse ya que forman filamentos de células unidas por un micilago, estableciendo grandes masas de algas sobre los sustratos (González y de Roa, 1999), lo que explica que hayan ocupado un lugar preponderante en el ensamblaje.

**Tabla 3.1.3.26 Clasificación taxonómica del ficoperifiton registrado**

División	Clase	Familia	Taxón
Cyanophyta	Cyanophyceae	Nostocaceae	<i>Anabaena</i>
		Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>
		Merismopediaceae	<i>Coelosphaerium</i>
		Oscillatoriaceae	<i>Lyngbya</i>
			<i>Oscillatoria</i>
		Xenococcaceae	<i>Chroococidiopsis</i>
		Mastigocladaceae	<i>aff Hapalosiphon</i>
		Volvocaceae	<i>Volvulina</i>
		Peridiniaceae	<i>Peridinium</i>
		Nostocaceae	<i>Cylindrospermopsis</i>
Borziaceae	<i>Borzia</i>		
Microcystaceae	<i>Microcystis</i>		
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcaceae	<i>Characium</i>
			<i>Chlorococcum</i>
		Desmidiaceae	<i>Closteridium</i>
			<i>Cosmarium</i>
		Cilindrocapsaceae	<i>Cilindrocapsa</i>
		Chaetophoraceae	<i>Chaetophora</i>
		Mesotaeniaceae	<i>Cylindrocystis</i>
		Chlorellaceae	<i>Monoraphidium</i>
		Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i>
		Oocustaceae	<i>Oocystis</i>
Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i>		
Ulvophyceae	<i>Planctonema</i>		
Zygnemaceae	<i>Spirogyra</i>		
Chrysophyta	Bacillariophyta	Bacillariophyceae	<i>Achnantes</i>
			<i>Achnantes inflata</i>
			<i>Anomoneoneis</i>
			<i>Cocconeis</i>

División	Clase	Familia	Taxón
			<i>Cymbella</i>
			<i>Diatoma</i>
			<i>Gomphonema Agardh</i>
			<i>Gomphonema parvulum</i>
			<i>Navicula</i>
			<i>Nitzchia</i>
			<i>Rophalodia</i>
			<i>Stauroneis</i>
			<i>Surirella</i>
			<i>Pinnularia</i>
		Fragilariophyceae	<i>Fragilaria</i>
			<i>Tabellaria aff flocculosa</i>
			<i>Synedra</i>
		Coscinodiscophyceae	<i>Melosira</i>
			<i>Cyclotella</i>
Cryptophyta	Cryptophyceae	Cryptomonadaceae	<i>Criptomonas</i>
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenaceae	<i>Trachelomonas aff volvocina</i>

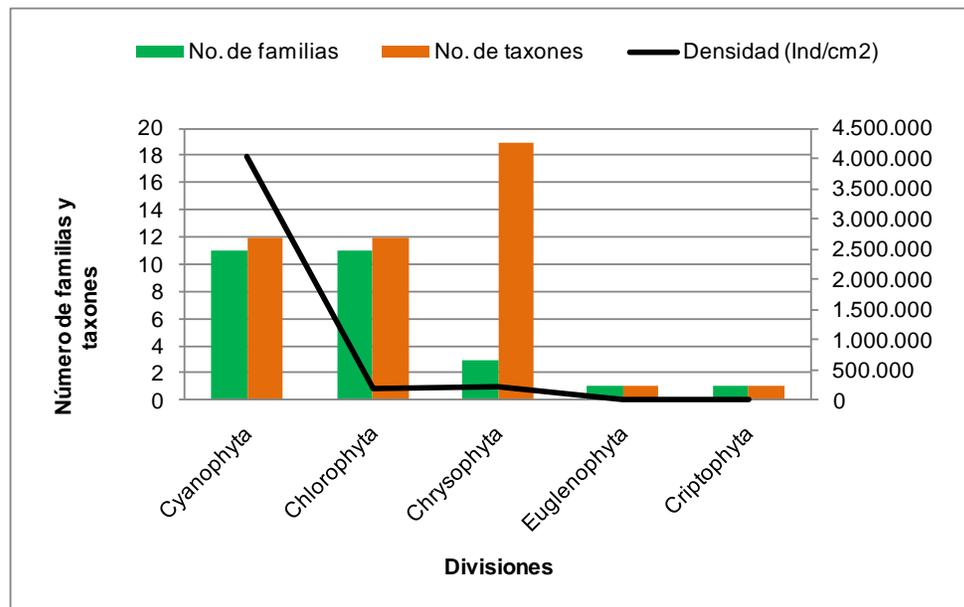


Figura 3.1.3.15 Número de familias y taxones para cada una de las divisiones

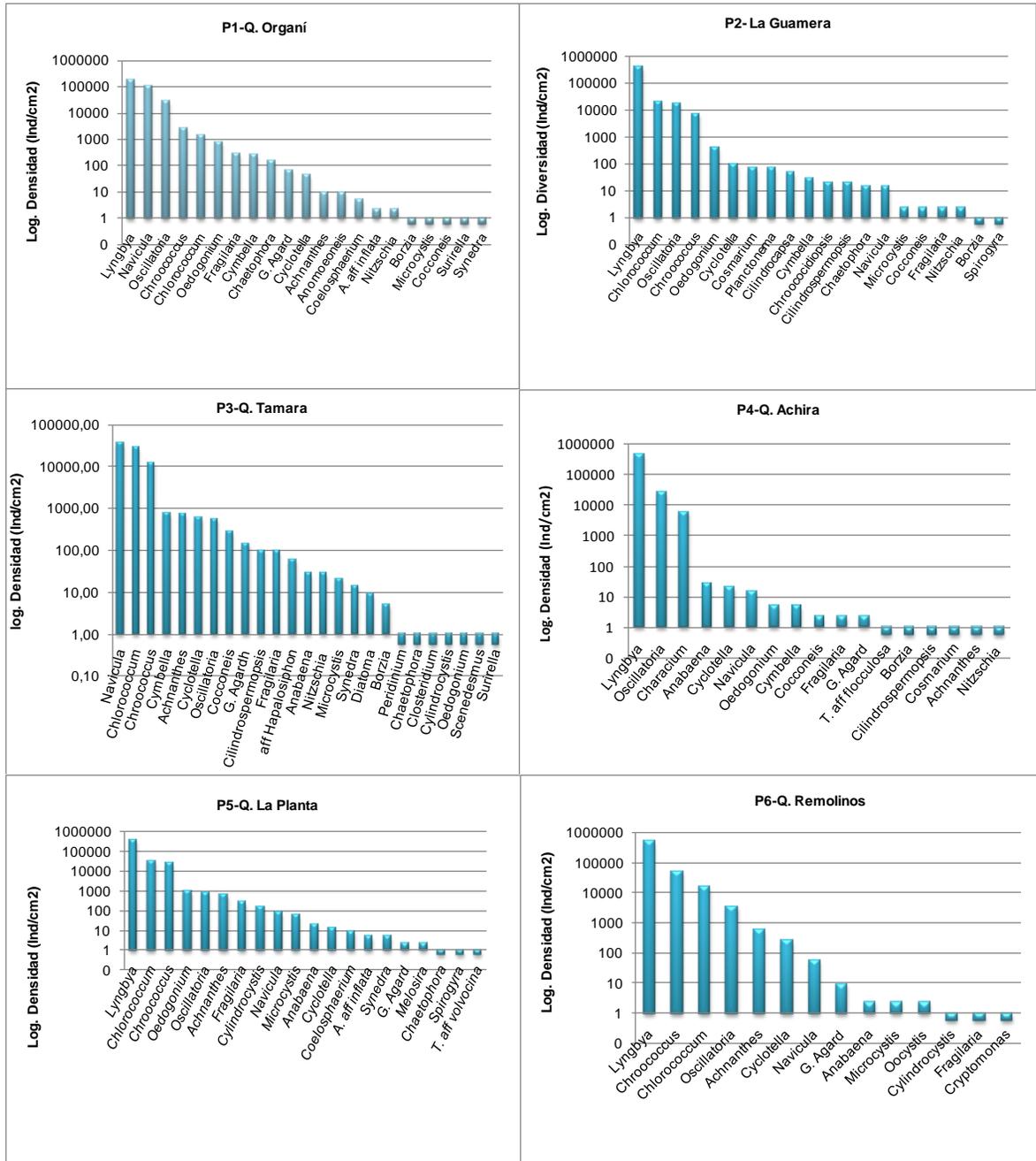
En la Figura 3.1.3.16 se especifican las densidades totales y para cada uno de los taxones registrados. P9-Q. Sinitave y P7-El Matadero presentaron las mayores densidades con 1.289,808,21 Ind/cm<sup>2</sup> y 618,323,15 Ind/cm<sup>2</sup> respectivamente. En ambos puntos los taxones más significativos fueron *Chroococcus*, *Lyngbya* y *Chlorococcum*

todas tolerantes a condiciones características de contaminación (Estévez y Álvarez, 1984). En P9 también sobresalió *Characium*, un representante de los chlorococcales, tolerante a la contaminación, aguas estancadas, gran cantidad de amoníaco y materia orgánica (Estévez y Álvarez, 1984).

La menor densidad se encontró en P3 - quebrada Tamara con 78,664,86 Ind/cm<sup>2</sup>. Como ocurrió en las demás estaciones, sus taxones más representativos fueron *Chroococcus*, y *Chlorococcum*, aunque también resaltó *Navicula*, caracterizada por secreciones mucilaginosas que le facilitan la adhesión a los sustratos; rápida multiplicación (Montoya y Ramírez, 2007) y tolerancia a la polución (Ramírez, 2008). El sitio P6 - quebrada La Rica, que presentó una de las menores densidades (244,908,35 Ind/cm<sup>2</sup>), tuvo además la representación de *Lyngbya*, *Chlorococcum*, *Navicula*, *Oscillatoria* y *Achnantes*. Esta última, una diatomea dotada de valva con rafe del que se fija a los sustratos y la cual ha sido reconocida por McIntire (1964), como dominante en zonas de corrientes rápidas donde la velocidad ejerce un efecto positivo sobre la misma.

Las quebradas P1 – Organí, P2 - La Guamera, P4 - Achira, P5 - La Planta y P6 - Remolinos presentaron un promedio en la densidad equivalente a 443, 657,28 Ind/ml. En todas fueron comunes *Chroococcus*, *Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Chlorococcum*, *Navicula* en densidades altas. También coincidieron en todas las quebradas *Achnanthes*, *Cocconeis*, *Cyclotella*, *Cymbella*, *Fragilaria* y *Gomphonema agardh* pero en proporciones más pequeñas. Situación que puede deberse al incremento de la velocidad de la corriente que actúa como fuerza de estrés provocando el desprendimiento y emigración de los organismos, porque la fuerza de arrastre es mayor que la fuerza de adhesión de las diatomeas. Al igual que sucedió en otros tramos del proyecto, la división de las cianofitas fue la más abundante y estuvo representada por los taxones *Chroococcus*, *Lyngbya*, *Chlorococcum* y *Oscillatoria*.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO



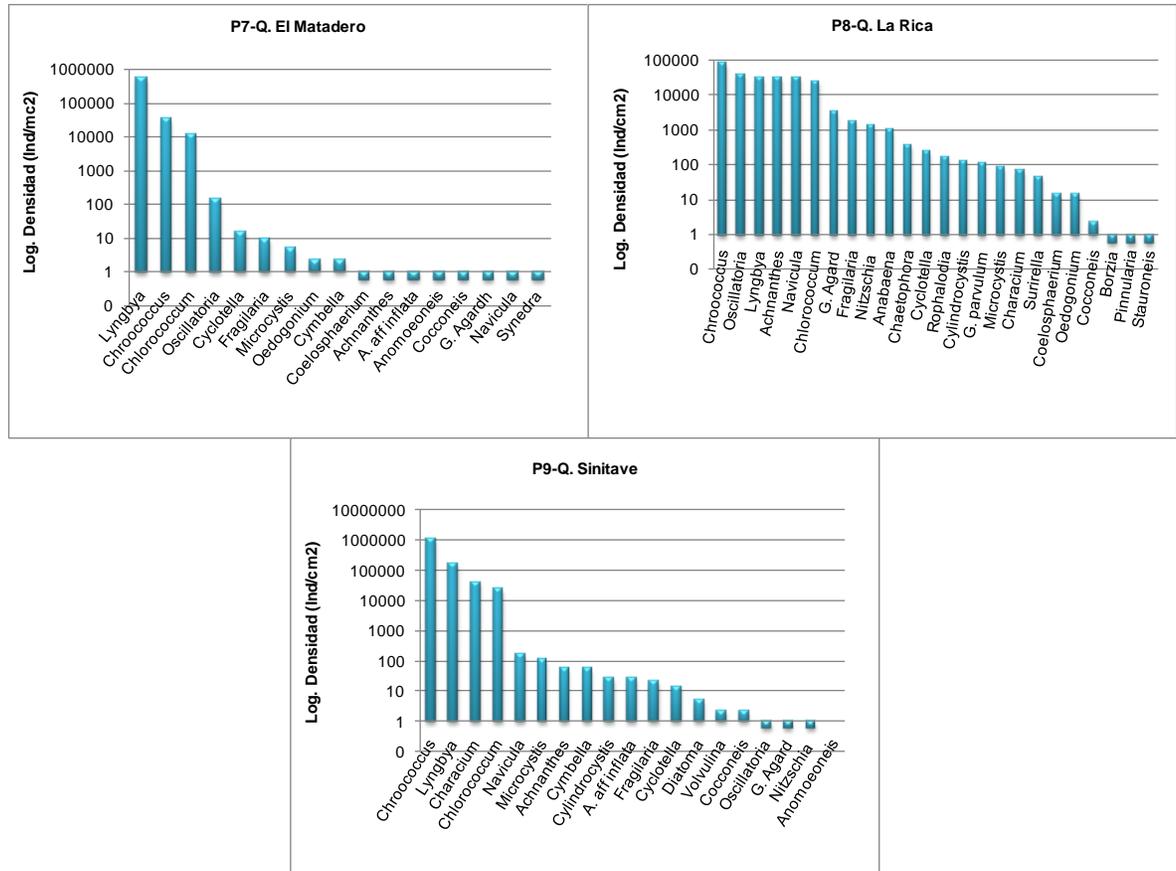


Figura 3.1.3.16 Densidad ficoperifítica de las estaciones influenciadas por la vía Puerto Valdivia-Sitio de Presa

Los resultados de los indicadores ecológicos aplicados se especifican en la Tabla 3.1.3.27 y Figura 3.1.3.17. Los valores de la diversidad oscilaron entre 0,40 y 1,03 (nat/ind), encontrándose dentro del rango de ambientes muy polutos o contaminados lo que quiere decir que la entrada de nutrientes alóctonos está alterando la dinámica de los ecosistemas y elevando su productividad (Murgel, 1984); promoviendo la tendencia a concentraciones elevadas de algunos taxones que son dominantes. El índice de dominancia de Simpson explica claramente estos valores de diversidad, siendo menor para la estación más diversa y viceversa, lo que puede deberse a la abundancia de *Lyngbya* y *Oscillatoria*. Esto resaltaría aún más el grado de inestabilidad debido al nivel de contaminación y a su vez puede afectar la riqueza de especies. Otra razón que puede explicar los bajos valores de la riqueza es la fluctuación de los niveles y flujo del agua, Biggs (2002) En: Arcos y Gomez (2006) encontró que la estabilidad hidrodinámica puede favorecer dichos valores.

Tabla 3.1.3.27 Valores de los descriptores de diversidad del ficoperifiton de la Vía Puerto Valdivia Presa

Estaciones	Diversidad de Shannon (H') (nat/ind)	Equidad de Pielou (J)	Dominancia de Simpson (D)	Riqueza (S) * 0,1	Densidad
P1-Q. Organí	0,74	0,56	0,26	2,10	317434,37
P2- Q. La Guamera	0,62	0,48	0,38	2,00	424082,94
P3-Q. Tamara	0,91	0,65	0,18	2,50	78664,86
P4-Q. Achira	0,40	0,32	0,55	1,70	489107,83
P5-Q. La Planta	0,65	0,50	0,35	2,00	405349,63
P6- Q. Remolinos	0,53	0,46	0,42	1,40	582311,61
P7-Q. El Matadero	0,41	0,33	0,53	1,70	618323,15
P8-Q. La Rica	1,03	0,75	0,12	2,40	244908,35
P9-Q. Sinitave	0,56	0,45	0,38	1,80	1289808,21

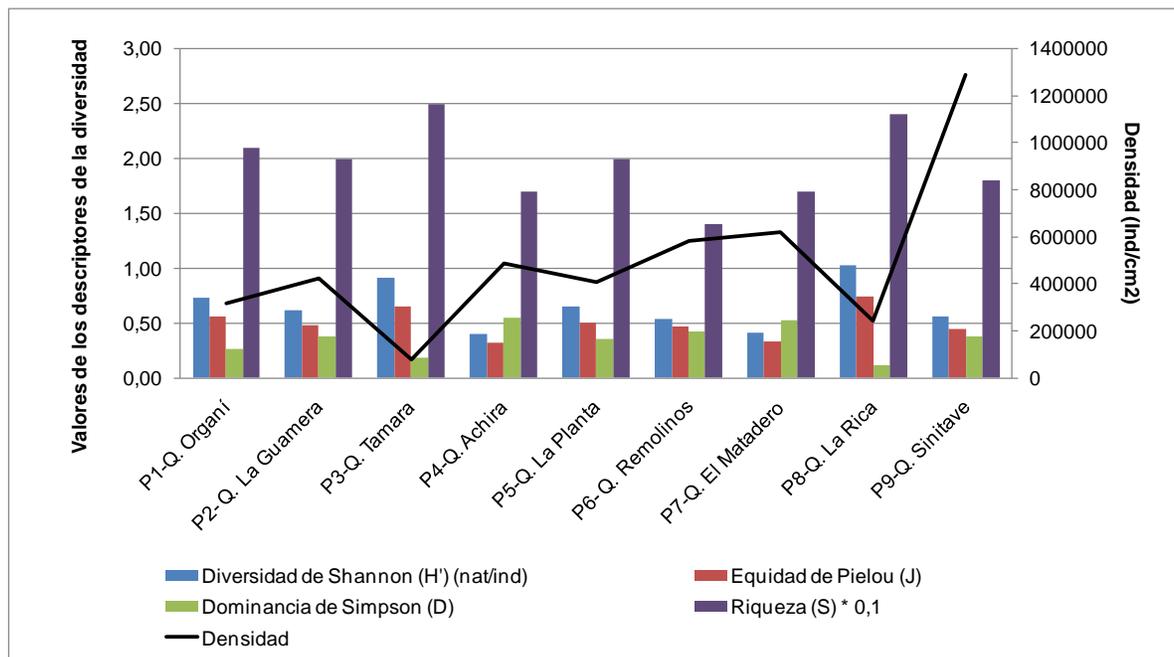


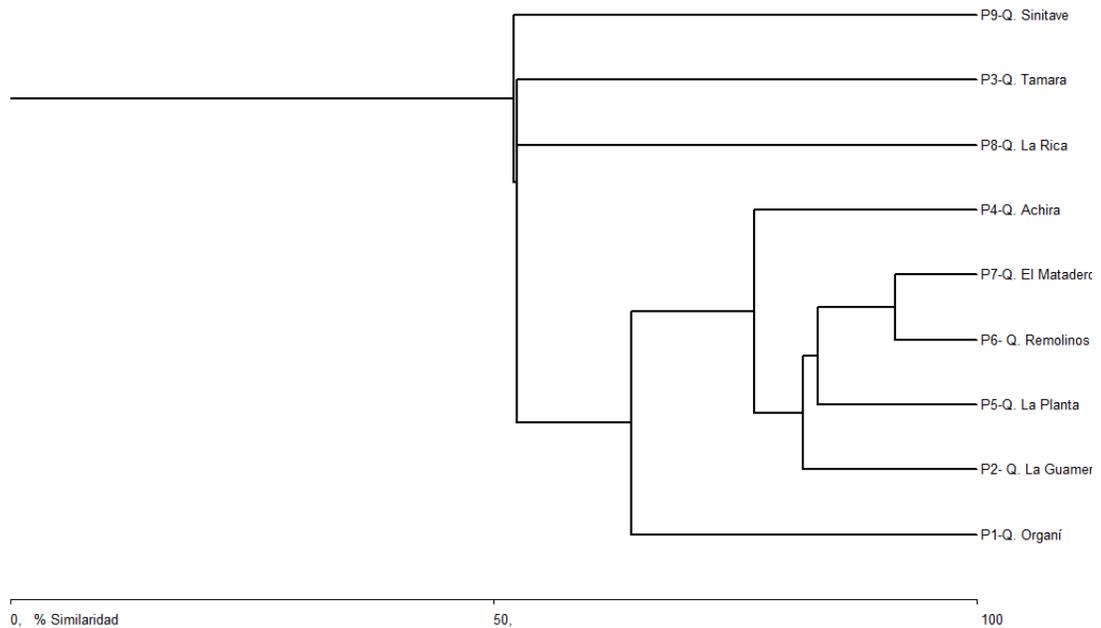
Figura 3.1.3.17 Variación espacial de los descriptores de diversidad y la densidad total del ficoperifiton en la Vía Puerto Valdivia Presa

El análisis de similitud muestra semejanzas espaciales altas en las muestras analizadas. Las Quebradas El Matadero (P7) y Remolinos (P6) presentaron el mayor porcentaje de agrupamiento (91,55%) debido posiblemente a las semejanza en las densidades encontradas en estos puntos y a la presencia de los mismos taxones en proporciones

muy similares (Tabla 3.1.3.28 y Figura 3.1.3.18). A este agrupamiento se unen otras quebradas por iguales razones.

**Tabla 3.1.3.28 Análisis de agrupamiento espacial de las Quebradas de la Vía Puerto Valdivia Presa**

	P1-Q. Organí	P2- Q. La Guamera	P3-Q. Tamara	P4-Q. Achira	P5-Q. La Planta	P6- Q. Remolinos	P7-Q. El Matadero	P8-Q. La Rica	P9-Q. Sinitave
P1-Q. Organí	*	64,2758	40,1713	59,1176	56,1355	52,257	49,7424	52,4444	36,3729
P2- Q. La Guamera	*	*	32,7016	76,9405	82,0658	80,1617	77,7504	45,4518	44,9223
P3-Q. Tamara	*	*	*	5,9518	42,0961	33,8816	28,5095	52,381	24,5561
P4-Q. Achira	*	*	*	*	63,1028	70,5715	69,068	31,2955	35,9763
P5-Q. La Planta	*	*	*	*	*	83,612	82,2749	48,6486	52,1
P6- Q. Remolinos	*	*	*	*	*	*	91,5558	48,9055	51,5039
P7-Q. El Matadero	*	*	*	*	*	*	*	40,1434	49,346
P8-Q. La Rica	*	*	*	*	*	*	*	*	40,7976
P9-Q. Sinitave	*	*	*	*	*	*	*	*	*



**Figura 3.1.3.18 Agrupamiento espacial del ficoperifiton de la Vía Puerto Valdivia Presa**

- Reajuste y actualización zona de cola del embalse

En la campaña de muestreo realizada en las Quebradas La Sucia, El Tesorero, La Rodas, Juan García y La Ordoñez se registraron 34 taxones pertenecientes 18 familias y cuatro clases agrupadas en las divisiones Cyanophyta, Chlorophyta, Chrysophyta y Euglenophyta (Figura 3.1.3.19).

De los taxones encontrados 15 pertenecen a la división Chrysophyta, estos representan el 44,11% de los taxones registrados. La división Chlorophyta estuvo representada por 11 taxones que equivalen al 32,35%, mientras las Cyanophyta y las Euglenophyta fueron representadas por seis (17,64%) y dos (5,88%) taxones respectivamente (Tabla 3.1.3.29). Al igual que en los puntos muestrados en la vía Puerto Valdivia sitio presa, la división Cyanophyta fue la más abundante y fue representada por los mismos taxones (*Chroococcus*, *Lygbya*, *Chlorococcum* y *Oscillatoria*).

Tal como ocurrió en las demás estaciones, la Chrysophyta también obtuvo representación significativa, debido a las condiciones del medio y a las adaptaciones morfológicas de las células que les confiere capacidad de fijación a los sustratos. En la Figura 3.1.3.19 se observan el número de familias y taxones para cada una de las divisiones.

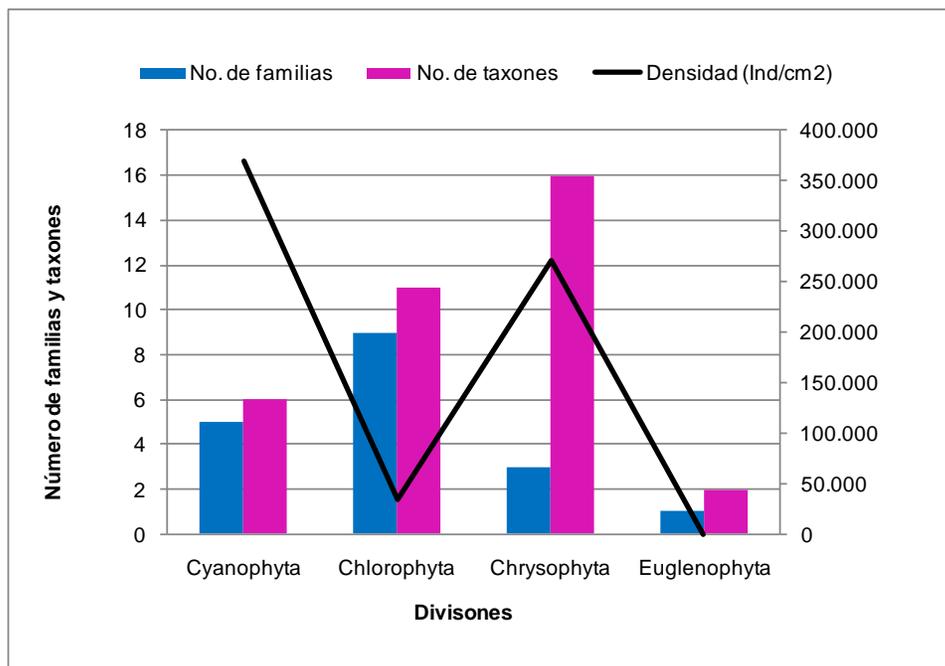


Figura 3.1.3.19 Número de familias y taxones para cada una de las divisiones

Tabla 3.1.3.29 Clasificación taxonómica del ficoperifiton registrados en el tramo de Cola de embalse

División	Clase	Familia	Taxón
Cyanophyta	Cyanophyceae	Nostocaceae	<i>Anabaena</i>
		Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>

División	Clase	Familia	Taxón
		Merismopediaceae	<i>Coelosphaerium</i>
		Oscillatoriaceae	<i>Lyngbya</i>
			<i>Oscillatoria</i>
		Microcystaceae	<i>Microcystis</i>
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcaceae	<i>Characium</i>
			<i>Chlorococcum</i>
		Desmidiaceae	<i>Closteridium</i>
			<i>Cosmarium</i>
		Mesotaeniaceae	<i>Cylindrocystis</i>
		Chlorellaceae	<i>Monoraphidium</i>
		Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i>
		Ulvophyceae	<i>Planctonema</i>
		Palmellaceae	<i>Sphaerocystis</i>
		Zygnemaceae	<i>Spirogyra</i>
Ulotrichaceae	<i>Ulothrix</i>		
Chrysophyta	Bacillariophyta	Bacillariophyceae	<i>Achnantes</i>
			<i>Achnantes inflata</i>
			<i>Amphora</i>
			<i>Anomoneoneis</i>
			<i>Cocconeis</i>
			<i>Cymbella</i>
			<i>Diatoma</i>
			<i>Gomphonema Agardh</i>
			<i>Gomphonema parvulum</i>
			<i>Navicula</i>
			<i>Nitzchia obtusa</i>
			<i>Nitzchia</i>
			<i>Pinnularia</i>
		Fragilariophyceae	<i>Fragilaria</i>
			<i>Synedra</i>
Coscinodiscophyceae	<i>Cyclotella</i>		
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenaceae	<i>Euglena</i>
			<i>Trachelomonas aff volvocina</i>

En la Figura 3.1.3.20 se especifican las densidades totales en cada una de las estaciones y las densidades para cada uno de los taxones encontrados. Las mayores densidades se registraron en la Quebrada La Rodas con 247,043,45 Ind/cm<sup>2</sup>. Los taxones más representativos fueron *Chroococcus*, *Lyngbya* y *Cocconeis* la cual ha sido reconocida por McIntire (1964) como una especie dominante en zonas de corrientes rápidas.

Soininen (2004) resalta la importancia de las adaptaciones que tienen estos taxones para mejor adherencia al sustrato, sobre todo teniendo en cuenta que la corriente juega un papel muy importante en su estructuración. Por ejemplo, la existencia de un pedúnculo gelatinoso permite que estos taxones se mantengan fijos al sustrato y puedan acceder

mejor a otros nutrientes presentes en el medio. Para *G. parvulum* se han reportado mayores abundancias en zonas de baja corriente, pues aunque posee todas las adaptaciones necesarias su adherencia al sustrato es más débil en comparación con otras especies congénicas (Casco y Toja, 2003).

*Lyngbya* fue uno de los taxones más densos en P1-Q. La Sucia donde su densidad fue 131,813,99 Ind/cm<sup>2</sup>. Este taxón es favorecido por los rizos y caballitos que lo arrastran hasta los diferentes tipo de sustratos donde se fija firmemente gracias a que posee una vaina de mucílago que le sirve también como protección contra la desecación cuando los niveles del agua disminuyen. *Fragilaria* también fue un gran contribuyente a la densidad gracias a sus adaptaciones a altas corrientes que le permiten adherirse fuertemente al sustrato a través de toda su valva (Bojorge y Cantoral, 2007), su capacidad de formar cadenas igualmente lo beneficia.

Los puntos P4-Juan García y P5- La Ordoñez obtuvieron 25,558,38 y 91,620,84 Ind/cm<sup>2</sup> respectivamente. En P4 sobresalió *Oscillatoria*, mientras *Lyngbya*, *Chroococcus*, *Chlorococcum*, *Closteridium*, *Anomoneoneis*, *Nitzchia obtusa*, *Pinnularia* y *Cymbella* fueron los más representativos en P5. Esta composición es un indicador de la importancia del caudal en el ensamblaje, pues los taxones más abundantes pertenecen a las Chrysophytas. Lo anterior es consistente con lo encontrado por Lavoie *et al.* (2005) quién reporta que la mayor variación en la composición de las diatomeas se debe principalmente a las fluctuación en el nivel de agua y el caudal. Es importante aclarar que los taxones de Chlorophytas y Cyanophyta encontrados en estos puntos son indicadores de la presencia de materia orgánica (Ortega *et al.*, 2009). De la misma manera, *Nitzchia* ha sido reportada en ecosistemas en estado avanzado de eutroficación (Round *et al.* 2000), condiciones predominantes en ambas corrientes, debido a su fuerte influencia antrópica.

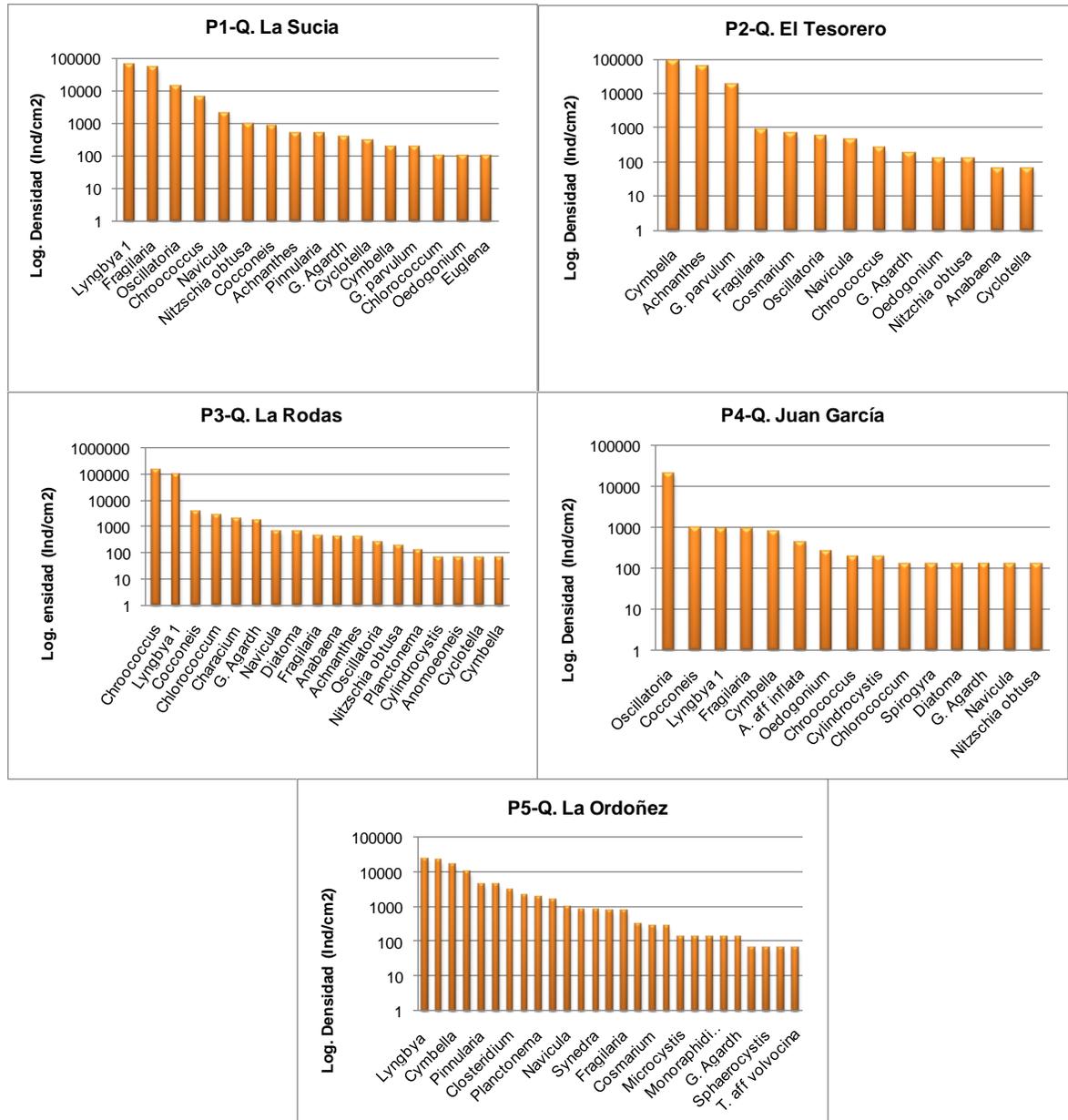


Figura 3.1.3.20 Densidad ficoperifítica de las estaciones ubicadas en el tramo de la cola del embalse

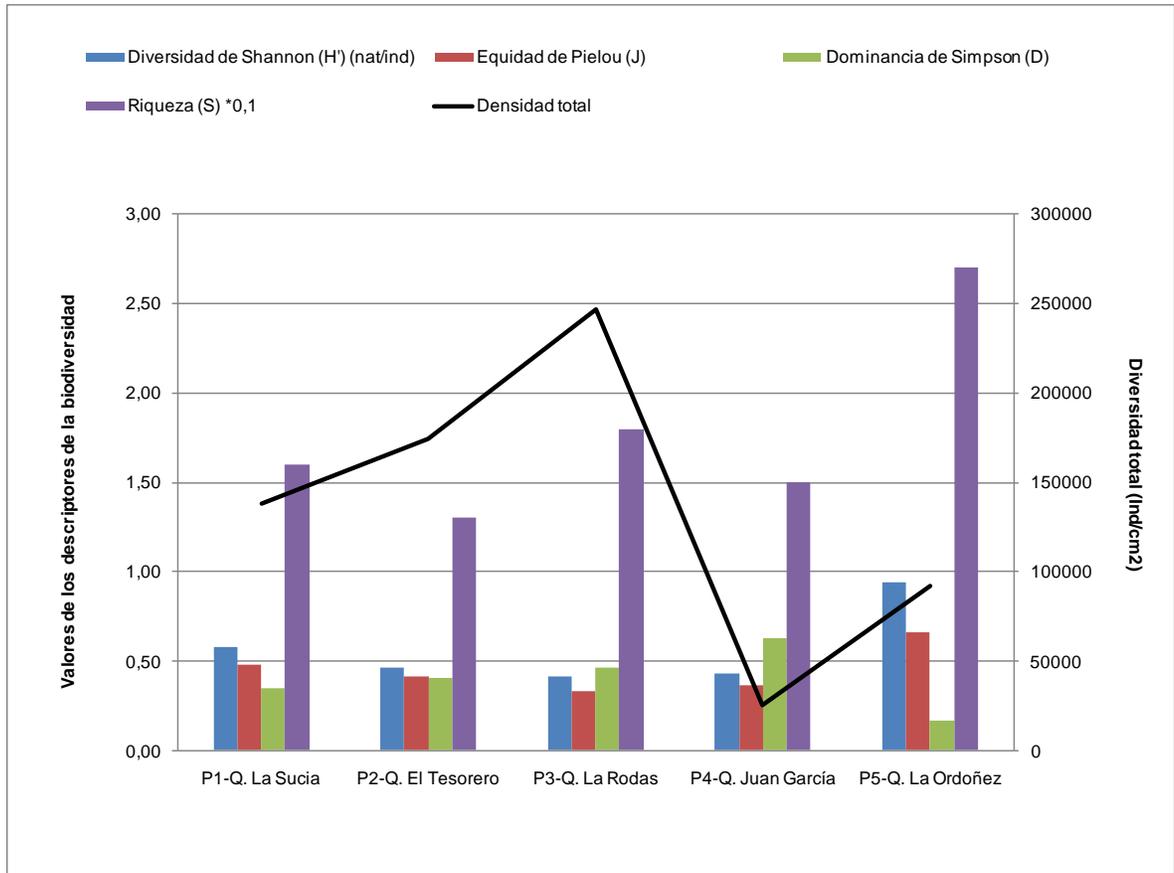
En la Tabla 3.1.3.30 y Figura 3.1.3.21, se especifican los resultados de los índices ecológicos aplicados al tramo de cola de embalse. El punto con mayor diversidad fue el P5-Quebrada La Ordoñez (0,94), seguido por el P1-Quebrada La Sucia (0,58). Valores que son correspondientes con los de riqueza de especies para cada uno de los puntos, los cuales estuvieron representados por 27 (P5) y 16 (P1) taxones.

Por su parte el P2-Quebrada El Tesorero, P4-Juan García y P3-La Rodas obtuvieron valores más bajos y muy similares, 0,46, 0,43 y 0,42 respectivamente, lo que refleja una similitud en el hábitat y en la fluctuación de las variables físicas, químicas e hidrobiológicas. El bajo resultado de este índice (0,42) para el P3-Quebrada La Rodas, a pesar de tener un valor para la riqueza de 18, podría explicarse por la dominancia de *Chroococcus* y *Lyngbya*. Los bajos niveles de diversidad para P2-Q. El Tesorero y P4-Q. Juan García pueden de alguna manera indicar la alteración de las condiciones tróficas de estos ecosistemas (Margalef, 1983), sobre todo teniendo en cuenta la intervención antrópica a la cual han sido sometidos. Para el último, su valor de dominancia (0,63) lo confirma pues allí abundó *Oscillatoria*, cianofita indicadora de altas cantidades de materia orgánica en descomposición. El índice de equidad corrobora estos resultados, siendo mayor para P5-Q. La Ordoñez, punto más diverso, manifestando así relativa regularidad en la estructura del ensamblaje.

En general, tal como lo reportan Orians (1975) y Margalef (1992), las frecuentes y moderadas fluctuaciones del nivel del agua pueden determinar un incremento en la diversidad de los ensamblajes ficoperifíticos, incluso varios estudios reportan una relación inversa entre el caudal y la corriente con la diversidad (Lamb y Lowe, 1987; Mosisch y Bunn, 1997; Ghosh y Gaur, 1998; Ryder *et al.*, 2006. En: Ramírez, 2008) y se ha llegado a plantear que en regiones de caudal medio se presenta un mejor desarrollo del ensamblaje (Martínez y Donato, 2003; Díaz y Rivera, 2004). Estos planteamientos podrían explicar los resultados para los índices de ecológicos pero evidentemente se requiere estudios de mayor profundidad para llegar a probar este postulado.

**Tabla 3.1.3.30 Valores de los descriptores de diversidad del ficoperifiton en el tramo de cola de embalse**

Índice	P1-Q. La Sucia	P2-Q. El Tesorero	P3-Q. La Rodas	P4-Q. Juan García	P5-Q. La Ordoñez
Diversidad de Shannon (H') (nat/ind)	0,58	0,46	0,42	0,43	0,94
Equidad de Pielou (J)	0,48	0,42	0,33	0,37	0,66
Dominancia de Simpson (D)	0,34	0,40	0,47	0,63	0,16
Riqueza (S) *0,1	1,60	1,30	1,80	1,50	2,70
Densidad total	223972,13	390023,02	309884,21	36968,00	159518,78



**Figura 3.1.3.21 Variación espacial de los descriptores de diversidad y la densidad total del ficoperifiton en el tramo de cola de embalse cartográfico**

El dendograma de asociación (Figura 3.1.3.22) muestra bajas semejanzas espaciales en las muestras analizadas. El mayor porcentaje de agrupamiento lo presentaron las muestras de P5-Q. La Ordoñez y P1-Q. La Sucia (33,89%) debido a que presentaron los valores más altos de diversidad y riqueza, y los más bajos de dominancia lo que manifiesta condiciones ecológicas muy similares entre si. A este grupo se unió P3- Q. La Rodas con un porcentaje de semejanza del 27,48% y la mayor densidad del muestreo. P2-Q. El Tesorero obtuvo un valor para la riqueza de especies de 13 lo que puede explicar su aislamiento de los demás puntos.

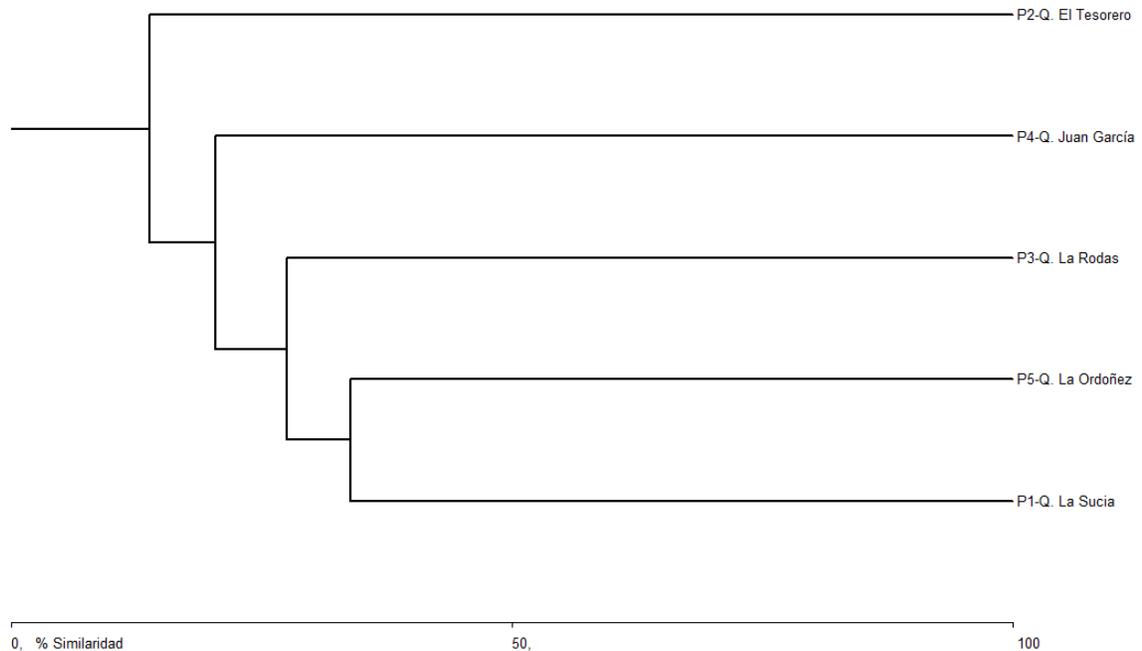


Figura 3.1.3.22 Agrupamiento espacial del ficoperifiton del tramo de cola de embalse cartográfico

De acuerdo con los datos analizados para cada una de las quebradas influenciadas por proyectos, las mayores densidades algales corresponden a las Cianofitas con los taxones *Chroococcus*, y *Oscillatoria* característicos de ambientes muy húmedos, poco profundos y ricos en materia orgánica (Palmer, 1962 y 1969; Sant’Anna y Martins, 1982; Sant’Anna et. al., 1989. En: Ramírez, 2000) y *Lyngbya* que es reconocido como formador de grandes masas perifíticas (Komarek, 2003). De la división clorofita, el taxón más importante debido a su abundancia fue *Chlorococcum*, el cual es muy común en zonas húmedas aledañas a cuerpos de agua, hasta donde llega por medio de la escorrentía o en épocas de inundación. Como otros géneros del grupo Chlorococcales, parece tener preferencia por aguas poco profundas y turbias, así como por ecosistemas eutróficos e influenciados por la actividad humana (Palmer, 1962 y 1969; Sant’Anna y Martins, 1982; Sant’Anna et. al., 1989. En: Ramírez, 2000).

El grupo de las diatomeas, en menor o mayor proporción, están presentes a lo largo de todos los sitios muestrados, lo que indica el proceso de eutrofización por el que atraviesan estos ecosistemas. *Gomphonema* es reconocida por ser uno de los taxones más tolerantes a condiciones fisicoquímicas extremas, *Nitzschia* ha sido predominante en sitios con presencia de mestales pesados y alta demanda química de oxígeno (Velázquez, et al, 2006), *Fragilaria* es un taxón que abunda en ambientes con altos niveles de nutrientes, mientras *Cyclotella* ha sido catalogada como típica de ambientes moderadamente eutróficos.

Las euglenophytas tienen una importancia ecológica primordial en aguas ricas en nutrientes y materia orgánica como las quebradas analizadas puesto que aportan oxígeno evitando condiciones anóxicas en ambientes con estas características, permitiendo a su vez el crecimiento de bacterias aeróbicas que contribuyen a la depuración de las aguas (Arcos y Gómez, 2006). Su presencia en estos ecosistemas podría ser un beneficio para los mismos pero teniendo en cuenta que su densidad es tan baja es casi imperceptible el efecto que pueden ejercer sobre los mismos.

Para las quebradas analizadas se evidenció alta homogeneidad en la composición de los ensamblajes perifíticos, producto de las características tróficas y factores fisicoquímicos que afectan el sistema. Esto indica que la variación en las condiciones del hábitat es baja, generalizando así la condición de eutrofización de todos los ecosistemas. Para corroborar este supuesto es necesario el análisis de otras variables. De la misma manera, los valores de densidad indican que los sitios ofrecen condiciones adecuadas para que diferentes grupos de ficoperifiton se establezcan en ellos.

### 3.1.2.3.2 Macroinvertebrados

- Estudio de Impacto Ambiental

En la Tabla 3.1.3.31 se presentan los registros del Diagnóstico Ambiental de Alternativas para la carretera Santa Fe de Antioquia – Puerto Valdivia, realizado por Integral en 1996, el cual a su vez incluye los datos de los estudios realizados por Roldán *et al.* 1981 y por Integral (1993) sin discriminar los resultados correspondientes a cada uno.

**Tabla 3.1.3.31 Muestreo de macroinvertebrados en área de estudio**

Taxa	Río Cauca Puente de Occidente	Río Cauca Liborina	Río Cauca SabanaLarga	Río Cauca Puente Pescadero	Quebrada La Barbuda	Quebrada Juan Garcia	Quebrada Rodas	Quebrada La Honda	Quebrada Clara	Quebrada Peque	Quebrada La Pená	Quebrada Santamaria	Quebrada Tacui	Río San Andrés	Río Ituango
Phylum Platyhelminthes:															
Clase Turbellaria															
ORDEN TRICLADIDA															
Planariidae															
Dugesia				2	3	1		1					6		
Phylum Nematomorpha:															
Clase Nematomorpha															
Phylum Annelida:															
Clase Oligochaeta															

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

ORDEN HAPLOTAXIDA																			
Tubificidae	2			8															
Phylum Arthropoda:																			
Clase Insecta																			
ORDEN EPHEMEROPTERA																			
Leptohiphidae	1																		
Leptohiphes																			
Thricorythodes				7	10	51		37	24	16	19	5	5		3				2
Leptophlebiidae																			
Thraulodes			3	3	11	8		10	11	12	7		3		19				1
Trepides																			
Baetidae	2		4	46		19	5		6	7	1	6		2					20
Moribaetis						R2													
Camellobaetidius				17	5	60	28	2	4	4	2				58				68
Baetodes				72	132	93			61	11	29	22	21		47				7
Oligoneuriidae																			
Lachlania																			
ORDEN ODONATA																			
Libellulidae				2		1	1	1					2						
Brechmoroga				1			1												
Orthemis											1								
Gomphidae																			
Coenagrionidae																			
Argia									1	1									
Calopterygidae																			
Hetaerina				1									6						
ORDEN PLECOPTERA																			
Perlidae																			
Anacroneuria					1	1			1	10	3	2	3						
ORDEN MEGALOPTERA																			
Corydalidae																			
Corydalus								1	3			2	1		1				

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

ORDEN HEMIPTERA																		
Belostomatidae																		
Belostoma																		
Naucoridae																		
Limnocoris						1											4	
Cryphocricos																		
Veliidae																		
Microvelia										2	1							
Rhagovelia							R2										1	R1
Stridulivelia																	1	
Gerridae							R2											R1
Notonectidae																		
Notonecta																	1	
ORDEN COLEOPTERA																		
Familia Elmidae							R2										1	R1,R2
Elsianus											1						6	
Heterelmis							1	12										
				3	2	R2	R2	12	7	58	7	5	6					R1
Cylloepus						R2	R2	R2	R2									R1
Microcylloepus								1									1	
Stenelmis										1		1	3					
Psephenidae																		
Psephenops							R2				1							R1
Ptilodactylidae																		
Anchytarsus																		1
ORDEN TRICHOPTERA																		
Calamoceratidae																		
Phylloicus																	2	
Hydropsychidae																		
					2	23	21	21	11									32
Leptonema				4	R1	R2	R2	R2	R2	7	1	3	5	3				R1,R2
Smicridea					R1		R2											R1
Hydroptilidae											1							

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Ocrotrichia					1			3	3		5		3		2
Leucotrichia					2	1			6		1				
Leptoceridae					2									1	
Nectopsyche						1	2	1			1	1			2
							8								
Grumichella					R2		R2	6		11	2			2	2
Hydrobiosidae															
														1	
Atopsyche						1			3	1		1		R2	
					1									2	
Glossosomatidae				R1		R2		1						R1	4
Helicopsychidae															
Helicopsyche						R2								R1	1
Philopotamidae															
Chamarra								3							
Wormaldia						R2	R2							R1	
Polycentropodidae						R2								R1	
ORDEN LEPIDOPTERA															
Pyralidae													1	R1	
ORDEN DIPTERA															
						27	192	146						37	
Chironomidae	4		8	4	69	R2	R2	R2	116	40	160	31	11	R2	16
Ceratopogonidae															
Alluaudomyia					4	1	5			2	1				
Stilobezzia											4				
Atrichopogon														R2	
Tipulidae														R1	
Tipula												3			
Molophilus											1				
Psychodidae															
Maruina					12	4	5	25	20	50	4	4		2	3
Psychoda										1					
Clognia											4				
Dolichopodidae															
Aphrosylus											1				

Culicidae																	1
Simuliidae																	
				2	12	61	21								11		
Simulium		4		R2	R2	R2	R2	31	16	16	28	3		R1,R2			
Dixidae																	
Dixella								1					3				
Empididae											1						
Hemerodromia								1									
Blepharoceridae																	
Limonicola					R2												
Phylum Mollusca:																	
Clase Gastropoda																	
ORDEN MESOGASTROPODA																	
Pleuroceridae													6				
ORDEN BASOMMATOPHORA																	
Lymnaeidae																	
Lymnaea					R2												
Physidae																	
Physa					R2												
No organismos / estación	9		19	24	267	231	540	388	299	244	284	114	109	219			131
Nº familias / estación	4		4	7	14	14	13	14	16	15	18	13	20	12			11

Convenciones: R1: Reportados por Roldán *et al.* 1981 y por Integral, 1993; R2: Reportados por Integral, 1996.

En estos estudio se llevaron a cabo muestreos en el Río Cauca y en algunos afluentes, de los cuales coinciden con el estudio actual las estaciones: Pescadero, sobre el Río Cauca; Río San Andrés y Quebradas Honda, Juan García, Barbuda y Rodas. El Río San Andrés se muestreo en los tres estudios, mientras que Río Cauca -Pescadero tiene reportes en los estudios de 1982 y 1993; las otras quebradas sólo fueron muestreadas en el estudio de 1996.

En los estudios mencionados se observa que en el Río San Andrés y en la Quebrada Juan García se registra un número muy significativo de géneros entre 1882 y 1993 (el doble de los registrados en el estudio actual), el cual a su vez supera el número de géneros reportados en 1996, que corresponde a diez géneros en el Río San Andrés y a sólo cuatro géneros en la Quebrada Juan García. En el Río Cauca, en la estación de Pescadero, se registran siete géneros en los estudios de 1982-1993 igualando el número de géneros encontrados en el actual, en tanto que en las quebradas mencionadas, el muestreo actual muestra mejores registros que los obtenidos en 1996.

A pesar de que las condiciones en cada uno de los muestreos pueden ser diferentes y que estos inciden fuertemente sobre los resultados (sitios de muestreo, períodos

climáticos), de manera general el estudio de 1996 muestra que la mayoría de los géneros encontrados son indicadores de aguas ligeramente contaminadas y muchos de ellos son abundantes dentro del ecosistema, coincidiendo con las observaciones actuales.

En la Tabla 3.1.3.31 se presenta además el listado de los macroinvertebrados encontrados en el estudio actual. En él se registran 44 géneros y 36 familias, las cuales pertenecen a doce órdenes y cuatro Phylum diferentes. Se observa un comportamiento muy semejante en las corrientes en cuanto al número de familias por estación, aunque sobresalen las Quebradas Tacui y Pená, donde se registran 21 y 18 familias respectivamente, contrastando con los otros puntos de muestreo donde se encontraron entre doce y quince. También puede observarse que el Orden Díptera es el mejor representado, con nueve familias, seguido del Trichoptera con ocho. En el grupo de los Dípteros se registran 1.229 individuos, correspondientes al 43% del total de organismos encontrados, mientras que el grupo de los Tricópteros está representado por un bajo número de ejemplares, que corresponden al 7,8 % del total de organismos; y aunque los Ephemeroptera agrupan apenas a tres familias, en estos se registran 1.204. Por lo tanto, como se puede observar en la Tabla 3.1.3.31, el 42.85% de los individuos registrados pertenece a sólo dos órdenes.

En cuanto a la abundancia de organismos, las estaciones con mayor número de individuos fueron la Quebrada Rodas (540), seguido por las quebradas Honda y Clara, con 388 y 299, respectivamente. A excepción de las estaciones establecidas sobre el Río Cauca, las quebradas con menor abundancia son Tacui y Santa María, como se puede observar en la Figura 3.1.3.23.

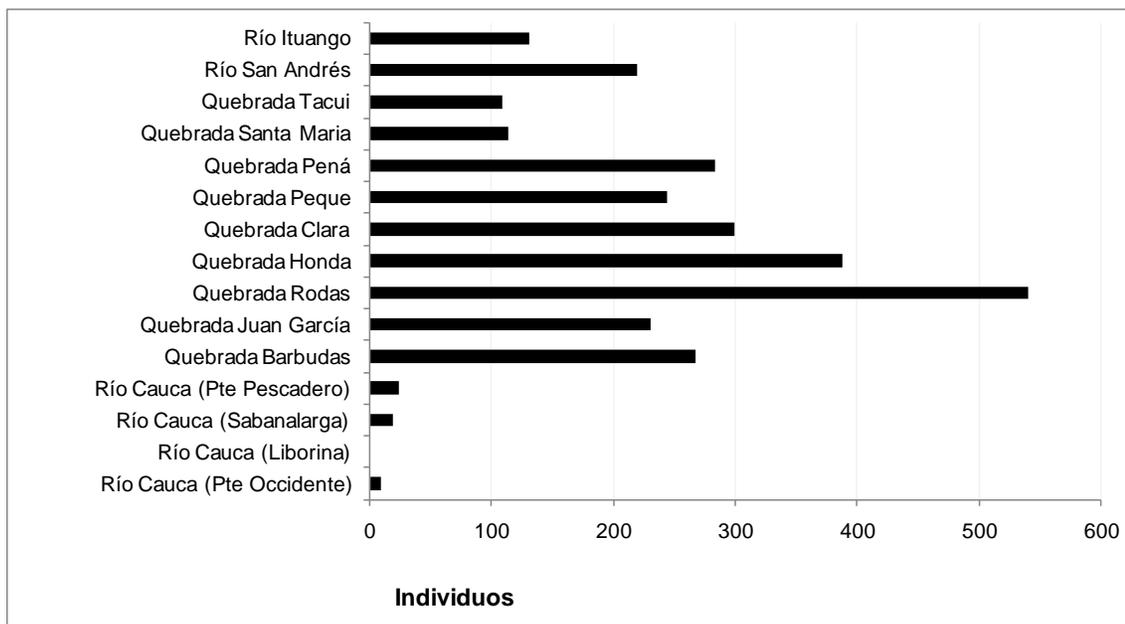


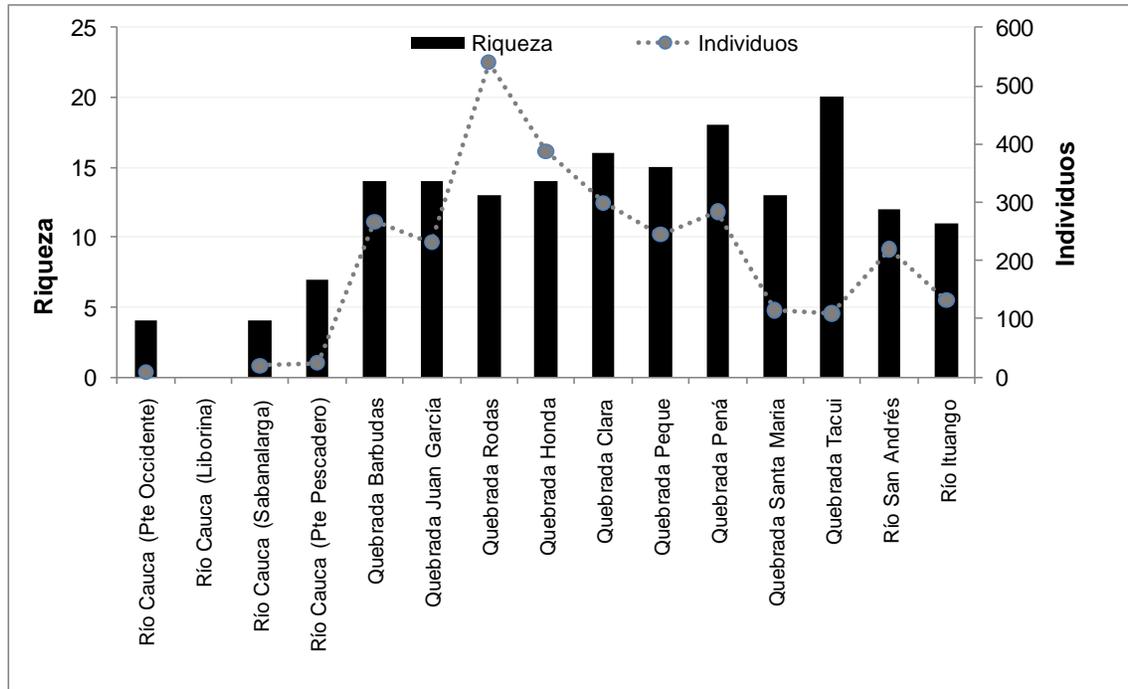
Figura 3.1.3.23 Número total de individuos encontrados en cada estación

Es importante resaltar la baja abundancia de organismos en todas las estaciones del Río Cauca, donde no se superaron los 24 individuos (Puente Pescadero); siendo el caso más claro el de la Estación Liborina, donde el muestreo arrojó un resultado de cero individuos. Este caso especial podría deberse a las condiciones de alta velocidad de la corriente que hacen bastante inestable el sustrato, formado en su mayoría por material de arrastre, lo cual limita de manera importante el establecimiento de los organismos bentónicos.

Por otra parte, en aquellos sitios donde el fondo es rocoso no se puede utilizar la draga Ekman y la funcionalidad de la red Surber es bastante limitada, debiéndose muestrear otros sitios donde se registraron pocos organismos. Además, el sustrato se cubre de sedimento fino, que afecta las estructuras respiratorias de una amplia variedad de organismos lo cual se ve confirmado porque la mayor parte de las especies registradas en las estaciones sobre el Río Cauca, corresponden a organismos que se encuentran en aguas turbias o en lodo y toleran cierto grado de contaminación como las familias Chironomidae, Planariidae, Tubificidae, Baetidae e Hydropsychidae.

Adicionalmente, las condiciones fisicoquímicas en la estación Río Cauca-Liborina se caracterizan por valores altos de turbiedad y conductividad, bajas concentraciones de oxígeno disuelto y pH por encima del rango establecido en las estaciones de Sabanalarga y Pescadero. No se tiene una razón clara acerca del por qué en la estación Río Cauca-Liborina no se encontró ningún organismo, puesto que las condiciones observadas en este sitio, son básicamente las mismas que en las estaciones de Sabanalarga y en el Puente de Occidente, aunque en ella se encontró una altísima concentración de Hierro (97,29 mg/l), siendo un rango entre 5,0 y 6.0 mg/l indicador de cierto grado de contaminación.

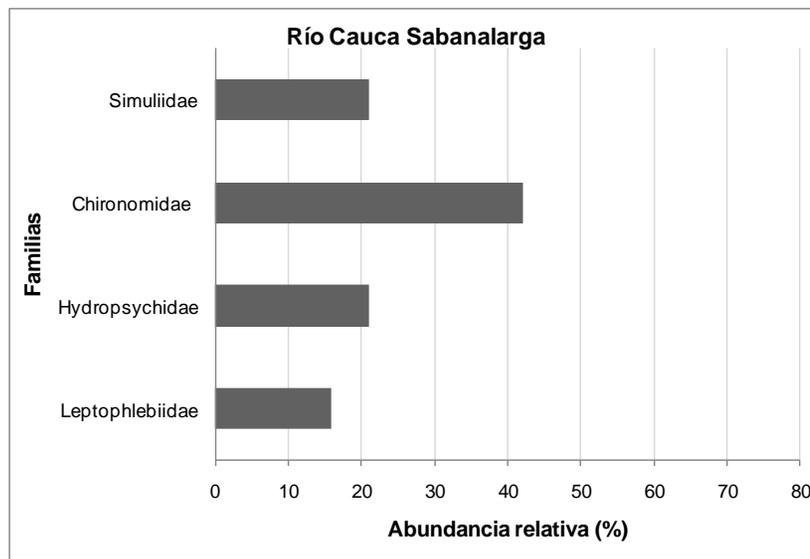
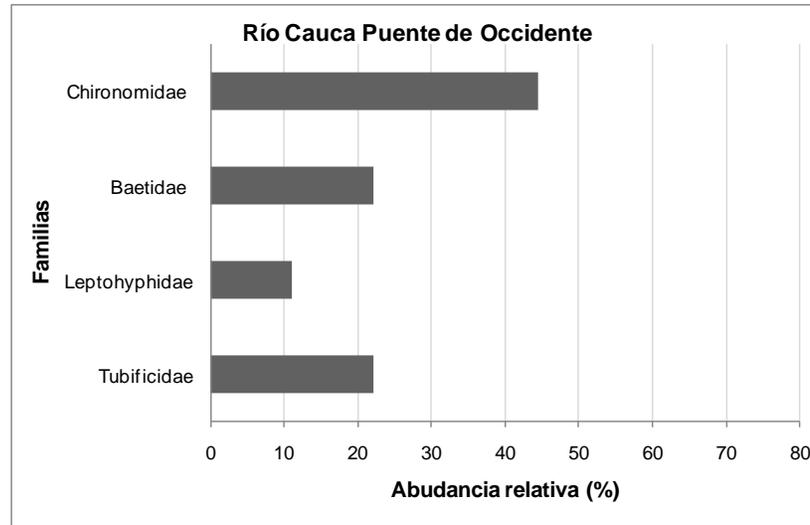
La gran diferencia de riqueza y la abundancia observada entre las estaciones (ver la Figura 3.1.3.24), puede estar relacionada con las características de las corrientes, puesto que en algunas se presenta mayor diversidad en el sustrato un caudal y una corriente moderados, que a su vez posibilitan mayor estabilidad y espacio para el establecimiento de los diferentes organismos.

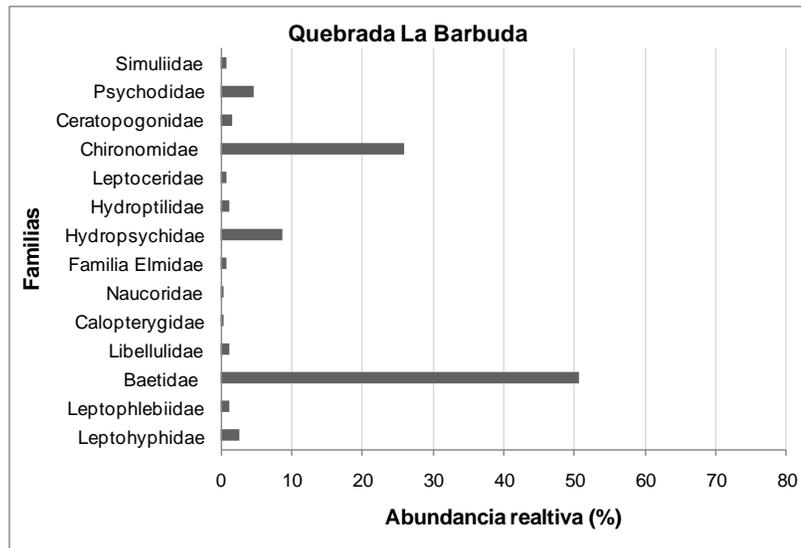
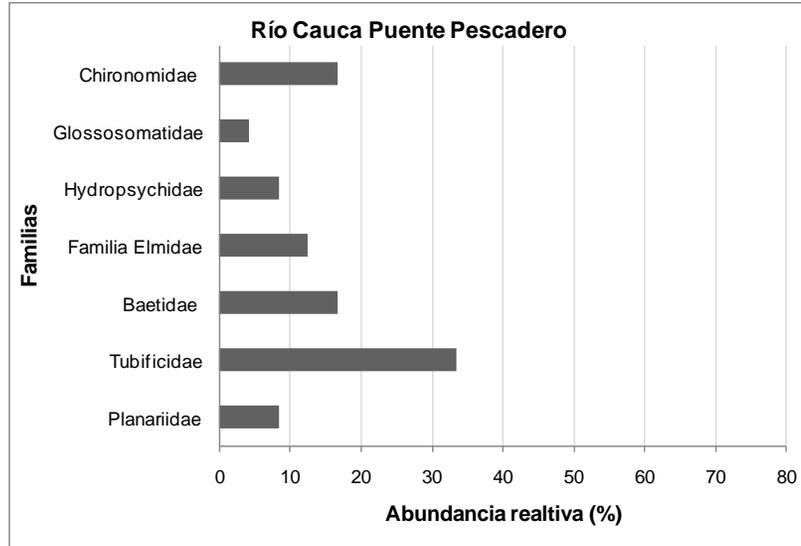


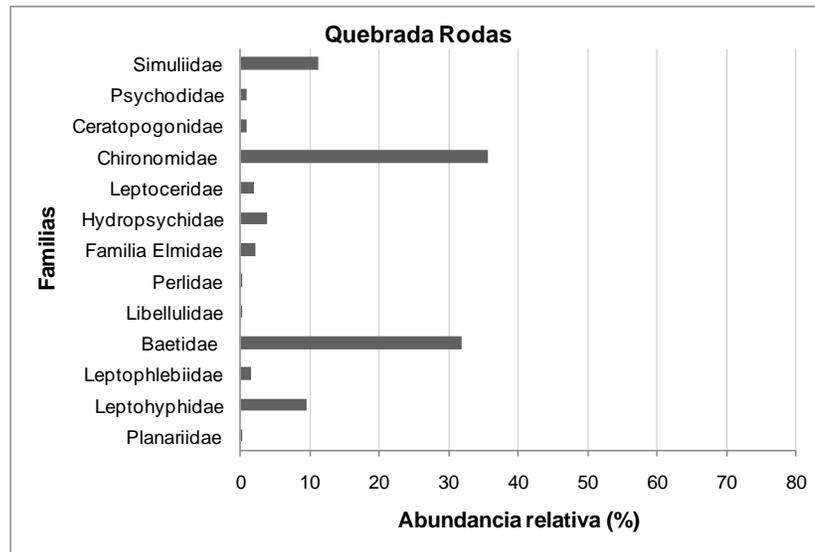
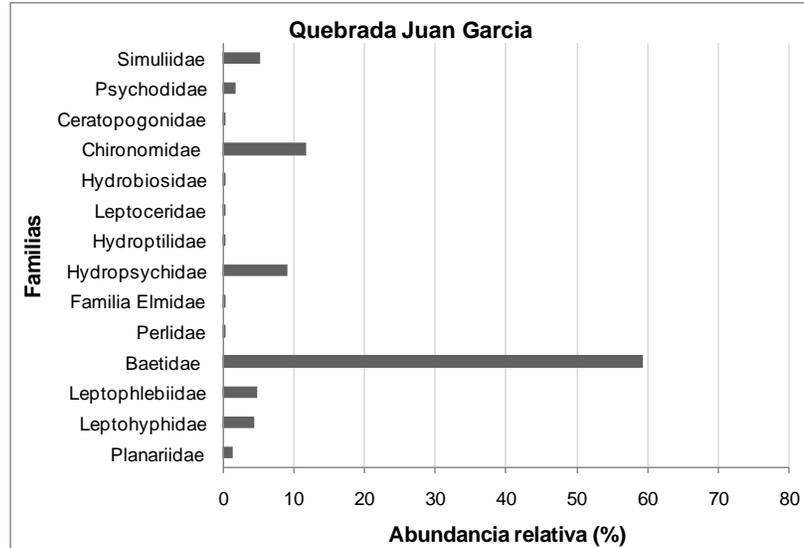
**Figura 3.1.3.24 Riqueza y abundancia en el Río Cauca y otras corrientes de la zona de estudio**

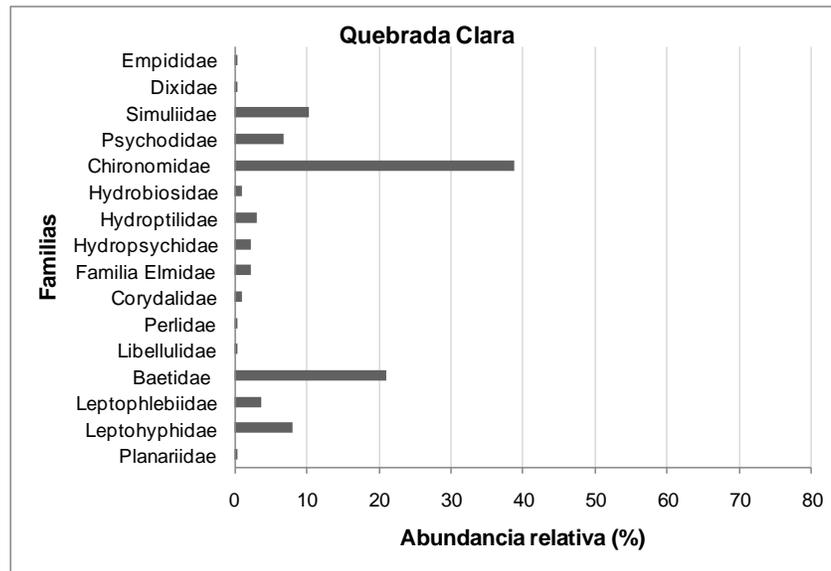
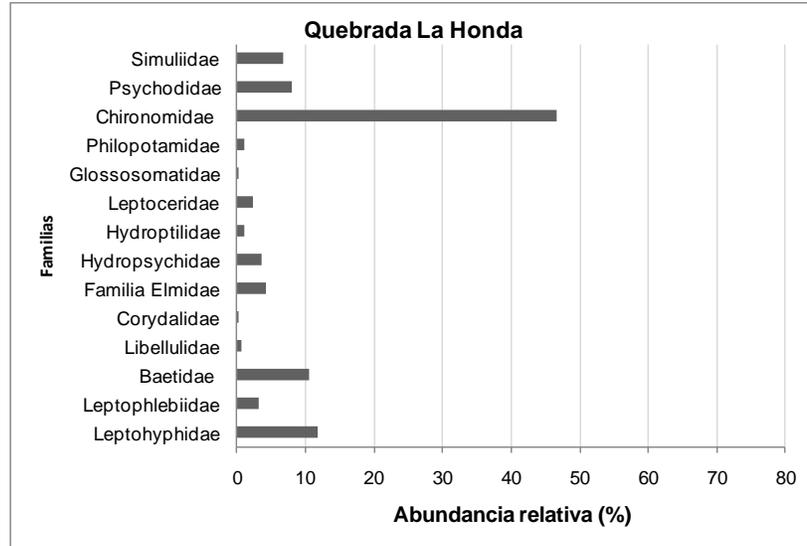
Las estaciones sobre el Río Cauca, no sólo presentan los valores más bajos de riqueza, sino que también registran la menor densidad poblacional, especialmente en el Puente de Occidente, con 33 individuos/m<sup>2</sup>. Esto refleja la existencia de factores de estrés para los organismos como caudales torrenciales y alta concentración de sólidos suspendidos. No obstante, en las estaciones donde se registra la mayor riqueza, no son aquellas donde hay una mayor abundancia y viceversa, como se observa en la figura anterior

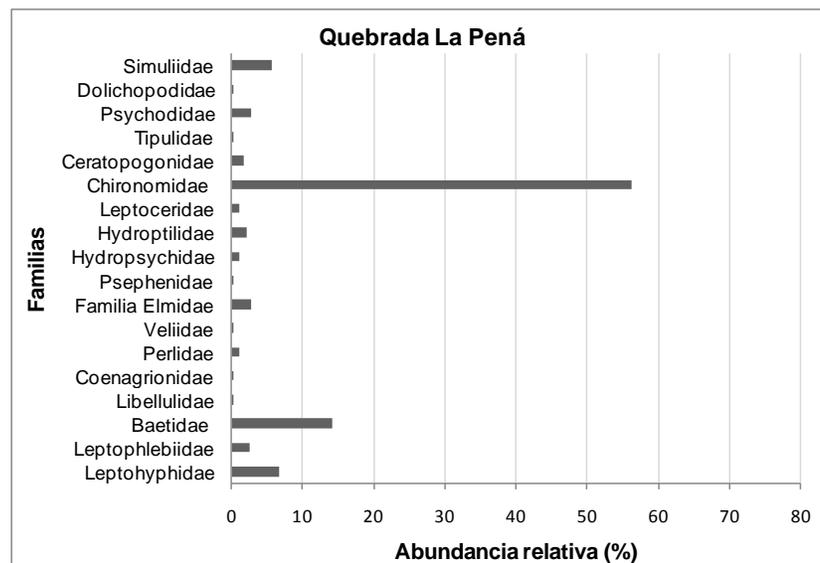
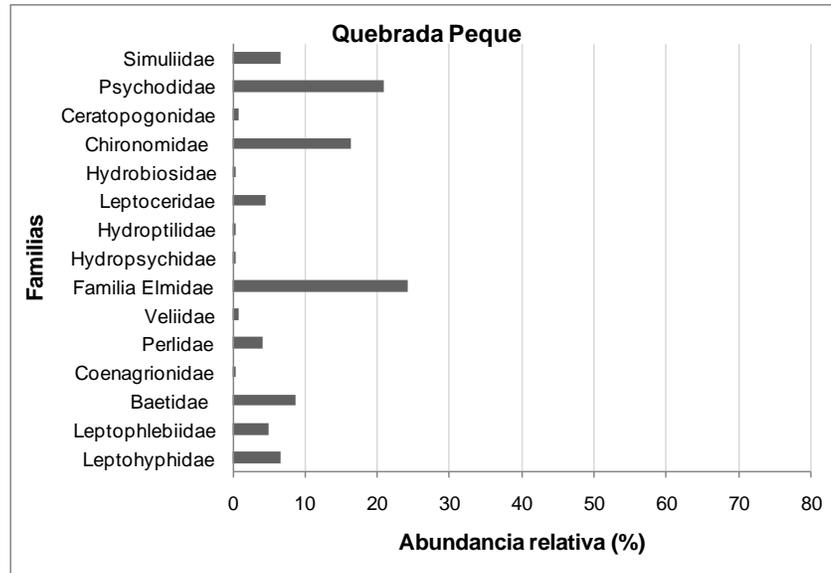
En los histogramas de distribución de abundancia (ver la Figura 3.1.3.25) donde se registran únicamente las familias representadas por más de cinco individuos, se aprecia con claridad que en casi todas las estaciones de muestreo el mayor número de organismos pertenece a las familias Baetidae (típicos de aguas de ligera a medianamente contaminadas) y Chironomidae (característicos de aguas con abundante materia orgánica en descomposición).

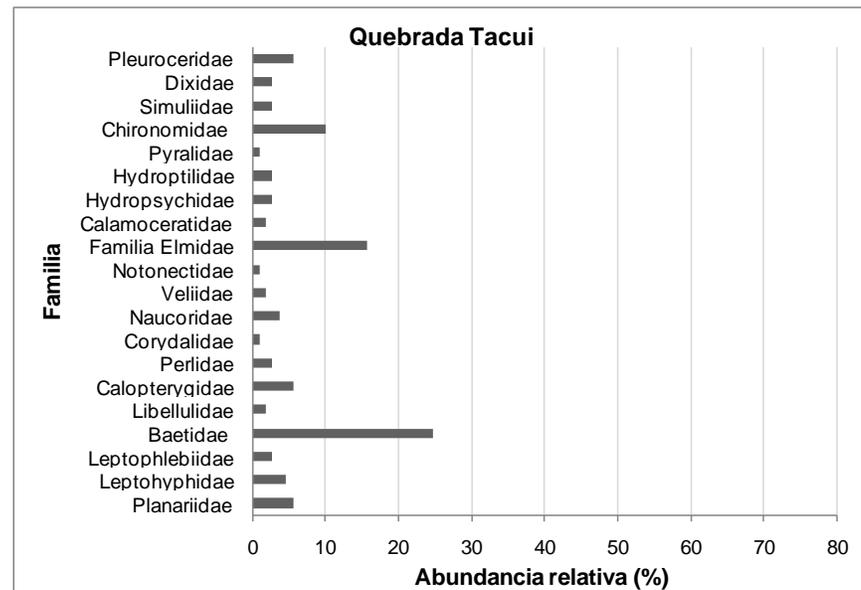
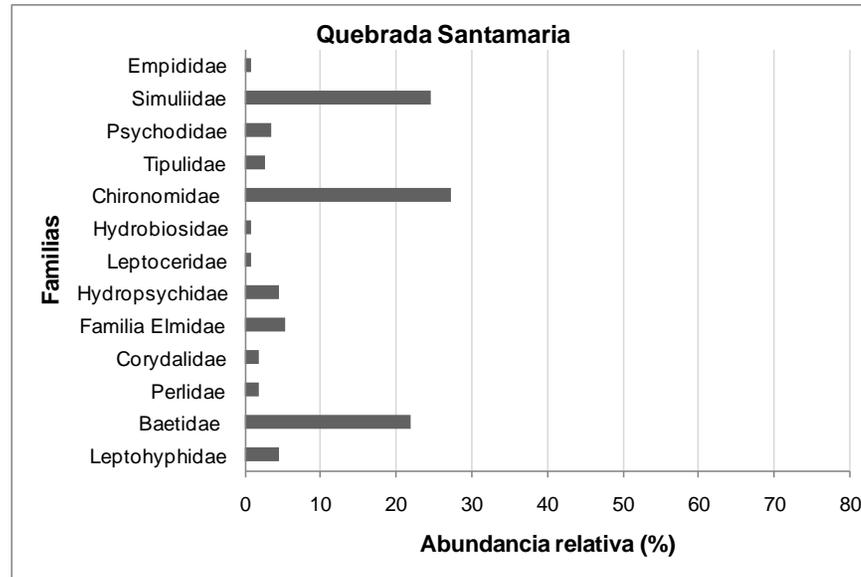


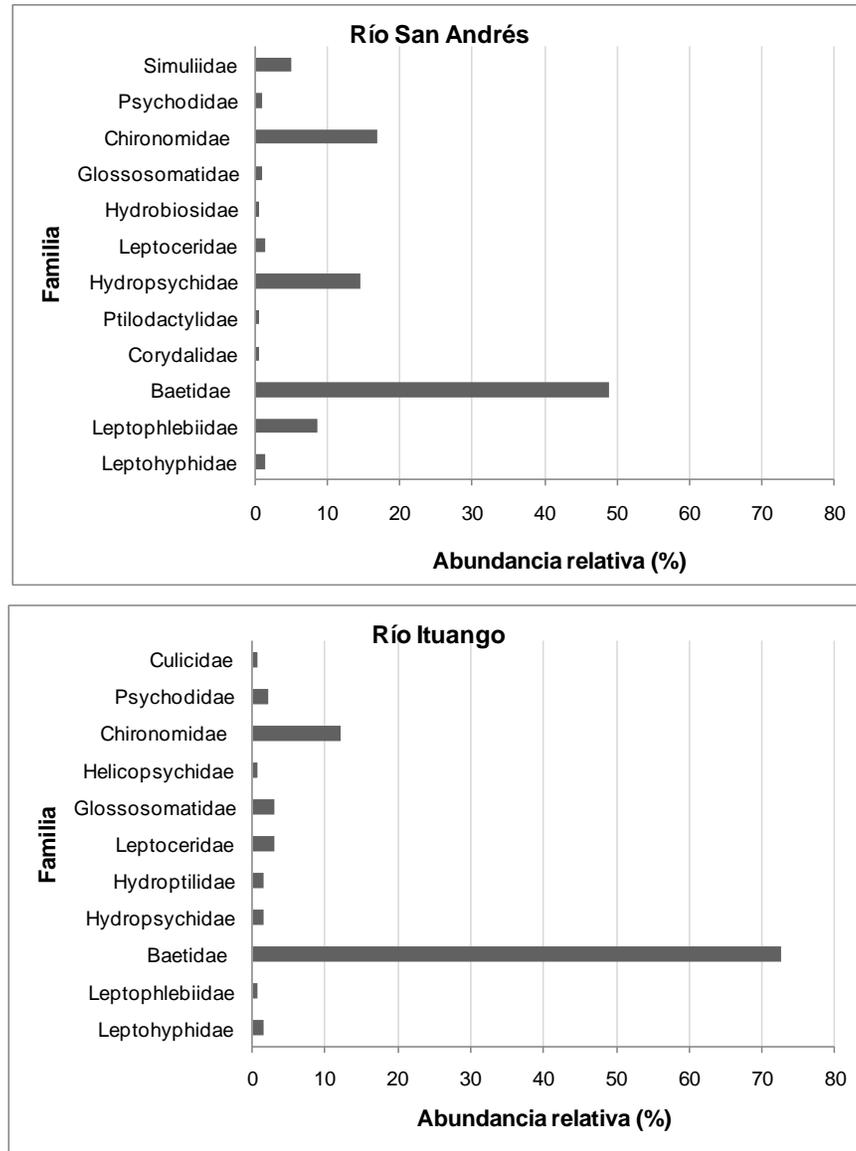












**Figura 3.1.3.25 Histogramas de distribución de abundancia en el río Cauca y otras corrientes de la zona de estudio**

En estos histogramas también se observa que en las estaciones río Cauca-Puente Pescadero y Río Cauca-Sabanalarga, sólo una familia está representada por más de cinco individuos, y en Río Cauca-Puente de Occidente, ninguna familia supera esta cifra. Las familias representadas por un bajo número de organismos no son significativas en la caracterización de un sitio determinado, a pesar de que muchas de ellas son indicadoras de aguas oligomesotróficas o ligeramente contaminadas.

De manera general puede decirse, a partir del índice de diversidad de Shannon y del índice de calidad BMWP, que las corrientes de la zona de estudio presentan aguas limpias a medianamente contaminadas, a excepción de las estaciones de Río Cauca-

Sabanalarga y Río Cauca-Puente de Occidente, las cuales presentan aguas muy contaminadas, como se puede observar en la Tabla 3.1.3.32 y la Tabla 3.1.3.33

**Tabla 3.1.3.32 Índice de calidad BMWP para el Río Cauca y otras corrientes**

Estación	Valor de BMWP	Calidad	Significado
Río Cauca (Pte Occidente)	17	Crítica	Aguas muy contaminadas
Río Cauca (Liborina)			
Río Cauca (Sabanalarga)	26	Crítica	Aguas muy contaminadas
Río Cauca (Pte Pescadero)	45	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
Quebrada Barbudas	91	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas
Quebrada Juan García	97	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas
Quebrada Rodas	87	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas
Quebrada Honda	108	Buena	Aguas muy limpias
Quebrada Clara	103	Buena	Aguas muy limpias
Quebrada Peque	105	Buena	Aguas muy limpias
Quebrada Pená	119	Buena	Aguas muy limpias
Quebrada Santa Maria	81	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas
Quebrada Tacui	133	Buena	Aguas muy limpias
Río San Andrés	87	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas
Río Ituango	71	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas

La mejor calidad de agua en el área de estudio se encuentra en la Quebrada Tacui, donde se registra la mayor riqueza, y consecuentemente el más alto índice de diversidad, seguida por el Río Peque. En contraste, y como era de esperar, la equidad presenta valores más altos en estaciones con baja diversidad.

Por su parte, los índices de dominancia de Simpson y de Berger Parker alcanzan valores altos para el Río Ituango y la Quebrada Juan García, donde la familia Baetidae domina sobre las otras, con 73% en el caso del primero y 59% en el segundo (ver Tabla 3.1.3.33). Esta misma familia, propia de aguas ligera a medianamente contaminadas, predomina en el Río San Andrés y la Quebrada Barbuda, con 49% y 51%, respectivamente. Debido a esta característica de composición poblacional observada, en estas corrientes la equidad es cercana a cero, con índices de diversidad y riqueza menores que las Quebradas Tacui y Peque.

**Tabla 3.1.3.33 Atributos de la comunidad de macroinvertebrados**

Estación	D ( ind/m <sup>2</sup> )	S	Mg	H	Ds	d	J'	E5	Números de Hill	
									N1	N2
Río Cauca (Pte Occidente)	33	4	1,37	1,27	0,31	0,44	1,76	0,87	3,57	3,24
Río Cauca (Liborina)										
Río Cauca (Sabanalarga)	70	4	1,02	1,31	0,29	0,42	1,82	0,898	3,71	3,44

Estación	D ( ind/m <sup>2</sup> )	S	Mg	H	Ds	d	J'	E5	Números de Hill	
Río Cauca (Pte Pescadero)	89	7	1,89	1,77	0,2	0,33	3,44	0,832	5,87	5,05
Quebrada Barbudas	989	14	2,33	1,51	0,33	0,51	3,98	0,57	4,51	3
Quebrada Juan García	855	14	2,39	1,48	0,38	0,59	3,91	0,478	4,4	2,62
Quebrada Rodas	2.000	13	1,91	1,67	0,25	0,36	4,28	0,688	5,31	3,97
Quebrada Honda	1.437	14	2,18	1,8	0,24	0,38	4,74	0,636	6,03	4,2
Quebrada Clara	1.107	16	2,63	1,9	0,22	0,39	5,28	0,621	6,71	4,55
Quebrada Peque	904	15	2,55	2,12	0,15	0,24	5,75	0,764	8,36	6,62
Quebrada Pená	1.052	18	3,01	1,65	0,35	0,56	4,77	0,445	5,21	2,87
Quebrada Santa Maria	422	13	2,53	1,94	0,19	0,27	4,98	0,705	6,97	5,21
Quebrada Tacui	404	20	4,05	2,39	0,11	0,25	7,16	0,783	10,92	8,77
Río San Andrés	811	12	2,04	1,55	0,3	0,49	3,84	0,635	4,69	3,34
Río Ituango	485	11	2,05	1,09	0,54	0,73	2,62	0,423	2,98	1,84

**D: Densidad, S: Riqueza, Mg: Índice de Margalef, H: Índice de Shannon – Wiener, Ds: Índice de Simpson, J': Índice de Pielou, E: Equidad, D: Berger - Parker**

Observando las características locales del lecho en los sitios de muestreo así como los resultados de los análisis fisicoquímicos puede pensarse que en estos ecosistemas existen factores que favorecen el establecimiento de algunos organismos y su proliferación, y la desaparición de otros más vulnerables a los cambios ambientales. Entre estos cambios están la mayor velocidad de la corriente, o cambios en las características fisicoquímicas del medio como turbiedad, temperatura, gases como oxígeno y dióxido de carbono; alcalinidad, pH, conductividad, sólidos disueltos, la dureza (definida por la cantidad de iones de calcio y magnesio y en general iones como carbonatos), sulfatos, aniones (como los cloruros) y cationes (como sodio y potasio), el hierro, el fósforo y el nitrógeno que son los dos elementos más importantes para la productividad primaria en los ecosistemas acuáticos, entre otros.

De otro lado, en la Quebrada Pená también se observan valores significativos en los índices de Simpson y de Berger Parker, con dominancia de la familia Chironomidae (56%). Aunque se presenta una buena riqueza de especies, puesto que la equidad (E5) se ve afectada levemente por la riqueza de las especies.

En las estaciones del Río Cauca se observan valores más significativos en el índice de diversidad debido a que el bajo número de familias registradas presentan una distribución más equitativa dentro de la comunidad (ver valores de equidad cercanos a uno). Sin embargo, el número de organismos encontrados durante los muestreos en estas estaciones no son suficientemente representativos como para definir el estado de esta corriente a través de ellos.

Los números de Hill, N1 y N2, representan las familias abundantes y muy abundantes de cada comunidad; a través de ellos se resaltan nuevamente la Quebrada Tacui y el Río Peque, como las corrientes donde se registra el mayor número de estas familias. Por lo tanto, son estas corrientes las que presentan una distribución más equitativa de familias,

por ejemplo, en la Quebrada Tacui el 44% de las familias son muy abundantes y el 55% son abundantes y en el Río Peque el 44% de las familias son muy abundantes y el 56% son abundantes. Por lo tanto, se corrobora con estos resultados que estos sitios son los más diversos. En contraste, los valores bajos de N1 y N2 se registran en el Río Ituango y en las estaciones de Sabanalarga y el Puente de Occidente sobre el Río Cauca, indicando la dominancia de pocas familias.

Considerando los resultados obtenidos, es importante resaltar que la Quebrada Tacui presenta características que la hacen diferente a las otras corrientes muestreadas, como: menor caudal, flujo suave, cuenca de reducida extensión y que no recibe vertimientos, aunque se ve afectada por la deforestación; mientras que las otras corrientes consideradas en este estudio reciben vertimientos de poblaciones o viviendas aledañas y todos están afectados por la deforestación de sus riberas en los sitios de muestreo.

A modo de conclusión se tiene que:

A pesar de que las condiciones de muestreos, los sitios determinados para las estaciones y los períodos climáticos en que se tomaron las muestras pueden ser diferentes, los resultados obtenidos en estudios anteriores son muy semejantes a los actuales.

Las corrientes estudiadas presentan un comportamiento muy semejante en cuanto al número de familias registradas por estación, aunque sobresalen en número las quebradas Tacui y Pená.

El Orden Díptera fue el más representativo en las muestras analizadas, presentando el mayor número de familias y de individuos; y aunque los Efemerópteros registraron un bajo número de familias, también estuvieron representados por un número bastante representativo de individuos.

Las estaciones donde se encontró el mayor número de individuos fueron la quebrada Rodas, Honda y Clara en su orden respectivo. Las quebradas con menor abundancia son Tacui y Santa María, a excepción de las estaciones establecidas sobre el Río Cauca donde la abundancia es demasiado baja. Este resultado, así como bajos valores de riqueza y densidad poblacional en las estaciones establecidas sobre el Río Cauca, pueden estar relacionados con la presencia de factores de estrés para los organismos como caudales torrenciales y alta concentración de sólidos suspendidos.

En la estación de Liborina sobre el Río Cauca no se encontró ningún organismo debido probablemente a la altísima concentración de hierro registrada en esta estación, la cual puede estar indicando una alta contaminación en este lugar.

En casi todas las estaciones de muestreo la mayoría de los organismos pertenecen a las familias Baetidae y Chironomidae, los primeros propios de aguas de ligera a medianamente contaminadas y los otros habitan aguas con abundante materia orgánica en descomposición.

A través del índice de diversidad de Shannon y del índice de calidad BMWP, puede decirse que las corrientes de la zona de estudio presentan aguas de limpias a medianamente contaminadas, a excepción de las estaciones de Sabanalarga y el Puente de Occidente sobre el Río Cauca, las cuales presentan aguas muy contaminadas. La mejor calidad de agua en el área de estudio se encuentra en la quebrada Tacui y el río

Peque, puesto que presentan la mayor riqueza, y consecuentemente el más alto índice de diversidad. Además, el valor de la equidad refleja que las familias registradas en estas corrientes comparten abundancias similares o cercanas a uno.

En el Río Ituango y en la quebrada Juan García se registran los mayores valores en el índice de dominancia de Simpson y de Berger Parker, puesto que en ellos es clara la dominancia de la familia Baetidae habitante de aguas de ligera a medianamente contaminadas. Los bajos índices de dominancia encontrados en las estaciones sobre el Río Cauca se deben a que las familias registradas presentan una distribución equitativa dentro de la comunidad. Sin embargo, los organismos recolectados en estas estaciones no son suficientemente representativos como para definir el estado de esta corriente.

- Vía Sustitutiva

En las quebradas del área de influencia de la vía sustitutiva, se recolectaron 2100 individuos agrupados en dos phylum, 10 órdenes, 47 familias y 79 taxones, la mayoría pertenecientes a estados inmaduros de insectos. En la Tabla 3.1.3.34 se presenta la ubicación taxonómica y la abundancia total de los taxones encontrados.

Los órdenes que presentan la mayor diversidad son Trichoptera con nueve familias y 14 taxones, Coleoptera con ocho familias y 21 géneros y Diptera con nueve familias y 15 taxones (ver Tabla 3.1.3.34).

**Tabla 3.1.3.34 Ubicación taxonómica y abundancia de los taxones de macroinvertebrados encontrados en las quebradas localizadas de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010**

Clase, Orden, Familia	Taxón	Quebradas							
		Bolivia	Burundá	Villa Luz	Tenche	Ticuitá	Orejón	Chirí	Carepero
<b>Phylum Platyhelminthes</b>									
Tricladida									
Dugesidae	<i>Girardia</i>	1		1					
<b>Phylum Arthropoda</b>									
Decapoda									
Pseudothelphusidae	Pseudothelphusidae s.d.	14	9	8	10	4	3	5	
Insecta									
Plecoptera									
Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	5	55			72	13	22	18
Trichoptera									
Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i>	9	1		1		121		9
	<i>Atanatolica</i>					1	14	5	
	<i>Oecetis</i>		1						
	<i>Triplectides</i>			1					
Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	3	11	3			3	39	13
	<i>Leptonema</i>	2	40	20	1		5	13	15
	<i>Zumatrichia</i>							1	
Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	23	8	16	9		19	3	9

## ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

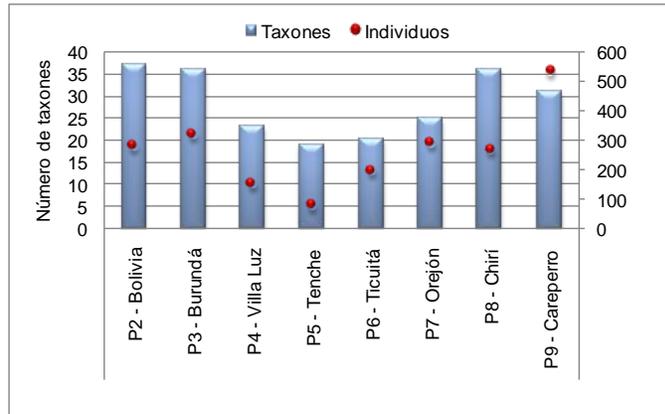
Clase, Orden, Familia	Taxón	Quebradas							
		Bolivia	Burundá	Villa Luz	Tenche	Ticuitá	Orejón	Chirí	Carepero
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	3	1			6		1	
Glossosomatidae	Glossosomatidae s.d.	4						8	21
Odontoceridae	<i>Marilia</i>		1			41		5	
Philopotamidae	<i>Chimarra</i>						1		1
	<i>Wormaldia</i>					2			
Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>					13	1	1	
Ephemeroptera									
Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	1	10	19	5		25	31	81
	<i>Atopophlebia</i>				1				
Baetidae	Baetidae s.d.		3		5	2	2	7	4
	<i>Baetodes</i>	1	1				1	3	23
	<i>Mayobaetis</i>	1	7		2		2	4	1
Leptohiphidae	<i>Leptohyphes</i>	15	10				35	27	5
	<i>Tricorythodes</i>							2	6
Oligoneuriidae	<i>Lachlania</i>					8			
Odonata									
Gomphidae	<i>Progomphus</i>	3		3		12			
Libellulidae	Libellulidae					1			
	<i>Brechmorhoga</i>		16		1			1	55
Coenagrionidae	<i>Argia</i>		1	13	2				2
Megapodagrionidae	<i>Megapodagrion</i>	3		8		2	2		
	<i>Heteragrion</i>						4		
Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	1			1	9	1		
Lestidae	<i>Lestes</i>	2				2	1		
Polythoridae	<i>Polythore</i>			1					
Hemiptera (Heteroptera)									
Naucoridae	<i>Limnocoris</i>	9			1	8	3	3	
	<i>Ambrysus</i>	1		8					
Veliidae	<i>Rhagovelia</i>	5	1		12		2	17	
	<i>Microvelia</i>	1	2						
Notonectidae	<i>Buenoa</i>	4			3				
Saldidae	Saldidae s.d.	1							
Gerridae	<i>Trepobates</i>	18				1			
Coleoptera									
Elmidae	Elmidae s.d. 1		2						
	<i>Disersus</i>	9	3	6				1	
	<i>Pseudodisersus</i>							2	
	<i>Cylloepus</i>		1						
	<i>Heterelmis</i>	21	9	2	1			3	4
	<i>Phanocerus</i>		2					3	1

## ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Clase, Orden, Familia	Taxón	Quebradas							
		Bolivia	Burundá	Villa Luz	Tenche	Ticuitá	Orejón	Chirí	Careperro
	<i>Macrelmis</i>	1						6	1
	<i>Microcyloepus</i>						1		1
	<i>Pharceonus</i>							1	
Gyrinidae	<i>Elmoparnus</i>		1						
	<i>Dryops</i>							1	
	<i>Gyrinus</i>	5		1	2				
Lutrochidae	<i>Lutrochus</i>							2	
Hydrophilidae	Hydrophilidae 1 s.d.	1					1	1	
	Hydrophilidae 2 s.d.					1			
Psephenidae	<i>Psephenops</i>					7			
Ptilodactylidae	Ptilodactylidae s.d.		1	3				1	
	<i>Tetraglossa</i>	3				1		1	
Staphylinidae	Staphylinidae s.d. 1							1	
	Staphylinidae s.d. 2	2				1			2
Scirtidae	<i>Scirtes</i>		1	1					
Megaloptera									
Corydalidae	<i>Corydalis</i>	2	2			1	2	2	2
Diptera									
Chironomidae	Chironomidae s.d.	95	42	25	18		22	42	132
Ceratopogonidae	<i>Probezzia</i>		4						6
	<i>Stilobezzia</i>		2						1
Dixidae	<i>Dixella</i>	1	2						3
Dolichopodidae	<i>Aphrosylus</i>				1				
	<i>Rhaphium</i>		1						
Simuliidae	<i>Simulium</i>	6	1						91
Tipulidae	<i>Hexatoma</i>	1	38	10				2	9
	<i>Limonia</i>		1						1
	<i>Molophilus</i>		25	1					8
Tabanidae	<i>Chrysops</i>			1					
Psychodidae s.d.	Psychodidae								2
Stratiomyidae	Stratiomyidae s.d.				1				
	<i>Odontomyia</i>		1						1
	<i>Psychoda</i>							1	
<b>Total individuos</b>		<b>277</b>	<b>317</b>	<b>151</b>	<b>77</b>	<b>195</b>	<b>287</b>	<b>266</b>	<b>530</b>
<b>Total taxones</b>		<b>37</b>	<b>37</b>	<b>23</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>36</b>	<b>31</b>

En la Figura 3.1.3.26 se compara el número total de individuos y la riqueza de taxones por sitio de muestreo. La quebrada Bolivia (P2) presentó la mayor riqueza de taxones (37) seguida por las quebradas Burundá (P3) y Chirí (P8), con 36 taxones cada una y Careperro (P9) con 31 taxones. Las quebradas Tenche (P5) y Ticuitá (P6) registraron el

menor número de taxones (19 y 20, respectivamente). La abundancia de individuos sigue el mismo patrón que la riqueza, con excepción de la quebrada Careperro, que aunque no presentó la mayor diversidad si registró el mayor número de individuos.



**Figura 3.1.3.26** Número total de individuos y riqueza de taxones encontrados en los puntos de muestreo de la zona de estudio

En la Figura 3.1.3.27 se presenta la abundancia relativa de los macroinvertebrados acuáticos en cada punto de muestreo. En la quebrada Bolivia (P2) se recolectaron 277 individuos pertenecientes a 37 taxones, de los cuales 31 fueron identificados hasta el nivel de género; fue dominante un género de la familia Chironomidae sin determinar (34,3%); esta familia de dípteros no se considera buena indicadora de la calidad del agua, por las razones que se mencionarán más adelante; le siguen en abundancia el tricóptero *Phylloicus* (familia Calamoceratidae) y el coleóptero *Heterelmis* (familia Elmidae), con 8,3 y 7,58%, respectivamente; el primero es indicador de aguas limpias y el segundo de aguas ligeramente contaminadas.

En la quebrada Burundá (P3) se recolectaron 317 individuos agrupados en 36 taxones, de los cuales 31 se identificaron hasta género. La mayor abundancia relativa la registró *Anacroneuria* (17,41%), plecóptero de la familia Perlidae la cual es indicadora de aguas muy limpias y oxigenadas, el agua de la quebrada se observó muy clara con una corriente en forma de rizos y correderas, características apropiadas para la colonización de este género. Le sigue en abundancia el taxón de la familia Chironomidae (13,29%), la cual como ya se mencionó no es buena indicadora de la calidad del agua.

En la quebrada Villa Luz (P4) se encontraron 151 individuos incluidos en 23 taxones, con 20 identificados hasta el rango de género. La comunidad está dominada por Chironomidae con 16,56%; le sigue en abundancia el tricóptero *Leptonema* (13,25%) y el efemeróptero *Thraulodes* (12,58%), el primero pertenece a la familia Hydropsychidae, indicadora de aguas limpias a ligeramente contaminadas y el segundo a la familia Leptophlebiidae, indicadora de aguas limpias a levemente contaminadas.

En la quebrada Tenche (P5) se recolectaron 77 individuos pertenecientes a 19 taxones, de los cuales 15 se determinaron hasta el nivel de género; en este sitio también fue dominante el taxón de Chironomidae s.d., con 23,38%; a éste le sigue el género

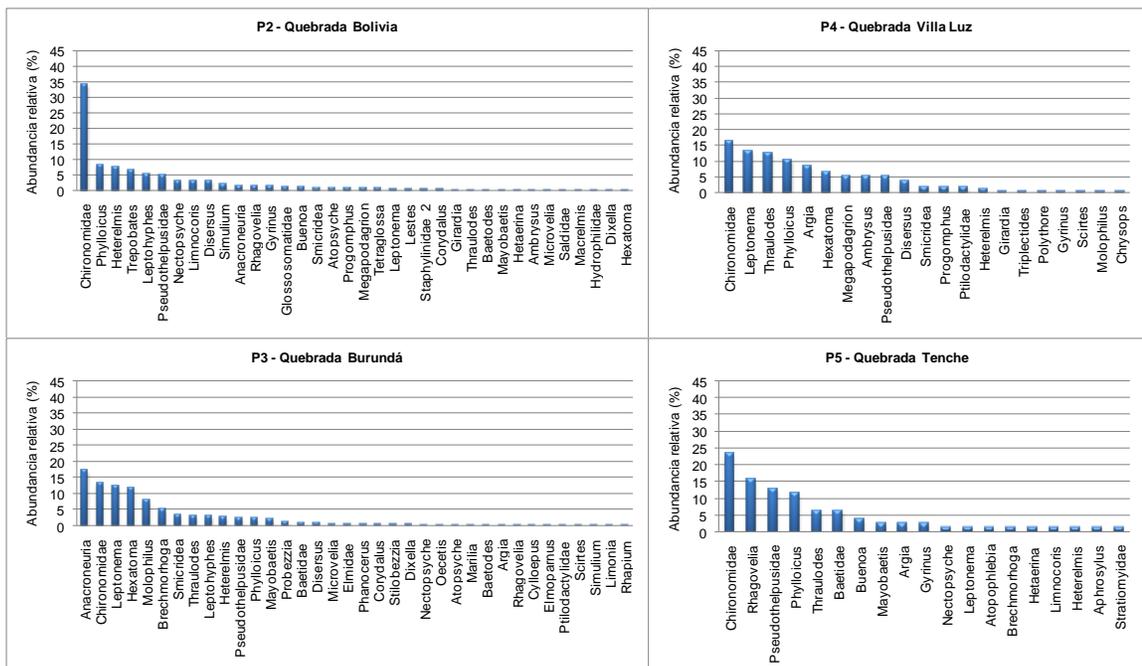
*Rhagovelia* (15,58%), hemíptero de la familia Veliidae. Los vélidos, comúnmente conocidos como “patinadores”, son organismos muy tolerantes a diferentes tipos de contaminación antrópica, aunque no pueden vivir si hay cualquier agente tensoactivo que reduzca la tensión superficial del agua, por estas razones, no se les considera como buenos indicadores de la calidad del agua (Álvarez, 2005).

En la quebrada Tucuitá (P6) se recolectaron 195 individuos agrupados en 20 taxones, con 15 identificados hasta género. La mayor abundancia la presenta el género *Anacroneturia* (36,92%), que como ya se mencionó es propio de aguas limpias, seguido por el tricóptero *Marilia* de la familia Odontoceridae con 21,03%, la cual también es indicadora de aguas limpias.

En la quebrada Orejón se encontraron 287 individuos representados en 25 taxones, 21 de ellos determinados hasta el nivel de género. El tricóptero *Nectopsyche* de la familia Leptoceridae fue el género con la mayor abundancia (32,16%) seguido por el efemeróptero *Leptohyphes* de la familia Leptohyphidae con 12,2%; ambas familias son indicadoras de aguas ligeramente contaminadas.

En la quebrada Chirí (P8) se capturaron 266 individuos pertenecientes a 36 taxones, de los cuales 26 se determinaron hasta el nivel de género. Nuevamente la comunidad está dominada por el género de la familia Chironomidae (16,09%), seguido muy de cerca por *Smicridea*, tricóptero de la familia Hydropsychidae, la cual se encuentra en aguas limpias a ligeramente contaminadas.

Finalmente, en la quebrada Careperro (P9) se recolectaron 530 individuos incluidos en 31 taxones, 26 de ellos identificados hasta género. Los macroinvertebrados más abundantes fueron el quironómido sin determinar (24.91%) seguido por *Simulium* (17,17%), indicador de aguas moderadamente contaminadas (ver Figura 3.1.3.27).



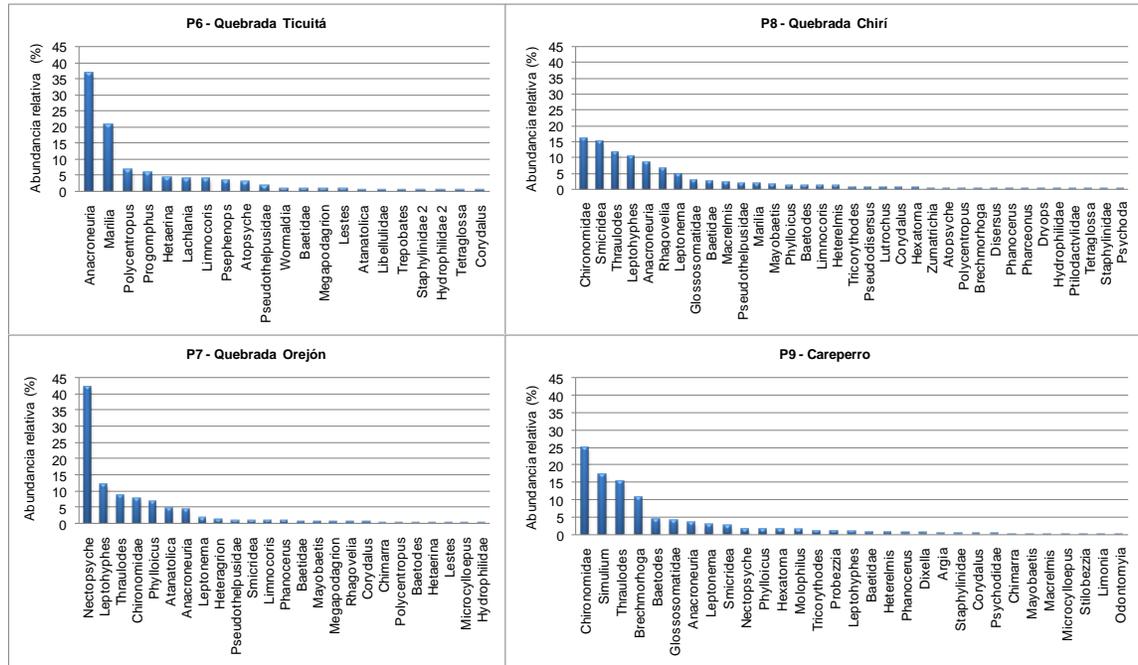


Figura 3.1.3.27 Abundancia relativa de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en los puntos de muestreo

En general, en toda la zona de estudio los taxones con el mayor número de individuos fueron Chironomidae (díptero), el plecóptero *Anacronuria* (familia Perlidae), el efemeróptero *Thraulodes* (familia Leptophlebiidae) y el tricóptero *Nectopsyche* (familia Leptoceridae). A continuación se describen algunas generalidades de estos taxones.

La familia Chironomidae (Diptera) incluye géneros y especies que cubren todo tipo de ecosistemas acuáticos dulceacuícolas, así como todo el rango de calidad del agua, desde zonas de aguas frías y muy limpias hasta zonas muy contaminadas y anóxicas, como es el caso de *Chironomus* sp. Este organismo tiene hemoglobina en su hemolinfa, pigmento respiratorio le permite captar oxígeno en condiciones de falta casi total de oxígeno disuelto en el medio acuático. Por las anteriores razones, a esta familia no se le considera buena indicadora de la calidad del agua, a no ser que el género dominante sea *Chironomus* (Álvarez, 2005), lo cual no corresponde al encontrado en los cuerpos de agua muestreados. Adicionalmente, a diferencia de otros grupos de insectos, los quironómidos como los demás dípteros emergen durante todo el año, lo que los hace abundantes y frecuentes en todos los sitios donde se recolectan (Roldán y Ramírez, 2008).

Las ninfas de *Anacronuria*, plecóptero de la familia Perlidae, viven en aguas rápidas, bien oxigenadas, debajo de piedras, troncos, ramas y hojas (Roldán, 1996). Es un organismo muy sensible a cambios en las condiciones del hábitat y de la calidad del agua, pues es muy susceptible al enriquecimiento de carga orgánica residual y déficit de oxígeno, por eso se ha incrementado el interés por su utilización en el campo de la bioindicación. Aunque en la región neotropical el conocimiento de la dinámica poblacional

para *Anacroneuria* es aún muy incipiente, estos organismos emergen y se transforman en adultos a lo largo de todo el año (Tamaris *et al.*, 2007).

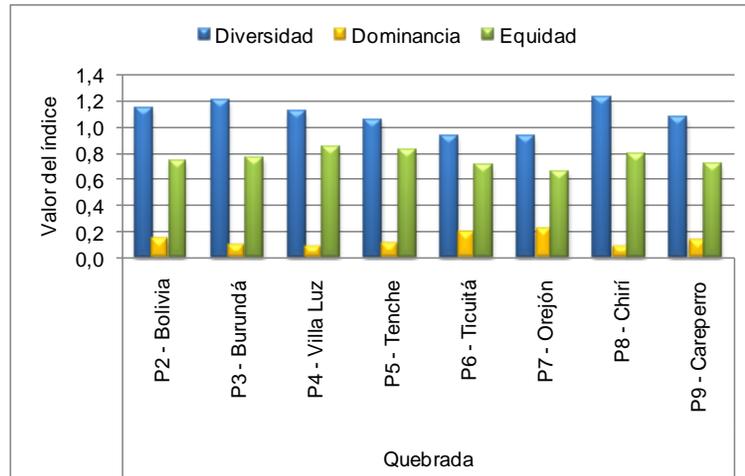
Las ninfas de *Thraulodes* (familia Leptophlebiidae) son muy comunes en casi todos los ríos y quebradas de nuestro país en todos los pisos altitudinales. Esta familia de Ephemeroptera es probablemente la más diversa en América del Sur. Las ninfas tienen aparato bucal herbívoro generalizado, y se consideran detritívoros o recolectores-filtradores (Domínguez, *et al.*, en: Domínguez y Fernández, 2009). En nuestro medio las ninfas de *Thraulodes* se encuentran en aguas limpias a ligeramente contaminadas.

La Tabla 3.1.3.35 y la Figura 3.1.3.28 presentan los resultados obtenidos para los índices ecológicos. Los valores de diversidad fueron bajos en todos los sitios de muestreo y no existen diferencias muy marcadas entre los distintos cuerpos de agua. Debe tenerse en cuenta que el logaritmo utilizado es en base 10, lo que hace que los valores máximos de diversidad casi siempre se encuentren por debajo de 2.

Los valores fluctuaron entre 0,93 en las quebradas Ticuitá y Orejón (P6 y P7) y 1,22 en la quebrada Chirí (P8). Las bajas diversidades de P6 y P7 se deben a la alta dominancia de *Anacroneuria* en P6 (40%) y de *Nectopsyche* en P7 (42%). En concordancia con lo anterior, los menores valores de equidad y los mayores de dominancia se presentaron en P6 y P7, en los demás puntos la equidad es alta y la dominancia es inversa a la diversidad como era de esperarse. En general, Todas las quebradas presentan buenas condiciones ecológicas.

**Tabla 3.1.3.35 Valores de los índices ecológicos registrados en los puntos de muestreo**

índice	Quebradas			
	P2 - Bolivia	P3 - Burundá	P4 - Villa Luz	P5 - Tenche
Diversidad Shannon	1,15	1,20	1,12	1,05
Dominancia Simpson	0,14	0,09	0,09	0,11
Equidad Pielou	0,74	0,76	0,85	0,82
	P6 - Ticuitá	P7 - Orejón	P8 - Chirí	P9 - Careperro
Diversidad Shannon	0,93	0,93	1,22	1,07
Dominancia Simpson	0,19	0,21	0,09	0,13
Equidad Pielou	0,70	0,66	0,79	0,72



**Figura 3.1.3.28 Índices de diversidad, equidad y dominancia registrados en los puntos de muestreo**

La mayor semejanza de la asociación de macroinvertebrados se presentó entre las quebradas Burundá y Chirí (P3 y P8) con 45,97%, estas dos quebradas presentaron 19 taxones en común. Otro grupo lo formaron las quebradas Villa Luz (P4) y Tenche (P5), con una similitud de 39,47%, estas quebradas tuvieron 17 taxones en común. Las quebradas Careperro (P9) y Ticuitá (P6) se separaron de todas las demás quebradas y presentaron entre ellas una similitud de sólo 5,79% (ver Tabla 3.1.3.36 y Figura 3.1.3.29).

**Tabla 3.1.3.36 Porcentajes de similitud entre los puntos de muestreo**

Punto	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
P2	*	31,99	34,11	30,51	13,14	32,98	37,20	37,67
P3	*	*	36,75	21,83	23,83	27,48	45,97	39,43
P4	*	*	*	39,47	5,20	31,96	35,49	24,96
P5	*	*	*	*	5,88	24,73	31,49	14,17
P6	*	*	*	*	*	11,62	17,79	5,79
P7	*	*	*	*	*	*	43,76	24,97
P8	*	*	*	*	*	*	*	38,44
P9	*	*	*	*	*	*	*	*

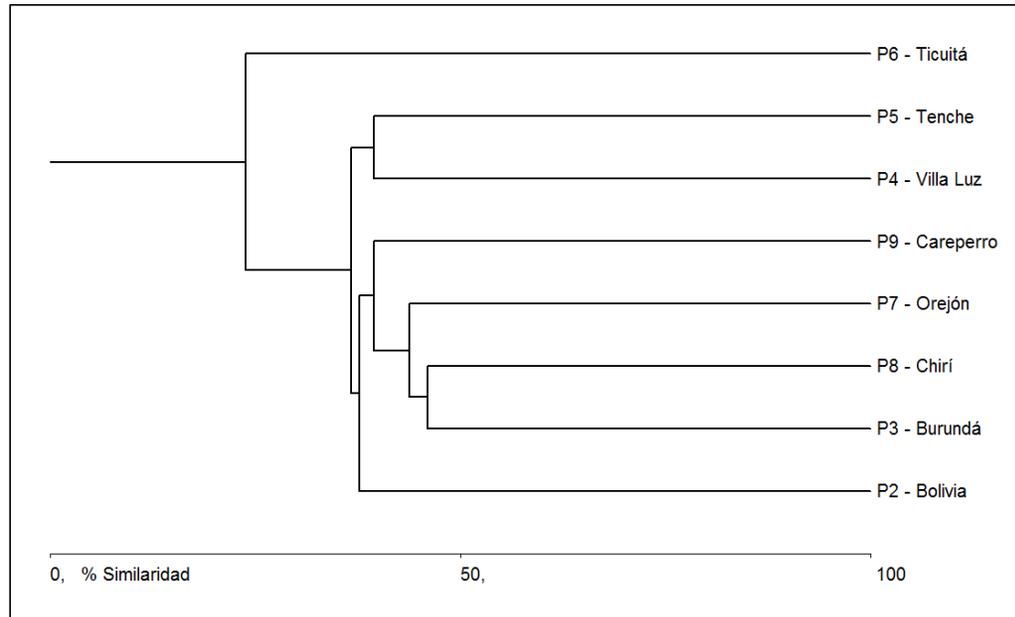


Figura 3.1.3.29 Análisis de similitud para los macroinvertebrados en los puntos de muestreo

En la Tabla 3.1.3.37 se presenta la calificación del índice de calidad ambiental BMWP/Col1 y en la Figura 3.1.3.30 los resultados de la aplicación de dicho índice. Todas las quebradas de la zona del proyecto presentan aguas de calidad buena a aguas de calidad aceptable (clases I y II), es decir, aguas muy limpias y no contaminadas a aguas ligeramente contaminadas, siendo P2 (quebrada Bolivia la de mejor calidad con un BMWP/Col1 de 188 y la de menor calidad la quebrada Tenche (P5) con BMWP/Col1 de 99. Estos resultados coinciden con el índice de calidad del agua (ICA) basado en los resultados obtenidos para algunas variables físicas y químicas el cual muestra que todos los cuerpos de aguas tienen calidad del agua buena.

Los sitios con los mayores valores de BMWP/Col<sup>1</sup> fueron los que presentaron la mayor riqueza de taxones, lo cual confirma que una buena calidad del agua alberga una mayor diversidad de macroinvertebrados.

Tabla 3.1.3.37 Calificación del índice BMWP/Col<sup>1</sup> para los puntos de muestreo

Familia	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
DugesIIDae	6		6					
Pseudothelphusidae	8	8	8	8	8	8	8	
Perlidae	10	10			10	10	10	10
Leptoceridae	8	8	8	8	8	8	8	8
Hydropsychidae	7	7	7	7		7	7	7
Calamoceratidae	8	8	8	8		8	8	8
Hydrobiosidae	9	9			9		9	

## ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Familia	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Glossosomatidae	7						7	7
Odontoceridae		10			10		10	
Philopotamidae					9	9		9
Polycentropodidae					9	9	9	
Leptophlebiidae	9	9	9	9		9	9	9
Baetidae	7	7		7	7	7	7	7
Leptohyphidae	7	7				7	7	7
Oligoneuriidae					9			
Gomphidae	9		9		9			
Libellulidae		5		5	5		5	5
Coenagrionidae		7	7	7				7
Megapodagrionidae	6		6		6	6		
Calopterygidae	7			7	7	7		
Lestidae	7				7	7		
Polythoridae			10					
Naucoridae	8		8	8	8	8	8	
Notonectidae	5			5				
Saldidae	8							
Elmidae	7	7	7	7		7	7	7
Gyrinidae	5	5	5	5			5	
Lutrochidae							6	
Hydrophilidae	3				3	3	3	
Psephenidae					10			
Ptilodactylidae	10	10	10		10		10	
Staphylinidae	6				6		6	6
Scirtidae		4	4					
Corydalidae	6	6			6	6	6	6
Ceratopogonidae		5						5
Dixidae	7	7						7
Tabanidae				5				
Simuliidae	5	5						5
Tipulidae	3	3	3				3	3
Dolichopodidae		4	4					

Familia	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Psychodidae s.d.								2
Stratiomyidae		3		3			3	3
<b>BMWP/Col<sup>1</sup></b>	<b>188</b>	<b>154</b>	<b>119</b>	<b>99</b>	<b>156</b>	<b>126</b>	<b>161</b>	<b>128</b>

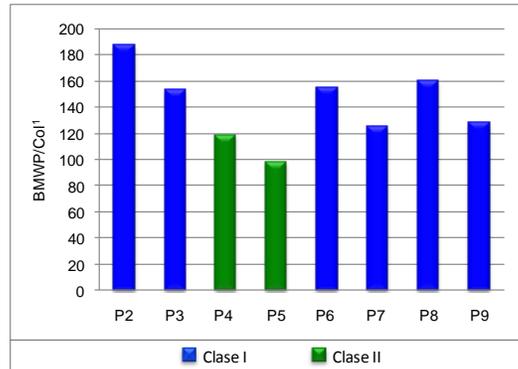


Figura 3.1.3.30 Resultados de la aplicación del índice BMWP/Col<sup>1</sup> en los puntos de muestreo

En la Fotografía 3.1.3.77 se presenta el registro fotográfico de algunos de los macroinvertebrados encontrados en la zona de estudio.



*Girardia*



Pseudothelphusidae



*Nectopsyche*



*Atanotolica*



*Oecetis*



*Triplectides*



*Smicridea*



*Leptonema*



*Atopsyche*



Glossosomatidae





*Marilia*



*Polycentropus*



*Atopophlebia*



*Baetidae s.d.*



*Mayobaetis*



*Progomphus*



*Tricorythodes*



*Brechmorhoga*



*Megapodagrion*



*Hetaerina*



*Lestes*



*Limnocoris*



*Ambrysus*



*Buena*



Saldidae s.d.



*Microvelia*



*Rhagovelia*



*Trepobates*



*Disersus*



*Pseudodisersus*



*Cylloepus*



*Macrelmis*



*Phanocerus*



*Heterelmis (larva)*



*Heterelmis (adulto)*



*Pharceonus*



*Gyrinus*



*Lutrochus*



*Ptilodactylidae s.d.*



*Tetraglossa*



*Staphylinidae 1*



*Staphylinidae 2*



*Corydalus*



*Probezia*



*Stilobezzia*



*Rhapium*



*Simulium*



*Hexatoma*



*Limonia*



*Molophilus*



*Chrysops*



*Psychodidae s.d.*



*Stratiomyidae s.d.*

**Odontomyia****Psychoda**

**Fotografía 3.1.3.77 Algunos de los macroinvertebrados encontrados en el área de influencia de la vía sustitutiva**

En conclusión, en la zona de estudio se identificaron dos phylum, 10 órdenes, 47 familias y 79 taxones de macroinvertebrados, la mayoría pertenecientes a estados inmaduros de insectos. Los órdenes que presentan la mayor diversidad son Trichoptera (14 taxones), Coleoptera (21 taxones) y Diptera (15 taxones).

Trichodactylidae s.d., *Anacroneuria*, *Leptonema*, *Phylloicus*, *Thraulodes* y Chironomidae s.d., son taxones que se encontraron en siete de las ocho quebradas evaluadas, los cuales en el futuro, dependiendo de su presencia o ausencia, podrán ser indicadores de los impactos causados por la rectificación de la vía. Chironomidae s.d. fue el taxón dominante en cinco de las ocho quebradas analizadas. Sin embargo, esta familia es muy abundante en todos los ecosistemas dulceacuícolas, con diferentes condiciones de hábitat por eso no se considera buen indicador

Las quebradas Bolivia y Burundá (P2 y P3) presentaron la mayor riqueza de taxones (37 cada una) y las quebradas Tenche (P5) y Ticuitá (P6) el menor número (19 y 20, respectivamente). En general, la abundancia de individuos sigue el mismo patrón que la riqueza de taxones, con excepción de la quebrada Careperro.

Los valores de diversidad fueron bajos en todos los sitios de muestreo y no existen diferencias muy marcadas entre los distintos cuerpos de agua. La mayor diversidad la presentó la quebrada Chirí (P8) y la menor las quebradas Ticuitá y Orejón (P6 y P7). La equidad fue alta en todos los sitios y la dominancia fue inversa a la diversidad.

La mayor semejanza de la asociación de macroinvertebrados se presentó entre las quebradas Burundá y Chirí (P3 y P8) con 45,97%, estas dos quebradas presentaron 19 taxones en común. Las quebradas Careperro (P9) y Ticuitá (P6) se separaron de todos los demás sitios y presentaron entre ellas una similitud de sólo 5,79%.

Todas las quebradas de la zona del proyecto presentan aguas de calidad buena a aguas de calidad aceptable (clases I y II), lo cual coincide con el índice de calidad ambiental (ICA) basado en los resultados de variables físicas y químicas.

- Rectificación Vía San Andrés de Cuerquia – El Valle

Para este tramo en particular se colectaron 2272 individuos agrupados en 12 órdenes, 46 familias y 69 taxones.

**Tabla 3.1.3.38 Ubicación taxonómica y número de macroinvertebrados encontrados en las estaciones de monitoreo**

Phylum, orden y familia	Taxón	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
Phylum Platyhelminthes												
Tricladida												
Dugesidae	<i>Girardia sp.</i>			2				1	20	4	32	28
Phylum Annelida												
Oligochaeta												
Haplotaxida	<i>Haplotaxida</i>									1		2
Phylum Arthropoda												
Arachnoidea	<i>Acari</i>								1			
Insecta												
Collembola												
<i>Isotomidae</i>	<i>Isotomidae</i>			1								
Plecoptera												
<i>Perlidae</i>	<i>Anacroneuria sp.</i>			34		37			40	33	38	51
Trichoptera												
<i>Leptoceridae</i>	<i>Nectopsyche sp.</i>					3		1				2
	<i>Grumichella sp.</i>								3	55		
	<i>Triaenodes sp. (casa)</i>											1
	<i>Atanatica sp.</i>								64		42	1
<i>Hydropsychidae</i>	<i>Smicridea sp.</i>	29		21		10	1	35	18	13	10	80
	<i>Leptonema sp.</i>	5		6		5			1	21	5	10
<i>Helicopsychidae</i>	<i>Helicopsyche sp.</i>			1		1			6	9	1	
<i>Calamoceratidae</i>	<i>Phylloicus sp.</i>	1		14					7	7	4	9
<i>Hydrobiosidae</i>	<i>Atopsyche sp.</i>			6		3			1	2		
<i>Hydroptilidae</i>	<i>Hydroptila sp.</i>								2			

## ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Phylum, orden y familia	Taxón	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
<i>Glossosomatidae</i>	<i>Glossosomatidae</i>	3		1		5		6	7	5	6	
<i>Odontoceridae</i>	<i>Marilia sp.</i>			7						1	2	
<i>Philopotamidae</i>	<i>Wormaldia sp.</i>										1	
Ephemeroptera												
Leptophlebiidae	<i>Thraulodes sp.</i>	2		6		25	1	2	12	11	16	16
	<i>Terpides sp.</i>					3				1		
Baetidae	<i>Baetidae</i>	1				2						
	<i>Baetodes sp.</i>	9		5		26		27	3	6	10	3
	<i>Mayobaetis sp.</i>		1			7			4	2	2	
	<i>Camelobaetidius sp.</i>							2				
Leptohyphidae	<i>Leptohyphes sp.</i>	23				3		4		4		5
	<i>Tricorythodes sp.</i>			5		10				1	2	4
	<i>Haplohyphes sp.</i>			1								
Oligoneuriidae	<i>Lachlania</i>	1		6								2
Odonata												
Libellulidae	<i>Libellulidae</i>					3				1		
	<i>Brechmorhoga sp.</i>								2	7	2	
Calopterygidae	<i>Hetaerina sp.</i>					2				7		
Polythoridae	<i>Polythore sp.</i>			1								
Hemiptera												
Naucoridae	<i>Ambrysus sp.</i>					1				1		3
Veliidae	<i>Rhagovelia sp.</i>		5			5	1		2			
Hebridae	<i>Hebrus sp.</i>									1		
Gelastocoridae	<i>Gelastocoris sp.</i>								1	1		
Ochteridae	<i>Ochterus sp.</i>					1						
Coleoptera												

## ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Phylum, orden y familia	Taxón	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
Elmidae	<i>Elmidae</i>											
	<i>Disersus sp.</i>			3					1	2	1	3
	<i>Heterelmis sp.</i>	2		11		181		1	27	114	67	34
	<i>Phanocerus sp.</i>			32					8		77	50
	<i>Pharceonus sp.</i>	1		1					2	4	17	
	<i>Macrelmis sp.</i>					1				1		
	<i>Cylloepus sp.</i>			1							2	3
	<i>Stenelmis sp.</i>							1	1			
Dryopidae	<i>Dryops sp.</i>						1					
	<i>Elmoparnus sp.</i>									1		
Ptilodactylidae	<i>Ptilodactylidae</i>			7					22	1	5	25
	<i>Tetraglossa sp.</i>	1							4		7	7
Hydrophilidae	<i>Hydrophilidae</i>					15						
Staphylinidae	<i>Staphylinidae 1</i>					1						
	<i>Staphylinidae 2</i>					1			5		1	
	<i>Stenus sp.</i>			6		1		1		65	1	
Curculionidae	<i>Curculionidae</i>										1	
Hydraenidae	<i>Hydraena</i>									1		
Scirtidae	<i>Scirtes sp.</i>					1			16		4	2
Megaloptera												
Corydalidae	<i>Corydalus sp.</i>	4									1	1
Diptera												
Chironomidae	<i>Chironomidae</i>		1	10		29		2	8	12	9	45
Ceratopogonidae	<i>Probezzia sp.</i>					8						
Simuliidae	<i>Simulium sp.</i>	2		1		1				3	5	1

Phylum, orden y familia	Taxón	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
Tipulidae	<i>Tipula sp.</i>							1				
	<i>Hexatoma sp.</i>					10			1	4	1	
	<i>Molophilus sp.</i>	2		4		3		3	3	1	2	3
	<i>Limonia sp.</i>									1	2	
Psychodidae	<i>Maruina sp.</i>							17		1		
Dixidae	<i>Dixella sp.</i>								1	1		
Tabanidae	<i>Tabanus sp.</i>										1	
Stratiomyidae	<i>Odontomyia sp.</i>					2				1		
Phylum Mollusca												
Basommatophora												
Lymnaeidae	<i>Lymnaea sp.</i>										4	
Total individuos		86	7	193	0	406	4	104	293	408	381	390
Total taxones		15	3	26	0	32	4	15	31	40	34	25

La clase Insecta fue predominante. En la Figura 3.1.3.31 se observa que el mayor número de familias lo registró el orden Trichoptera (13) seguido por los órdenes Coleoptera y Diptera (ocho familias cada uno). El mayor aporte de géneros lo registró el orden Coleoptera, con 19, seguido por el orden Trichoptera, con 13.

En toda la zona de estudio el coleóptero *Heterelmis*, de la familia Elmidae, fue el más abundante con 19,23 % seguido por el plecóptero *Anacroneuria* con 10,26 % y el tricóptero *Smicridea* con 9,55 % (ver la Figura 3.1.3.32). *Heterelmis* y *Smicridea* son indicadores de aguas moderadamente contaminadas y *Anacroneuria* de aguas muy limpias.

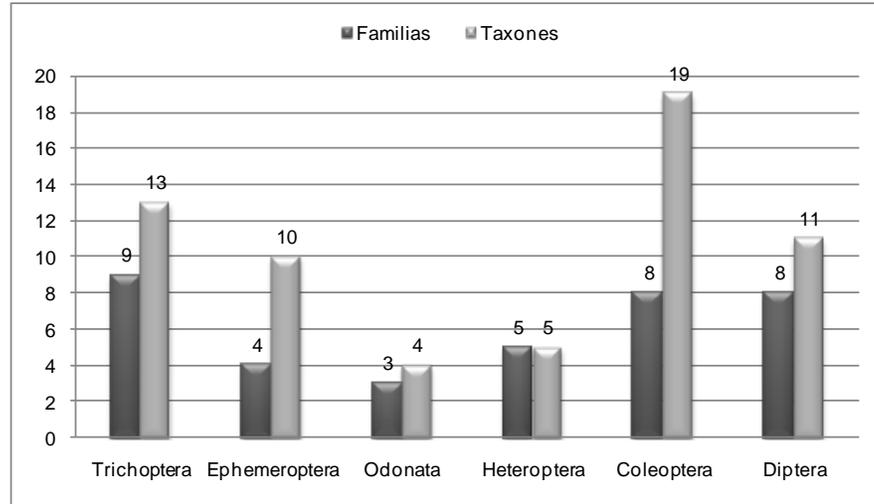


Figura 3.1.3.31 Número de familias y de taxones de macroinvertebrados encontrados en la zona de estudio

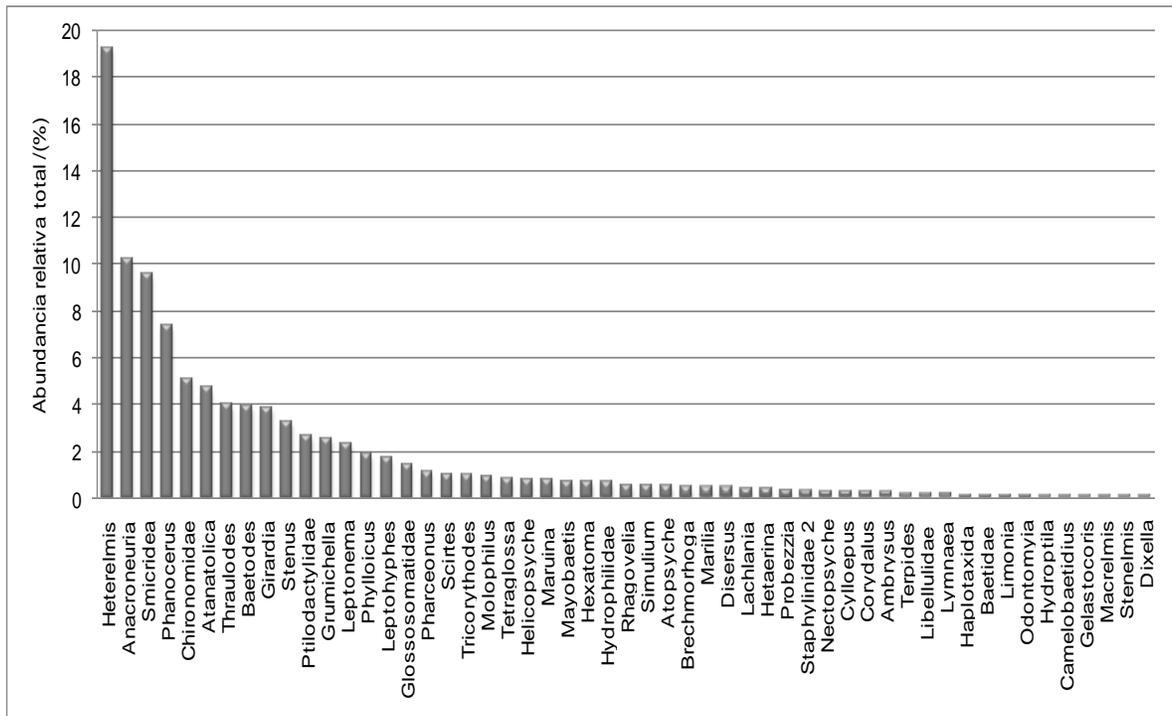
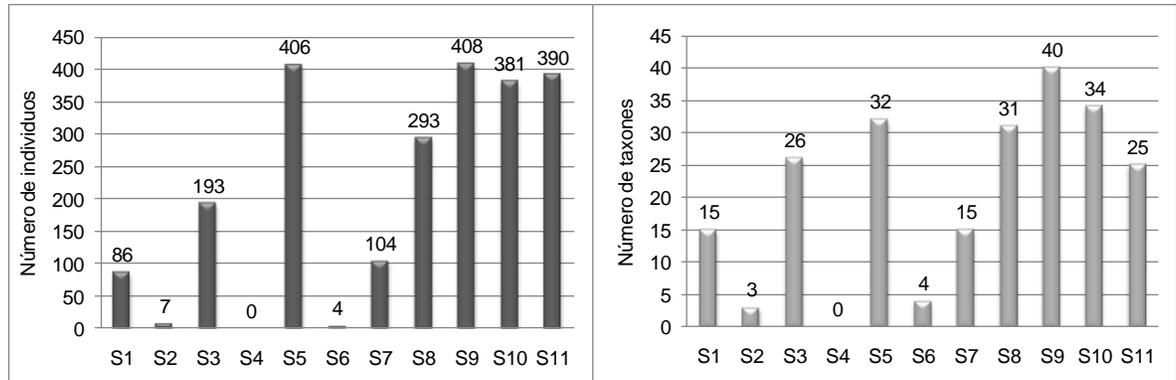


Figura 3.1.3.32 Abundancia relativa total de macroinvertebrados en las estaciones de muestreo



**Figura 3.1.3.33 Número de individuos y taxones de macroinvertebrados registrados en los sitios de muestreo**

En la Figura 3.1.3.33 se observa que el sitio 9 (Quebrada Uriaga) presentó el mayor número de individuos y de taxones (408 y 40, respectivamente), seguida en número de individuos por el sitio 5 (Quebrada Matanzas) con 406 y en número de taxones por el sitio 10 (Quebrada Los Naranjos) con 34. En el sitio 4 (Quebrada Taque) no se encontraron macroinvertebrados y en los sitios 2 y 6 (quebradas El Diablo y El Roble) fueron poco abundantes y se registró un número bajo de taxones.

En la Figura 3.1.3.34 se presenta la abundancia relativa de los taxones de macroinvertebrados encontrados en cada sitio de muestreo. En la Quebrada Cacagual (S1) se encontraron 86 individuos. El género *Smicridea* de la familia Hydropsychidae y *Leptohyphes* de la familia Leptohyphidae fueron los más abundantes, con 33,7 % y 26,7 %, respectivamente; ambas familias son indicadoras de aguas moderadamente contaminadas (ver la Figura 3.1.3.25). Durante el muestreo el agua estaba turbia con un ligero olor a descomposición de materia orgánica y gran cantidad de sólidos disueltos.

En la Quebrada El Diablo (S2), sitio que presenta pocos hábitats apropiados para el desarrollo de la fauna macroinvertebrada, se recolectaron solamente siete individuos con predominio del género *Rhagovelia* de la familia Veliidae (71,4 %), (ver la Figura 3.1.3.34); esta familia no se considera buena indicadora de la calidad del agua.

En la Quebrada Cacagual (S3) *Anacroneria* de la familia Perlidae fue el género más abundante con 17,6 %, seguido por *Phanocerus* de la familia Elmidae con 16,6 % y *Smicridea* la familia Hydropsychidae con 10,9% (ver la Figura 3.1.3.34). La primera familia es indicadora de aguas muy limpias y las otras dos de aguas donde ya se evidencian efectos de contaminación. En este sitio se colectaron 193 individuos. El agua de la quebrada es clara y el lecho se compone principalmente de cantos rodados y arena, por lo que existe una mayor disponibilidad de hábitats para el desarrollo de una comunidad más diversa de macroinvertebrados.

En La Quebrada Taque (S4), como ya se mencionó, no se capturaron macroinvertebrados, lo cual puede deberse a que el sustrato es lodoso y no hay disponibilidad de hábitats para la colonización de los macroinvertebrados; adicionalmente, las características del agua y el sustrato indican que en los días previos al muestreo se

presentaron borrascas que pudieron haber barrido la fauna macroinvertebrada existente en el sitio.

En la Quebrada Matanzas (S5) se recolectaron 406 individuos, conformando el segundo sitio con el mayor número de individuos. *Heterelmis* de la familia Elmidae con 44,6 % fue el género más abundante, esta familia es indicadora de aguas moderadamente contaminadas, a éste le sigue el plecópetero *Anacroneuria* de la familia Perlidae indicadora de aguas muy limpias con 9,1 % (ver la Figura 3.1.3.34). Esta quebrada presenta aguas muy claras y un sustrato compuesto principalmente de canto rodado y arena con algunas rocas de gran tamaño, lo cual suministra mayor disponibilidad de hábitats para el desarrollo de un ensamble de macroinvertebrados más diverso.

En la Quebrada El Roble (S6) se capturaron solamente cuatro individuos de los géneros *Thraulodes*, *Smicridea*, *Dryops* y *Rhagovelia*, cada uno con una participación 25% (ver la Figura 3.1.3.34). *Thraulodes* es indicador de aguas limpias, *Smicridea* y *Dryops* de aguas moderadamente contaminadas y *Rhagovelia* no se considera indicador de la calidad del agua. En las zonas aledañas al sitio se observó la presencia de viviendas y vertimientos de aguas residuales domésticas.

En el Río San Andrés (S7) se recolectaron 104 individuos. El género *Smicridea* de la familia Hydropsychidae fue el más abundante (33,7 %), seguido por *Baetodes* de la familia Baetidae (26%), ambas indicadoras de aguas moderadamente contaminadas (ver la Figura 3.1.3.34). Aunque el río presenta hábitats apropiados para la existencia de una comunidad de macroinvertebrados diversa, durante el muestreo el agua era de color café con un olor fuerte a sedimento en descomposición, lo cual indica efectos de contaminación y la presencia de pocos taxones que se adaptan a dichas condiciones.

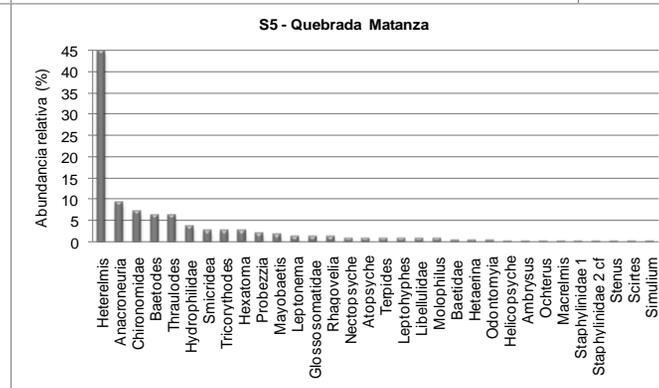
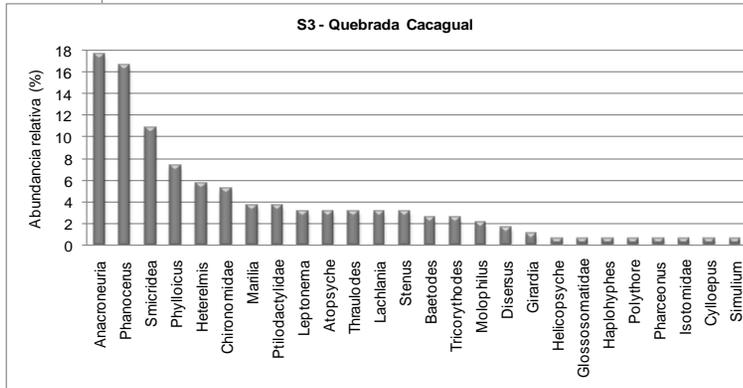
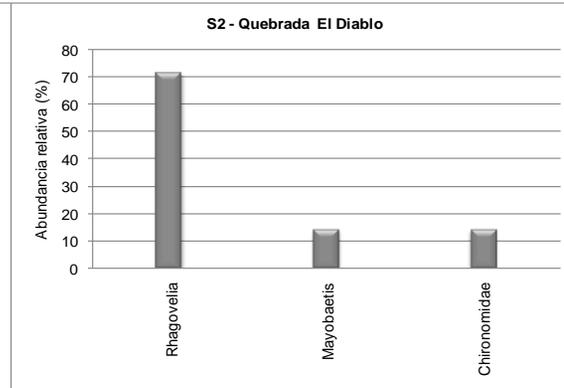
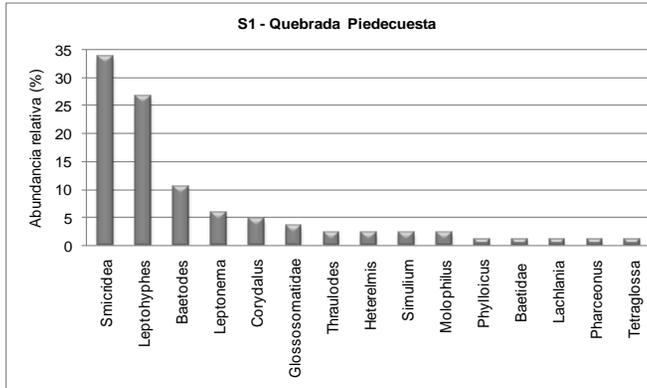
En la Quebrada El Hoyo (S8) se capturaron 293 individuos. El tricóptero *Atanatolica* de la familia Leptoceridae fue el más abundante con 21,8 %, a éste le sigue el plecópetero *Anacroneuria* de la familia Perlidae; el primero es indicador de aguas limpias y el segundo de aguas muy limpias. Esta quebrada presenta numerosos hábitats apropiados para la colonización de los macroinvertebrados, ya que el sustrato está compuesto principalmente de rocas pequeñas, cascajo y cantos rodados y se presentan pozas, cascadas y rápidos.

La Quebrada Uriaga (S9) fue la que registró el mayor número de individuos (408). Aunque los géneros más abundantes (*Heterelmis* con 27,9 % y *Stenus* con 15,9 %) son indicadores de aguas moderadamente contaminadas. No obstante, la abundancia de *Grumichella* (13,5 %) y de *Anacroneuria* (8,1 %), indican que la quebrada aún presenta buenas condiciones de calidad del agua y diversidad.

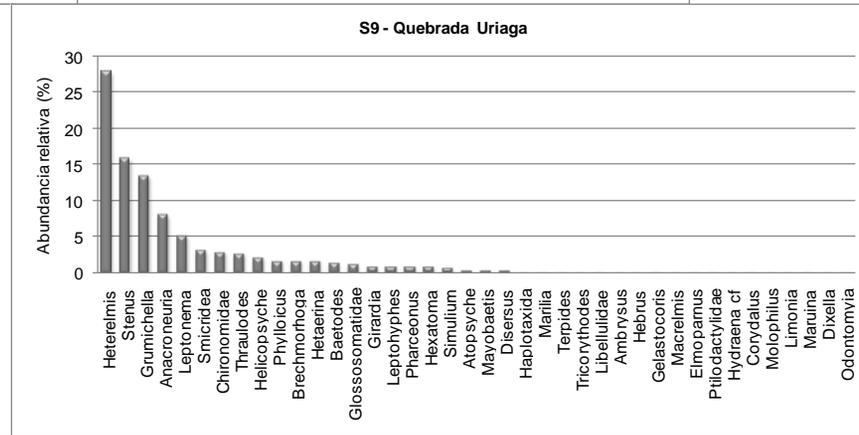
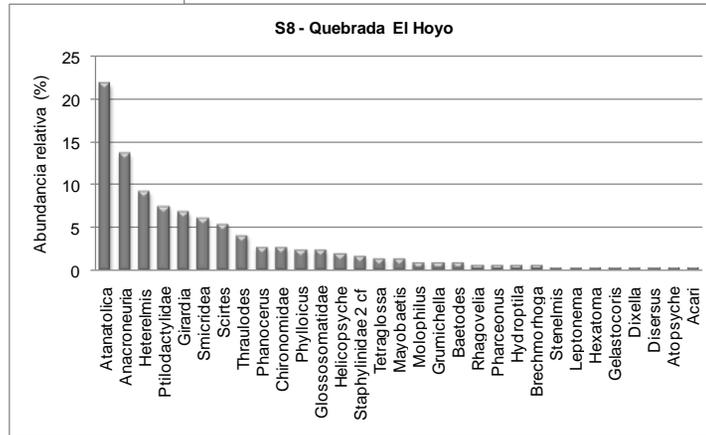
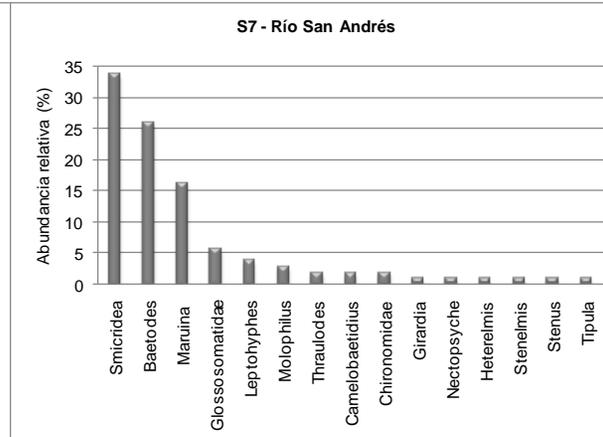
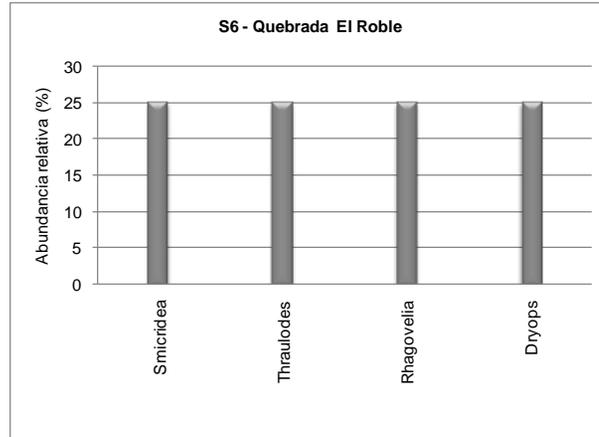
En la Quebrada Los Naranjos (S10) se recolectaron 381 individuos. En este sitio fueron dominantes dos géneros de coleópteros pertenecientes a la familia Elmidae indicadora de aguas moderadamente contaminadas, *Phanocerus* con 20,2 % y *Heterelmis* con 17,6 %. En este sitio, al igual que en la Quebrada Uriaga, a los dos taxones dominantes les siguieron en abundancia el tricóptero *Atanatolica* y el plecópetero *Anacroneuria* indicadores de aguas limpias y muy limpias. El lecho de la quebrada está compuesto principalmente por canto rodado y guijarros, son aguas someras y claras con gran cantidad de rápidos y caballitos, suministrando de esta forma numerosos hábitats para los macroinvertebrados.

En la Quebrada Churrumbo (S10) se capturaron 390 individuos. Los géneros *Smicridea* y *Anacroneuria* fueron los más abundantes, con 20,5 y 13,1 %, respectivamente (ver la Fotografía 3.1.3.82). La mayor abundancia de estos taxones indica buena calidad del agua de la quebrada, la cual también presenta hábitats adecuados para el desarrollo de la fauna macroinvertebrada, pues sus aguas son claras con sustrato rocoso, con arena y material vegetal asociado (hojarasca).

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

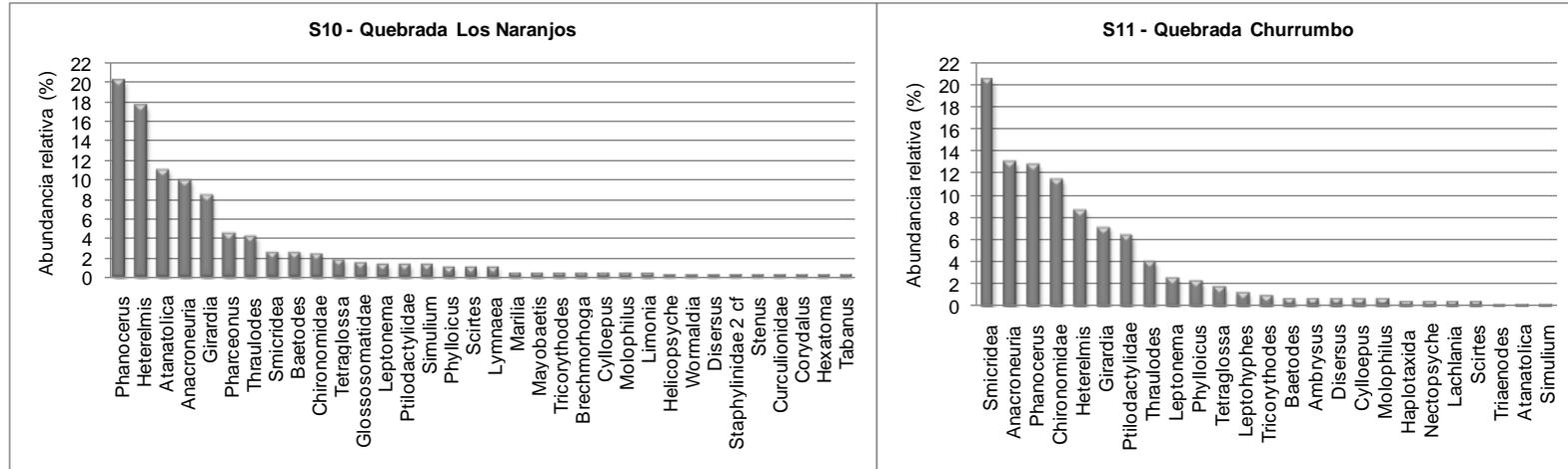


Figura 3.1.3.34 Abundancia relativa de los macroinvertebrados encontrados en los diferentes sitios de muestreo

En la Tabla 3.1.3.39 y la Figura 3.1.3.35 se presentan los resultados obtenidos para los índices biológicos.

**Tabla 3.1.3.39 Valores de diversidad, equidad y dominancia de macroinvertebrados para los sitios de muestreo**

Sitio de muestreo	Diversidad	Equidad	Dominancia
S1 - Q. Piedecuesta	0,86	0,74	0,21
S2 - Q. El Diablo	0,35	0,73	0,55
S3 - Q. Cacagual	1,19	0,84	0,09
S4 - Q. Taque	0,00	0,00	0,00
S5 - Q. Matanzas	0,98	0,65	0,22
S6 - Q. El Roble	0,60	1,00	0,25
S7 - Río San Andrés	0,83	0,70	0,21
S8 - Q. El Hoyo	1,19	0,80	0,09
S9 - Q. Uriaga	1,11	0,69	0,13
S10 - Q. Los Naranjos	1,15	0,75	0,11
S11 - Q. Churrumbo	1,09	0,78	0,11

Los mayores valores de diversidad se encontraron en S3 (Quebrada Cacagual) y S8 (Quebrada El Hoyo), aunque también fueron altos en S9 (Quebrada Uriaga), S10 (Quebrada Los Naranjos) y S11 (Quebrada Churrumbo). Los menores valores se registraron en S2 (Quebrada El Diablo) y S6 (Quebrada El Roble) y en S4 (Quebrada Taque) la diversidad fue cero ya que no se presentaron capturas (ver Figura 3.1.3.35). También se aprecia que los menores valores de dominancia se presentaron en las estaciones que tuvieron la mayor diversidad, como era de esperarse, las demás estaciones también presentaron valores bajos de dominancia con excepción del sitio 2 (Quebrada El Diablo), donde la dominancia fue mayor que la diversidad debido a la alta abundancia del género *Rhagovelia*.

La equidad varió entre 0 en S4 (Quebrada Taque) y 1,0 en S6 (Quebrada El Roble). Tal como se observa en la gráfica, en la mayor parte de los valores de equidad registrados son mayores de 0,5; lo que sumado a las bajas dominancias, refleja un aprovechamiento uniforme de los recursos por parte de los taxones que conforman la comunidad de macroinvertebrados.

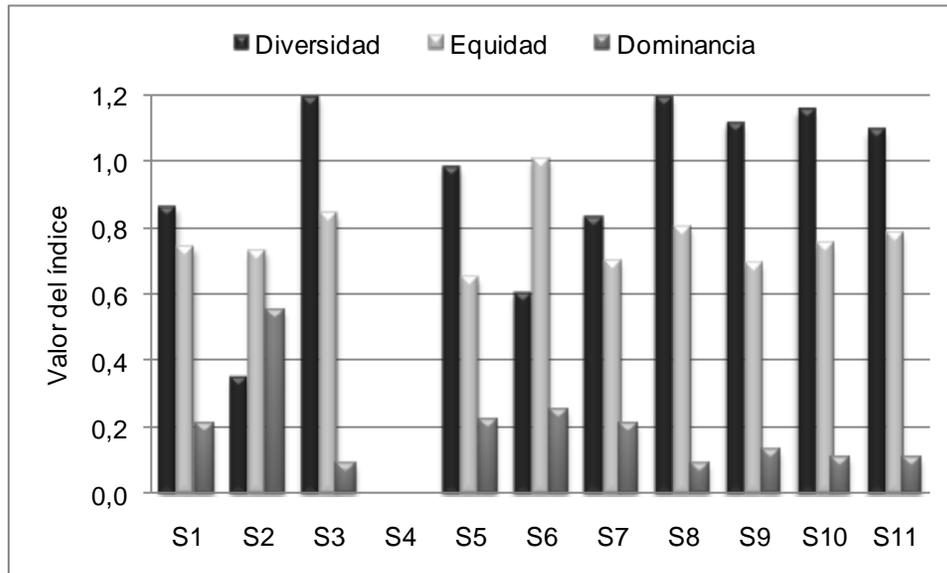


Figura 3.1.3.35 Valores de diversidad, equidad y dominancia de macroinvertebrados para los sitios de muestreo

En la Tabla 3.1.3.40 y la Figura 3.1.3.36 se presentan los resultados obtenidos para el índice de similitud de Bray-Curtis que muestra la semejanza en la asociación de taxones de macroinvertebrados entre los sitios de muestreo.

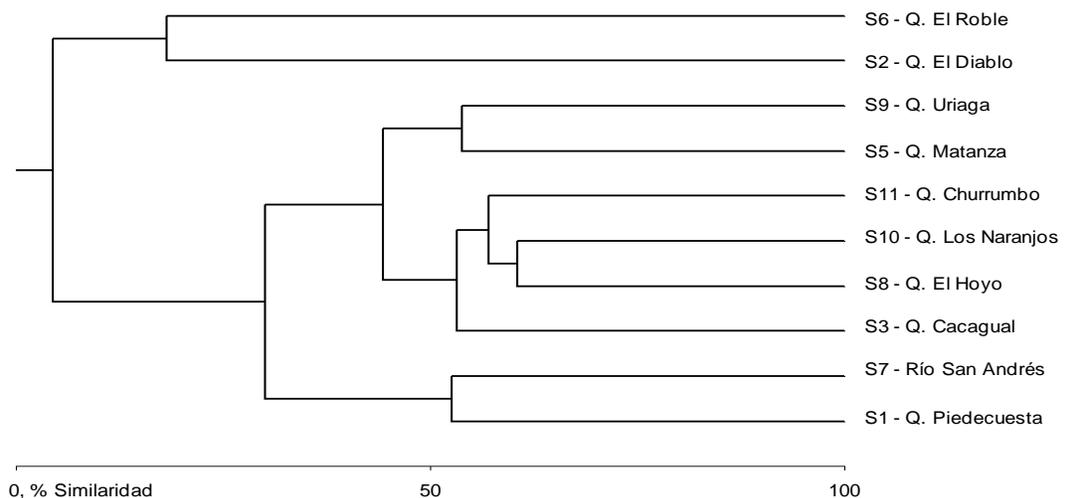
Tabla 3.1.3.40 Matriz del índice de similitud de Bray-Curtis entre los sitios de muestreo

Sitio	S1	S2	S3	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
S1	*	0	30,11	15,45	4,44	52,63	17,94	16,60	16,70	21,85
S2	*	*	1,00	3,39	18,18	1,80	2,67	0,96	1,03	0,50
S3	*	*	*	32,05	2,03	24,92	46,50	36,94	47,39	53,17
S5	*	*	*	*	1,46	21,18	33,48	53,81	43,46	37,44
S6	*	*	*	*	*	3,70	2,02	0,97	1,04	1,02
S7	*	*	*	*	*	*	18,64	14,45	14,43	21,05
S8	*	*	*	*	*	*	*	38,23	60,53	51,83
S9	*	*	*	*	*	*	*	*	44,36	34,84
S10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	57,07
S11	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

En general, se presenta una similitud de Bray-Curtis que no supera el 60,5% entre sitios de muestreo. Existe una separación clara entre un grupo formado por las quebradas El Diablo (S2) y El Roble (S6), que presentan las menores abundancias y diversidades, y cuya similitud es del orden de 17%, y un grupo conformado por las estaciones restantes con una similitud del 30%. En este segundo grupo se distinguen a su vez, un grupo formado por los sitios S7 (Río San Andrés) y S1 (Quebrada Piedecuesta) con 52.47% de similitud, y un grupo en donde se separan las quebradas Uriaga (S9) y

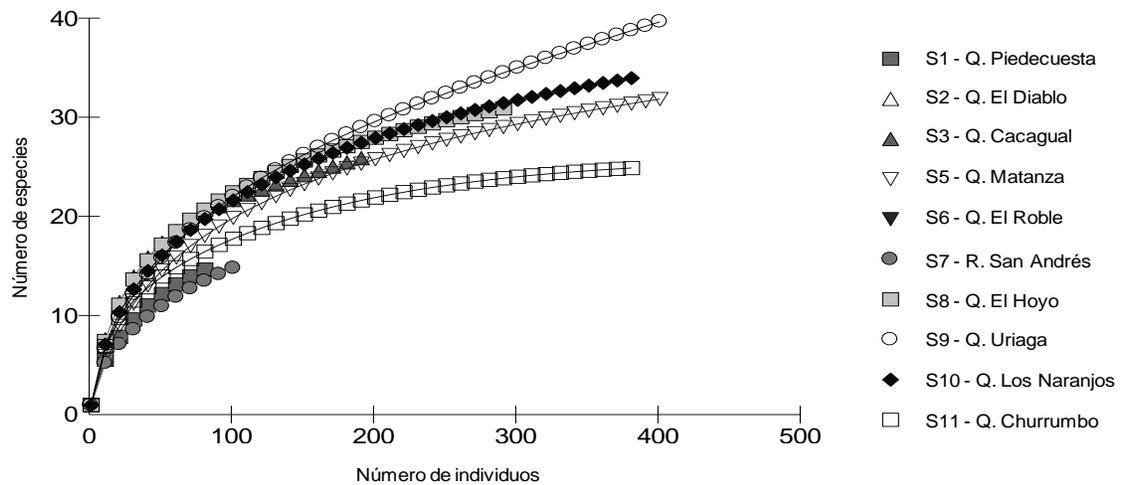
Matanzas (S5) de las quebradas Cacagual (S3), El Hoyo (S8), Churrumbo (S11) y Los Naranjos (S10); estas últimas cuatro las de mayor similitud.

La similitud entre las quebradas Cacagual, El Hoyo, Churrumbo y Los Naranjos está definida por la presencia de los géneros *Cylloepus*, *Stenelmis*, *Atanotolica*, *Grumichella*, *Brechmorhoga* y *Gelastocoris* y un género sin determinar de la familia Ptilodactylidae. La similitud entre las quebradas Uriaga y Matanzas por la presencia de *Hetaerina*, *Ambrysus*, *Macrelmis* y *Odontomyia*; mientras que la separación del Río San Andrés y Quebrada Piedecuesta, así como la de las quebradas El Roble y El Diablo se debe a la bajísima abundancia de *Heterelmis*, ampliamente distribuido y muy abundante en las otras estaciones. También contribuye a esta separación la ausencia de muchas especies frecuentes entre estaciones que son reemplazadas por algunas exclusivas, como el caso de *Dryops* en la Quebrada El Roble y *Camelobaetidius* y *Tipula* en el Río San Andrés.



**Figura 3.1.3.36 Índice de similitud de Bray-Curtis entre los sitios de muestreo**

La estimación de la riqueza de especies que se espera encontrar a partir de la curva de rarefacción para las capturas por sitio de muestreo, presenta una tendencia a la inestabilidad. Esta situación indica que el número de taxones que se espera encontrar puede ser mayor al capturado hasta el momento. Lo anterior es ratificado por los estimadores de riqueza Chao y Jack Knife (que predicen 83 y 92 especies, respectivamente); sin embargo, se considera que el número de especies hallado es representativo de la asociación en cada sitio (ver la Figura 3.1.3.37).



– Índice de calidad de aguas BMWP-COL

La Tabla 3.1.3.41 presenta los valores del índice para las familias de macroinvertebrados que son indicadoras de la calidad del agua.

**Tabla 3.1.3.41 Calificación de las familias de macroinvertebrados para la obtención del índice BMWP/Col**

Familia	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
Dugesidae			6				6	6	6	6	6
Haplotaxida									1		1
Isotomidae											
Perlidae			10		10		10	10	10	10	10
Leptoceridae					8		8	8	8	8	8
Hydropsychidae	7		7		7	7	7	7	7	7	7
Helicopsychidae			8		8			8	8	8	
Calamoceratidae	8		8					8	8	8	8
Hydrobiosidae			9		9			9	9		
Hydroptilidae								8			
Glossosomatidae	7		7		7		7	7	7	7	
Odontoceridae			10						10	10	
Philopotamidae										9	
Leptophlebiidae	9		9		9	9	9	9	9	9	9
Baetidae	7	7	7		7		7	7	7	7	7
Leptohyphidae	7		7		7		7		7	7	7
Oligoneuriidae	9		9								9
Libellulidae					5			5	5	5	
Calopterygidae					7				7		
Polythoridae			10								
Naucoridae					8				8		8
Hebridae									8		
Gelastocoridae								5	5		
Ochteridae					7						
Elmidae	7		7		7		7	7	7	7	7
Dryopidae						6			6		

Familia	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
Ptilodactylidae	10		10					10	10	10	10
Hydrophilidae					3						
Staphylinidae			6		6		6	6	6	6	
Curculionidae										4	
Hydraenidae									8		
Scirtidae					4			4		4	4
Corydalidae	6								6	6	
Ceratopogonidae					5						
Simuliidae	5		5		5				5	5	5
Tipulidae	3		3		3		3	3	3	3	3
Psychodidae							2		2		
Dixidae								7	7		
Tabanidae										5	
Stratiomyidae					3				3		
Lymnaeidae										8	
<b>BMWP/Col<sup>1</sup></b>	<b>85</b>	<b>7</b>	<b>138</b>	<b>0</b>	<b>135</b>	<b>22</b>	<b>79</b>	<b>134</b>	<b>193</b>	<b>159</b>	<b>109</b>

En la Figura 3.1.3.38 se observa que la mayoría de los sitios de muestreo presentaron aguas entre Clase I: calidad buena (muy limpias) y Clase II: Calidad aceptable (aguas ligeramente contaminadas, es decir, se evidencian efectos de contaminación). Pero el sitio S2 (Quebrada El Diablo) presentó aguas Clase V: calidad muy crítica (aguas fuertemente contaminadas), y los sitios S4 (Quebrada Taque) y S6 (Quebrada El Roble) presentaron aguas Clase IV: calidad crítica (aguas muy contaminadas). Los valores obtenidos para este índice en estos tres últimos sitios de muestreo coinciden con las bajas diversidades y riqueza de taxones registradas en los mismos.

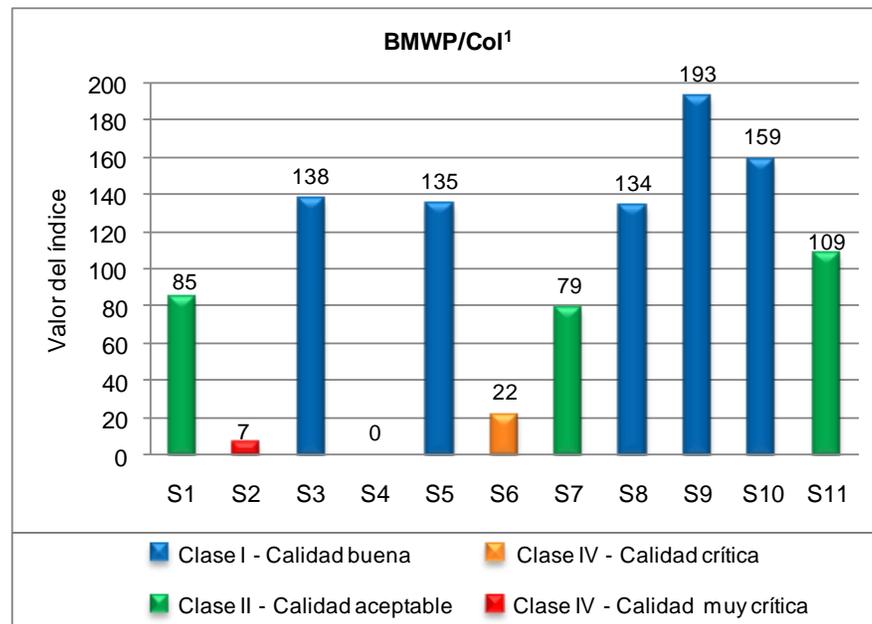


Figura 3.1.3.38 Índice de calidad ambiental BMWP/Col1 de los sitios de muestreo

Los sitios de muestreo S3 (Quebrada Cacagual), S5 (Quebrada Matanzas), S8 (Quebrada El Hoyo), S9 (Quebrada Uriaga) y S10 (Quebrada Los Naranjos), fueron los sitios de muestreo con mejor calidad del agua. Estas quebradas presentaron aguas claras y numerosos hábitats apropiados para la colonización de los macroinvertebrados.

En el caso de S2 (Quebrada el Diablo), el valor del índice indica que sus aguas están fuertemente contaminadas; sin embargo, es muy probable que este resultado se deba más a la carencia de hábitats para la colonización de los macroinvertebrados que a efectos de la contaminación. Los resultados obtenidos para S6 (Quebrada El Roble), que indican aguas muy contaminadas se deben posiblemente a que en las zonas aledañas al sitio de muestreo se observó la presencia de viviendas y vertimientos de aguas residuales domésticas.

Como conclusiones generales para este tramo puede decirse que en toda la zona de estudio se encontraron 12 órdenes, 46 familias y 69 taxones de macroinvertebrados, donde la Clase Insecta fue la dominante. Los coleópteros y tricópteros registraron el mayor número de taxones (19 y 13, respectivamente). El género más abundante fue el coleóptero *Heterelmis* (19,23%), seguido por el plecóptero *Anacroneuria* (10,26%).

El mayor número de taxones lo presentaron S9 (Quebrada Uriaga), con 40 y S10 (Quebrada Los Naranjos), con 34. En S4 (Quebrada Taque) no se capturaron macroinvertebrados, en S2 (Quebrada El Diablo) sólo se capturaron tres taxones y en S6 (Quebrada El Roble) cuatro.

Las quebradas que presentaron mayor abundancia relativa de organismos indicadores de aguas limpias a moderadamente contaminadas fueron las que registraron los mayores valores para el índice BMWP/Col1, lo cual se debe a que dichas quebradas tienen aguas claras y variedad de hábitats apropiados para la colonización de los macroinvertebrados, favoreciendo una comunidad más diversa. Estos sitios son: S3 (Quebrada Cacagual), S5 (Quebrada Matanzas), S8 (Quebrada El Hoyo), S9 (Quebrada Uriaga) y S10 (Quebrada Los Naranjos). El bajo valor obtenido en S2 (Quebrada el Diablo), se debe posiblemente a la carencia de hábitats para el desarrollo de los macroinvertebrados. El valor obtenido para S6 (Quebrada El Roble), que indica aguas muy contaminadas se debe posiblemente a que en las zonas aledañas al sitio de muestreo se observó la presencia de viviendas y vertimientos de aguas residuales domésticas.

Los mayores valores de diversidad se encontraron en la estación S3 (Quebrada Cacagual) y S8 (Quebrada El Hoyo), aunque también fueron altos en S9 (Quebrada Uriaga), S10 (Quebrada Los Naranjos) y S11 (Quebrada Churrumbo). Los menores valores se registraron en S2 (Quebrada El Diablo) y S6 (Quebrada El Roble); en la estación S4 (Quebrada Taque) la diversidad fue cero. Estos resultados obtenidos para los índices biológicos, coinciden con lo planteado en los párrafos anteriores. En general, se presenta una similitud de Bray-Curtis que no supera el 60,5% entre sitios de muestreo.

- Apertura Vía Puerto Valdivia – Sitio de Presa

En la campaña de muestreo realizada en las corrientes superficiales del área de influencia de la vía Puerto Valdivia-Sitio de presa se recolectaron 2352 individuos pertenecientes a cuatro phylum, 13 órdenes, 52 familias y 86 taxones. En la Tabla 3.1.3.42 se presenta la ubicación taxonómica y la abundancia total de los taxones encontrados.

La clase Insecta fue la más representativa en todos los sitios de muestreo, pues los insectos se caracterizan por su diversidad, abundancia y adaptabilidad. Los órdenes Trichoptera, con nueve familias y 16 géneros, Coleoptera con ocho familias y 22 géneros y Diptera con nueve familias y 13 géneros, fueron los que presentaron la mayor diversidad.

Tabla 3.1.3.42 Ubicación taxonómica y abundancia de los taxones de macroinvertebrados encontrados en el área de influencia de la vía Puerto Valdivia - Sitio de presa

Clase, Orden, Familia	Taxón	P1-Quebrada Tapias	P2-Quebrada Remolinos	P3-Quebrada Deirsi	P4-Quebrada Achirá	P5-Quebrada La Guanera	P6-Quebrada Tamara	P7-Quebrada Organi	P8-Quebrada La Rica	P9-Río Sinitave	P10-Quebrada Ticutá
<b>Phylum Platyhelminthes</b>											
Tricladida											
DugesIIDae	<i>Girardia</i>	3		1	5	1		1		1	
<b>Phylum Annelida</b>											
Haplotaxida	Haplotaxida						1	1			
<b>Phylum Arthropoda</b>											
Decapoda											
Trichodactylidae	Trichodactylidae s.d.								1		4
Arachnoidea											
Acari	Acari s.d.						1				
Insecta											
Plecoptera											
Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	16	1	54	24	45	8	15	5	8	1
Trichoptera											
Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i>	12	1	4	2		5	1			72
	<i>Grumichella</i>	11			2	1					
	<i>Atanatolica</i>						13	7	66		
Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	35	23	22	46	11	15	8	6	1	
	<i>Leptonema</i>	2	34	11	35	1	8	10	6	6	1
Hydroptilidae	<i>Ochrotrichia</i>				1						
	<i>Zumatrichia</i>				2	6		1			
	<i>Rhyacopsyche</i>					2					
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>				2						

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Clase, Orden, Familia	Taxón	P1-Quebrada Tapias	P2-Quebrada Remolinos	P3-Quebrada Deirsi	P4-Quebrada Achirá	P5-Quebrada La Guanera	P6-Quebrada Tamara	P7-Quebrada Organi	P8-Quebrada La Rica	P9-Río Sinitave	P10-Quebrada Ticuitá
Glossosomatidae	Glossosomatidae s.d.					2		1			
Odontoceridae	<i>Marilia cf</i>					1					
Clase, Orden, Familia	Taxón	P1-Quebrada Tapias	P2-Quebrada Remolinos	P3-Quebrada Deirsi	P4-Quebrada Achirá	P5-Quebrada La Guanera	P6-Quebrada Tamara	P7-Quebrada Organi	P8-Quebrada La Rica	P9-Río Sinitave	P10-Quebrada Ticuitá
Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	1	3	51	17						
	<i>Wormaldia</i>	4	3								
Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>		1	1							6
	<i>Polypsectopus</i>								2		
Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>										41
Ephemeroptera											
Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	36	5	23	10	8	1	15	1	8	2
Baetidae	Baetidae s.d.	9	9	5	4		2				13
	<i>Baetodes</i>	7			4	4	12	3		7	
	<i>Mayobaetis</i>					5	4	1		1	
	<i>Camelobaetidius</i>					1					
Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i>	41	5	9	44	2	80	6	1		2
	<i>Tricorythodes</i>	5	5	1	3						
Oligoneuriidae	<i>Lachlania</i>					2					
Euthyplociidae	<i>Euthyplocia</i>								1		
Odonata											
Libellulidae	Libellulidae						1				
	<i>Brechmorhoga</i>	1	9	1							8
Gomphidae	<i>Progomphus</i>										4

## ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Clase, Orden, Familia	Taxón	P1-Quebrada Tapias	P2-Quebrada Remolinos	P3-Quebrada Deirsi	P4-Quebrada Achirá	P5-Quebrada La Guanera	P6-Quebrada Tamara	P7-Quebrada Organi	P8-Quebrada La Rica	P9-Río Sinitave	P10-Quebrada Ticutá
Coenagrionidae	<i>Argia</i>	4	3								12
Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>			1							1
Polythoridae	<i>Polythore</i>			1					3		
Megapodagrionidae	<i>Megapodagrion</i>								1		
	<i>Heteragrion</i>										2
Hemiptera (Heteroptera)											
Naucoridae	<i>Limnocoris</i>			1	1		1		6		9
	<i>Ambrysus</i>	2					2				2
	<i>Cryphocricos</i>			1		2					
Belostomatidae	<i>Belostoma</i>									1	
Mesoveliidae	<i>Mesoveloidea</i>			1	2			1			1
Notonectidae	<i>Buenoa</i>								1		
Hebridae	<i>Hebrus</i>				1						
Ochteridae	<i>Ochterus</i>						1				
Veliidae	<i>Stridulivelia</i>								2		
	<i>Rhagovelia</i>	14	9	12	42	13			9		7
Coleoptera											
Dytiscidae	Harpalinae		6				1				
Elmidae	<i>Disersus</i>	3	1	2	11		2				
	<i>Pseudodisersus</i>							1			
	<i>Heterelmis</i>	53	6	21	60	13	5	5			1
	<i>Phanocerus</i>	1	1		1	1	3	1			1
	<i>Macrelmis</i>	2		17	13	5		3		2	
	<i>Microcylloepus</i>	1		2	8	1					
	<i>Stenelmis</i>							3			

## ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Clase, Orden, Familia	Taxón	P1-Quebrada Tapias	P2-Quebrada Remolinos	P3-Quebrada Deirsi	P4-Quebrada Achirá	P5-Quebrada La Guanera	P6-Quebrada Tamara	P7-Quebrada Organi	P8-Quebrada La Rica	P9-Río Sinitave	P10-Quebrada Ticutá
Dryopidae	<i>Pelonomus</i>			1							
	<i>Elmoparnus</i>	1									
	<i>Dryops</i>		1							2	
Hydrophilidae	Hydrophilidae 1 s.d.						4				
	Hydrophilidae 2 s.d.						1				
	<i>Tropisternus</i>		1								
Psephenidae	<i>Psephenops</i>	1			1						
Ptilodactylidae	Ptilodactylidae s.d.	1		1	3	3		2	2		
	<i>Tetraglossa</i>					2					
Scarabaeidae	Scarabaeidae						1				
Staphylinidae	Staphylinidae s.d. 1	1				1		1			
	Staphylinidae s.d. 2	1									
Staphylinidae	Staphylinidae s.d. 3						58				
	Staphylinidae s.d. 4								1		
Megaloptera											
Corydalidae	<i>Corydalus</i>	1	1	3		2				1	1
Diptera											
Chironomidae	Chironomidae s.d.	25	92	27	124	87	105	14	3	5	7
Ceratopogonidae	<i>Probezzia</i>		5								
	<i>Stilobezzia</i>										1
Dixidae	<i>Dixella</i>			1			1				

## ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Clase, Orden, Familia	Taxón	P1-Quebrada Tapias	P2-Quebrada Remolinos	P3-Quebrada Deirsi	P4-Quebrada Achirá	P5-Quebrada La Guanera	P6-Quebrada Tamara	P7-Quebrada Organi	P8-Quebrada La Rica	P9-Río Sinitave	P10-Quebrada Ticuitá
Dolichopodidae	<i>Aphrosylus</i>		1								
Empididae	<i>Chelifera</i>		1	1							
Simuliidae	<i>Simulium</i>		4	5	6	1	4			2	
Tipulidae	Tipulidae s.d.		1								
	<i>Hexatoma</i>	5	14	2		2			2		1
	<i>Limonia</i>					5				1	
	<i>Molophilus</i>		3	1			2				
Psychodidae	<i>Maruina</i>		1							5	
Stratiomyidae	<i>Odontomyia</i>	1									
<b>Phylum Mollusca</b>											
Sorbeoconcha											
Hydrobiidae	Hydrobiidae s.d.								1		
<b>Total individuos</b>		<b>300</b>	<b>250</b>	<b>284</b>	<b>474</b>	<b>230</b>	<b>342</b>	<b>101</b>	<b>120</b>	<b>51</b>	<b>128</b>
<b>Total taxones</b>		<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>28</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>24</b>

En la Figura 3.1.3.39 se compara el número total de individuos y la riqueza de taxones por punto de muestreo. Se observa que el número de taxones fue semejante en los primeros seis sitios de muestreo (entre 28 y 31), en los demás sitios disminuye la riqueza, variando de 15 taxones en P9 (río Sinitave) a 24 taxones en P10 (quebrada Ticutá). En general, la abundancia de individuos sigue el mismo patrón que la riqueza de taxones.

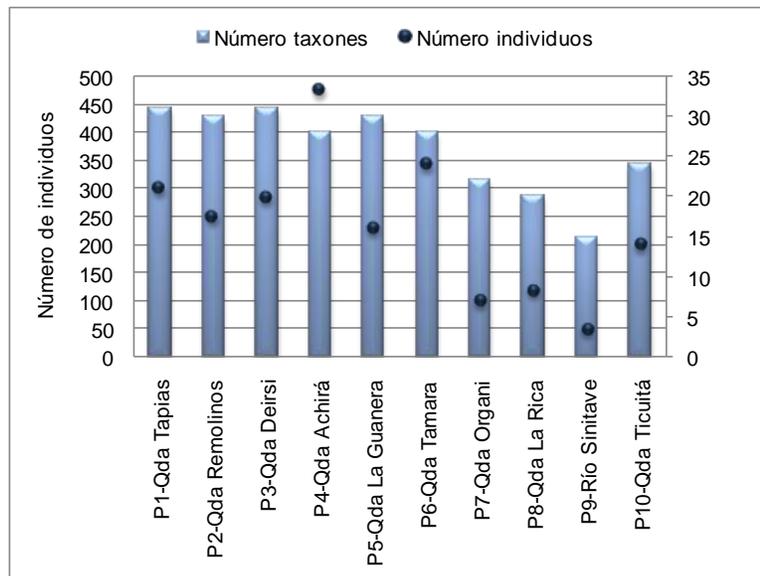


Figura 3.1.3.39 Número total de individuos y riqueza de taxones encontrados en los puntos de muestreo de la zona de estudio

En la Figura 3.1.3.40 se presenta la abundancia relativa de los macroinvertebrados acuáticos para cada punto de muestreo.

Un género de la familia Chironomidae fue el taxón con la mayor abundancia relativa en las quebradas Remolinos (P2), Achirá (P4), La Guanera (P5) y Tamara (P6); como se dijo anteriormente, a los géneros de esta familia con excepción de *Chironomus* no se le considera buenos indicadores de la calidad del agua porque incluye géneros y especies que cubren todo tipo de ecosistemas acuáticos dulceacuícolas, así como todo el rango de calidad del agua (Álvarez, 2005).

En la quebrada Tapias (P1) se recolectaron 300 individuos pertenecientes a 31 taxones, de los cuales 26 fueron identificados hasta el nivel de género. El coleóptero *Heterelmis* de la familia Elmidae y los efemerópteros *Leptohyphes* y *Thraulodes* de las familias Leptohyphidae y Leptophlebiidae fueron los macroinvertebrados más abundantes; las dos primeras familias son indicadores de aguas donde empiezan a evidenciarse efectos de contaminación y la tercera es propia de aguas limpias.

De los 250 individuos incluidos en 30 taxones que se registraron en la quebrada Remolinos (P2), 30 fueron determinados hasta el rango de género. En este sitio a los quironómidos le siguen en abundancia los tricópteros *Leptonema* y *Smicridea* de la familia

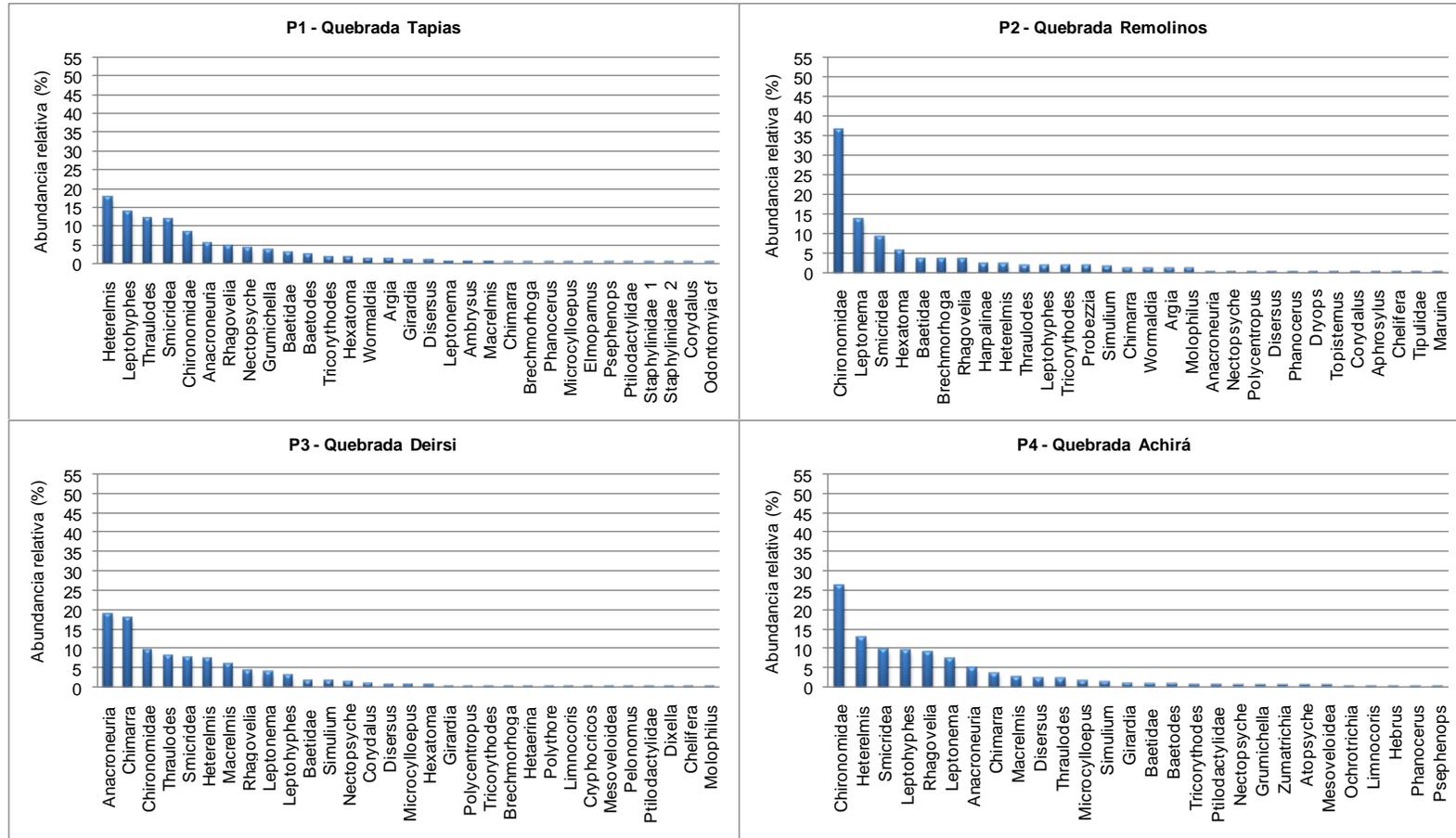
Hydropsychidae, la cual es indicadora de aguas ligeramente contaminadas por materia orgánica.

En la quebrada Deirsi (P3) se recolectaron 284 individuos agrupados en 31 taxones, de los cuales 31 fueron identificados hasta género. *Anacroneuria*, plecóptero de la familia Perlidae y *Chimarra*, tricóptero de familia Philopotamidae, presentan las mayores abundancias, ambas familias son indicadoras de aguas limpias.

En la quebrada Achirá (P4) se recolectaron 474 individuos incluidos en 28 taxones, 26 de ellos determinados hasta el nivel de género; en la quebrada La Guanera (P5) se capturaron 230 individuos de 30 familias y 28 taxones determinados hasta el rango de género y en la quebrada Tamara se recolectaron 342 individuos pertenecientes a 28 taxones, 19 identificados hasta el nivel de género. Los géneros *Heterelmis* (familia Elmidae) y *Smicridea* (familia Hydropsychidae) en la quebrada La Guanera (P5) y *Anacroneuria* (Perlidae) y *Rhagovelia* (Veliidae) en la quebrada Tamara (P6), le siguen en abundancia a la familia Chironomidae. Las familias Elmidae e Hydropsychidae, como ya se mencionó, son indicadoras de aguas ligeramente contaminadas, mientras que Perlidae es propia de aguas limpias. La familia Veliidae no se considera buena indicadora de la calidad del agua. Los vélidos, comúnmente conocidos como “patinadores”, son organismos muy tolerantes a diferentes tipos de contaminación excepto por agentes tensoactivos que reduzcan la tensión superficial del agua (Álvarez, 2005). Leptohyphidae, también abundante en La quebrada Guamera, es por su parte es una familia indicadora de aguas donde empiezan a evidenciarse efectos de contaminación y Staphylinidae, abundante en la quebrada Tamara es propia de aguas contaminadas.

En P7 (quebrada Organi) se capturaron 101 individuos incluidos en 28 taxones, 19 de ellos determinados hasta género; en la quebrada La Rica (P8) fueron recolectados 120 especímenes pertenecientes a 20 taxones, con 16 identificados hasta el rango de género. En P9 (río Sinitave) se registró el menor número de individuos (51) y taxones (15), de los cuales 14 fueron determinados hasta el nivel de género. Finalmente, en P10 se capturaron 128 individuos representados en 24 taxones, 21 de ellos identificados hasta género. En P7, P10 y P9 predominaron macroinvertebrados indicadores de aguas limpias a ligeramente contaminadas, pertenecientes a las familias Perlidae (*Anacroneuria*, plecóptero), Leptophlebiidae (*Thraulodes*, efemeróptero), Leptoceridae y Calamoceratidae (*Nectopsyche* y *Phylloicus*, tricópteros). Mientras que en P8 predominaron *Atanotlica* (Leptoceridae) y *Rhagovelia* (Veliidae), el primero es indicador de aguas ligeramente contaminadas y el segundo, como ya se mencionó, no es buen indicador de la calidad del agua.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

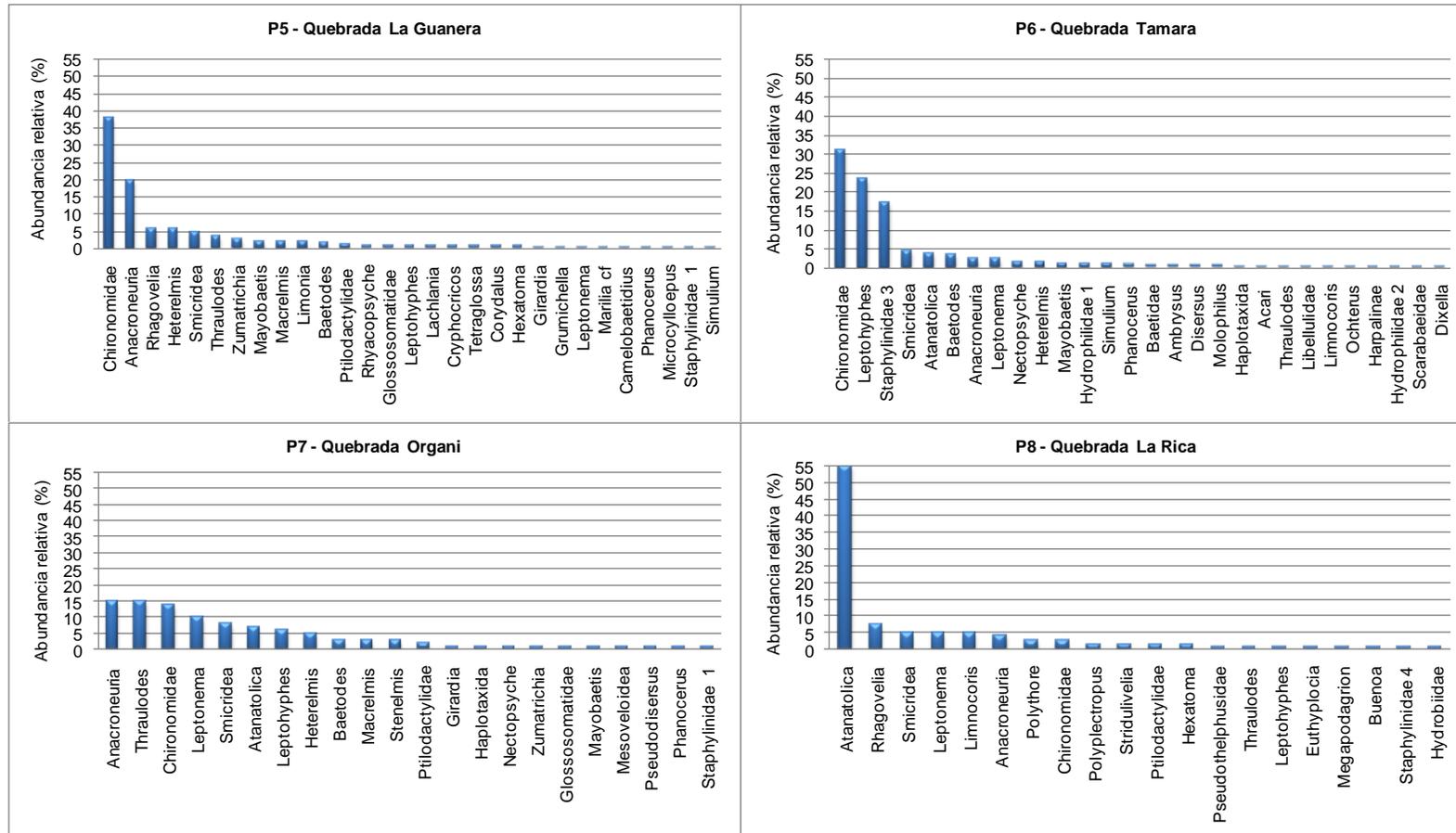


Figura 3.1.3.40 Abundancia relativa de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en los puntos de muestreo

En el área de influencia de la vía Puerto Valdivia-Sitio de presa los taxones con el mayor número de individuos fueron un díptero de la familia Chironomidae s.d., el efemeróptero *Leptohyphes* (familia Leptohyphidae) y el plecóptero *Anacroneturia* (familia Perlidae). Este organismo es indicador de aguas muy limpias y oxigenadas en las cuales hay sustratos apropiados para colonización por la presencia de rizos y correderas. Con relación a *Leptohyphes* (Fotografía 3.1.3.78), la familia Leptohyphidae es exclusiva de América y se encuentra en diferentes hábitats, en aguas lentas, en remansos debajo de rocas y vegetación (Roldán, 1988). A esta familia se la considera indicadora de aguas moderadamente contaminadas.



Fotografía 3.1.3.78 Leptohyphidae: *Leptohyphes*

La Tabla 3.1.3.43 y Figura 3.1.3.41 presentan los descriptores de diversidad de los puntos de muestreo. En general, los valores de diversidad fueron bajos sin mayores diferencias entre sitios de muestreo; el mayor valor de este índice (1,17) lo presentó la quebrada Tapias (P1), la cual surge al acueducto de Puerto Valdivia y sus aguas se observaron cristalinas durante el muestreo. El sustrato está conformado por rocas de gran tamaño y canto rodado, lo cual permite la formación de zonas de pozas y de rápidos, suministrando mayor diversidad de hábitats para la colonización de los macroinvertebrados. La menor diversidad (0,82) la registró la quebrada La Rica (P8), en la que pese a la disponibilidad de hábitat para un ensamble de macroinvertebrados diverso, la alta dominancia del género *Atanatica* contribuyó a la baja diversidad del sitio. En la misma tabla y figura se observa que en general los valores de la equidad fueron altos, es decir, la distribución de los taxones es similar en todos los sitios.

Tabla 3.1.3.43 Valores de los índices ecológicos registrados en los puntos de muestreo de macroinvertebrados

Índice	P1- Quebrada Tapias	P2-Quebrada Remolinos	P3-Quebrada Deirsi	P4-Quebrada Achirá	P5-Quebrada La Guanera
Diversidad	1,17	1,05	1,14	1,09	0,99
Dominancia	0,09	0,17	0,10	0,12	0,19
Equidad	0,78	0,71	0,76	0,75	0,68

Índice	P6-Quebrada Tamara	P7-Quebrada Organi	P8-Quebrada La Rica	P9-Río Sinitave	P10-Quebrada Ticuitá
Diversidad	0,94	1,14	0,82	1,04	0,97
Dominancia	0,18	0,09	0,32	0,09	0,18
Equidad	0,65	0,85	0,63	0,89	0,70

En general, todos los sitios de muestreo presentaron sustratos apropiados para la colonización de la fauna macroinvertebrada, conformados por rocas de diferentes tamaños, arena, hojarasca y la formación de rápidos, cascadas y remansos; lo anterior se ha visto favorecido por el fenómeno del niño, ya que el bajo nivel y caudal del agua evitan el arrastre de los macroinvertebrados.

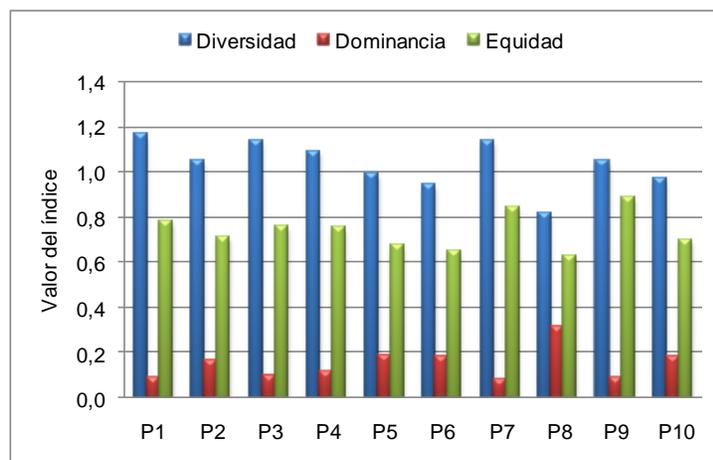


Figura 3.1.3.41 Índices de diversidad, equidad y dominancia registrados en los puntos de muestreo

En la Figura 3.1.3.42 se observa que todos los sitios de muestreo presentaron aguas clases I (calidad buena) y II (calidad aceptable), es decir, aguas muy limpias y no contaminadas a aguas ligeramente contaminadas. En la Tabla 3.1.3.44 se presenta la calificación del índice de calidad ambiental BMWP/Col1 y en la Figura 3.1.3.42 los resultados de la aplicación de dicho índice.

Tabla 3.1.3.44 Calificación del índice BMWP/Col<sup>1</sup> para los puntos de muestreo

Familia	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Dugesiiidae	6		6	6	6		6		6	
Haptotaxida						1	1			
Pseudothelphusidae								8		8
Perlidae	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Leptoceridae	8	8	8	8	8	8	8	8		8
Hydropsychidae	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Hydroptilidae				8	8		8			
Hydrobiosidae				9						

**ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO**

<b>Familia</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>	<b>P8</b>	<b>P9</b>	<b>P10</b>
Glossosomatidae					7		7			
Odontoceridae					10					
Philopotamidae	9	9	9	9						
Polycentropodidae		9	9					9		9
Calamoceratidae										8
Leptophlebiidae	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Baetidae	7	7	7	7	7	7	7		7	7
Leptohyphidae	7	7	7	7	7	7	7	7		7
Oligoneuriidae					9					
Euthyplociidae								9		
Libellulidae	5	5	5			5				5
Gomphidae										9
Coenagrionidae	7	7								7
Calopterygidae			7							7
Polythoridae			10					10		
Megapodagrionidae								6		6
Naucoridae	8		8	8	8	8		8		8
Belostomatidae									4	
Mesoveliidae			5	5			5			5
Notonectidae								5		
Hebridae				8						
Ochteridae						7				
Elmidae	7	7	7	7	7	7	7		7	7
Dryopidae	6	6	6						6	
Hydrophilidae		3				3				
Psephenidae	10			10						
Ptilodactylidae	10		10	10	10	10	10	10		
Staphylinidae	6				6	6	6	6		
Corydalidae	6	6	6		6				6	6
Ceratopogonidae		5								5
Dixidae			7			7				
Dolichopodidae		4								
Empididae		4	4							
Simuliidae		5	5	5	5	5			5	
Tipulidae	3	3	3		3	3		3	3	3
Psychodidae		2							2	
Stratiomyidae	3									
Hydrobiidae								7		
<b>BMWP/Col<sup>1</sup></b>	<b>134</b>	<b>123</b>	<b>155</b>	<b>133</b>	<b>133</b>	<b>110</b>	<b>98</b>	<b>122</b>	<b>72</b>	<b>141</b>

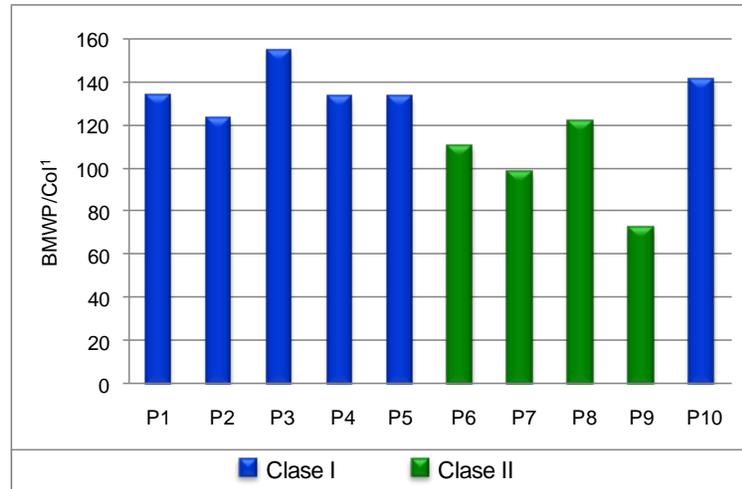


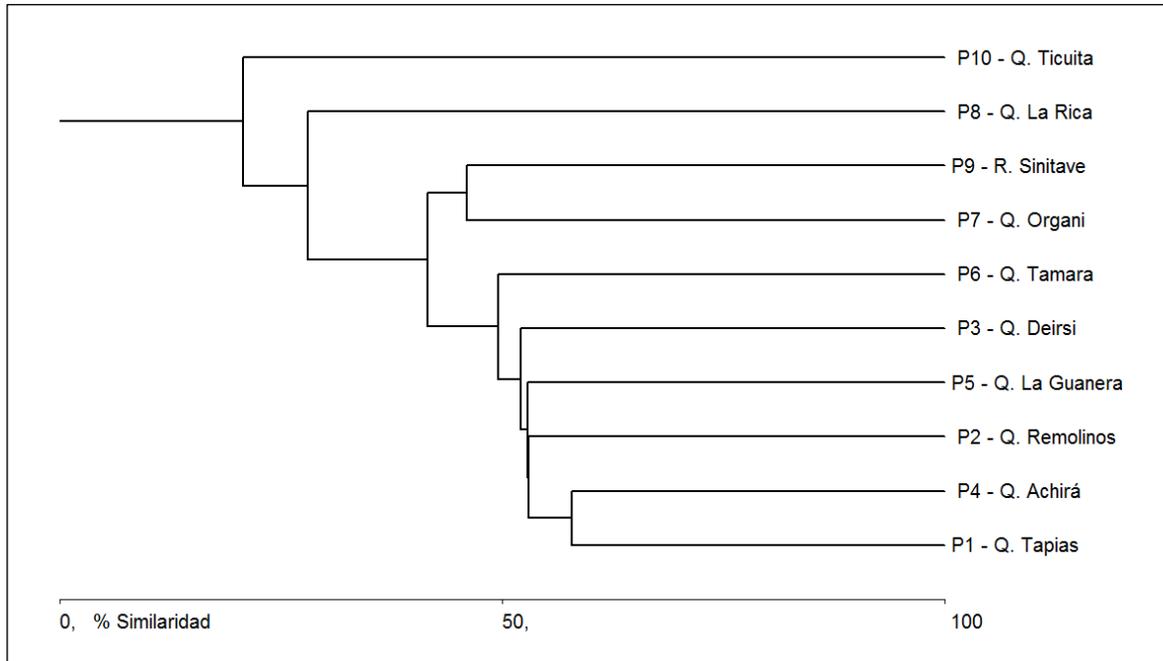
Figura 3.1.3.42 Resultados de la aplicación del índice BMWP/Col<sup>1</sup> en los puntos de muestreo

El análisis de similitud de Bray-Curtis mostró que el ensamble de macroinvertebrados fue más semejante en las quebradas Tapias (P1) y Achirá (P4) con una similaridad de 57,88%, debido posiblemente a que ambas compartieron algunos de los taxones más abundantes, *Heterelmis*, *Leptohyphes* y *Smicridea*. La quebrada Organi (P7) y el río Sinitave (P9) conformaron otro grupo con una similaridad de 46,05%, pues ambas presentaron entre los taxones más abundantes a *Anacroneuria*, *Thraulodes*, *Leptonema* y Chironomidae s.d. (Tabla 3.1.3.45 y Figura 3.1.3.43).

La quebrada Ticutá (P10) y el río Sinitave (P9) presentaron la más baja similaridad (7,97%), mostrando una estructura diferente de macroinvertebrados acuáticos, debido muy probablemente a las diferencias de caudal y de sustrato. Es así como mientras la quebrada Ticutá durante el muestreo presentaba una corriente de agua muy pequeña con tendencia a desaparecer de continuar las condiciones de intensa sequía, en el río Sinitave se observaron todos los regímenes de velocidad y profundidad a lo largo del cauce.

Tabla 3.1.3.45 Porcentajes de similaridad entre los puntos de muestreo

Punto	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
P1	*	38,91	52,05	57,88	39,25	36,14	37,41	10,00	19,94	20,80
P2	*	*	40,45	53,04	52,92	46,96	28,49	10,81	15,28	20,44
P3	*	*	*	49,08	51,75	28,12	41,56	13,37	20,30	15,29
P4	*	*	*	*	50,57	49,51	28,17	8,42	14,10	8,90
P5	*	*	*	*	*	43,71	40,48	12,00	24,20	11,16
P6	*	*	*	*	*	*	28,89	15,58	15,78	8,86
P7	*	*	*	*	*	*	*	28,05	46,05	11,30
P8	*	*	*	*	*	*	*	*	18,71	9,38
P9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	7,97



**Figura 3.1.3.43** Análisis de similitud para los macroinvertebrados en los puntos de muestreo

A continuación se presenta el registro fotográfico de algunos de los macroinvertebrados encontrados en la zona de estudio ( Fotografía 3.1.3.79).



*Girardia*



*Nectopsyche*



*Ochrotrichia*



*Grumichella*



*Atanatoica*



*Polyplectropus*



*Smicridea*



*Leptonema*



*Zumatrichia*



*Rhyacopsyche*



*Atopsyche*



Glossosomatidae



*Marilia cf*



*Wormaldia*



*Phylloicus*



*Baetodes*



*Mayobaetis*



*Lachlania*



*Euthyplocia*



*Brechmorhoga*



*Progomphus*



*Polythore*



*Heteragrion*



*Limnocoris*



*Ambrysus*



*Cryphocricos*



*Belostoma*



*Rhagovelia*



*Buena*



*Ochterus*



*Stridulivelia*



*Mesoveloidea*



*Disersus (larva)*



*Phanocerus*



*Microcyloopus*



*Heterelmis*



*Stenelmis*



*Elmoparnus*



*Dryops*



Hydrophilidae 1



*Psephenops*



*Tetraglossa*



Scarabaeidae



Staphylinidae 1



Staphylinidae 2



Staphylinidae 4



*Corydalus*



Chironomidae



*Hexatoma*



*Limonia* (larva)



*Limonia* (pupa)



*Maruina*



*Odontomyia*



Hydrobiidae

**Fotografía 3.1.3.79 Registro fotográfico de algunos macroinvertebrados encontrados en la zona de estudio.**

Sintetizando, en el área de influencia de la vía Puerto Valdivia - Sitio de presa se registraron cuatro phylum, 13 órdenes, 52 familias y 86 taxones de macroinvertebrados. Los insectos fueron los más representativos en todos los sitios de muestreo y dentro de éstos los órdenes Trichoptera y Diptera fueron los que presentaron la mayor diversidad.

El número de taxones osciló entre 15 en el río Sinitave y 31 en las quebradas Tapias (P1) y Deirsi (P3). Los géneros que presentaron las mayores abundancias fueron *Anacroneuria*, *Heterelmis*, *Smicridea*, *Leptonema*, *Atanatolica*, *Thraulodes Chimarra*, *Nectopsyche* y Chironomidae s.d.

Los valores de diversidad fueron bajos sin mayores diferencias entre sitios de muestreo; La mayor diversidad la presentó la quebrada Tapias (P1) y la menor la quebrada La Rica (P8). Los valores de la equidad fueron altos en general. Los resultados de los índices indican que todos los cuerpos de agua evaluados presentan un buen estado ecológico, con sustratos apropiados para el desarrollo de un ensamble de macroinvertebrados diverso.

De acuerdo con el índice de calidad ambiental BMWP/Col<sup>1</sup>, todas las corrientes superficiales evaluadas presentan aguas de calidad buena (aguas muy limpias y no contaminadas, clase I) a calidad aceptable (aguas ligeramente contaminadas, clase II).

El análisis de similaridad mostró que la asociación de macroinvertebrados fue más semejante para las quebradas Tapias (P1) y Achirá (P4), mientras que la más baja similitud se presentó entre la quebrada Ticutá (P10) y el río Sinitave (P9).

- Reajuste y actualización zona de cola del embalse

En el muestreo realizado en cinco quebradas del sector de cola de embalse se encontraron 654 individuos incluidos en 34 taxones y 23 familias, pertenecientes a nueve órdenes y una clase. Todos los organismos recolectados corresponden a estados inmaduros de insectos acuáticos, representando 100 % del ensamble de macroinvertebrados. En la Tabla 3.1.3.46 se presenta la ubicación taxonómica y la abundancia total de los taxones encontrados.

**Tabla 3.1.3.46 Ubicación taxonómica y abundancia de los taxones de macroinvertebrados encontrados en los diferentes sitios de muestreo.**

Clase, Orden, Familia	Taxón	Quebradas				
		P1-La Sucia	P2 - Tesorero	P3 - La Rodas	P4 - Juan García	P5 - La Ordoñez
Phylum Arthropoda						
Insecta						
Ephemeroptera						
Baetidae	<i>Baetodes</i>	1			24	
	<i>Camelobaetidius</i>	4				
	<i>Baetidae s.d.</i>	1			1	
Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	1		1	14	7
Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i>				9	
Odonata						
Libellulidae	<i>Libellulidae s.d.</i>	1	1		6	
	<i>Brechmorhoga</i>			2	1	15
Coenagrionidae	<i>Argia</i>					1
Plecoptera						
Perlidae	<i>Anacroneuria</i>			6	4	
Hemiptera (Heteroptera)						
Gelastocoridae	<i>Gelastocoris</i>					1
Megaloptera						
Corydalidae	<i>Corydalus</i>	9	5	21	4	2
Coleoptera						
Coleoptera	<i>Coleoptera s.d.</i>		1			
Elmidae	<i>Heterelmis</i>				11	
Hydrophilidae	<i>Sperchopsis cf.</i>	1				
Staphylinidae	<i>Staphylinidae s.d.</i>		1			
Lepidoptera						
Lepidoptera	<i>Lepidoptera s.d.</i>					3
Pyralidae	<i>Petrophila</i>					2
Trichoptera						

Clase, Orden, Familia	Taxón	Quebradas				
		P1-La Sucia	P2 - Tesorero	P3 - La Rodas	P4 - Juan García	P5 - La Ordoñez
Trichoptera	<i>Trichoptera s.d.</i>					2
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	3	1	16	17	57
Philopotamidae	<i>Wormaldia</i>		1		3	
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>				1	
Diptera						
Diptera	<i>Diptera s.d.</i>	1				
Chironomidae	<i>Chironomidae</i>	44	24	3	152	4
Ceratopogonidae	<i>Atrichopogon</i>		1		1	
	<i>Alluaudomyia</i>				8	
Simuliidae	<i>Simulium</i>	39	40		62	
Tipulidae	<i>Hexatoma</i>					2
	<i>Limonia</i>		1			
	<i>Molophilus</i>				4	
	<i>Tipulidae</i>				1	
Psychodidae	<i>Maruina</i>				1	
Empididae	<i>Hemerodromia</i>		1		1	
Dolichopodidae	<i>Dolichopodidae</i>				1	
Stratiomyidae	<i>Odontomyia</i>		1			
Total individuos		107	81	49	322	96
Total taxones		11	13	6	20	11

En la Figura 3.1.3.44 se compara el número total de individuos con respecto a la riqueza de taxones por sitio de muestreo. Se observa que el mayor número de individuos y la mayor riqueza la presenta la quebrada Juan García (P4), mientras que la quebrada La Rodas (P3) registró pocos individuos y una baja riqueza de taxones.

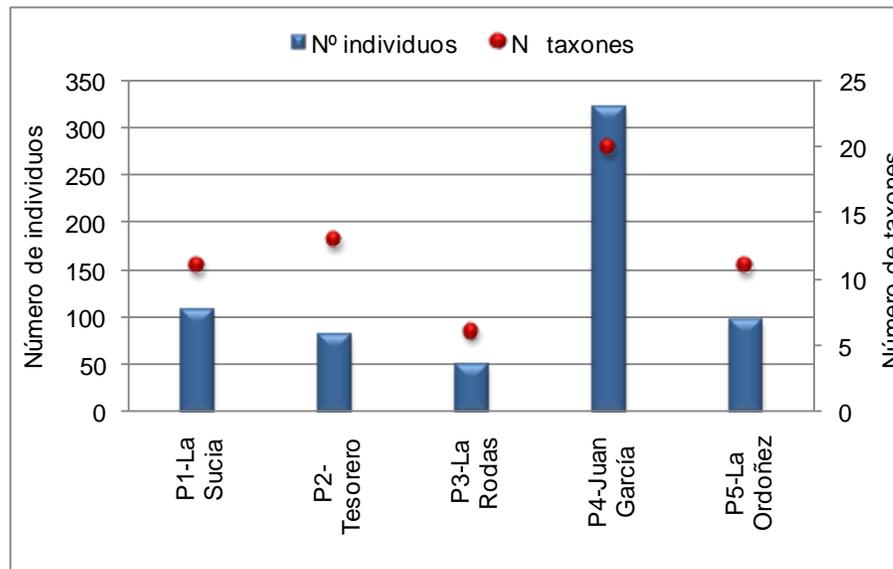


Figura 3.1.3.44 Número total de individuos y riqueza de taxones encontrados en los sitios de muestreo

En la Figura 3.1.3.45 se presenta la abundancia relativa de los macroinvertebrados encontrados en los diferentes puntos de muestreo

En la quebrada La Sucia (P1) se recolectaron 107 individuos pertenecientes a 11 taxones, ocho familias y seis órdenes; siete taxones fueron identificados hasta el nivel de género. Los taxones que presentaron la mayor abundancia fueron Chironomidae (dípteros) con 41,12%, seguido de los géneros *Simulium* (díptero) con 36,45% y *Corydalus* (megalóptero) con 8,41% (ver Figura 3.1.3.45 y Figura 3.1.3.63) A chironomidae, como se mencionó antes, no se le considera buen indicador de la calidad del agua.

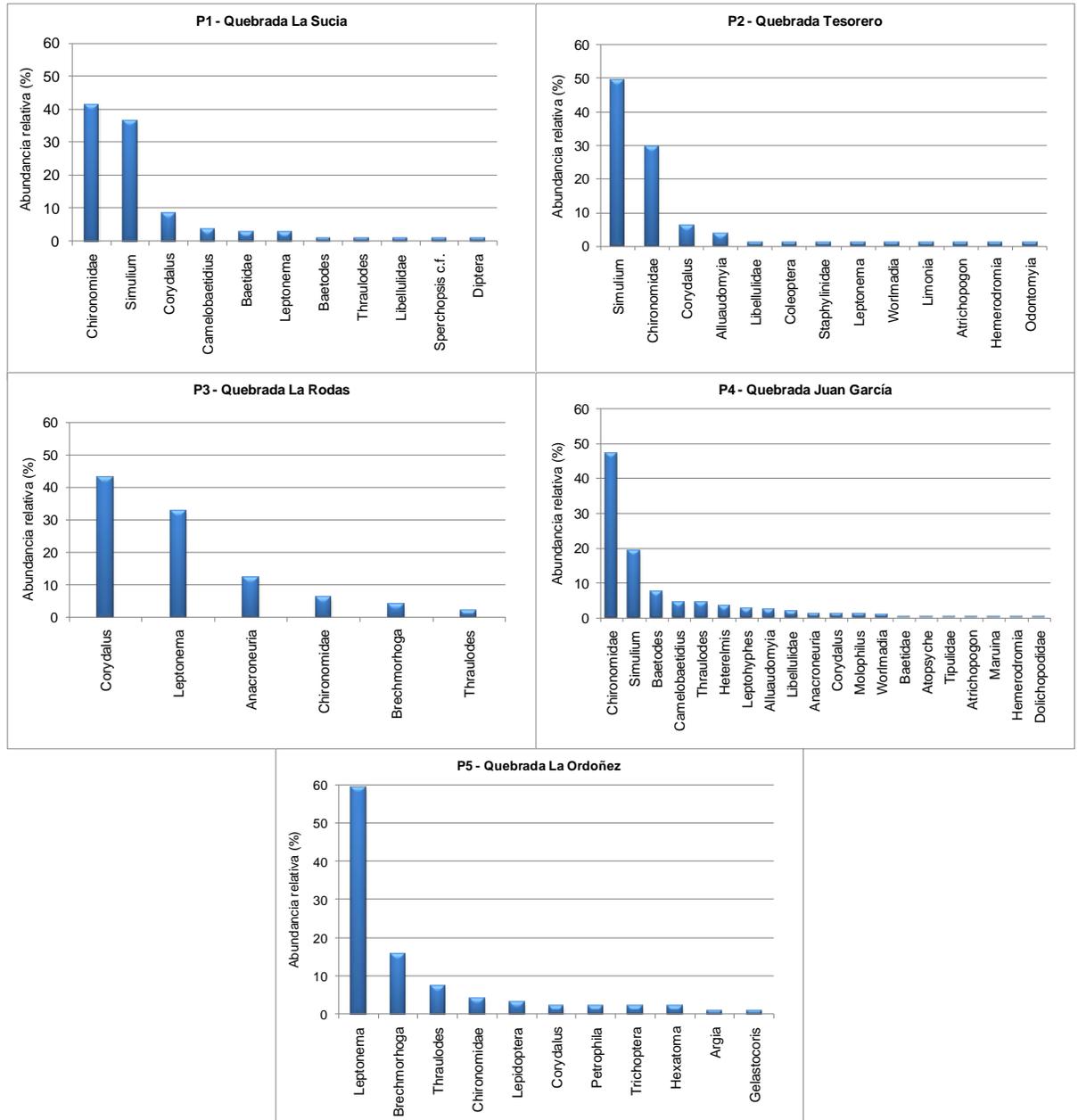
En la quebrada Tesorero (P2) se recolectaron 81 individuos representados en 13 taxones (nueve identificados hasta el nivel de género), 11 familias y cinco órdenes. El taxón que presentó la mayor abundancia fue de los dípteros *Simulium* con un 49,38% y Chironomidae (29,63%), y del megaloptero *Corydalus* con 6,17%. Los simúlidos y los coridálidos son indicadores de aguas moderadamente contaminadas .

En la quebrada La Rodas (P3) se capturaron 49 individuos incluidos en seis taxones, seis familias y seis órdenes; cinco taxones se pudieron identificar hasta el nivel de género. Los taxones con la mayor abundancia fueron *Corydalus* (megalóptero) con 42,86%, seguido de *Leptonema* (tricóptero) con 32,65% y *Anacroneuria* (plecóptero) con 12,24%. El género *Corydalus* es indicador de contaminación moderada, *Leptonema* es propio de aguas con poca contaminación y *Anacroneuria* es propio de aguas muy limpias, se le considera buen indicador de calidad biológica del agua porque es muy sensible a bajas concentraciones de oxígeno disuelto.

En la Quebrada Juan García (P4) se recolectaron 322 individuos pertenecientes a 20 taxones, distribuidos en 15 géneros, correspondientes a 15 familias y seis órdenes. Los

taxones más representativos fueron la familia Chironomidae (dípteros) con un valor de 47,20%, seguido por los géneros *Simulium* (díptero) y *Baetodes* (efemeróptero) con 19,25% y 7,45%, respectivamente. Como ya se mencionó los simúlidos son propios de aguas moderadamente contaminadas, mientras que *Baetodes* es indicador de aguas con poca contaminación.

En la quebrada La Ordoñez (P5) se encontraron 96 individuos incluidos en 11 taxones, nueve familias y siete órdenes; ocho taxones se pudieron identificar hasta el nivel de género. Los taxones con la mayor abundancia fueron *Leptonema* (tricóptero) con 59,38%, seguido de *Brechmorhoga* (odonato) con 15,63% y *Thraulodes* (efemeróptero) con 7,29%. El primero es propio de aguas con poca contaminación, el segundo de aguas moderadamente contaminadas y el tercero de aguas limpias.



**Figura 3.1.3.45** Abundancia relativa (%) de los taxones de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la zona de estudio

A continuación se describen algunas generalidades de los taxones que presentaron la mayor abundancia total.

La familia más abundante, Chironomidae, es una familia de dípteros que incluye géneros y especies que cubren todo tipo de ecosistemas acuáticos dulceacuícolas, así como todo

el rango de calidad del agua. El segundo taxón más abundante fue *Simulium* de la familia Simuliidae. Estos son insectos ligados a ambientes lóticos constituyendo un importante eslabón en la cadena trófica. Generalmente prefieren sitios con flujo de agua continuo y rápido; se ubican cerca de la superficie donde existe mayor tensión de oxígeno, y en sustratos pedregosos que permiten la fijación de larvas y pupas. Las larvas y pupas necesitan mayor luminosidad, por lo que escogen aguas claras, además, la velocidad de la corriente define la cantidad de alimento suspendido que pueden filtrar, por lo que es un factor muy importante para definir el hábitat de las especies de simúlidos (Coscarón, 2009). La presencia de larvas de simúlidos puede servir como indicativo de aguas mesotróficas, son abundantes en aguas con material orgánico particulado fino proveniente de la erosión del cauce, el arrastre de sedimentos y la escorrentía provocada por las lluvias (Roldán, 1988).

La siguiente abundancia más alta la presenta *Leptonema* perteneciente a la familia Hydropsychidae, este género está ampliamente distribuido en nuestros ríos en todos los pisos altitudinales. Se encuentran casi siempre en la zona de corrientes moderadas a fuertes, donde filtran la materia orgánica en suspensión y son fácilmente reconocibles por sus branquias ramificadas en el abdomen y su piel densamente cubierta de setas o pelos cortos (Springer, 2006). Sus larvas son de vida libre y viven en habitáculos fijos sobre rocas y se alimentan de una gran variedad de organismos que capturan mediante el hilado de redes sobre la superficie de las rocas. Se encuentran en aguas desde muy limpias a ligeramente contaminadas por materia orgánica (Posada y Roldán, 2003) (ver Fotografía 3.1.3.80).

Otro taxón representativo fue *Corydalus* (ver Fotografía 3.1.3.81). Las larvas de este género se desarrollan en el medio acuático, donde tienen alrededor de diez mudas en aproximadamente un año. Son depredadoras generalistas, caníbales y quizá carroñeras. Se presentan en alta densidad en ríos con fondo pedregoso y cierta turbulencia. Son especies euritópicas, es decir, ocupan un amplio espectro de condiciones ambientales en su hábitat, poseen branquias traqueales para la respiración del oxígeno disuelto como espiráculos para el aire atmosférico, por lo que tienden a ser tolerantes y por tanto serían imprecisos indicadores ecológicos (Contreras, 2009). Aún así, es posible que haya especies buenas indicadoras.



Fotografía 3.1.3.80 Hydropsychidae: *Leptonema*



Fotografía 3.1.3.81 Corydalidae: *Corydalus*

En la Tabla 3.1.3.47 y Figura 3.1.3.46 se observan los resultados de los índices ecológicos calculados para los diferentes sitios de muestreo. Los valores de diversidad fueron bajos, fluctuando entre 0,59 en la quebrada La Rodas (P3) y 0,80 en la quebrada Juan García (P4). Estos resultados coinciden con la menor y mayor abundancia y riqueza encontradas en la zona de estudio. Los valores de la dominancia fueron similares en todas las estaciones; la dominancia más baja se encontró en la quebrada Juan García (0,27) y la más alta en la quebrada La Ordoñez (0,38). La menor dominancia concuerda con el mayor valor de diversidad. En general, los valores de la equidad son altos, encontrando la menor equidad en la quebrada Tesorero (0,58) y la mayor en la quebrada La Rodas (0,76).

Tabla 3.1.3.47 Valores de los índices ecológicos registrados en los sitios de muestreo

Indíces	P1 - La Sucia	P2 - Tesorero	P3 - La Rodas	P4 - Juan García	P5 - La Ordoñez
Diversidad de Shannon (H')	0,64	0,65	0,59	0,80	0,63
Dominancia de Simpson (D)	0,31	0,33	0,30	0,27	0,38
Equidad de Pielou (J')	0,62	0,58	0,76	0,62	0,60

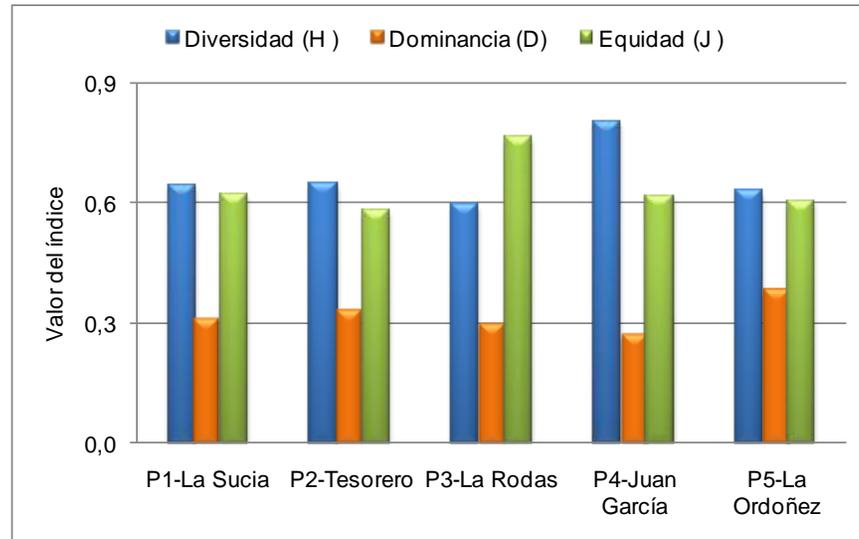


Figura 3.1.3.46 Índices de diversidad, equidad y dominancia registrados en los sitios de muestreo

Es de anotar que esta caracterización del ensamble de macroinvertebrados corresponde sólo a un periodo hidrológico, lo que no es suficiente para determinar la dinámica espacial y temporal que permita comparar los cambios en la estructura y composición en la comunidad.

La quebrada Juan García (P4) presentó el mayor valor de diversidad debido a la mayor variedad de sustratos (rocas de gran tamaño, canto rodado, grava y arena) que garantiza una mayor oferta de hábitats para los organismos que viven allí.

La dominancia evalúa la desigualdad numérica entre los taxones de una comunidad, siendo la estación con mayor índice la que más individuos de uno o pocos taxones presenta, ya que controlan las condiciones ambientales que influyen en las especies asociadas. La mayor dominancia fue para la quebrada La Ordoñez (P5) debido a la abundancia del género *Leptonema* por la gran cantidad de materia orgánica en ella proveniente de la actividad ganadera en sus inmediaciones.

La equidad permite establecer la distribución de la abundancia de los taxones dentro de la comunidad, mostrando alto valor para la quebrada La Rodas (P3) debido a las características del lecho (guijarros, canto rodado y arena) y a la presencia de vegetación riparia (árboles menores de 10 m en la margen izquierda, y rastrojo bajo en la margen derecha) fuente de material alóctono para los diferentes grupos.

En la Tabla 3.1.3.48 se presenta la calificación del índice de calidad ambiental BMWP/Col<sup>1</sup> y en la Figura 3.1.3.47 los resultados de la aplicación de dicho índice. El sitio con el mayor valor fue la quebrada Juan García (P4) con un puntaje de 87, que corresponde a aguas clase II (calidad aceptable). Las quebradas Tesorero y la Ordoñez (P2 y P5) presentaron una calidad dudosa con aguas moderadamente contaminadas (clase III), con puntajes de 52 y 49, respectivamente. Por último, las quebradas La Sucia

y La Rodas (P1 y P3) exhibieron una calidad crítica correspondiente a aguas muy contaminadas (clase IV), con puntajes de 42 y 37, respectivamente.

Estas condiciones de mediana a mala calidad del agua son debido al bajo nivel del agua en el momento del muestreo que produce una menor dilución de los contaminantes, y a la poca cobertura vegetal en sus orillas que ocasiona procesos erosivos que afectan la calidad fisicoquímica del agua. Adicionalmente, la influencia antrópica como uso del suelo desarrollado en inmediaciones de las quebradas (minería y ganadería) y los vertimientos de aguas servidas afectan el ensamble de macroinvertebrados acuáticos.

**Tabla 3.1.3.48 Calificación del índice BMWP/Col<sup>1</sup> para los sitios de muestreo**

Familia	P1-La Sucia	P2-Tesorero	P3-La Rodas	P4-Juan García	P5-La Ordoñez
Perlidae			10	10	
Baetidae	7			7	
Leptophlebiidae	9		9	9	9
Leptohephidae				7	
Libellulidae	5	5	5		5
Coenagrionidae					7
Gelastocoridae					5
Corydalidae	6	6	6	6	6
Pyralidae					7
Elmidae				7	
Hydrophilidae	3				
Staphylinidae		6			
Hydropsychidae	7	7	7		7
Philopotamidae		9		9	
Hydrobiosidae				9	
Diptera					
Simuliidae	5	5		5	
Tipulidae		3		3	3
Ceratopogonidae		4		5	
Empididae		4		4	
Stratiomyidae		3			
Psychodidae				2	
Dolichopodidae				4	
BMWP/Col1	42	52	37	87	49

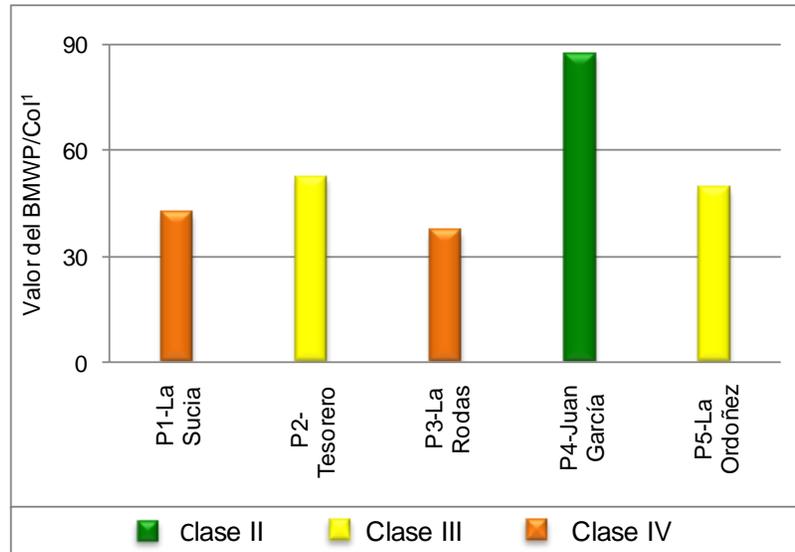
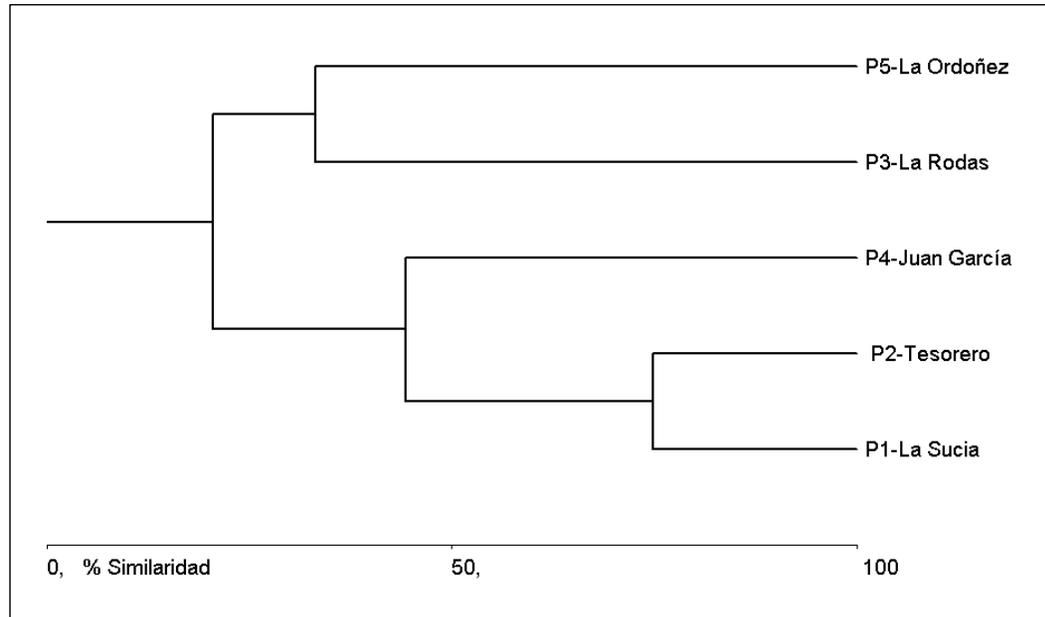


Figura 3.1.3.47 Valores encontrados del índice BMWP/Col<sup>1</sup> para los sitios de muestreo

En la Tabla 3.1.3.49 y Figura 3.1.3.48 se observa que de acuerdo con el análisis de similitud Bray-Curtis, las cinco quebradas presentaron una baja similitud. El análisis mostró una separación clara entre estaciones conformando subgrupos muy marcados; sin embargo, se observaron las mayores similitudes entre las quebradas La Sucia y Tesorero (P1 y P2) con 74,47%; entre éstas y la quebrada Juan García se presentó una similitud de 44,29%. Esta asociación es debida posiblemente a que estas quebradas comparten altos porcentajes de abundancia de taxones como Chironomidae, *Simulium*, y *Corydalus*.

Tabla 3.1.3.49 Porcentajes de similitud entre los sitios de muestreo

Estaciones	P1 - La Sucia	P2 - Tesorero	P3 - La Rodas	P4 - J. García	P5 - Ordoñez
P1 - La Sucia	*	74,47	20,51	44,29	9,85
P2 - Tesorero	*	*	13,85	37,22	7,91
P3 - La Rodas	*	*	*	6,47	33,10
P4 - J. García	*	*	*	*	6,22
P5 - Ordoñez	*	*	*	*	*



**Figura 3.1.3.48 Análisis de similitud para los macroinvertebrados en las estaciones de muestreo**

La Fotografía 3.1.3.82 presenta el registro fotográfico de algunos de los macroinvertebrados encontrados en la zona de estudio.



*Baetodes*



*Camelobaetidius*



*Thraulodes*



*Argia*



*Brechmorhoga*



*Anacroneuria*



*Gelastocoris*



*Heterelmis* (larva)



*Heterelmis* (adulto)



*Sperchopsis* cf.



Staphylinidae



*Petrophila*



*Wormaldia*



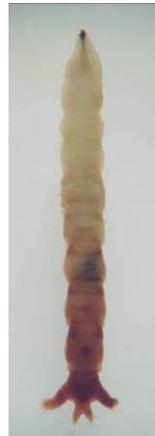
*Atopsyche*



Trichoptera (pupa)



*Hexatoma*



*Hemerodromia*



*Atrichopogon*



*Alluaudomyia*



*Odontomyia*



Dolichopodidae

Fotografía 3.1.3.82 Algunos taxones de macroinvertebrados encontrados en el tramo de cola de embalse

En el muestreo realizado en cinco quebradas del área contemplada por el Reajuste y actualización zona de cola del embalse se encontraron 34 taxones pertenecientes a 23 familias, nueve órdenes y una clase. Los estados inmaduros de insectos acuáticos representaron el 100% del ensamble de la comunidad. La quebrada Juan García (P4) presentó la mayor abundancia y riqueza y la quebrada La Rodas (P3) la menor abundancia y riqueza de taxones.

Los taxones que predominaron en las quebradas La Sucia y Tesorero (P1 y P2) fueron Chironomidae, *Simulium* y *Corydalus*, que son indicadores de aguas moderadamente contaminadas. Así mismo, *Corydalus*, fue el género más numeroso en la quebrada La Rodas (P3). En la quebrada Juan García (P4) predominaron los quironómidos, posiblemente por la abundante materia orgánica debido al vertimiento de aguas servidas del municipio de Liborina. El taxón dominante en la quebrada La Ordoñez (P5) fue *Leptonema*.

Los valores de diversidad y de dominancia fueron bajos; la equidad fue alta para todos los sitios de muestreo. En general, en todas las quebradas se presentaron valores de diversidad que indican aguas contaminadas. En todas las estaciones se observa una mayor dominancia de unos pocos taxones con valores entre 0 y 0,5 y uniformidad entre las especies con valores entre 0,5 y 1.

Los resultados registrados para el índice BMWP/Col<sup>1</sup> indican una calidad aceptable a crítica, debido al bajo nivel del agua en el momento del muestreo que produce una menor dilución de los contaminantes, a procesos erosivos que afectan la calidad fisicoquímica del agua y a los efectos de influencias antrópicas como minería, ganadería y vertimientos de aguas servidas

Las quebradas que mostraron una mayor semejanza en el ensamble de macroinvertebrados fueron la Sucia y Tesorero (P1 y P2), debido a que presentaron en común y con mayor abundancia a Chironomidae, *Simulium* y *Corydalus*.

### 3.1.2.3.3 Peces

- Estudio de Impacto Ambiental
  - Asociación de especies

Las comparaciones que se realizan en este capítulo se basan sólo en las capturas con atarraya debido que este fue el único aparejo constante en todos los sitios de muestreo. Las capturas obtenidas con los otros aparejos permitieron complementar el listado de especies. En la Tabla 3.1.3.50 se presentan el número de individuos y biomasa total capturada con cada uno de los aparejos de pesca para los dos momentos de colecta.

**Tabla 3.1.3.50 Captura y esfuerzo de pesca con cada uno de los aparejos de pesca utilizados en cada campaña de muestreo**

Aparejo	Esfuerzo	Ago-06		Ene-07	
		Número de Individuos	Biomasa (g)	Número de individuos	Biomasa (g)
Atarraya	90 lances	4.429	176.898,70	1.880	51.922,90
Trasmallo	12 Horas exposición	66	12.900,90	1	149,8

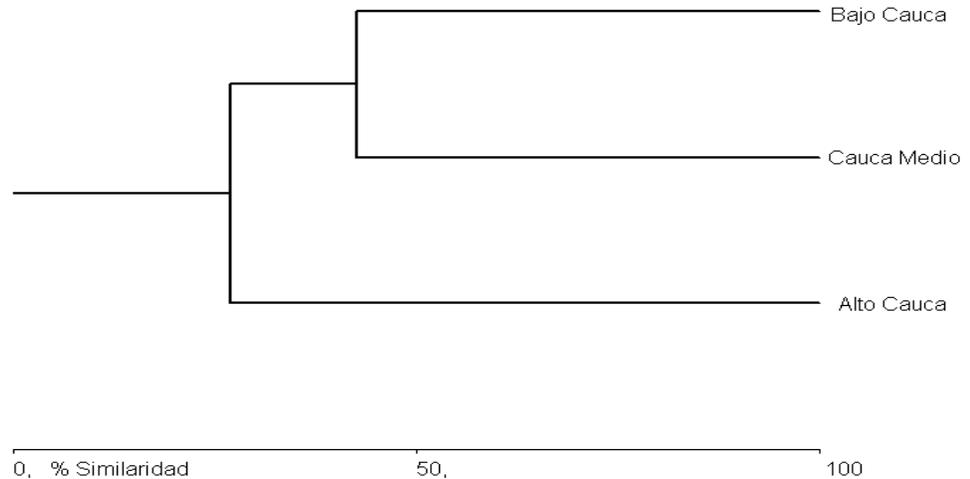
Aparejo	Esfuerzo	Ago-06		Ene-07	
		Número de Individuos	Biomasa (g)	Número de individuos	Biomasa (g)
Chinchorro	2 arrastres	572	3.107,10	12	14,1
<b>Total</b>		<b>5.067</b>	<b>192.906,70</b>	<b>1.893</b>	<b>52.086,80</b>

Bohlke *et al* (1978) sugiere que de las 20.000 especies de peces dulceacuícolas conocidas a nivel mundial, en Sur América existen aproximadamente unas 3.000. De estas, se estima que en Colombia existen unas 2.000 (Cala, 1987), cifra no muy lejana de las 1.357 reportadas actualmente (Maldonado-Ocampo & Usma, 2006). En general, para la cuenca del Magdalena se registran 197 especies de peces, exclusivamente dulceacuícolas (Maldonado-Ocampo & Usma, 2006), mientras que Mojica (1999) registra 99 especies para la cuenca del Río Cauca y 47 para la cuenca alta del Río Cauca.

Sin embargo, cuando se habla de ictiofauna del alto Cauca la riqueza de especies es particular, pues de las 85 especies reportadas por Ortega-Lara *et al* (2006), cerca de 15 son especies endémicas. Tan alto número de endemismos fue resultado del levantamiento del valle geográfico del Río Cauca como consecuencia de isostacio u orogénesis (Maldonado-Ocampo *et al*, 2005) y de la formación del cañón medio del Cauca que, a lo largo de 200 km, constituyó una barrera fisiográfica que impidió a la mayoría de las especies de la cuenca baja migrar hacia la parte alta de la cuenca (Miles, 1943; Maldonado-Ocampo *et al*, 2005).

El Valle alto, aunque comparte con la cuenca baja la mitad de sus especies, presenta también por lo menos 15 endemismos y tiene la única población de Bocachico a esta altitud. En el Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03C2-ANX-A pueden ser consultados los registros de ictiofauna en la cuenca del Cauca. Aunque no se ha determinado cuándo ocurrió el levantamiento del valle a la altitud actual, el elevado número de endemismos podría sugerir que no se trata de un evento reciente (Maldonado-Ocampo *et al*, 2005).

Al analizar de manera integrada la riqueza de especies de los tres sectores de la cuenca, se hace evidente una separación que coincide con las características geomorfológicas de ésta (Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03C2-ANX-A). En la Figura 3.1.3.49 se puede observar la asociación de especies para la cuenca del Cauca a partir de la información secundaria y las capturas realizadas en agosto de 2006 y enero de 2007, donde el análisis muestra una asociación entre las comunidades de especies del bajo y medio Cauca, con una similaridad cercana al 50%. Mientras que la asociación de especies para el alto Cauca se encuentra separada de las dos anteriores y con una baja similaridad, lo cual puede estar relacionado con el alto número de endemismos que se presentan para este tramo del río Miles (1943) y Maldonado-Ocampo *et al* (2005).



**Figura 3.1.3.49 Análisis de similitud para la asociación de especies para la cuenca del río Cauca a partir de la información secundaria y capturas realizadas en el presente estudio**

En el presente estudio se capturó un total de 6.960 individuos (con todos los aparejos de pesca), agrupados en seis órdenes, 24 familias y 109 especies. En el veranillo (agosto, 2006) se capturaron 5.086 individuos pertenecientes a 80 especies, agrupadas en 22 familias y cinco órdenes, mientras en el período de subienda se presentó una disminución evidente de la captura con sólo 1.893 individuos de 18 familias y 73 especies (Tabla 3.1.3.51).

Integrando el listado de especies capturadas en este estudio (109) con otros de investigaciones previas, el número de especies en la cuenca del Río Cauca ascendería a 192 especies, sin embargo, podrían existir algunas redundancias porque hay reportes presentados a nivel de género, y desafortunadamente fue imposible revisar las colecciones correspondientes a esos reportes (Ver Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03C2-ANX-A).

Para la cuenca alta, Ortega-Lara *et al* (2006) reporta 85 especies, entre nativas e introducidas, mientras que en nuestro estudio relacionamos 41, de las cuales *Parodon caliensis*, *Saccodon Caucae*, *Characidium fasciatum*, *Genycharax tarpon*, *Pterygoplichthys undecimalis* y *Rhamdia wagresi* se las encontró solamente en el tramo alto del Río Cauca (aunque con un bajo número de individuos). En la cuenca del Río Cauca, el deterioro progresivo y la geomorfología escarpada de algunas quebradas y tramos del río, especialmente en la parte media, pueden ser un factor limitante para el establecimiento de un mayor número de especies. Adicionalmente, la introducción de especies exóticas como los géneros *Oreochromis*, *Trichogaster*, *Centrochir*, entre otras, puede contribuir a la disminución o desaparición de especies nativas por competencia, predación, transferencia de patógenos, entre otros (Vélez-Espino, 2003). Otros factores que afectan la presencia de especies en el Río Cauca y la región andina, son la fragmentación y pérdida de hábitat que favorece el aislamiento de las poblaciones y su

depauperización, tal como lo han estudiado Fahrig y Paloheimo (1988) en la disminución de las poblaciones de peces dulceacuícolas.

**Tabla 3.1.3.51 Órdenes, familias y especies capturadas en el río Cauca en agosto de 2006 y enero de 2007**

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Ago-06	Ene-07
Myllobatiformes	Potamotrygonidae	<i>Potamotrygon magdalenae</i>	Raya		X
Characiformes	Parodontidae	<i>Parodon caliensis</i>	Mazorco	X	X
		<i>Parodon suborbitale</i>	Mazorco	X	X
		<i>Parodon sp</i>	Mazorco	X	
		<i>Saccodon Caucae</i>	Mazorco		X
	Curimatidae	<i>Curimata mivartii</i>	Viscaína		X
		<i>Cyphocharax magdalenae</i>	Viejito	X	X
	Prochilodontidae	<i>Ichthyoelephas longirostris</i>	Jetudo	X	
		<i>Prochilodus magdalenae</i>	Bocachico	X	X
	Anostomidae	<i>Abramites eques</i>	Mazorco		X
		<i>Leporinus muyscorum</i>	Comelón	X	X
		<i>Leporinus striatus</i>	Comelón	X	X
		<i>Leporinus vitatus</i>	Comelón		X
	Crenuchidae	<i>Characidium fasciatum</i>	Sardina	X	X
		<i>Characidium sp</i>	Sardina	X	
	Gasteropelecidae	<i>Gasteropelecus maculatus</i>	Palometa	X	
	Characidae	<i>Astyanax fasciatus</i>	Sardina coliroja	X	X
		<i>Astyanax Caucanus</i>	Sardina	X	X
		<i>Astyanax microlepis</i>	Sardina	X	X
		<i>Astyanax magdalenae</i>	Sardina		X
		<i>Astyanax sp</i>	Sardina	X	
		<i>Creagrutus brevipinnis</i>	Sardina	X	X
		<i>Creagrutus Caucanus</i>	Sardina		X
		<i>Creagrutus muelleri</i>	Sardina		X
		<i>Creagrutus sp</i>	Sardina	X	
		<i>Genycharax tarpon</i>	Sardina	X	X
		<i>Hemibrycon dentatus</i>	Sardina	X	X
		<i>Hemibrycon sp</i>	Sardina	X	
		<i>Hyphessobrycon sp</i>	Sardina		X
		<i>Microgenis minuta</i>	Sardina		X
		<i>Salminus affinis</i>	Picuda	X	

## ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Ago-06	Ene-07
		<i>Triportheus magdalenae</i>	Arenca	X	X
		<i>Brycon henni</i>	Sabaleta	X	X
		<i>Brycon fowleri</i>	Dorada	X	
		<i>Brycon sp</i>	Dorada	X	
		<i>Bryconamericus Caucanus</i>	Sardina		X
		<i>Cynopotamus magdalenae</i>	Chango	X	
		<i>Roeboides dayi</i>	Juan Viejo	X	X
		<i>Roeboides occidentalis</i>	Juan Viejo		X
		<i>Saccoderma sp</i>	Sardina	X	
		<i>Argopleura diquensis</i>	Sardina	X	X
		<i>Argopleura sp</i>	Sardina		X
		<i>Gephyrocharax sinuensis</i>	Sardina	X	
		<i>Gephyrocharax tarpon</i>	Sardina		X
		<i>Gilbertolus alatus</i>	Changuito	X	X
		<i>Characidae sp</i>	Sardina	X	X
	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i>	Moncholo	X	X
	Ctenoluciidae	<i>Ctenolucius hujeta</i>	Agujeta	X	X
	Cetopsidae	<i>Pseudocetopsis othonops</i>		X	
Siluriformes	Loricaridae	<i>Dasylicaria filamentosa</i>	Raspacanoa	X	
		<i>Dasylicaria sp</i>	Raspacanoa	X	X
		<i>Loricaria filamentosa</i>	Raspacanoa	X	
		<i>Loricaria curvispina</i>	Raspacanoa	X	
		<i>Loricaria variegata</i>	Raspacanoa		X
		<i>Loricaria sp</i>	Raspacanoa	X	X
		<i>Loricaria sp1</i>	Raspacanoa		X
		<i>Loricarinae sp2</i>	Cucho		X
		<i>Loricaria sp3</i>	Raspacanoa		X
		<i>Hipostomus hondae</i>	Cucho		X
		<i>Squalyforma teunicauda</i>	Cucho		X
		<i>Sturisoma panamense</i>	Raspacanoa	X	X
		<i>Pterygoplichthys undecimalis</i>	Cucho		X
		<i>Pterygoplichthys sp</i>	Cucha	X	X
		<i>Chaetostoma fischeri</i>	Cucha	X	X
		<i>Chaetostoma leucomelas</i>	Cucha	X	X

## ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Ago-06	Ene-07
		<i>Chaetostoma thomsoni</i>	Cucha	X	
		<i>Chaetostoma sp</i>	Cucha	X	X
		<i>Hemiancistrus wilsoni</i>	Cucha	X	
		<i>Hemiancistrus sp</i>	Cucha	X	
		<i>Lasiancistrus Caucanus</i>	Cucha	X	X
		<i>Lasiancistrus sp</i>	Cucha	X	
		<i>Rineloricaria cf jubata</i>	Cucha		X
		<i>Sturisomatichthys leighthoni</i>	Cucha	X	X
		<i>Loricaridae sp</i>	Cucha		X
		<i>Loricarinae sp1</i>	Cucha		X
	Pseudopimelodidae	<i>Pseudopimelodus bufonius</i>	Bagre sapo	X	X
		<i>Pseudopimelodus sp</i>	Bagrecito		X
	Heptapteridae	<i>Cetopsorhamdia nasus</i>		X	
		<i>Cetopsorhamdia molinae</i>			X
		<i>Pimelodella chagresi</i>	Barbudo	X	X
		<i>Pimelodella macrocephala</i>	Barbudo	X	
		<i>Pimelodella sp</i>	Barbudo	X	
		<i>Rhamdia quelen</i>	Liso	X	
		<i>Rhamdia sebae</i>	Liso		X
		<i>Rhamdia wagensi</i>	Liso	X	
		<i>Rhamdia sp</i>	Liso	X	
		<i>Rhamdella microcephala</i>	Liso	X	
		<i>Sorubim cuspicaudus</i>	Bagre		X
	Pimelodidae	<i>Pimelodus grosskopfii</i>	Capaz	X	X
		<i>Pimelodus blochii</i>	Barbudo	X	X
		<i>Pimelodus sp</i>	Barbudo	X	X
		<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	Bagre rayado	X	
	Callichthyidae	<i>Hoplosternum thoracatum</i>	Chipi		X
	Doradidae	<i>Centrochir crocodilli</i>	Matacaiman	X	X
	Auchenipteridae	<i>Ageneiosus pardalis</i>	Doncella	X	
		<i>Tracheolyopterus insignis</i>	Cachegua	X	
	Sternopygidae	<i>Eigenmania virescens</i>	Mayupa	X	X
Gymnotiformes		<i>Sternopygus macrurus</i>	Mayupa	X	
		<i>Sternopygus sp</i>	Mayupa	X	

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Ago-06	Ene-07
	Apteronotidae	<i>Apteronotus rostratus</i>	Mayupa	X	X
		<i>Apteronotus mariae</i>	Mayupa	X	X
	Poeciliidae	<i>Poeciliidae</i>	Guipi	X	
Cyprinodontiformes	Sciaenidae	<i>Plagioscion surinamensis</i>	Pacora	X	
Perciformes	Cichlidae	<i>Aequidens pulcher</i>	Mojarra azul	X	X
		<i>Caquetaia kraussii</i>	Mojarra amarilla	X	X
		<i>Geophagus steindachneri</i>	Mula	X	
		<i>Tilapia nilotica</i>	Tilapia	X	X
		<i>Tilapia sp</i>	Tilapia	X	X
	Belontiidae	<i>Trichogaster sp</i>	Gurami	X	

Entre las capturas obtenidas de las dos campañas (agosto de 2006 y enero de 2007) es importante destacar la presencia de 14 especies con hábitos migratorios: *Ichthyoelephas longirostris*-Jetudo, *Prochilodus magdalenae*-Bocachico, *Leporinus muyscorum*-Comelón, *Salminus affinis*-Picuda, *Triportheus magdalenae*-Arenca, *Astyanax caucanus*-Tota, *Brycon henni*-Sabaleta, *Brycon moorei*-Dorada, *Brycon rubricauda*-Sardinata, *Pseudopimelodus bufonius*-Bagresapo, *Pimelodus grosskopfii*-Capaz, *Pimelodus blochii*-Barbudo, *Pseudoplatystoma fasciatum*-Pintado- y *Sorubim cuspicaudus*- Bagre, blanquillo.

Especies como *P. blochii* (barbudo), *C. magdalenae* (viejita), *P. magdalenae* (bocachico) y *T. magdalenae* (arenca) son muy frecuentes en la cuenca del Magdalena, y las variaciones en su abundancia están relacionadas con los cambios ecológicos asociados al régimen hidrológico del sistema (Valderrama *et al*, 1989). Sin embargo, en este trabajo sólo se observó en enero un aumento apreciable en la abundancia de *Prochilodus magdalenae* (Bocachico), la especie más importante para el período de subienda en la zona de estudio.

En la Tabla 3.1.3.52 a partir de las capturas con atarrayas, se puede observar que el mayor número de individuos capturados durante los dos períodos de muestreo, pertenece al orden Characiformes (81,9 y 84,2%, respectivamente), seguido por los Siluriformes (11,7 y 9,8%) y Perciformes (4,1 y 4,1%). Mientras que los órdenes Gymnotiformes y Cyprinodontiformes presentaron abundancias relativas muy bajas, e incluso estos últimos estuvieron ausentes en las capturas de enero de 2007.

**Tabla 3.1.3.52 Abundancia y biomasa relativa de los órdenes capturados en el río Cauca en agosto de 2006 y enero de 2007**

Orden	Ago-06				Ene-07			
	Número de Individuos	Ab rel (%)	Biomasa (g)	Ab rel (%)	Número de Individuos	Ab rel (%)	Biomasa (g)	Ab rel (%)
Characiformes	3.628	81,9	136.976,10	77,4	1.583	84,2	23972,4	46,2
Siluriformes	519	11,7	30.408,20	17,2	184	9,8	20088	38,7
Gymnotiformes	51	1,1	2.565,30	1,5	36	1,9	694	1,3

Orden	Ago-06				Ene-07			
	Número de Individuos	Ab rel (%)	Biomasa (g)	Ab rel (%)	Número de Individuos	Ab rel (%)	Biomasa (g)	Ab rel (%)
Cyprinodontiformes	49	1,1	74,2	0,04				
Perciformes	182	4,1	6.874,90	3,9	77	4,1	7168,4	13,8
<b>Total</b>	<b>4.429</b>		<b>176.898,70</b>		<b>1.880</b>		<b>51922,8</b>	

Estos resultados concuerdan con los obtenidos para otros trabajos en ecosistemas dulceacuícolas del neotrópico en general (Lowe-Mc Connell, 1987) y de quebradas amazónicas en particular (Mendonça *et al*, 2005), en los cuales los ambientes acuáticos se caracterizan por un predominio de peces Caracoideos y Siluroideos.

La baja abundancia, riqueza y frecuencia de ocurrencia de los órdenes Cyprinodontiformes y Gymnotiformes, puede deberse a que estas especies prefieren sitios protegidos por rocas y palizadas lo cual limita la efectividad de captura de algunos aparejos de pesca, reduciendo los valores de registro (Granado-Lorencio *et al*, 2005).

- Especies más abundantes en el río Cauca

Teniendo en cuenta el total de individuos capturados en los dos momentos de muestreo, se encontró que la especie más abundante fue *Cyphocharax magdalenae* (Viejito), seguida por *Astyanax Caucanus* (Sardinita) y *Astyanax fasciatus* (Sardinita). En agosto de 2006 la especie más abundante fue *Cyphocharax magdalenae* (viejito) con una abundancia relativa del 30,6%, seguida por *Astyanax Caucanus* (Sardina) con 20,4% y en tercer lugar *Astyanax fasciatus* (Sardina) con 9,2%. En enero de 2007, las especies más importantes en número de individuos fueron *Astyanax fasciatus* (32,2%), *Astyanax microlepis* (21,3%) y *Astyanax Caucanus* (9,4%), mientras que *Cyphocharax magdalenae* (viejito) fue poco abundante (Ver Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03C2-ANX-A).

En la Fotografía 3.1.3.83 se presenta el registro fotográfico de algunas de las especies icticas mas importantes en la cuenca del río Cauca



*Saccodon Caucae*



*Prochilodus magdalenae*



*Parodon sp.*



*Astyanax fasciatus*



*Astyanax Caucanus*

*Salminus affinis*



*Gilbertolus alatus*



*Hoplias malabaricus*



*Ctenolucius hujeta (Agujeta)*



*Hemiancistrus wilsoni*



*Hemiancistrus sp*



*Lasiancistrus Caucanus*



*Sturisomatichthys leighoni*

*Pseudopimelodus bufonius**Pimelodus blochii**Eigenmania virescens**Caquetaia kraussii***Fotografía 3.1.3.83** Especies más abundantes en las capturas

El viejito y la Arenca son algunas de las especies más abundantes en la cuenca Magdalena (Zarate, 1989), observándose que las densidades de *Triphorteus magdalenae* (Arenca), se encuentran asociadas al régimen hidrológico del sistema (Valderrama, 1989).

En orden de importancia, las especies más frecuentes fueron *Astyanax fasciatus* (0,68 y 0,67 respectivamente), *Prochilodus magdalenae* (Bocachico), *Creagrutus brevipinnis*, *Argopleura diquensis* y *Astyanax microlepis*. De las 100 especies capturadas con atarraya, 40 de ellas sólo se capturaron en uno de los sitios de muestreo. A pesar de que *Cyphocharax magdalenae* (Viejito), *Astyanax Caucanus* y *Astyanax fasciatus* fueron las especies más abundantes, no fueron siempre las más frecuentes. Encontrándose con mayor frecuencia en las estaciones ubicadas en el Bajo Cauca como Río Man, Ciénaga Colombia, Ciénaga La Estrella y confluencia Cauca- Nechí, mientras que en la cuenca media y alta fueron poco frecuentes o no se registraron (Ver Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03C2-ANX-A).

A pesar de que la frecuencia de ocurrencia es una medida exclusivamente cualitativa (Dajoz, 1983), se destaca que *Astyanax fasciatus* y *Prochilodus magdalenae* fueron las

especies más frecuentes para todas los sitios de muestreo. Al parecer, otras especies como *Creagrutus brevipinnis*, *Argopleura diquensis*, *Astyanax Caucanus* y *Caquetaia kraussii* presentan una alta frecuencia de ocurrencia asociada a las características del hábitat ya que estas especies se encontraron típicamente en ambientes lénticos y en aguas tranquilas o de bajo caudal en ecosistemas lóticos (Maldonado *et al*, 2005).

La baja frecuencia de ocurrencia de especies como *Brycon henni* (sabaleta), hallada en sólo cinco de los 19 sitios de muestreo (Río Frío, La Virginia, Río Arma, Bolombolo y Río San Andrés), puede estar relacionada con las características de fuerte turbulencia y formación de raudales, especialmente en La Virginia, Río San Andrés y Bolombolo (cerca al sitio denominado el Salto del Caballo). Según Turli (1970), esta especie migra en el ciclo nictimeral en busca de condiciones óptimas para el forrajeo y el refugio, con preferencia por aguas turbulentas, donde nada contracorriente a gran velocidad. Builes (op.cit) señala que la sabaleta requiere concentraciones altas de oxígeno y que el desove lo realiza en pequeñas quebradas, donde la temperatura es más alta y la presión de predadores es menor.

Contrariamente, se observa que *Roeboides dayi*, a pesar de que presenta una baja frecuencia de ocurrencia sólo en ambientes de baja velocidad de la corriente (Ciénaga Colombia, La Estrella, Río Man), frecuenta ambientes de aguas quietas y “claras”, ricos en hojarasca y material vegetal (Maldonado *et al*, 2005). Dado que posee una dieta diversa compuesta de insectos, material vegetal, lombrices y escamas, lo cual lo hace altamente competitivo, sorprende lo reciente de su reporte y lo reducido de su número, ya que en muchas subcuencas del Magdalena es una especie bastante abundante e incluso dominante (Dalh, 1971, Roman – Valencia, 2001).

– Distribución de la abundancia de especies por sitio de muestreo

En la Tabla 3.1.3.53 y Figura 3.1.3.50 se presenta el número de individuos, de especies y la biomasa total capturada para cada uno de los sitios y campañas de muestreo. El mayor número de individuos se obtuvo en la Estación Ciénaga Colombia, seguida por Ciénaga La Estrella y el Río La Vieja respectivamente.

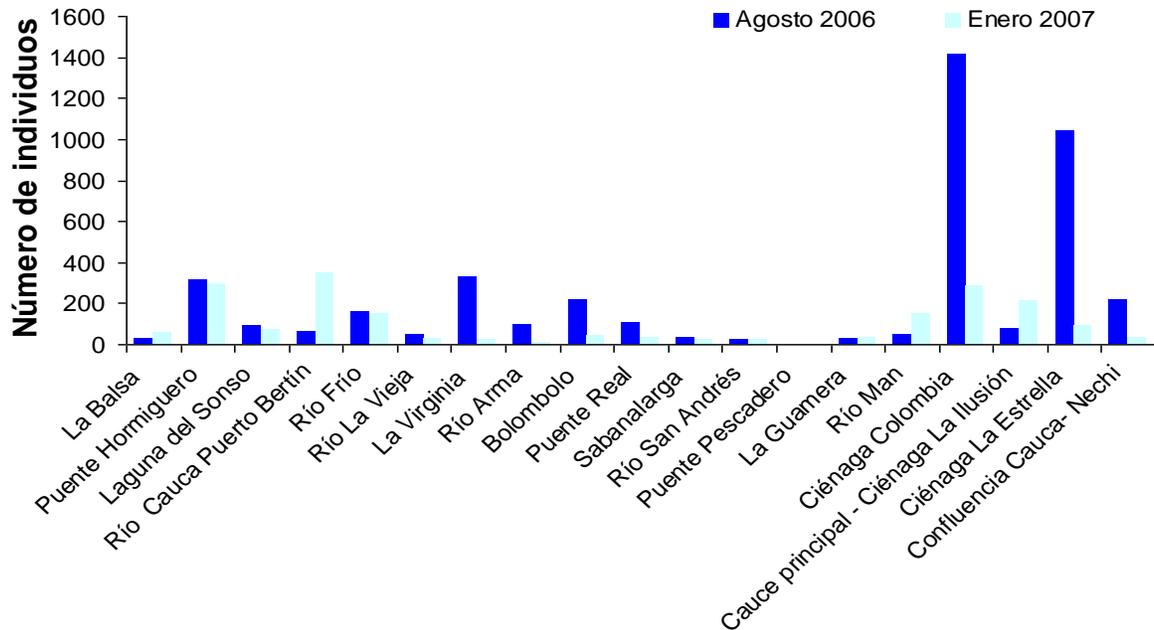


Figura 3.1.3.50 Número de individuos capturados por estación en el río Cauca en agosto de 2006

Para el muestreo de Agosto-2006, el mayor número de individuos se colectó en la Ciénaga Colombia (1.508 individuos), seguida por la Ciénaga La Estrella (1.041 individuos) y La Virginia (326 individuos), mientras que en el período de subienda (Enero - 2007) el mayor número de individuos fue capturado en Puerto Bertín (346) seguido por Puente Hormiguero (292). En los demás sitios de muestreo, el número de individuos fue relativamente bajo, observándose que ambas campañas las capturas fueron muy escasas en el Río San Andrés, en tanto que fueron nulas en la estación Puente Pescadero.

La ausencia o el bajo número de individuos en estaciones como Puente Pescadero (0), Río San Andrés (44), Sabanalarga (53), La Guamera (64), comparado con sitios ubicados en la cuenca baja del Río Cauca (Ciénaga Colombia y Ciénaga La Estrella) puede estar asociado a la presencia de raudales y a pendientes considerables, que actúan como barrera geográfica para el flujo de especies entre la parte baja y media de la cuenca.

**Tabla 3.1.3.53** Numero de individuos, especies y biomasa total capturada en la muestra de las asociaciones de especies de peces presentes en cada uno de los sitios de muestreo a lo largo del Río Cauca (Agosto de 2006 y enero de 2007)

Tramo	Ambiente	Estación	Agosto 2006			Enero 2007		
			Individuos	Especies	Biomasa total	Individuos	Especies	Biomasa total
Alto Cauca	Cauce principal	La Balsa	29	9	187,49	57	13	6252,20
	Cauce principal	Puente Hormiguero	315	19	6308,93	292	14	5358,00
	Ciénaga	Laguna de Sonso	89	7	4460,40	69	6	7044,34
	Cauce principal	Río Cauca Puerto Bertín	62	6	607,58	346	16	6105,50
	Tributario	Río Frío	160	13	1157,40	144	20	2273,59
	Tributario	Río La Vieja	48	4	9954,60	30	3	3860,00
	Cauce principal	La Virginia	326	28	8361,04	19	5	1668,10
Cauca medio	Tributario	Río Arma	101	15	4400,24	6	2	51,50
	Cauce principal	Bolombolo	220	14	5227,68	41	11	2958,90
	Cauce principal	Puente Real	104	13	2384,68	32	9	477,40
	Cauce principal	Sabanalarga	33	7	855,77	20	5	761,20
	Tributario	Río San Andrés	21	3	219,84	23	1	731,80
	Cauce principal	Puente Pescadero						
	Bajo Cauca	Cauce principal	La Guamera	28	11	820,92	36	11
Tributario		Río Man	49	13	2711,54	145	8	2052,00
Ciénaga		Ciénaga Colombia	1508	11	80915,19	288	19	3561,85
Cauce principal		Cauce principal - Ciénaga La Ilusión	76	16	4934,60	211	15	1293,46
Ciénaga		Ciénaga La Estrella	1041	13	32309,29	89	12	909,93
Cauce principal		Confluencia Cauca- Nechí	219	21	11081,55	32	14	536,80
<b>Total</b>					<b>176898,73</b>	<b>1880</b>		<b>51922,86</b>

Por otra parte, las quebradas y ríos encañonados parecen contener una menor oferta de hábitats y, por lo tanto, una menor diversidad de especies debido a la presencia de pendientes pronunciadas, que determinan una relativa uniformidad del sustrato (principalmente rocas de tamaño medio y mayor).

Oksanen *et al* (1995) resalta que la topografía del terreno, en la parte alta de los ríos andinos, genera homogeneidad de hábitat y asume que estos ambientes tienen dinámicas autónomas y simples. En contraste, en la parte baja del gradiente, la heterogeneidad es alta y frecuentemente ocurre mayor diversidad de especies y por lo tanto las interacciones y la complejidad de las redes tróficas, son mayores. De acuerdo con lo mencionado, los ecosistemas lóticos de alta pendiente, como el Río Cauca, muy seguramente no ofrecen condiciones para el desarrollo de una alta diversidad de especies sino que están dominados por una o dos especies adaptadas a este tipo de ambientes, tales como la Sabaleta *Brycon henni*.

Por otro lado, el bajo número de individuos capturados y la escasa biomasa obtenida en La Balsa (86) y Río La Vieja (78), y en general en la cuenca alta del Río Cauca, parece obedecer principalmente al deterioro en las condiciones ambientales de la corriente, ocasionado por los vertimientos provenientes de asentamientos urbanos aledaños, y por las actividades industriales, agrícolas y pecuarias, dentro de los cuales se destacan las numerosas refineras de azúcar.

A pesar de que *Cyphocharax magdalenae* (Viejito) fue la especie más numerosa, se encuentra restringida a algunas de las estaciones, especialmente en la parte baja del Río Cauca como: Río Man, Ciénaga Colombia, Ciénaga La estrella y Confluencia Cauca-Nechí (ver el Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03C2-ANX-A): El mismo comportamiento se presentó para *Triphorteus magdalenae* (Arenca), que presentó un número importante de individuos pero estuvo restringida a la cuenca baja del Río Cauca. Otras especies como *Parodon caliense* (Mazorco), *Sacodon Caucae* (Mazorco), *Bryconamericus Caucanus* (Sardinita), *Gephyrocharax Caucanus* (Sardinita), *Gephyrocharax tarpon* (Sardinita) y especies de poecilidos (Gupi) estuvieron principalmente en las estaciones de la cuenca alta, mientras que *Hipostomus hondae* y *Squalyforma teunicauda* fueron exclusivas del Cauca Medio con sólo un individuo por especie.

– Riqueza de especies

La riqueza de especies fluctuó entre uno y 28 entre las dos campañas, capturándose el mayor número de especies (28) en agosto de 2006 en la Virginia (cauce principal del Río Cauca), por la Confluencia Cauca Nechí (21 especies) y Puente Hormiguero (19). En enero de 2007, la mayor captura ocurrió en la estación Río Frío (19). En contraste, y exceptuando Puente Pescadero (donde nunca hubo capturas), el menor número de especies se presentó en la estación Río San Andrés (una en enero de 2007 y tres en Agosto de 2006) (ver Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03C2-ANX-A y Figura 3.1.3.51)

Las estimaciones de riqueza esperada de especies, a partir de la curva de rarefacción construida con base en el número de individuos capturados para todos los sitios de muestreo en Agosto de 2006 y enero de 2007, presenta una tendencia claramente ascendente para casi todos los sitios de muestreo, lo cual indica que el número de especies podría ser mayor al capturado (Figura 3.1.3.51). Por otro lado, y agrupando los sitios de muestreo, las 110 especies capturadas representan un buen porcentaje de

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

la composición de la comunidad dado que los estimadores de riqueza de Chao 1 y Jack Knife sugieren que el número de especies esperado en la asociación es de 138 y 134, respectivamente.

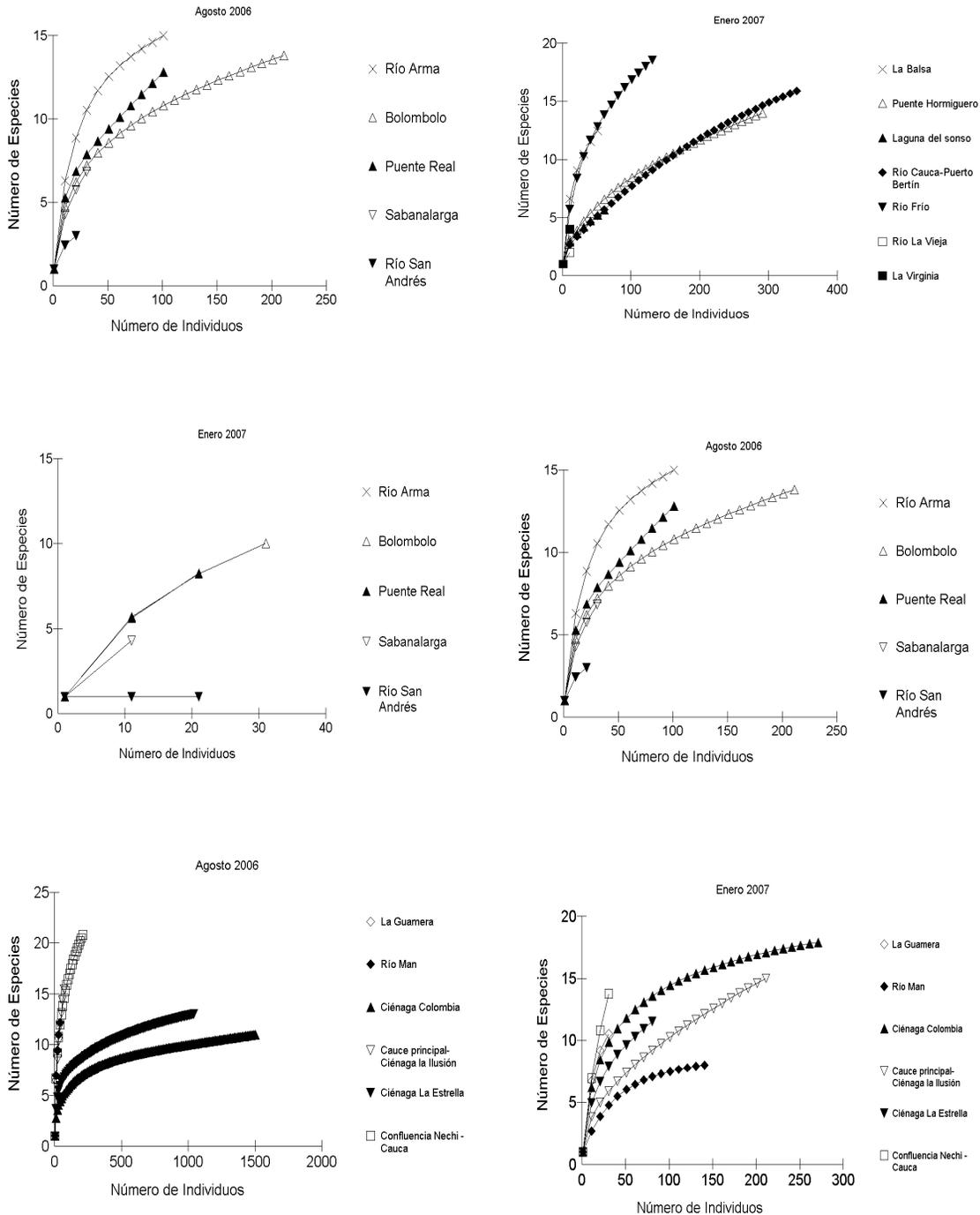


Figura 3.1.3.51 Estimación del número de especies capturadas en el bajo Cauca con un número “n” de individuos

Algunos de los factores determinantes de este resultado pueden ser, entre otros: la selectividad de las artes de pesca sobre algunas especies que ocupan hábitat particulares para los cuales la captura se hace difícil, aspectos de comportamiento que favorecen o dificultan la captura de algunas especies (Machado- Allison, 1998), y, finalmente, limitaciones en el funcionamiento de los aparejos por la turbulencia en algunas estaciones de muestreo, especialmente las ubicadas en la parte media del Río Cauca.

En cuanto a la diversidad en general, se observaron mayores valores en agosto de 2006, que para el período de subienda (enero de 2007), en el cual buena parte de las capturas estuvieron compuestas por especies comerciales. En Agosto de 2006, las asociaciones de especies que mostraron mayores valores de diversidad fueron las de La Virginia (1,107), Confluencia Cauca Nechí (1,034) y Río Man (0,992). En contraste, los sitios Río San Andrés, Río La Vieja y Ciénaga Colombia, presentaron asociaciones con los valores más bajos de diversidad (Figura 3.1.3.52 , Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03C2-ANX-A).

En el período de subienda (enero-2007) se observa que las estaciones de mayor diversidad fueron Ciénaga Colombia (0,965), Confluencia Cauca-Nechí (0,963), ambas ubicadas en el Bajo Cauca, seguidas por La Balsa (0,96) y La Guamera (0,939) mientras que los valores más bajos fueron hallados en el Río Arma (0,196) y en el Río La Vieja (0,252). Como casos especiales se citan el Río San Andrés, donde sólo se encontró una especie, y Puente Pescadero, donde, al igual que en agosto, no hubo capturas (ver la Figura 3.1.3.52).

En agosto de 2006 los mayores valores de equidad (distribución de individuos por especie) se presentaron en los sitios Río Man (0,891), La Balsa (0,87) y La Guamera (0,858); estaciones que a pesar de no alcanzar los valores más altos en diversidad, sí presentaron una distribución más uniforme en el número de individuos por especie. En el período de subienda (enero-2007), se observa que las estaciones con mayores valores de equidad fueron La Guamera (0,902) en el Bajo Cauca, seguida por Sabanalarga (0,865) y La Balsa (0,861, en el Cauca Medio; mientras que los valores más bajos fueron hallados en el Río Cauca Puerto Bertín (0,343), seguida por Río Man (0,371), Río San Andrés y Puente Pescadero (0,00).

La diversidad de la asociación de peces hallada para el Río Cauca es baja, si se la compara con datos de otros ambientes, especialmente de aquellos ubicados en la cuenca Magdalena (Arango *et al*, 2005; Ríos *et al*, 2006, ISAGEN, 2004 y 2005). Al igual que para las abundancias, la baja diversidad parece obedecer al deterioro en las condiciones ambientales de la corriente, ocasionado por los vertimientos provenientes de asentamientos urbanos aledaños, y por las actividades industriales, agrícolas y pecuarias, y a limitaciones en el funcionamiento de los aparejos por la turbulencia.

Sin embargo, comparando el conjunto de estaciones de Río Cauca entre sí, las mayores diversidades se hallaron, casi siempre, en sitios del cauce principal sometidos a una alta turbulencia (La Virginia, Confluencia Cauca Nechí, Río Man, Río Arma), lo cual podría relacionarse con una mayor disponibilidad de oxígeno disuelto. Así mismo, estos sitios pueden ofrecer una mayor capacidad de amortiguamiento de los flujos de las crecientes y ser un mejor refugio para los peces durante el estiaje.

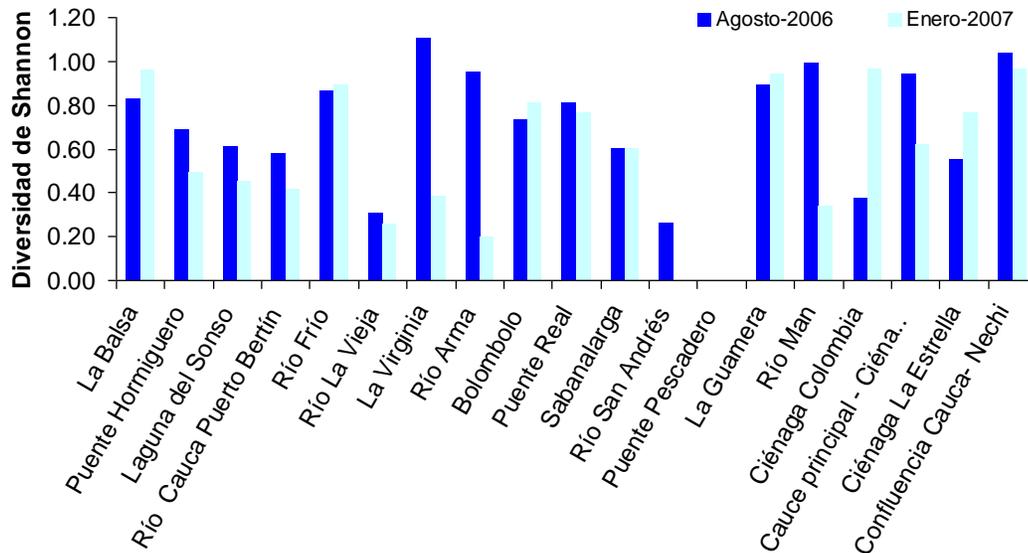


Figura 3.1.3.52 Distribución de la diversidad en los sitios de muestreo en el río Cauca en agosto de 2006 y enero de 2007

Se ha dicho que uno de los factores que induce la baja diversidad en algunos ríos de la zona andina es flujo turbulento en zonas escarpadas, porque la velocidad de la corriente determina el tamaño de partículas del sustrato y afecta la disponibilidad de recursos alimentarios, al transportarlos y removerlos (Allan, 1995). Por supuesto, la velocidad de la corriente significa una fuerza física que afecta los organismos en la columna de agua, y en la superficie de un sustrato.

Los valores de diversidad en los ambientes lénticos (Ciénaga La Estrella, Ciénaga Colombia, y Laguna de Sonso) son medios y bajos. En estos ambientes se observó además una marcada dominancia de una o dos especies, tanto en número como en biomasa, con pocas especies acompañantes. Este resultado contrasta con la alta diversidad de especies de peces típica de las partes bajas de los ríos, donde la oferta alimentaria es mayor (Margalef, 1986; Nebiolo, 1987; Machado Allison, 1993; Wotton, 1992), sin embargo, en nuestro caso, los sitios de muestreo lénticos presentaron unas pobres condiciones de conexión con el río debido a procesos de colmatación y desecamiento que limitan el flujo biótico entre el sistema cenagoso y el río.

La clave para comprender los patrones de variación de diversidad y abundancia en la comunidad íctica puede ser el reconocimiento de las características de hábitat particulares. Owen y sus colaboradores (1978) propusieron que la definición, entendimiento y medición de características de hábitat relevantes explicarían la asociación de especies presentes en una comunidad. Bain y su equipo (1988) establecieron que en ecosistemas lénticos, características como sustrato, profundidad, velocidad de la corriente y, muy especialmente, composición y estabilidad de hábitat, influyen la estructura de la comunidad íctica. Así mismo, la heterogeneidad en el

componente horizontal y los fenómenos periódicos como los cambios de flujo, la calidad del agua y la disponibilidad de recursos, explicarían la estructura de la comunidad en función de una variedad mayor de recursos alimenticios y de oportunidades de refugio para las especies, que reducirían la competencia (Taylor *et al*, 2006). En este orden de ideas, se esperaría que el comportamiento exhibido por la asociación de especies de la cuenca del Río Cauca, teniendo en cuenta la diversidad de sitios muestreados, esté regido por las condiciones de hábitat de cada uno de los sitios sometidos a la influencia de la dinámica estacional y de las perturbaciones antrópicas.

- Similaridad entre las asociaciones de especies a lo largo del río Cauca

Con el fin de integrar los datos se realizó un análisis de correspondencia (ver la Figura 3.1.3.53 ), en el cual el primer componente explicó el 84,4% de la variabilidad. En el análisis se observa que las especies definen la asociación para los tres tramos del río (alto, medio y bajo) con una clara separación de éstos, dicho comportamiento está relacionado con la presencia de especies particulares propias de cada segmento del río. El primer grupo, conformado por las especies colectadas en el bajo Cauca, está determinado por la presencia de *Cyphocharax magdalenae* (Viejito), *Tracheolypterus insignis* (Cachegua), *Leporinus striatus* (Comelon), *Rhamdia quelen* (Liso), *Cynopotamus magdalenae* (Chango), *Brycon fowleri* (Dorada), *Centrochir crocodilli* (Matacaiman), *Eigenmania virescens* (Mayupa), *Curimata mivartii* (Vizcaina) y *Gilbertulus alatus* (Changuito), especies que estuvieron ausentes en el alto y medio Cauca (ver la Figura 3.1.3.53).

La parte media del Cauca estuvo definida por la presencia exclusiva de especies como *Leporinus vitatus* (Comelon), *Pseudocetopsis othonops*, *Loricaria filamentosa* (Raspacanoa), *Squalyforma teunicauda* (Cucho), *Sturisoma panamense* (Raspacanoa) y *Tilapia nilotica* (Tilapia), mientras que en el alto Cauca, al igual que en la cuenca baja, se presentó un buen número de especies exclusivas como *Parodon caliensis* (Mazorco), *Characidium fasciatum* (Sardina), *Genycharax tarpon* (Sardina), *Bryconamericus caucanus* (Sardina), *Gephyrocharax caucanus* (Sardina), *Pterygoplichthys sp* (Cucha), *Pseudopimelodus sp* (Bagrecito), *Cetopsorhamdia molinae*, *Pimelodella macrocephala* (Barbudo), *Poeciliidae* (Gupi), *Rhamdia wagneri* (Liso) y *Tilapia sp* (Tilapia).

En la Figura 3.1.3.53 se observa que las asociaciones de especies entre el alto y medio Cauca se encuentran muy cercanas, debido posiblemente a la presencia de *Ichthyoelephas longirostris* (Jetudo), *Chaetostoma leucomelas* (Cucha), *Sturisomatichthys leigthoni* (cucha), las cuales estuvieron presentes exclusivamente en estos dos tramos del río. Por otra parte, la cuenca baja y media se encuentran relacionadas por la presencia de *Loricaria curvispina* y *Pimelodus grosskopfii* (Barbudo) quienes no se hallaron en la cuenca alta del Río Cauca (Figura 3.1.3.53 y Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03C2-ANX-A).

La cuenca completa también presenta un cierto grado de asociación debida a la presencia de *Prochilodus magdalenae* (Bocachico), *Hemibrycon dentatus* (Sardinita) y *Astyanax fasciatus* (Sardinita) especies que pese a sus abundancias muy variables, se colectaron en toda la cuenca.



modelo exponencial (ver la Figura 3.1.3.54). Esta tendencia está definida por la dominancia, en número de individuos de *Cyphocharax magdalenae*, quien aporta un poco más del 22%; mientras que *Astyanax Caucanus*, *Astyanax fasciatus* y *A. microlepis* alcanzan, en conjunto, una abundancia del 42% del total de individuos capturados para todo el período de estudio. El resto de especies aporta relativamente poco, hallándose incluso que 34 de ellas presentaron apenas entre uno y dos individuos.

*Cyphocharax magdalenae*, reportada para la cuenca baja de los ríos Magdalena, Cauca y Atrato, es propia de ambientes lénticos, por lo que no presenta cambios importantes en número y biomasa cuando ocurren fluctuaciones en el nivel del agua. En otras especies, de hábitos migratorios, dichos cambios responden principalmente a una mayor vulnerabilidad a la captura, especialmente en época de aguas bajas. *Astyanax Caucanus* (sardinita), la segunda especie en orden de importancia en cuanto la biomasa, presentó una alta frecuencia de ocurrencia, a pesar de que en el alto Cauca sólo se encontró en Puente El Hormiguero y en el Río Cauca Puerto Bertín.

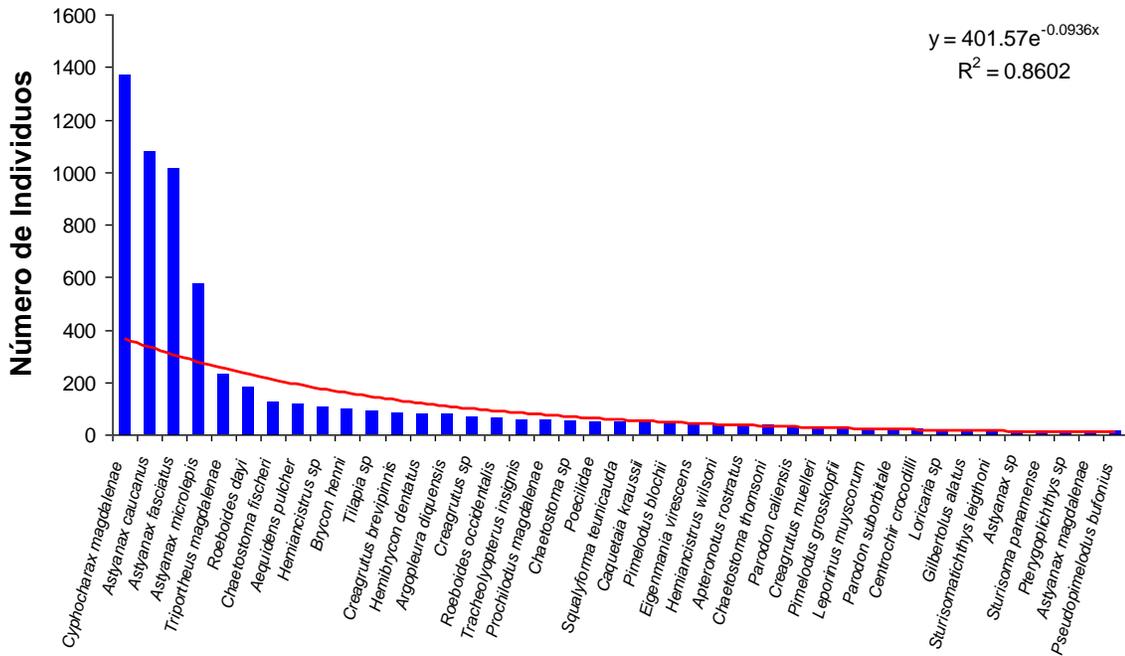


Figura 3.1.3.54 Distribución de las abundancias por especie dentro de la comunidad de especies capturadas en agosto de 2006 y enero de 2007 en el río Cauca

*A. fasciatus* presentó la mayor frecuencia de ocurrencia a lo largo de todo el río, incluso en la parte alta. Esta especie es propia de las cuencas Magdalena, Sinú, San Jorge, y se encuentra ampliamente distribuida en el alto Cauca (Ortega-Lara, 2000), ocupando hábitats de fondos rocosos, vegetación perifítica, corrientes rápidas y pendientes importantes (Zúñiga- Upegui, 2005 en Maldonado, 2005), tal como se observa en muchos de los sitios del área de estudio. La cuarta especie en orden de importancia en

biomasa fue *Prochilodus magdalenae* (Bocachico), cuya alta biomasa se debió a la captura de pocos individuos de talla comercial.

◆ Distribución de biomasa

La comunidad de peces del área de estudio para las dos épocas (agosto -2006 y enero - 2007) presenta una distribución de biomasa con un ajuste ( $r^2$ : 0,954) a un modelo exponencial (ver la Figura 3.1.3.55 y Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03C2-ANX-A). La distribución de biomasa por especie presentó un comportamiento similar a la abundancia de individuos por especie, observándose que *Cyphocharax magdalenae* (viejito) y *Astyanax fasciatus* (sardinita) fueron las especies que más aportaron a la biomasa, dentro de las capturas totales. En tercer lugar se encuentra *Prochilodus magdalenae* (Bocachico) de nuevo con pocos individuos pero de talla comercial, un caso similar ocurrió con *Hemiancistrus sp.* La especie *C. magdalenae* es una especie típica de ambientes lénticos, como los de la zona de estudio, donde las mayores abundancias se presentaron en ecosistemas cenagosos.

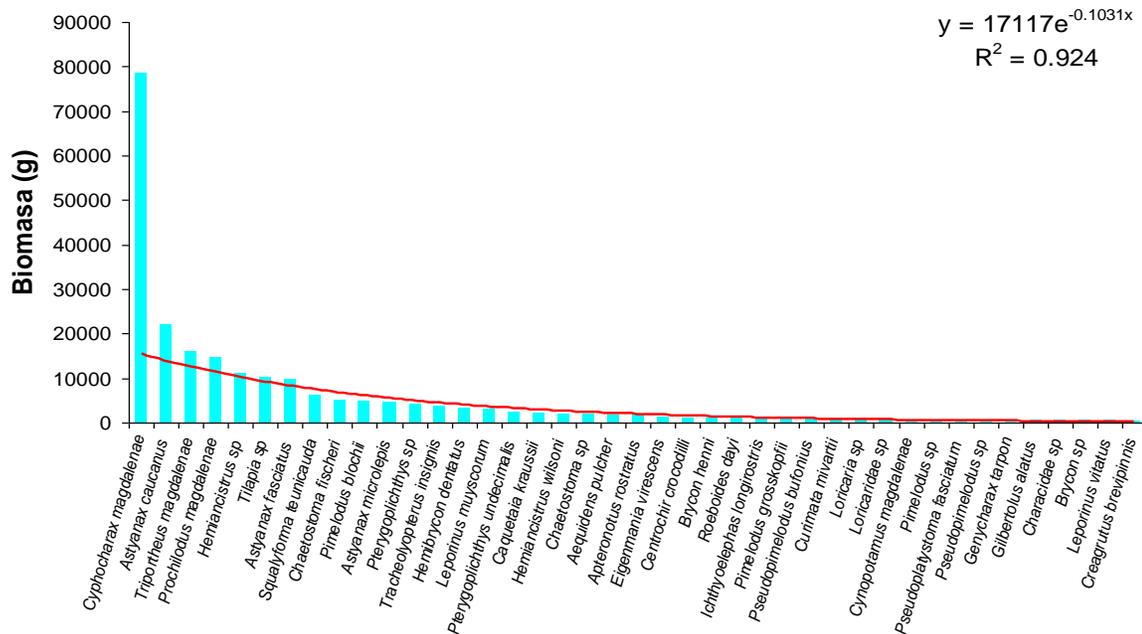


Figura 3.1.3.55 Distribución de la biomasa por especie en la comunidad de peces capturadas en agosto de 2006 en el río Cauca

En la cuenca baja del Río Cauca, donde el río encuentra su plano de inundación y las condiciones de flujo son más variables y las profundidades mayores, la mayoría de los ejemplares capturados presentaron tallas ligeramente mayores, como por ejemplo *Prochilodus magdalenae* (Bocachico), *Ichthyoelephas longirostris* (Jetudo), *Leporinus muyscorum* (Comelon), *Brycon fowleri*, *Triportheus magdalenae* (Arenca), *Pimelodus grosskopfii* (Capaz) y *Pimelodus blochii* (Barbudo). Mientras que en la parte alta y media los individuos de varias especies (*Astyanax fasciatus*, *Astyanax microlepis*,

**ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO**

*Creagrutus brevipinnis*, *Hemibrycon dentatus*, *Microgenis minuta*) presentaron tallas menores.

La biomasa total capturada en las dos épocas de muestreo fue de 228.821 g, de las cuales en agosto de 2006 se capturaron 176.898,7 g, mientras que en enero de 2007 la biomasa bajó considerablemente (51.923 g). Teniendo en cuenta las dos capturas, el sitio con una mayor biomasa fue Ciénaga Colombia (84.477,04g), seguida por Ciénaga La Estrella (33.219,21g) y el Río La Vieja (13.814,6), mientras la menor biomasa fue colectada en Río San Andrés (951,64 g) (ver la Tabla 3.1.3.54 y Figura 3.1.3.56).

**Tabla 3.1.3.54 Distribución de biomasa (g) en cada uno de los sitios de muestreo ubicados sobre el río Cauca en agosto de 2006 y enero de 2007**

Tramo	Ambiente	Estación	Biomasa (g)		
			Agosto-2006	Enero-2007	Total
Alto Cauca	Cauce principal	La Balsa	187,49	6252,20	6439,69
	Cauce principal	Puente Hormiguero	6308,93	5358,00	11666,93
	Ciénaga	Laguna de Sonso	4460,40	7044,34	11504,73
	Cauce principal	Río Cauca Puerto Bertín	607,58	6105,50	6713,08
	Tributario	Río Frío	1157,40	2273,59	3430,99
	Tributario	Río La Vieja	9954,60	3860,00	13814,60
	Cauce principal	La Virginia	8361,04	1668,10	10029,14
Cauca medio	Tributario	Río Arma	4400,24	51,50	4451,74
	Cauce principal	Bolombolo	5227,68	2958,90	8186,58
	Cauce principal	Puente Real	2384,68	477,40	2862,08
	Cauce principal	Sabanalarga	855,77	761,20	1616,97
	Tributario	Río San Andrés	219,84	731,80	951,64
	Cauce principal	Puente Pescadero	0,0	0,0	0,0
Bajo Cauca	Cauce principal	La Guamera	820,92	6026,30	6847,22
	Tributario	Río Man	2711,54	2052,00	4763,54
	Ciénaga	Ciénaga Colombia	80915,19	3561,85	84477,04
	Cauce principal	Cauce principal - Ciénaga La Ilusión	4934,60	1293,46	6228,06
	Ciénaga	Ciénaga La Estrella	32309,29	909,93	33219,22
	Cauce principal	Confluencia Cauca- Nechí	11081,55	536,80	11618,35
<b>Total</b>			<b>176898,73</b>	<b>51922,86</b>	<b>228821,59</b>

En Agosto la Ciénaga Colombia aportó más a la biomasa total (80.915,2g), seguida por la Ciénaga La Estrella con 32.309,3g, mientras que entre las estaciones del cauce principal y afluentes la mayor biomasa se halló en la estación Confluencia Cauca Nechí, donde el total de animales aportaron una biomasa de 11.081,55 g. Le sigue el Río La Vieja, donde la biomasa fue significativa no por el número de individuos sino por las tallas obtenidas (9.954,6 g). En contraste, exceptuando Puente Pescadero, donde no se hicieron capturas, la menor biomasa se obtuvo en La Balsa con 187,49 g y el Río San Andrés con 219,84 g (ver la Tabla 3.1.3.54 y la Figura 3.1.3.56).

En enero de 2007 la mayor biomasa por sitio fue colectada en la Laguna de Sonso (7.044 g), seguida por La Balsa (6.252 g) y el Río Cauca Puerto Bertin (6.105 g) todas ellas estaciones del Alto Cauca; mientras que las de menor biomasa fueron Río Arma

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

(51,5g), seguida por Puente Real (447,4 g), nuevamente exceptuando Puente Pescadero (0.0g) (ver la Tabla 3.1.3.54 y la Figura 3.1.3.56).

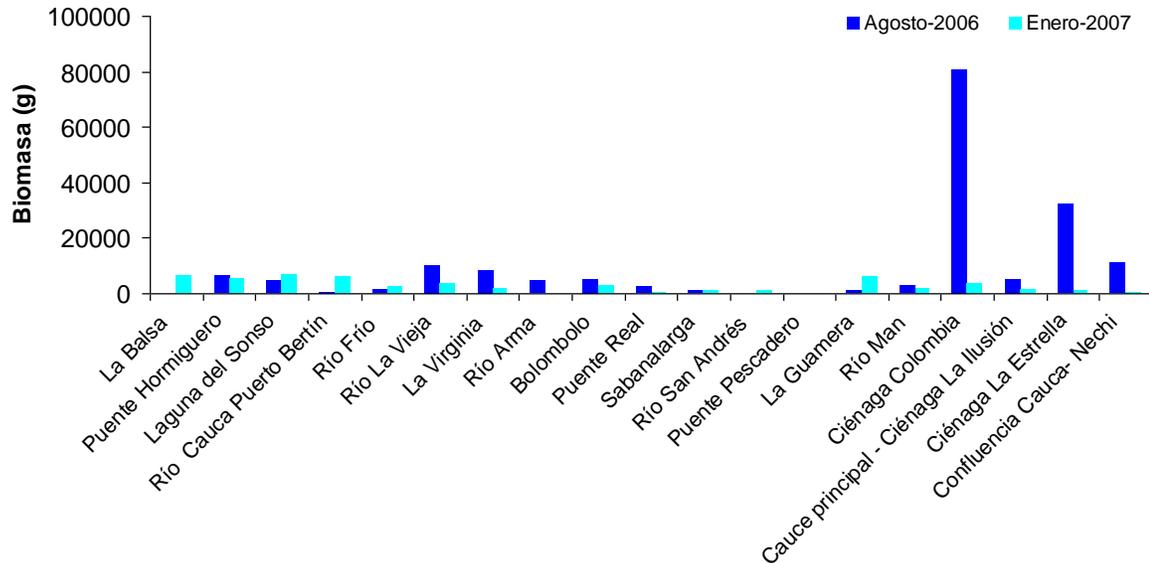


Figura 3.1.3.56 Distribución de biomasa (g) en cada una de los sitios de muestreo ubicado sobre el Río Cauca en Agosto de 2006 y enero de 2007

– Captura por unidad de esfuerzo (CPUE pesca experimental)

Las capturas se realizaron con diferentes aparejos de pesca (ver la Tabla 3.1.3.55) pero el esfuerzo de pesca se mantuvo para los diferentes sitios de muestreo. Debido a la imposibilidad de usar el trasmallo y el chinchorro en todos los sitios, el único aparejo que mantuvo un esfuerzo constante espacial y temporalmente, fue la atarraya.

La CPUE con atarraya fue diferente entre los sitios de muestreo (Tabla 3.1.3.56 y Figura 3.1.3.57). Los que presentaron las mayores CPUE, tanto en número como en biomasa, fueron Ciénaga Colombia (16,76 ind/lance), seguida por Ciénaga La Estrella (11,57 ind/lance), La Virginia (3,62 ind/lance) y el Puente Hormiguero (3,5 ind/lance).

Tabla 3.1.3.55 Esfuerzo de pesca y número de individuos y biomasa capturada con cada uno de los aparejos de pesca utilizados

Aparejo	Agosto 2006		Enero 2007		Esfuerzo
	Número de Individuos	Biomasa (g)	Número de Individuos	Biomasa (g)	
Atarraya	4.429	176.898,7	1.880	51.922,9	90 lances
Trasmallo	66	12.900,9	12	14,1	12 Horas exposición
Chinchorro	572	3.107,1	1	149,8	2 arrastres
Total	5.067	192.906,7	1.893	52.086,8	

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

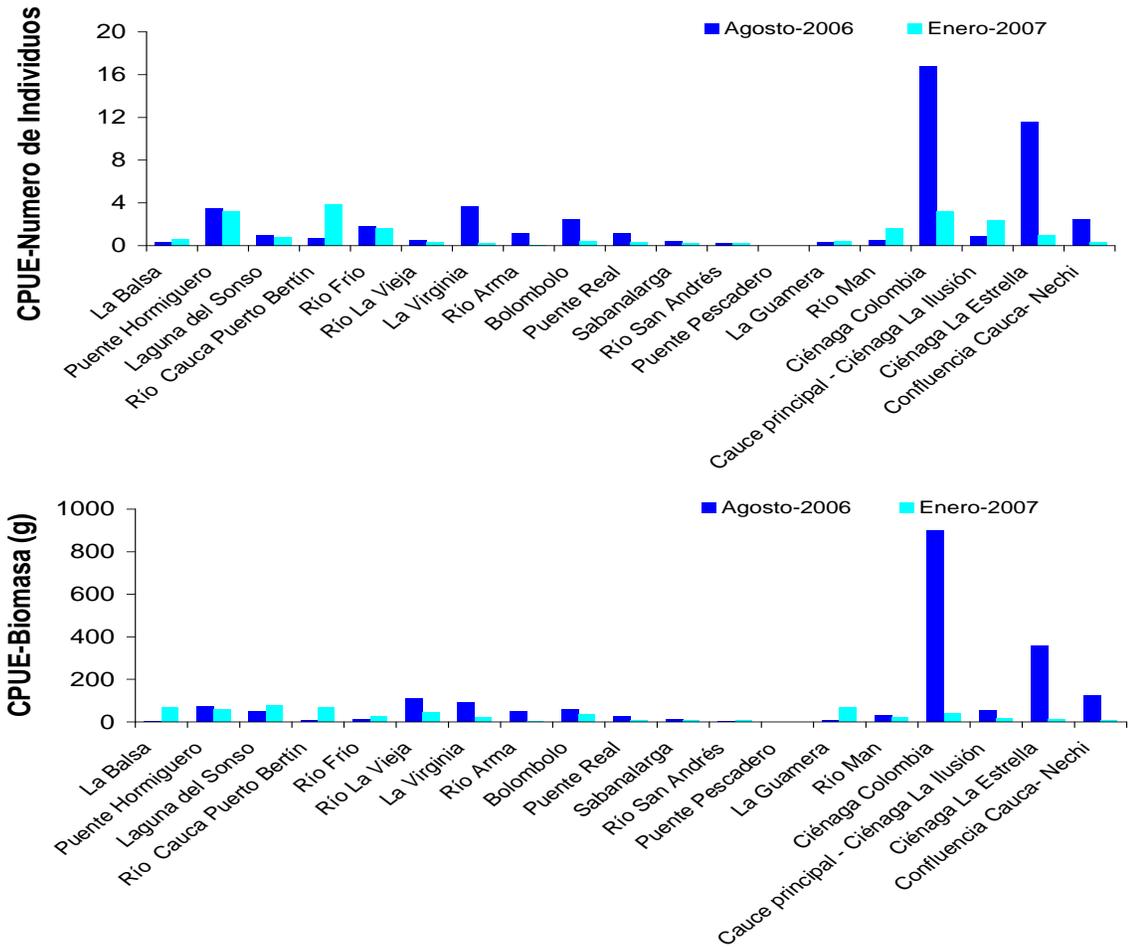


Figura 3.1.3.57 CPUE en número de individuos y biomasa para las capturas realizadas con atarraya en todos los sitios de muestreo ubicados en el Río Cauca

Tabla 3.1.3.56 CPUE en número y biomasa para las capturas realizadas con atarraya en todos los sitios de muestreo ubicadas en el Río Cauca en Agosto de 2006 y enero de 2007

Fecha	Agosto 2006				Enero 2007				
	Estación	N	CPUE	Biomasa total	CPUE biomasa	N	CPUE	Biomasa total	CPUE biomasa
La Balsa		29	0,32	187,49	2,08	57	0,63	6.252,20	69,47
Puente Hormiguero		315	3,50	6.308,93	70,10	292	3,24	5.358,00	59,53
Laguna de Sonso		89	0,99	4.460,40	49,56	69	0,77	7.044,34	78,27
Río Cauca Puerto Bertín		62	0,69	607,58	6,75	346	3,84	6.105,50	67,84
Río Frio		160	1,78	1.157,40	12,86	144	1,60	2.273,59	25,26
Río La Vieja		48	0,53	9.954,60	110,61	30	0,33	3.860,00	42,89
La Virginia		326	3,62	8.361,04	92,90	19	0,21	1.668,10	18,53
Río Arma		101	1,12	4.400,24	48,89	6	0,07	51,50	0,57
Bolombolo		220	2,44	5.227	58,09	41	0,46	2.958,90	32,88

Fecha	Agosto 2006				Enero 2007			
Estación	N	CPUE	Biomasa total	CPUE biomasa	N	CPUE	Biomasa total	CPUE biomasa
Puente Real	104	1,16	2.384	26,50	32	0,36	477,40	5,30
Sabanalarga	33	0,37	855	9,51	20	0,22	761,20	8,46
Río San Andrés	21	0,23	219	2,44	23	0,26	731,80	8,13
Puente Pescadero		0,00		0,00		0,00		0,00
La Guamera	28	0,31	820	9,12	36	0,40	6.026,30	66,96
Río Man	49	0,54	2.711	30,13	145	1,61	2.052,00	22,80
Ciénaga Colombia	1.508	16,76	80.915	899,06	288	3,20	3.561,85	39,58
Cauce principal - Ciénaga La Ilusión	76	0,84	4.934	54,83	211	2,34	1.293,46	14,37
Ciénaga La Estrella	1.041	11,57	32.309	358,99	89	0,99	909,93	10,11
Confluencia Cauca- Nechí	219	2,43	11.081	123,13	32	0,36	536,80	5,96
<b>Total</b>	<b>4.429</b>		<b>176.898</b>		<b>1.880</b>		<b>51.922,8</b>	

N: Número de individuos

En la Captura por unidad de esfuerzo para el Río Cauca el número de individuos y biomasa fue mayor para dos sitios de la parte baja (Ciénaga Colombia, Ciénaga La Estrella) y dos de la parte alta del Cauca (La Balsa y Río Cauca Puerto Bertin). Este resultado puede estar relacionado con una mayor disponibilidad de hábitat y alimento que permita el desarrollo de individuos de tallas mayores, mientras que en la parte media las especies están sometidas a un mayor gasto energético para contrarrestar las condiciones de la corriente. Otro factor que podría reducir el número de individuos en el alto Cauca es el grado de deterioro de la cuenca debido a los asentamientos urbanos, y a la presencia de un buen número de industrias, cuyos vertimientos se conocen comúnmente como “aguas malas” y traen como consecuencia mortandades masivas de peces.

Adicionalmente, en las dos temporadas de muestreo se presentaron lluvias intensas, las cuales, según Garcez (2000), disminuyen la eficiencia de las capturas debido a que al aumentar el volumen de agua se reduce la efectividad de los aparejos de pesca, a diferencia de la época de estiaje, cuando la densidad de peces por unidad de área es mayor, por la disminución del volumen de agua y la subsiguiente reducción de las áreas disponibles. Sumado a lo anterior, y según la versión de los pescadores del alto Cauca, allí no se presenta un fenómeno de subienda como tal, sino que las mayores capturas están asociadas a la disminución del nivel del agua durante el período seco, y al vertimiento de las aguas residuales de las refinerías (aguas malas), situación que es aprovechada por los pescadores para ir capturando los animales que salen de las empalizadas y demás recodos del río.

- Participación de los peces dentro de la red trófica del río Cauca

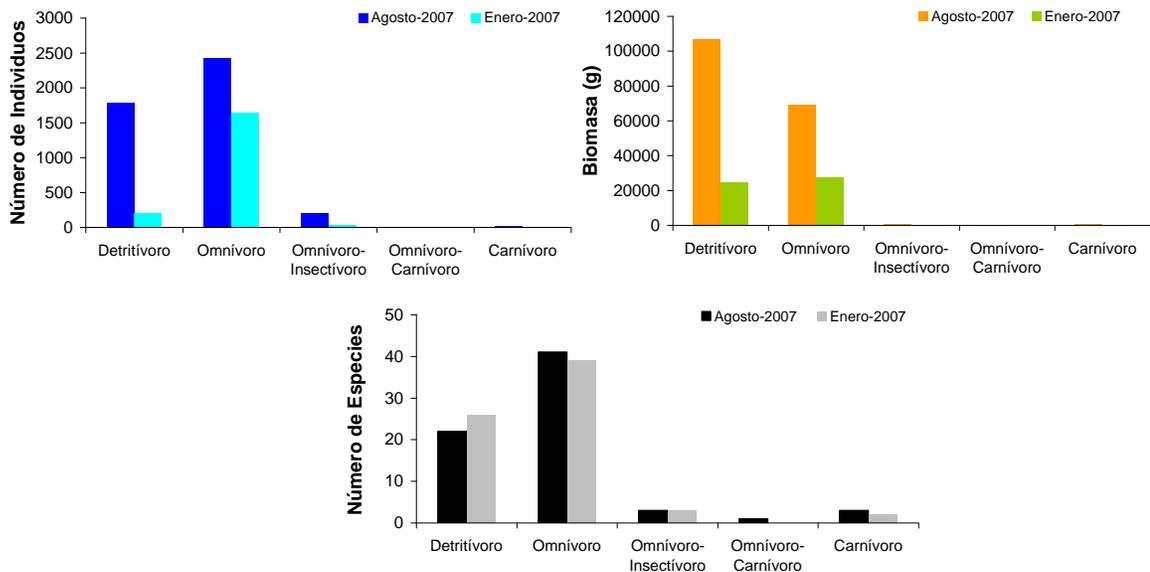
El conocimiento de los hábitos tróficos y de la actividad alimentaria en peces permite un mejor entendimiento de las relaciones entre la ictiofauna y los demás componentes de la comunidad acuática. Esta información sintetiza elementos importantes sobre

hábitat, disponibilidad de alimento, y algunos aspectos del comportamiento. El estudio de la cantidad de alimento tomada por los peces puede ser de gran utilidad para detectar interacciones competitivas o la distribución de recursos entre las especies. De acuerdo con Windell & Bowen (1978), el análisis de contenidos estomacales ha permitido comprender el papel ecológico de los peces en los ecosistemas naturales. Así mismo sus hábitos alimenticios permiten hacer inferencias acerca de la estructura y grado de importancia de los diferentes niveles tróficos y de las interrelaciones entre sus componentes (Agostinho, 1997).

A pesar de que en el trópico existen peces especializados en determinados tipos de alimentos, la mayoría de las especies exhiben una gran plasticidad trófica como una estrategia para contrarrestar las fluctuaciones en la oferta de alimento durante los períodos hidrológicos (Lowe-McConnel, 1987). Gracias a la dieta generalista los peces limnéticos tropicales se encuentran en casi todos los niveles de las redes tróficas, siendo además un componente esencial en la productividad de los ecosistemas tropicales porque son la comunidad responsable de la oferta pesquera en ecosistemas continentales. Sin embargo, la descripción de las interacciones tróficas de los peces es complicada porque su abundancia y comportamiento cambian en relación con numerosos factores incluyendo, entre muchos otros, el desarrollo ontogénico, y los cambios espaciales y temporales en las dietas (Herrera, 1997).

Cerca del 75 % de las especies ícticas tropicales son omnívoras y carnívoras mientras que el 25% restante está constituido por detritívoros, herbívoros y piscívoros. Sin embargo, en los ecosistemas tropicales, principalmente en América del Sur, la biomasa de peces detritívoros es dominante, destacándose en este conjunto las familias Prochilontidae y Curimatidae (Araujo Lima *et al*, 1995, Bowen, 1984). Se considera que para las especies omnívoras la mayor fuente de alimentación se encuentra en el material alóctono, encontrándose que las larvas de insectos y las algas son la proporción más importante de ese material (Costa, 1987; Texeira, 1989; Silva, 1992; Lowe-Mc Connell, 1991).

Para todo el período de estudio (agosto 2006 y enero 2007), la comunidad íctica estuvo dominada, en número de individuos y de especies, por formas de hábitos omnívoros, mientras que la mayor biomasa la proporcionaron especies con hábitos detritívoros, lo cual se debe, en gran medida, a la abundancia de *Cyphocharax magdalenae* (viejito), *Prochilodus magdalenae* (Bocachico) y a un buen número de individuos de la familia Loricariidae (*Hemiancistrus sp*, *Chaetostoma fischeri*, *Squalyforma teunicauda*). Por su parte las especies carnívoras fueron poco abundantes registrándose sólo tres de ellas (ver la Tabla 3.1.3.57 y la Figura 3.1.3.58).



**Figura 3.1.3.58** Distribución del número de especies, de individuos y de la biomasa total por categoría trófica en agosto de 2006 y enero de 2007

En agosto de 2006 la especie omnívora *Astyanax Caucanus* (Sardinita) aportó el mayor porcentaje, tanto en número como en biomasa, seguida por *Astyanax fasciatus* (Sardinita) y *Triphorteus magdalenae* (Arenca) (ver la Tabla 3.1.3.57). En orden de importancia se encuentran los omnívoros generalistas y los omnívoros insectívoros, representados en su mayor parte por el género *Creagrutus* y las especies pertenecientes a los Poecilidos, mientras que tan sólo una especie (*Ageneiosus pardalis*) perteneció a la categoría de los omnívoros-carnívoros. En último caso, tanto en número como en biomasa los carnívoros fueron los más pobremente representados con especies de baja abundancia y frecuencia de ocurrencia como *Hoplias malabaricus* (Moncholo), *Ctenolucius hujeta* (Agujeta) y *Pseudocetopsis othonops* (ver Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03C2-ANX-A, Tabla 3.1.3.57 y la Figura 3.1.3.58).

En enero de 2007 la categoría trófica de los detritívoros estuvo dominada por la presencia de *Chaetostoma fischeri* (Cucho), *Prochilodus magdalenae* (Bocachico) y *Squalyforma teunicauda* (Cucho) especies que alcanzan un tamaño medio a grande. Mientras que los pequeños characidos (*Astyanax fasciatus*, *A. Caucanus*, *A. microlepis* y *Roebooides dayi*), seguidos por *Tilapia sp.*, fueron quienes más aportaron a la categoría de los omnívoros (ver la Tabla 3.1.3.57 y la Figura 3.1.3.58). En orden de importancia, se encuentran los omnívoros-insectívoros, representados por el género *Creagrutus*, mientras que el gremio de omnívoros-carnívoros no tuvo representantes. Al igual que en agosto de 2006, en el muestreo de enero-2007, los carnívoros estuvieron poco representados, encontrándose sólo dos especies (*Hoplias malabaricus*-Moncholo y *Ctenolucius hujeta*-Agujeta) con apenas seis individuos.

Araujo-Lima *et al* (1995) resalta que cerca del 75% de las especies de peces en los ríos son omnívoras o carnívoras, el restante 25% son detritívoras, herbívoras e

ictiófagas. La dominancia de las especies omnívoras dentro de estas comunidades ícticas ha sido explicada como una estrategia oportunista para la utilización de recursos de origen alóctono y autóctono. En la zona de estudio se resalta la importancia del alimento alóctono como semillas, insectos acuáticos y terrestres y macroinvertebrados asociados a la vegetación riparia. En general, el mayor aporte de las especies omnívoras se debe al alto número de individuos de *Astyanax fasciatus*, *Astyanax Caucanus* y *Triportheus magdalenae*, mientras que, dentro de los detritívoros, la alta biomasa responde a la presencia de un elevado número de individuos de *Cyphocharax magdalenae* y a las especies de la familia Loricariidae.

**Tabla 3.1.3.57 Número de individuos, Biomasa total y especies por categoría trófica en el Río Cauca en Agosto de 2006 y enero de 2007**

Fecha	Agosto-2006						Enero-2007					
Categoría	Número Individuos		Biomasa total		Especies		Número Individuos		Biomasa		Especies	
Trófica	N	Ar (%)	Total	Ar (%)	N	Ar (%)	N	Ar (%)	Total	Ar (%)	N	Ar (%)
Detritívoro	1.788	40,4	106.710,9	60,3	22	31,4	206	11,0	24.441,9	47,1	26	37,1
Omnívoro	2.428	54,8	68.942,1	39,0	41	58,6	1.633	86,9	27.239,8	52,5	39	55,7
Omnívoro-Insectívoro	199	4,5	575,7	0,3	3	4,3	34	1,8	98,0	0,2	3	4,3
Omnívoro-Carnívoro	3	0,07	245,0	0,1	1	1,4		0,0		0,0		0,0
Carnívoro	11	0,3	425,0	0,2	3	4,3	6	0,3	117,5	0,2	2	2,9
<b>Total</b>	<b>4.429</b>		<b>176.898,7</b>		<b>70</b>		<b>1.879</b>		<b>51.897,1</b>		<b>70</b>	

N: Número de individuos, Ar: Abundancia relativa

Hábitos alimenticios de las especies de peces migradores más importantes para la cuenca del Río Cauca

La descripción de la alimentación que se muestra a continuación es el resultado del análisis de un bajo número de estómagos de las principales especies migradoras de la cuenca, adicionalmente, se presenta la información secundaria hallada para otros ambientes en la cuenca Magdalena, principalmente.

◆ Especies detritívoras

A. *Ichthyoelephas longirostris*-Jetudo

El jetudo se alimenta de perifiton (algas adheridas a piedras y empalizadas) (Maldonado, 2005). Dentro de su alimentación se destacan algas principalmente de la división Bacillariophyta, dentro de las cuales los géneros más abundantes fueron: *Cymbella* y *Melosira*

B. *Prochilodus magdalenae*-Bocachico

El espectro trófico de *P. magdalenae* estuvo constituido por una amplia variedad de algas, principalmente de algas diatomeas, y en menor abundancia por hongos, bacterias y, en algunos casos, restos de dípteros bentónicos, los cuales le sirven probablemente como suplemento alimenticio. Las algas halladas pertenecen mayoritariamente a la división de las Bacillariophytas, entre las cuales se destacan *Nitzschia*, *Melosira*, *Pediastrum simplex*, *Aulacoseira sp.*, *Melosira italica*, *Melosira granulata*, *Cosmarium sp.*, *Cymbella*, *Frustulia sp.*, *Pinnularia sp.*, *Staurastrum sp.*, *Gomphonema sp.* y *Closterium sp.*, entre otras.

Según Dahl (1971) la especie se alimenta casi exclusivamente de algas. Durante las aguas altas permanece en las ciénagas consumiendo detritus proveniente de la descomposición de la materia orgánica aportada, principalmente, por la vegetación acuática (macrófitas). En aguas bajas se alimenta de las algas. El Bocachico, *Prochilodus magdalenae*, es considerado un pez comedor de fondo que cumple un papel importante en la bioecología de los ecosistemas porque actúa en la fase de premineralización de la materia orgánica presente en el lodo, tornándola más fácilmente asimilable por los microorganismos y acelerando, de esta forma, el reciclaje de nutrientes en dichos ecosistemas (Gneri & Angelescu, 1951).

#### C. *Curimata mivarti* (Vizcaína)

En los contenidos estomacales de *C. mivarti* se hallaron cinco taxones de algas pertenecientes, principalmente, al grupo de las Bacillaroficeas: *Pinnularia sp.*, *Staurastrum sp.*, *Aulacoseira sp.*, *Melosira italica* y *Melosira granulata*. Al igual que para la mayoría de las especies comedoras de detritus, en las muestras se hallaron restos de dípteros bentónicos, así como algunos hongos y bacterias.

En general, para las especies detritívoras dominaron las algas del grupo de las diatomeas (Bacillarophiceas), las cuales son más difíciles de digerir porque poseen una fuerte pared de sílice. Los peces comedores de fondo muestran un ritmo alimentario más acentuado durante el día ya que se orientan por el fotoperíodo (Fugi, 1993 citado por Segatii, 1997). Este hecho puede estar relacionado con la frecuencia de estómagos vacíos. Sin embargo, dado el bajo valor nutritivo del material que consumen, las especies detritívoras se alimentan continuamente ingiriendo grandes cantidades de sedimento (Gneri & Angelescu, 1951), e incluso algunas son capaces de seleccionar ítems alimentarios en la cavidad oral, expulsando parte del sedimento tomado (Bowen, 1984; Sazima, 1980; Meschiati, 1995).

#### ◆ Especies omnívoras

##### A. *Leporinus muyscorum*-Comelón

Teniendo en cuenta los estómagos analizados de *Leporinus muyscorum* esta se comportó como una especie omnívora, con preferencias por presas de origen animal, dentro de los cuales una parte importante son los restos de insectos de los órdenes Himenóptera (Formicidae) y Coleóptera (Elmidae), además de algunos Dípteros de la familia Chironomidae. También se obtuvieron, en mínima proporción, fragmentos de peces compuestos principalmente por escamas y restos muy pequeños de miomeros de peces. En un individuo capturado en el cauce principal del río se encontraron restos de semillas.

La mayoría de los estómagos de *Leporinus muyscorum* contienen material vegetal, insectos, restos de peces y detritus, encontrándose estos son las presas más importantes para la alimentación de la especie. Según estos datos, *Leporinus* es una especie con hábitos alimenticios omnívoros con tendencia herbívora.

##### B. *Astyanax* *Caucanus*- Tota

A. *Caucanus* consumió presas de origen animal, principalmente de insectos acuáticos como Himenópteros, Hemípteros y Odonatos, mientras que otros órdenes como Orthoptera y Homoptera fueron poco importantes. En algunos casos se hallaron restos

de material vegetal aunque en muy baja proporción. Dentro de los contenidos estomacales igualmente se identificaron algunos restos de organismos bentónicos, como Ostracoda y Concostracoda. Entre los organismos del zooplancton se destacaron algunos restos de Cladocera y Copepoda, encontrándose que, posiblemente, en la ingesta de éstos la especie consume algunas algas que forman colonias como *Volvox*.

#### C. *Triportheus magdalenae*- Arenca

La Arenca es una especie omnívora, destacándose su preferencia por los restos de insectos, sin embargo, en los individuos capturados en ecosistemas lénticos (especialmente ciénagas del bajo Cauca) se encontró una marcada preferencia por organismos bentónicos pertenecientes al grupo de los cladóceros y copépodos (Cladocera, *Ceriodaphnia corneta*; Copepoda: Cyclopoidea, Artacticoidea, Calanoidea), seguido en proporción por algunas algas de los géneros *Volvox* y *Mycosystis*. Dentro de los dípteros bentónicos hallados destacan las familias Chironomidae y Chaeoboridae.

Los individuos del cauce principal del río al parecer tienen un espectro trófico más amplio por cuanto sus contenidos estomacales incluyen restos de insectos, Odonatos, Himenópteros (familia Formicidae y Vespidae), así como algunas larvas del orden Lepidóptera. Igualmente, se hallaron restos de concostracodos y peces, aunque dada la baja abundancia de éstos últimos, puede considerarse como un integrante accidental en la alimentación de la especie.

#### D. *Brycon henni*-Sabaleta

Esta especie, según los análisis realizados para los individuos de la cuenca del Cauca, puede ser considerada como una especie omnívora, con preferencia por las presas de origen animal tales como: restos de camarones de río, algunos fragmentos de insectos y restos de los órdenes Odonata, Hemiptera, Hymenoptera (Vespidae y Formicidae). Los restos de material vegetal encontrados fueron escasos. Los hábitos alimenticios de la especie son muy flexibles, consumiendo desde frutos, flores y hojas, hasta insectos de la vegetación que caen al agua, insectos acuáticos y, raramente, peces pequeños. Se alimenta en las zonas turbulentas donde se revuelve el material que es arrastrado por el río (Maldonado, 2005).

#### E. *Brycon moorei*- Mueluda

Para *B. moorei* sólo fue posible el análisis de un sólo estomago en el cual se encontraron cantidades apreciables de restos de insectos de los órdenes Orthoptera, Hemiptera, Coleoptera y algunos fragmentos de Hymenoptera, de la familia Formicidae, así como algunos residuos de material vegetal compuestos principalmente por semillas.

Según Maldonado y colaboradores (2005) esta especie se puede considerar como omnívora-carnívora con una clara tendencia hacia la entomofagía. Los ortópteros, coleópteros, hemípteros y, especialmente, los insectos particulados son los recursos de mayor importancia. A pesar de su preferencia por los insectos, los restos vegetales como las semillas de arbustos, son un ítem importante. Los restos de peces, aunque presentes, no tuvieron un aporte muy significativo al volumen total de la dieta.

#### F. Brycon rubricauda-Sardinata

Esta especie puede considerarse como de hábitos omnívoros-carnívoros con tendencia a la entomofagia. En la muestra analizada el ítem más importante fueron los insectos los cuales incluyen coleópteros, ortópteros, homópteros, dípteros y algunos restos de coleópteros, encontrándose igualmente algunos fragmentos de vegetales, entre los cuales se destacan algunas semillas.

#### G. Pimelodus grosskopfii-Capaz

Esta especie se caracteriza por ser un consumidor de segundo orden, con claras preferencias por insectos, macroinvertebrados y peces (Hiss *et al*, 1978; Villa-Navarro, 1999). Para el Río Magdalena se ha registrado omnivoría con un 48,8% de material de origen animal, compuesto por insectos (31,25%), peces y crustáceos (4.09%) y desechos (13.54%. Para el embalse de prado, Villa-Navarro (1999) encontró que la especie es omnívora con más del 60% de material de origen animal, siendo las lavas de Chironomidae las más abundantes en ejemplares menores a 30 cm, y los peces y moluscos en individuos de mayor tamaño (Maldonado, 2005).

#### H. Pimelodus blochii-Barbudo

Según las muestras analizadas para los individuos capturados en la cuenca del Río Cauca *Pimelodus blochii* puede considerarse como omnívoro con preferencia por los insectos, dentro de los cuales se destaca la presencia dípteros del género *Chironomus sp.*, odonatos, hemípteros (familia Naucoridae) y algunos restos de himenóptera, conformados principalmente por la familia Formicidae. En menor proporción fueron hallados restos de peces, ostrácodos y conostracodos. Masso (1978) y Hiss *et al* (1978) también caracterizan la especie como omnívora con preferencia por insectos (larvas, ninfas, imagos y exuvias) y crustáceos (copépodos, ostrácodos, cladóceros y camarones), así como por restos de otros peces y escamas (Maldonado, 2005).

Para las especies omnívoras y algunas detritívoras la presencia de semillas y algunos vegetales puede estar relacionada con la disponibilidad de alimento, el cual aumenta con las lluvias (período en el cual fue realizado el muestreo); por lo tanto, en este caso las fuentes alimentarias de origen alóctono pueden ser importantes. La proporción de estómagos vacíos hallados está relacionada con la expulsión violenta del alimento debido a la contracción los músculos esofágicos como reacción del animal a la captura, o por efectos de regurgitación debido al continuo movimiento de los organismos cuando se encuentran atrapados en las redes estacionarias (Camber, 1955 y Moseley, 1966 citados por Rojas, 1997).

#### ◆ Especies carnívoras

##### A. Salminus affinis-Picuda

Se encontró que La Picuda es una especie carnívora-piscívora que se alimenta casi exclusivamente de restos de peces, aunque se hallaron algunos restos de insectos, principalmente del orden Odonata, los cuales pueden considerarse que fueron ingeridos de manera accidental al tomar otras presas.

Según Maldonado y col (2005), la especie se alimenta de peces pequeños, y es netamente carnívora-piscívora pues los contenidos estomacales estaban compuestos

casi exclusivamente por restos de peces aunque también se encontraron algunos insectos terrestres (Maldonado, 2005).

#### B. *Pseudopimelodus bufonius*- Bagresapo

Del bagre sapo no fue posible hacer análisis de contenido estomacal para los individuos capturados en el Río Cauca, sin embargo, Maldonado y col (2005) cita la especie como un pez carnívoro que se alimenta principalmente de peces, larvas de insectos acuáticos y detritus.

#### C. *Pseudoplatystoma fasciatum*- Pintado

Para esta especie no fue posible analizar estómagos de individuos provenientes del Río Cauca. *P. Fasciatum*, en condiciones naturales, presenta hábitos carnívoros, una característica limitante para su producción comercial. Otro autor (Reid; 1983) reporta que para el género *Pseudoplatystoma*, los peces representan más del 99% del contenido estomacal, y, aunque aprovechan camarones, éstos son apenas un porcentaje mínimo del peso total del alimento en adultos. En ejemplares de *P. fasciatum* menores de 40 cm, los camarones se encuentran en contenidos estomacales hasta en un 55% (Maldonado y col, 2005).

Lugo (1998) reporta 78% de material animal y 22% de material vegetal en contenidos estomacales de *P. fasciatum*. El contenido vegetal, comprende en su mayoría fragmentos de hojas y detritos vegetales que parecen ser capturados al azar, junto con las presas. Los juveniles menores de 10 cm, de *P. Fasciatum*, se alimentan de insectos acuáticos menores de 1 cm, estos forman el alimento para la mayoría de los juveniles de la familia Pimelodidae, sin embargo, es inusual que los bagres mayores de 10 cm consuman insectos.

Tradicionalmente se considera que los miembros del género *Pseudoplatystoma* son animales que se alimentan durante la noche, aunque se ha demostrado que *P. fasciatum* está activo y caza durante el día, especialmente en la mañana. Entre los bagres de esta especie, cuyos contenidos estomacales estaban frescos, el 67% había sido colectado en la mañana y otro 23% a principios de la tarde (Reid, 1983)

*Sorubim cuspicaudus* (Bagre blanquillo ) y *Pseudoplatystoma fasciatum* (Rayado), a pesar de ser especies de gran interés comercial y ecológico, no se capturaron ejemplares para el análisis de contenido estomacal. Sin embargo, según la literatura estas especies son omnívoras con tendencia a carnívoras, y se alimentan de peces, crustáceos y, en general, animales de fondo (Galvis *et al*, 1997, Dahl, 1971).

#### – Eventos migratorios en la cuenca del río Cauca

En general, numerosos peces tropicales realizan movimientos a través de los ríos (Wellcomme. 1985; Petrere, 1985). Estos movimientos pueden ser longitudinales (río arriba / río abajo), laterales (plano de inundación-cauce principal-plano de inundación) o internos (dentro de su hábitat); las causas de las migraciones no son únicas ni independientes y pueden obedecer a condiciones ambientales, a eventos reproductivos o a la búsqueda de áreas de alimentación (Lowe McConnell, 1987),

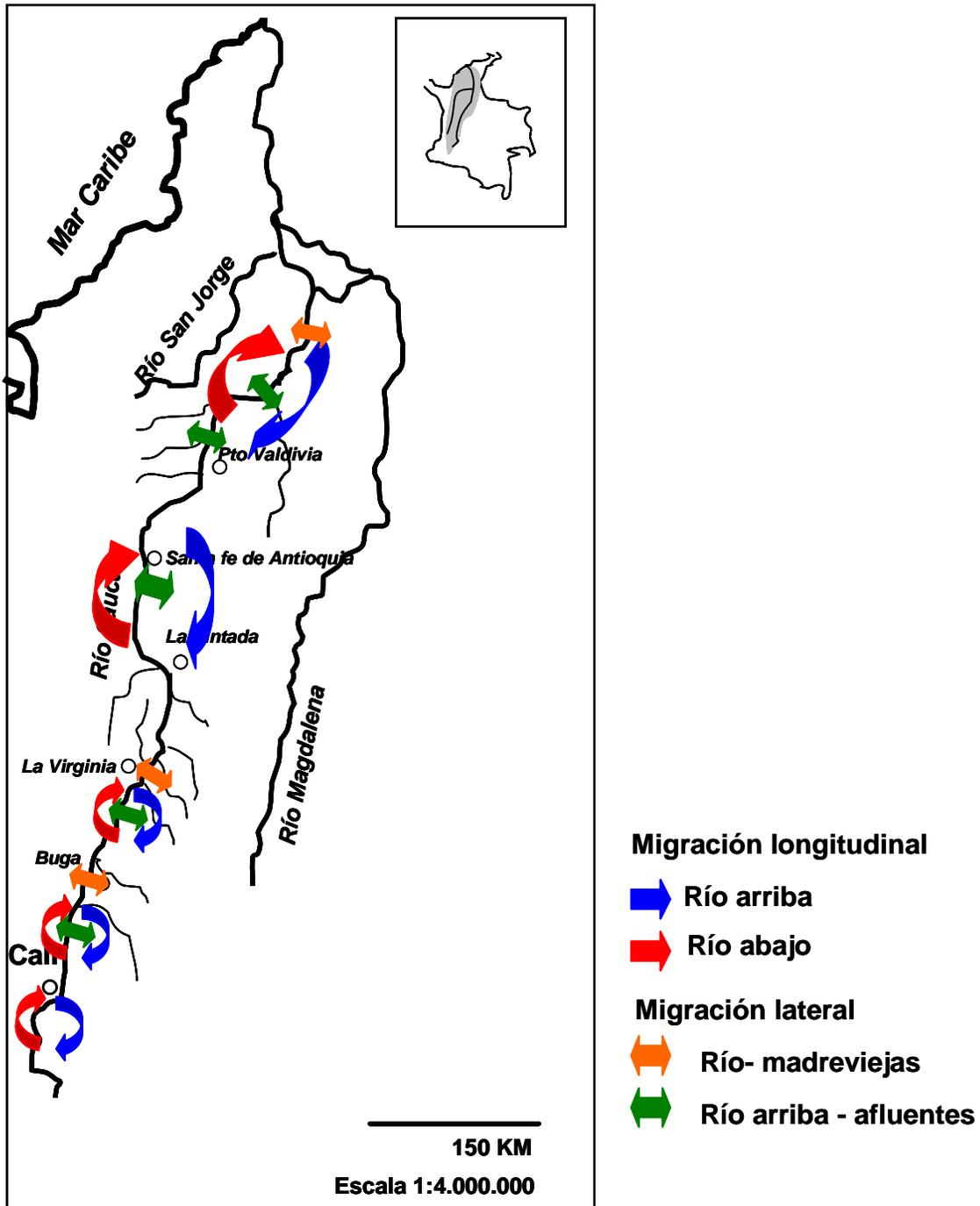
En la cuenca del Magdalena se conocen dos migraciones masivas de peces. La primera conocida como “Subienda”, se presenta en los meses de estiaje de comienzos de año. En este período *Prochilodus magdalenae* y otras especies acompañantes

como bagres, sabaleta, dorada, pataló, vizcaína, jetudos, entre otros, abandonan las ciénagas de las partes bajas de su cuenca y migran a través del río en busca de los tributarios laterales. Los peces migratorios regresan a los tributarios, hasta donde la torrencialidad de las aguas lo permite, aproximadamente hacia los 800 - 1000 msnm, que marcan el límite superior de la subienda (Valderrama y col, 1989).

Los peces permanecen en estos ríos hasta la llegada de las lluvias en abril y mayo, cuando inician su retorno a las ciénagas de origen. Este regreso se denomina “Bajanza”. Durante su permanencia en los tributarios, los bocachicos maduran sus gónadas para luego desovar durante la bajanza en el cauce principal de los ríos, a fin de que las aguas de desborde introduzcan a los alevinos a las ciénagas, donde encuentran refugio y alimento para su desarrollo. El segundo evento migratorio denominado “de mitaca”, ocurre en los meses de julio a octubre, durante los niveles máximos de las aguas en los principales ríos del país. Esta migración no es tan masiva como la de subienda y en ella toman parte fundamentalmente el bagre rayado, el blanquillo y la vizcaína (Valderrama y col, 1989).

El ingreso de especies migradoras a los ecosistemas lóticos, especialmente a las partes altas, durante ciertos momentos hidrológicos, genera cambios importantes en la biomasa total y en el número de especies de la comunidad (Barthem & Goulding, op.cit.), fenómeno que puede observarse en los períodos de subienda y que constituye la base del sustento para un buen número de pescadores asentados en las márgenes de los ríos.

A lo largo del eje longitudinal en la cuenca del Río Cauca se reconocen tres grandes migraciones de acuerdo con el sector de la cuenca: sector alto, sector medio y sector bajo (Fotografía 3.1.3.84). En el sector alto se identificaron tres variaciones al patrón de migración. A continuación se describen las migraciones para cada sector de la cuenca.



Fotografía 3.1.3.84 Descripción de las migraciones en los tres sectores de la cuenca del Río Cauca

- ◆ Sector alto del río Cauca (Migración corta, longitudinal y durante estiajes)

Acerca de la migración corta, longitudinal y durante estiajes en este sector del río no se da subienda masiva, simplemente se dan picos en el movimiento de peces durante algunos períodos del año especialmente cuando baja el nivel del agua. Se reconocen

movimientos de peces como el pataló, capaz, jetudo o besote, picuda y sabaleta, mientras que especies como la sardinata no realiza subienda.

Uno de los picos en el movimiento de los peces se da en octubre, período en el cual se observan los peces subiendo por el centro del río hacia el municipio de Suárez (Cauca). Estos pasan con movimientos lentos pues el aumento del nivel del agua, debido a la operación de la central, los obliga a quedarse en los remansos y recodos del río. Anteriormente, antes de que existiera la presa de Salvajina, los peces continuaban su migración hasta las quebradas limpias próximas la nacimiento del Río Cauca, sin embargo, actualmente llegan hasta sitios próximos a la presa de Salvajina donde realizan desoves un peñascos y pequeñas quebradas de la zona. En los sitios de desove se ven los machos a la espera de que las hembras desoven, luego de esto los machos depositan el semen, se empiezan a ver los huevos y las larvas comienzan a bajar durante Enero y febrero.

Los desplazamientos que realizan los peces en la zona sólo se dan hasta Juanchito, pues el aumento en la contaminación del agua, debida a la entrada de las denominadas aguas malas (aguas residuales provenientes de los ingenios azucareros), no les permite continuar aguas abajo, razón por la cual los pescadores afirman que la contaminación actúa como una barrera importante, incinuyendo incluso que por tal razón los peces de La Virginia no son los mismos que realizan desplazamientos aguas arriba de Juanchito.

Este desplazamiento de los peces para el alto Cauca es denominado por los pescadores como “migración corta”. Es una migración variable en el tiempo y no tiene momentos definidos pues las fluctuaciones de caudal propias de la operación de la central hacen que los peces realicen movimientos en cualquier período. A este fenómeno se le atribuye que los peces de la zona permanezcan con huevos durante todo el año a diferencia de los peces del Río Magdalena, los cuales sí presentan períodos precisos del año para desovar.

- ◆ Alto Cauca entre Buga y Tulúa (Migración longitudinal y lateral (río-madre viejas y río-afluentes) durante crecientes.

De acuerdo con la información de los pescadores de comunidades como la Vereda Puerto Bertín, Vereda El Porvenir, Yotoco y Río Frío, en la zona no hay un período específico para la “subienda”, la única condición para que ocurra es el aumento en el nivel del agua, momento que es aprovechado por los peces para moverse río arriba. Esto, según los pescadores, se presenta durante los períodos de lluvias, especialmente en noviembre, momento en el cual el aumento en la lámina de agua y la dilución de la contaminación es aprovechado por los peces para desplazarse en una pequeña “subienda”. Igualmente, cuando aumenta al caudal del río, se da lugar a la formación de los denominados “chorros” (aumento en la velocidad y caudal, principalmente en la parte más profunda del cauce) que se observan en diferentes tramos del río, pero especialmente, cerca al Municipio de La Virginia.

Otro momento en cual se da un aumento en las capturas es durante marzo y abril (período de lluvias), y corresponden a la denominada “subienda”, momento en el cual, al igual que para noviembre, los peces van en busca de los chorros. Cuando los animales empiezan a subir por el río se observa que los primeros repuntes son

realizados por los bocachicos, seguidos por el barbudo y los bagres. Estos últimos se desplazan generalmente por las orillas, comportamiento que es aprovechado por los pescadores para exponer sus trasmallos en las riberas del río. Sin embargo, algunos pescadores afirman que en los procesos de migración los peces se concentran alrededor de las “bocanas” (desembocadura de las quebradas al Río Cauca) las cuales brindan a los peces una mejor calidad de agua y mejores sitios de refugio.

En esta “subienda” la última especie que sube es el bagre sapo, que al parecer se mueve por la parte más profunda del río, y que según los pescadores indica que la “subienda” ha terminado. Es de resaltar que algunos pescadores afirman la presencia simultánea en la “subienda”, de bocachicos y barbudos, siendo las demás especies menos frecuentes.

Los bocachicos, bagres y barbudos, van desovando a medida que suben por el cauce principal del río, aunque según los pescadores los bocachicos y los bagres también desovarían en las orillas, mientras que los Bagresapo desovarían en las empalizadas del río. Sin embargo, según ellos la reproducción no es muy efectiva porque cuando vierten las aguas malas después de los desoves, se observan numerosas larvas muertas flotando. Estas aguas son vertidas por los ingenios azucareros, especialmente durante los fines de semana, y se caracterizan por su alta carga de soda cáustica utilizada en la limpieza de la maquinaria.

Cuando ocurren estas descargas, los peces adultos comienzan nadar aguas abajo, en busca de sitios de refugio donde puedan escapar de los efectos de la contaminación, este fenómeno es también llamado por algunos pescadores como “subienda” y lo aprovechan para capturar los peces que salen de los recodos y palizadas de río. Sin embargo, según los pescadores, a pesar de que la “subienda” durante los momentos de aguas altas es importante, la mejor época para la subienda de barbudo, es el período seco, porque es la única especie que migra en este período.

Para el caso del Río Frío, preferido por los peces para desovar por sus aguas cristalinas, la subienda se daba hasta el nacimiento, sin embargo, la ruta de migración ha cambiado luego de la construcción aguas arriba, de una presa por parte de una de las fincas ganaderas de la región. Anteriormente, los peces, luego de desovar en el nacimiento, comenzaban a bajar y se quedaban en las ciénagas y madre viejas alimentándose, como preparación para el siguiente período de subienda.

Debido a la alta contaminación del río actualmente se observan algunas especies desovando en las pocas madre-viejas que aún quedan conectadas con el Río Cauca, ya que la mayoría de ellas ha desaparecido debido a sedimentación de los caños, a la gran cantidad de macrofitas enraizadas y a la disminución de caudales por la extracción de aguas para fines agropecuarios, factores que han determinado la desconexión casi total con el río.

En los últimos cinco años no se ha observado subienda desde el sector de La Virginia, pero las especies que más se capturan ocasionalmente son barbudo, bocachico y bagre. El bocachico pone los huevos en el Río Cauca pero la sardinata aprovecha esta disponibilidad e alimento y depreda gran cantidad de huevos y larvas, por lo cual las únicas larvas y huevos que sobreviven son aquellos que el río empuja a los anegados, donde los huevos y las larvas quedan protegidos.

La Bajanza: Algunos pescadores afirman que este fenómeno se da cuando descienden los niveles del Río Cauca, especialmente durante junio y julio, sin embargo, la gran mayoría coincide con los días de las “aguas malas”, provenientes de los ingenios azucareros e industrias como Papeles de Colombia, que sumado a las aguas lluvias provenientes de Cali y Yumbo, son una de las principales causas de la muerte masiva de peces en la zona. Según los pescadores estos factores podrían ser los causantes de la desaparición de especies como la sardinata, beringo y mueluda, y de disminución considerable de la pesca en este sector del Río Cauca.

- ◆ Alto Cauca entre Tulúa y La Virginia (Migración longitudinal y lateral río-afluentes durante estiajes y río-madre viejas durante crecientes)

Según los pescadores en esta parte del río no ocurre subienda, como la del Magdalena, aquí simplemente se dan aumentos en las capturas cuando se presenta una disminución en el nivel de las aguas (meses secos), momento en el cual aparece el bocachico pues es la especie menos abundante durante el resto del año, a diferencia de especies como el bagre y el barbudo, que son más frecuentes durante todo el año. Estos aumentos en las capturas están asociados al orden de desplazamiento de los peces observándose que el primero que sale es el bagre, seguido por el barbudo y por ultimo aparece el bocachico.

Al igual que en otros tramos anteriores las capturas aumentan cuando se vierten “aguas malas”, especialmente durante los períodos secos, sin embargo, el pescado capturado tienen un sabor desagradable que impide su comercialización y aún incluso el consumo por parte de los mismos pescadores.

Al parecer las orillas, las plantas macrófitas, las palizadas y los remansos son los sitios preferidos por los peces para la reproducción y como sitios de refugio y descanso, porque aunque los pescadores aseguran nunca haberlos visto desovando, sí describen tales puntos como claves para la captura. Dentro de los lugares más importantes para la pesca se encuentra el Río La Vieja (Cartago), remansos como El Cementerio (antes fue ciénega), y el Club Náutico. Los peces se encuentran con huevos durante los momentos de lluvias (noviembre, diciembre), momentos en los cuales se pueden ver larvas de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y bagre sapo (*Pseudopimelodus bufonius*), que desovan en los cañaverales y en un sitio que es preferido por los peces de esta zona llamado El Túnel, en dirección del Río Otún. Los bocachicos capturados en esta zona se encuentran principalmente en las empalizadas del río La Vieja desplazándose longitudinalmente o saliendo al Río Cauca cuando la contaminación disminuye.

- ◆ Sector medio del río Cauca (Migración longitudinal durante estiajes)

Según los pescadores de la zona en esta parte del río no ocurre subienda como tal, sino pequeños aumentos en las capturas de ciertas especies que realizan movimientos (bocachico, barbudo, bagre, bagre sapo), especialmente entre marzo y abril y entre octubre y diciembre. Sin embargo, ellos afirman que actualmente el fenómeno es variable en ocurrencia, duración y abundancia y a pesar que ya no se presentan como hace algunos años, hay aproximadamente cada siete años eventos que se pueden asimilar a “subiendas”, dado el alto número de individuos que se capturan.

En los momentos en los cuales se dan las pequeñas “subiendas” las especies que primero se observa son el barbudo, seguido por el bocachico, la dorada y, finalmente, el bagre sapo, que aparece principalmente entre abril y mayo indicando que la subienda está terminando. En relación con los desplazamientos migratorios del bocachico, los pescadores aseguran que los bocachicos que se encuentran en esta parte del río corresponden a una población que no realiza desplazamientos largos, como es propio de la especie, sino que se reproduce y permanece en tramos cortos del río, especialmente en los pequeños afluentes que vierten sus aguas al Río Cauca.

De acuerdo con la información disponible la disminución o casi desaparición de la subienda se debe a la presencia de barreras geográficas en la cuenca, ubicadas cerca a Santa Fe de Antioquia, sitio en el cual se da la formación de unos “saltos” (rápidos) que impiden que el bocachico realice su recorrido y pueda atravesar esta zona. Destacan, también, otros factores que han llevado a que la actividad pesquera se convierta en una actividad poco importante para la zona, a actividades como la minería, la avalancha de Armero, la sobreexplotación del recurso pesquero y la extracción de material de playa.

- ◆ Sector bajo del Cauca (Migración longitudinal y lateral (río-ciénagas y río-afluentes) durante estiajes)

La subienda para el bajo Cauca ocurre entre noviembre y febrero, sin embargo, su duración e intensidad es variable incluso entre los años. Las máximas capturas durante los eventos de migración tienen una duración de entre seis y ocho días, fenómeno conocido como “fuga”, que es un período cuando pasan grandes cantidades de peces produciendo un ruido parecido a un ronquido y que según los pescadores anuncia que van a reproducirse. La “fuga” para el Río Cauca se caracteriza porque una vez pasa las capturas disminuyen drásticamente hasta los niveles promedio del año y en este sentido se diferencia considerablemente de la del Magdalena, en el cual, después de las fugas quedan las llamadas “colas”, que sostienen unos buenos niveles de captura durante este período.

Según los pescadores, los peces que realizan migración en el bajo Cauca, provienen de las ciénagas localizadas aguas abajo de Caucasia, especialmente de las ciénagas de Ayapel y La Raya, ambas situadas en el Sur de Bolívar, de las cuales una buena parte de los peces sale en dirección al Río Magdalena a través del Caño de Loba, y otra hacia el Río Cauca, hacia el San Jorge y el Río Nechí.

Al parecer, la presión de gran número de pescadores que se desplazan, incluso desde el Río Magdalena, en busca de la subienda, sumada a la de todos los pescadores asentados en la parte baja del Río Cauca, los cuales utilizan aparejos de pesca con ojos de malla muy pequeños y con grandes áreas, han determinado una disminución considerable de la pesca para la zona. Sin embargo, a pesar de ello los pescadores esperan las llamadas subiendas multianuales, que se dan aproximadamente cada seis a siete años, y que generan un aumento considerable en las capturas en relación con otros años.

La utilización de trasmallos y barrederas de grandes extensiones así como la minería, la deforestación, la extracción de materiales de playa, entre otros, han sido factores determinantes en la disminución en las capturas, encontrándose incluso que en La Guamera (Puerto Valdivia), sitio considerado como el lugar de transición entre el bajo y

medio Cauca, sólo llegan los peces de mayor tamaño que, por alguna razón, no fueron capturados aguas abajo.

Las especies que realizan la subienda en el bajo Cauca son bocachico, bagre, dorada, doncella, picuda, comelón, arenca, vizcaína, barbudo, nicuro, jetudo, sabaleta, bagre cazón, sardina y changó. Adicionalmente, algunos pescadores mencionaron subienda de raya, viejitos, moncholos y mojarra amarilla, aunque creen que son cortas y las asocian a la oportunidad de aprovechar alimento que van dejando las especies que sí realizan desplazamientos largos.

El inicio de la subienda está definido por la aparición de las tolombas (sardinita de cola roja), que son consideradas la guía de la subienda, detrás de estas se observa el comelón (*Leporinus*) y la dorada, luego el bocachico, en el medio de las cuales vienen las especies pequeñas y medianas de escama, como la vizcaína y la sabaleta, y por último van subiendo las mayupas acompañadas de las arenca, quienes se van comiendo todo lo que van dejando los demás peces. Finalmente, se encuentran los bagres, los cuales son considerados el final de la subienda, ya que muchos pescadores afirman que los bagres permanecen durante todo el período de la subienda, aumentando el número de capturas al final de ésta.

Los bocachicos del bajo Cauca, según los pescadores, desovan en el cauce principal del Río, en el río Man (Municipio de Caucasia), en Bocaguamales (Municipio de Nechí), en diferentes quebradas ubicadas al sur del Departamento de Bolívar, en la Quebrada Noa (Municipio de Cáceres), en la Quebrada Trinidad (cerca de la confluencia del Nechí- Río Cauca), además de otros afluentes de aguas cristalinas y fondos rocosos, especialmente cerca de Puerto Valdivia, tales como la Quebrada Espíritu Santo. Sin embargo, los pescadores coinciden en que los sitios de reproducción de las especies en el bajo Cauca son muy escasos debido a que la gran mayoría de los ecosistemas están altamente perturbados por actividades antrópicas, especialmente por la minería.

Los desoves de las especies que realizan migración se dan entre abril y mayo y entre Octubre y noviembre. Durante este período es común observar comportamientos de cortejo como en el caso de los bagres, donde la hembra expone su abdomen hacia la superficie liberando las ovas mientras un grupo de machos (generalmente dos a tres) se deslizan sobre el abdomen liberando esperma sobre las ovas para fertilizarlas, mientras esto ocurre, los peces van a la deriva por el cauce principal. Para el caso de los bocachicos y doradas, se observan sólo las cabezas de las parejas hacia el centro del cauce, e igualmente van a la deriva, liberando sus gametos.

Entre abril y mayo, momento en el cual llegan las aguas nuevas es cuando se da la bajanza de las especies luego de haber dejado sus huevos en las quebradas aguas arriba. En la bajanza, a diferencia de la subienda, no hay un orden específico para las especies sino que bajan simultáneamente. Una proporción de los peces que van bajando por el Río Cauca ingresa a diferentes ecosistemas cenagosos, otra parte de los peces va en dirección del Río Man, en sentido de la ciénaga, donde permanece mientras el nivel del agua sea alto. Cuando empiece de nuevo el período de aguas bajas y se repita el fenómeno.

Durante el período de mitaca suben las mismas especies y en el mismo orden, por lo que lo único que cambia es el número de individuos que suben, que en este caso es mucho menor. Las opiniones de los pescadores son contradictorias encuanto a si el

veranillo tiene o no bajanza, algunos sostienen que sí y que es igual a la de la subienda pero de menor proporción.

En general, para los pescadores de la cuenca baja del Río Cauca la subienda ha disminuido de forma considerable debido a la presión por pesca, la utilización de aparejos de pesca con ojos de malla muy pequeños y grandes áreas, así como por la contaminación, la minería, la deforestación y la pérdida de áreas de desove y refugio para los peces, especialmente en el caso de las ciénagas.

- Áreas de desove

La densidad media de ictioplancton es similar con la reportada para el Río Magdalena (Jiménez-Segura, 2007). En 225,6 m<sup>3</sup> de agua filtrada se capturaron 183 individuos en diferentes períodos y fases de desarrollo ontogénico (ver la Tabla 3.1.3.58). La densidad promedio total fue de 0,81 individuos m<sup>-3</sup>. La densidad capturada en la mitaca-2006 fue similar a la de la subienda-2007 (ver la Tabla 3.1.3.59).

**Tabla 3.1.3.58 Abundancia absoluta, abundancia relativa y densidad promedio de cada período y fase del ictioplancton total capturado en el Río Cauca**

Periodo	Fase	Abundancia	Abundancia Relativa	Densidad
Huevo		79	0,43	0,35
Embrion		32	0,17	0,14
Larva	Vitelinica	24	0,13	0,11
	Preflexión	40	0,22	0,18
	Flexión	8	0,04	0,04
<b>Total</b>		183		0,81

En términos de abundancia y densidad, los huevos dominaron sobre los embriones y las larvas (ver la Tabla 3.1.3.59) sin embargo, la mayor densidad de larvas en preflexión en La Virginia y en La Ilusión define dos grandes áreas de reproducción separadas por el sector medio de la cuenca (ver la Tabla 3.1.3.60 y la Tabla 3.1.3.61). Dadas las condiciones de deterioro ambiental en la calidad del agua del Río Cauca, es posible que los desoves se realicen en algunos de sus tributarios.

**Tabla 3.1.3.59 Abundancia absoluta, abundancia relativa (A.R.) y densidad de cada período y fase del ictioplancton capturado en las dos temporadas reproductivas en el Río Cauca (mitaca 2006 y subienda 2007)**

Periodo	Fase	Abundancia		A.R.		Densidad	
		Mitaca	Subienda	Mitaca	Subienda	Mitaca	Subienda
Huevo		78	1	0,08	0,01	0,74	0,01
Embrion		18	14	0,19	0,16	0,17	0,12
Larva	Vitelinica	0	24	0	0,28	0	0,2
	Preflexión	0	40	0	0,47	0	0,33
	Flexión	1	7	0,01	0,08	0,01	0,06
<b>Total</b>		97	86			0,92	0,72

Dentro de estas dos áreas se identificaron, de acuerdo con las distancias de recorrido del ictioplancton capturado (ver la Tabla 3.1.3.61), sub-áreas que en la mayoría de los casos no se superponen (ver la Figura 3.1.3.59). Durante la migración de mitaca, se observaron tres picos en la densidad de ictioplancton a lo largo del cauce del Río Cauca: Buga (Sector Alto), Santa Fe de Antioquia (Sector Medio) y La Ilusión (Sector Bajo). Durante la subienda, los mayores valores se observan en La Virginia y La Ilusión (ver la Figura 3.1.3.59 y la Tabla 3.1.3.60)

La riqueza de formas en el ictioplancton es inferior a la reportada en el Río Magdalena donde se han capturado cerca de seis especies y 35 formas (Jiménez-Segura, 2007). El ictioplancton que derivó por el Río Cauca, durante los días de muestreo en las dos temporadas reproductivas, estuvo conformado por trece taxones (tres especies y diez morfotipos) (ver la Tabla 3.1.3.62). Dentro de las especies se encontraron larvas de *Prochilodus magdalenae*, *Pimelodus spp* y *Leporinus spp*. y sus áreas de desove se concentraron en el sector alto de la cuenca.

## ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

**Tabla 3.1.3.60 Densidad  $\pm$  desviación estándar de la densidad de cada taxón y fase en las dos temporadas reproductivas (mitaca-2006 y subienda-2007) en los diferentes sectores y sitios en la cuenca del Río Cauca**

Sector		Alto				Medio				Bajo			
Sitio		BUGA		LA VIRGINIA		LA PINTADA		SANTA FE DE ANTIOQUIA		PESCADERO		LA ILUSION	
Migracion		MITACA	SUBIENDA	MITACA	SUBIENDA	MITACA	SUBIENDA	MITACA	SUBIENDA	MITACA	SUBIENDA	MITACA	SUBIENDA
n		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Periodo	Taxón												
Huevo	nn	2,15 $\pm$ 0,61	0	0,48 $\pm$ 0,34	0,13 $\pm$ 0,31	0,06 $\pm$ 0,16	0	1,0 $\pm$ 1,6	0	0,17 $\pm$ 0,15	0	1,39 $\pm$ 0,82	0
Embrion	nn	0	0	0	0,43 $\pm$ 0,56	0	0,28 $\pm$ 0,39	0,22 $\pm$ 0,35	0,05 $\pm$ 0,12	0,13 $\pm$ 0,24	0	0,85 $\pm$ 0,77	0,23 $\pm$ 0,25
Larva	<i>Leporinus</i> spp.	0	0	0	0,36 $\pm$ 0,59	0	0	0	0	0	0	0	0
Larva	<i>Prochilodus magdalenae</i>	0	0,09 $\pm$ 0,21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Larva	<i>Pimelodus</i> spp.	0	0,16 $\pm$ 0,25	0	1,15 $\pm$ 2,83	0	0	0	0	0	0	0,07 $\pm$ 0,17	0
Larva (vitelina)	nn	0	0,54 $\pm$ 0,89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,036 $\pm$ 0,09
Larva (preflexion)	nn	0	0,42 $\pm$ 0,78	0	0	0	0,2 $\pm$ 0,48	0	0	0	0	0	0
Larva	Chara 5	0	0,17 $\pm$ 0,42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Larva	Chara 14	0	0,18 $\pm$ 0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,59 $\pm$ 0,96
Larva	Chara 16	0	0,09 $\pm$ 0,21	0	0,25 $\pm$ 0,61	0	0	0	0	0	0	0	0
Larva	Chara 21	0	0	0	0,07 $\pm$ 0,18	0	0	0	0	0	0	0	0,04 $\pm$ 0,09
Larva	Chara 25	0	0,17 $\pm$ 0,42	0	0,13 $\pm$ 0,31	0	0	0	0	0	0	0	0
Larva	Chara 26	0	0,35 $\pm$ 0,46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04 $\pm$ 0,09
Larva	Chara 29	0	0,15 $\pm$ 0,36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Larva	Sil 6	0	0	0	0,25 $\pm$ 0,62	0	0,16 $\pm$ 0,39	0	0	0	0	0	0
Larva	Sil 8	0	0	0	0	0	0,05 $\pm$ 0,13	0	0	0	0	0	0,04 $\pm$ 0,09
Larva	Sil 9	0	0,07 $\pm$ 0,18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11 $\pm$ 0,26
DENSIDAD TOTAL		2,15 $\pm$ 0,61	3,10 $\pm$ 3,13	0,48 $\pm$ 0,34	3,55 $\pm$ 4,62	0,06 $\pm$ 0,16	0,98 $\pm$ 0,77	1,44 $\pm$ 1,94	0,1 $\pm$ 0,23	0,43 $\pm$ 0,61	0,000000	3,15 $\pm$ 1,81	1,91 $\pm$ 2,14

**Tabla 3.1.3.61 Distancia recorrida por el ictioplancton capturado en los diferentes sitios y migraciones muestreadas en el Río Cauca**

Sector		Alto				Medio				Bajo			
Sitio		BUGA		LA VIRGINIA		LA PINTADA		SANTA FE DE ANTIOQUIA		PESCADERO		LA ILUSION	
Migracion		MITACA	SUBIENDA	MITACA	SUBIENDA	MITACA	SUBIENDA	MITACA	SUBIENDA	MITACA	SUBIENDA	MITACA	SUBIENDA
n		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
<i>Leporinus</i> spp. (vitelina)					24,7 $\pm$ 11,8								
<i>Leporinus</i> spp. (preflexion)					62,7 $\pm$ 30								
<i>Pimelodus</i> spp.			68,3 $\pm$ 9,3		39,6 $\pm$ 18,9								
Embrion		25,2 $\pm$ 1,3			11,5 $\pm$ 5,5		26,8 $\pm$ 4,7	15,6 $\pm$ 2,5	31,4 $\pm$ 2,8	44,7 $\pm$ 4		21,9 $\pm$ 1,4	40,8 $\pm$ 2,7
Larva vitelina (NN)			51,2 $\pm$ 6,9										104,8 $\pm$ 6,9
Characiforme (preflexion)			73,9 $\pm$ 10,1		42,9 $\pm$ 20,5		99,6 $\pm$ 17,4						151,4 $\pm$ 10
Siluriformes (preflexion)			99,4 $\pm$ 13,5		57,7 $\pm$ 27,6		134,1 $\pm$ 23,4						203,8 $\pm$ 13,4

## ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

**Tabla 3.1.3.62 Períodos y fases de los taxones que conformaron el ictioplancton en las dos temporadas reproductivas muestreadas en el Río Cauca**

Taxón	Morfotipo	Periodo	Fase
<i>Leporinus sp</i>		Larval	Vitelínica y preflexión
<i>Prochilodus magdalenae</i>		Larval	Vitelínica
<i>Pimelodus sp</i>		Larval	Flexión
nn	Chara 5	Larval	Preflexión
nn	Chara 14	Larval	Preflexión
nn	Chara 16	Larval	Preflexión
nn	Chara 21	Larval	Preflexión
nn	Chara 25	Larval	Preflexión
nn	Chara 26	Larval	Preflexión
nn	Chara 29	Larval	Preflexión
nn	Sil 6	Larval	Preflexión
nn	Sil 8	Larval	Preflexión
nn	Sil 9	Larval	Preflexión

Dada la característica pulsante en la densidad del ictioplancton que se reporta para otros sistemas acuáticos continentales, estos resultados son una pequeña aproximación a la dinámica reproductiva de los peces migratorios en la cuenca del Río Cauca y no pueden ser concluyentes respecto a áreas y magnitudes de desove. Dicha limitación responde a que pese a lo ideal del área de estudio, el tiempo de muestreo fue muy corto (doce días). En el Río Magdalena, Jiménez-Segura (2007) reporta que *Prochilodus magdalenae*, *Pimelodus spp* y *Leporinus spp* son las especies que primero se reproducen, así que es muy posible que la reproducción de otras especies (p.e. *Pseudoplatystoma magdaleniatum*, *Sorubim cuspicaudus*, *Curimata mivartii*, entre otras migratorias) no haya sido observada pues su reproducción ha sido reportada en otros períodos hidrológicos (estiaje y aguas altas).

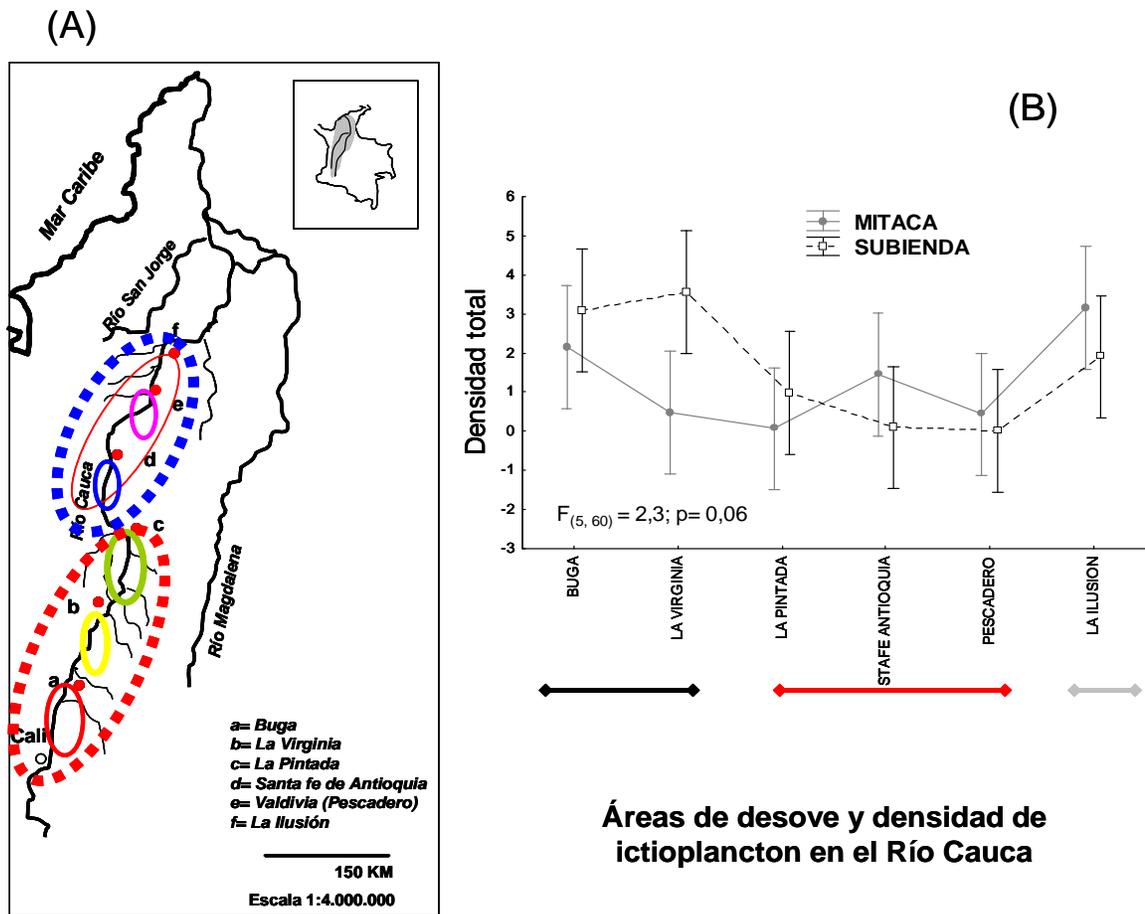


Figura 3.1.3.59 (A) Localización de las áreas de desove en el Río Cauca y densidad promedio ( $\pm$  Interv.conf. 95%) del ictioplancton en diferentes sectores de la cuenca en dos períodos de migración (mitaca-2006 y subienda-2007). (B) Distribución de la densidad total (promedio  $\pm$  interv.confianza) de ictioplancton en diferentes sitios sobre el cauce del Río Cauca en las dos temporadas de migración (mitaca de 2006 y subienda de 2007). Barra negra: sector Alto, barra roja: sector medio y barra gris: sector bajo

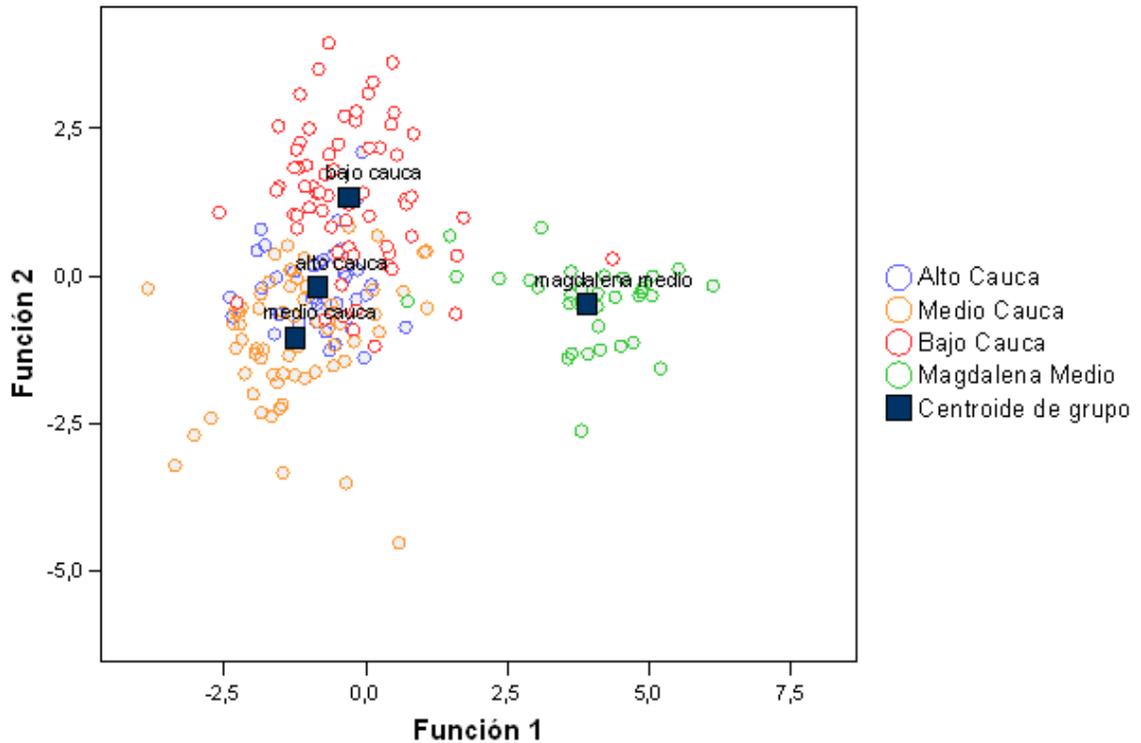
- Variabilidad fenotípica y genotípica de la población de *Prochilodus magdalenae* en la cuenca del río Cauca
  - ◆ Variabilidad fenotípica

Los resultados del análisis estadístico muestran que las poblaciones objeto de estudio difieren principalmente en cuanto al tamaño corporal de los individuos (CPI), sin omitir la contribución de la forma corporal (ver Figura 3.1.3.60 y el Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03C2-ANX-A).

La diferencia en cuanto al tamaño corporal, mostrada en el ACP, está representada principalmente por el máximo ancho del cuerpo (MAC) y la longitud proximal de la aleta dorsal (LPD), además de un aporte importante del componente cefálico relacionado con



mismos, con el objeto de realizar el proceso de migración reproductiva característica de la especie.



**Figura 3.1.3.61 Separación de la población de *Prochilodus magdaleneae* en el Río Cauca y en el Río Magdalena con base en su Morfometría**

Sin embargo, tras el análisis estadístico de las variables morfométricas esta relación no es clara, sólo se observa un porcentaje de reclasificación de 4% entre las poblaciones del bajo Cauca y del Magdalena medio, que permite sustentar lo mencionado anteriormente (ver Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03C2-ANX-A). Por el contrario, las poblaciones del Alto y Medio Cauca, se diferencian claramente de la población del Magdalena, lo cual puede estar relacionado con las diferencias altitudinales y ambientales presentes en cada sector de estas cuencas.

En relación con los resultados obtenidos para las poblaciones del Río Cauca, es clara la similitud entre las poblaciones del Alto y Medio Cauca, y la diferencia con la población del Bajo Cauca; situación asociada principalmente a la variación en las características geográficas de cada una de las zonas y a los factores externos que influyen en la dinámica de las poblaciones de bocachico.

Tal diferencia entre estas poblaciones de *P. magdaleneae* sólo puede comprenderse desde una perspectiva amplia, la cual implica la ecología básica de la especie, los factores ambientales que influyen sobre esta y la base genética.

Dentro de la perspectiva ecológica es importante reconocer que el género *Prochilodus* comprende uno de los más importantes géneros de peces migradores en los ríos de Sur América (Wellcome, 1985), donde su migración puede exceder cientos de kilómetros. Estos peces iliófagos pueden vivir hasta diez años y alcanzan la madurez sexual a edades tempranas. Esta es una fuerte evidencia de que muchas especies de *Prochilodus* exhiben una alta similaridad respecto al proceso migratorio, lo cual involucra una combinación de desoves longitudinales y laterales, además de la migración alimenticia dentro y fuera de las planicies de inundación y de los tributarios. No obstante la extensión de la migración y el grado de complejidad varía entre especies y entre ambientes (Lucas & Baras, 2001). Además de la implicación reproductiva y alimentaria de la migración es evidente que la estrategia estacional de *Prochilodus sp* limita la competencia entre los diferentes estados de vida a través de la compartimentalización del hábitat en una escala muy amplia (Winemiller & Jepsen, 1998).

Esto fundamenta lo encontrado para las poblaciones del *P magdalenae* en el Río Cauca y en el Río Magdalena, y aunque se conoce que la diferencia en los procesos migratorios se presenta a nivel de especies, y no entre individuos de la misma especie, es posible que la influencia de factores ambientales pueda modificar este patrón. Esto es claro si se analizan las condiciones ambientales a las que están sometidas las poblaciones del Alto y Medio Cauca, las cuales son similares entre sí pero disímiles respecto a la población del Bajo Cauca. Como ya se mencionó, en el Medio y Alto Cauca se encuentran accidentes geográficos importantes, conocidos por los pescadores de la zona como los “Chorros” (a la altura del Municipio de la Virginia en el Departamento de Risaralda), que según estas personas no pueden ser remonados por los peces durante el proceso de migración. Adicionalmente, en la zona cañera del departamento del Valle del Cauca se vierten cantidades importantes de aguas contaminadas provenientes de los ingenios, que causan gran mortandad de peces.

Estos dos fenómenos han tenido una fuerte influencia en el proceso migratorio de estas poblaciones, las cuales, a pesar de pertenecer a una misma especie, presentan diferencias respecto al proceso migratorio debido a las condiciones ambientales. Según información obtenida de los pescadores la migración se da en tramos relativamente cortos, razón por la cual los individuos de estos dos sectores se diferencian de los individuos presentes en la parte baja de la cuenca. Estos últimos igualmente realizan migraciones cortas pero se mantienen siempre en el tramo bajo del río, aunque la distancia recorrida por los parentales aguas arriba es equivalente a la distancia recorrida por la prole aguas abajo (Lucas & Baras, 2001), lo que explica la diferencia entre las poblaciones. Además, existen factores que pueden alterar los patrones migraciones, por ejemplo, en ambientes donde las planicies inundables se encuentran aguas abajo de los ríos, el patrón de migración puede ser modificado o no implicar una larga migración en el canal principal del río. Esto ocurre porque no todos los individuos de la población migran, pues algunos permanecen en un rango de hábitat específico, mientras otros se desplazan ampliando el rango y son considerados como la porción exploradora de la población (Stott, 1967).

Según lo anterior las poblaciones del Medio y Alto Cauca pueden emplear como zonas de criadero, el conjunto de madres viejas y algunas ciénagas como la Ciénaga de Sonso y la Ciénaga de Cementerio, ubicadas en el Valle del Cauca, teniendo migraciones cortas. Así

mismo, la población del Bajo Cauca puede emplear el sistema cenagoso de La Mojana y el conjunto de ciénagas ubicadas en la parte baja de la cuenca del Magdalena para el crecimiento y desarrollo de la prole. Se debe tener en cuenta además que los individuos que realizan la migración son aquellos que poseen las condiciones apropiadas para realizar este proceso.

El cambio en el proceso migratorio de los individuos en la cuenca del Río Cauca, probablemente trae consigo un proceso de diferenciación poblacional que se puede constatar tras análisis morfométricos y genéticos. La separación de las poblaciones como consecuencia de la variación ambiental, de las presiones de selección y de la intervención de tipo antropogénico que actúan en cada una de ellas, conduce a una forma de reducción del flujo génico que lleva a una diferenciación de las poblaciones por sectores, y por tanto, a la pérdida de diversidad genética. Dicha diversidad es de gran importancia en la historia de vida del organismo porque fundamenta el tipo de respuesta ante las condiciones variables del ambiente (Lucas & Baras, 2001) y favorece el fitness reproductivo de la especie.

Puede concluirse entonces, que las diferencias encontradas tras el análisis morfométrico para las poblaciones *P magdalenae* en la cuenca del Río Cauca, están determinadas en gran medida por las condiciones ambientales presentes en cada sector de la cuenca y por la capacidad de respuesta de estas poblaciones ante la variabilidad ambiental, que lleva a una distribución de las fuentes energéticas de manera diferente y a procesos adaptativos importantes. Por esta razón, los patrones de migración pueden modificarse y llevar a la subestructuración de la población, reduciendo el tamaño poblacional y, con ello, la probabilidad de dejar descendencia.

#### ◆ Variabilidad genética

El Bocachico, *Prochilodus magdalenae* Steindachner 1878, es una de las especies de mayor importancia comercial y económica para la cuenca del Cauca como para Colombia, representando cerca del 48% de la producción pesquera en aguas continentales de nuestro país (Castro, 1999). Considerando que la construcción de presas hidroeléctricas, la contaminación de los ríos y otros cambios medioambientales han sido responsables de la desaparición de muchas poblaciones naturales de peces, en varios lugares del mundo se han realizado algunos estudios para analizar el impacto de la construcción de las presas en la ictiofauna (Sato *et al.*, 1995) y en la ocurrencia de diferenciación poblacional de algunos peces migratorios (Hatanaka & Galetti, 2003; Wasko & Galetti, 2002). Uno de los marcadores moleculares más comúnmente usados para este fin son los microsatélites (STRs), los cuales corresponden a secuencias repetidas una tras otra, de una a seis pares de bases, presentes en todos los genomas procariotes y eucariotes estudiados hasta la fecha (Zane *et al.*, 2002). Estos marcadores han servido como una poderosa herramienta en variados estudios, incluyendo análisis de estructura poblacional (Hendry *et al.*, 2000; King *et al.*, 2001; Kretzmann *et al.*, 2001; Taylor & Verheyen, 2001; Fumagalli *et al.*, 2002; Østergaard *et al.*, 2003), debido a su abundante distribución, alto grado de polimorfismo y herencia mendeliana. El presente estudio aborda la evaluación, a nivel de diferenciación genética y pautas de conservación de esta especie, por medio de caracterización y estimación de parámetros genético-poblacionales que permitan determinar el estado poblacional del Bocachico en la cuenca del Cauca. Estos datos

---

**ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO**

---

pueden proveer pautas relevantes para el manejo pesquero sostenible, acuicultura y estudios de conservación de esta especie.

Acerca de la distribución de las frecuencias alélicas (ver Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03C2-ANX-A) de las poblaciones de Bocachico consideradas, podemos decir que para los sistemas microsatélites analizados éstos presentan un alto número de alelos por locus, con excepción de los locus Pcos03 y Pme28, indicando un alto polimorfismo. Las frecuencias alélicas en general indican que las tres poblaciones de la cuenca del Cauca y la población del Magdalena están siendo representados por unos pocos alelos del total para cada locus. Esto sugiere que las poblaciones de la cuenca del Cauca, como la población de la cuenca del Magdalena, presentan en la actualidad una pérdida pequeña, pero considerable, de variabilidad genética, la cual se puede atribuir, entre otras cosas, a situaciones sectorizadas de endogamia en las tres localidades consideradas de la cuenca del Cauca, donde los individuos de cada una de las localidades se cruzan con parientes o con individuos con los que comparten ancestros comunes muy cercanos.

La desviación del equilibrio ( $p < 0.0001$ ) de Hardy-Weinberg (ver Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03C2-ANX-A) se evidenció para el locus Pme28 y Par12, tanto para las poblaciones del Cauca como para la del Magdalena. Así sólo dos de los siete sistemas utilizados presentaron desviación del equilibrio, en general se rechaza la hipótesis de apareamiento al azar. Lo anterior es de esperarse para una especie con una particular estrategia reproductiva, caracterizada por la aleatoriedad y grandes desoves en el canal del río.

Un primer acercamiento para establecer la estructura poblacional, es saber si la distribución de los genotipos es igual a través de las localidades establecidas. La prueba en general, estima una desigualdad ( $p < 0.05$ ) en la distribución de genotipos y alelos (ver Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03C2-ANX-A) entre todas las poblaciones, con excepción de la comparación entre Alto y Bajo Cauca. Con estos resultados se sugiere la presencia de tres linajes genéticos uniformemente segregados en la cuenca del Cauca, estos tres linajes estarían enmarcados en las poblaciones del Bajo, Medio y Alto Cauca.

El rango de valores de Rst para el estimador de subestructura se encuentra entre 0.0000 y 0.05064 (ver Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03C2-ANX-A), valores de subestructura que se pueden considerar bajos si se comparan con la guía cualitativa de Wright, donde este valor clasifica la estructura poblacional como ligeramente estructurada. La localidad que presenta los valores de diferenciación más altos es la del Alto Cauca, donde estos hallazgos indican que es posible que la población se encuentre con un grado de aislamiento genético respecto a las otras por factores ambientales, tales como el vertimiento de aguas malas a la altura del Valle del Cauca y barreras físicas a la altura de Risaralda, donde el río se encañona entre las cordilleras Central y Occidental dificultando la libre migración de individuos.

Se observa que para el estadístico Rst los valores de estructura se incrementan conforme aumenta la distancia o las barreras geográficas, es así como Puerto Berrio presentó menor diferenciación con el Bajo Cauca pero la estructura va aumentando en el Medio Cauca y por último con el alto Cauca (ver Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03C2-ANX-A). Este patrón biogeográfico en dirección Norte- Sur, se puede explicar por la cercanía de las poblaciones del Bajo Cauca y Puerto Berrío, ya que durante el proceso de subienda los individuos que se encuentran en los complejos cenagosos a la altura del Brazo de Loba,

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

en el Magdalena, derivan por la cuenca del Magdalena y del Cauca. Adicionalmente, la cuenca del Cauca se encuentra fragmentada por grandes accidentes geográficos y condiciones ambientales particulares en cada localidad, lo cual contribuye en cierto grado a la estructuración presente en la población de Bocachico.

Los valores moderados de diferenciación genética entre poblaciones, pueden indicar que, a pesar de que las poblaciones son entidades genéticas diferenciadas, puede existir un flujo genético flexible entre ellas que puede contribuir a la homogenización genética.

Al calcular los valores de número efectivo de migrantes por generación (ver Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03C2-ANX-A), este estimado detecta una alta migración, que, como era de esperarse para una especie reofílica, sigue soportando la idea de una gran similitud entre las poblaciones del bajo Cauca y Puerto Berrío, que presentan el mayor estimado de número de migrantes (Nm: 24999,7) mientras que las poblaciones del medio Cauca y alto Cauca presentaron el menor flujo genético. El hecho de que el Alto Cauca sea la localidad con el menor número de migrantes es factible, debido a la posición geográfica distal que ocupa y a factores medioambientales y geográficos que la aíslan del resto. Adicionalmente, debe tenerse presente, que estos estimadores de migrantes pueden no reflejar las tasas actuales de migración.

Como se puede observar en el diagrama de la Figura 3.1.3.62, las poblaciones de Puerto Berrío y el Bajo Cauca se agrupan, confirmando que poseen una afinidad genética. De manera similar este hecho se ve soportado por los hallazgos en los Rst, y número de migrantes para este par de poblaciones. Las poblaciones más diferenciadas son las del medio Cauca y la del alto Cauca que se explica en gran medida por la gran fragmentación de la cuenca del Cauca.

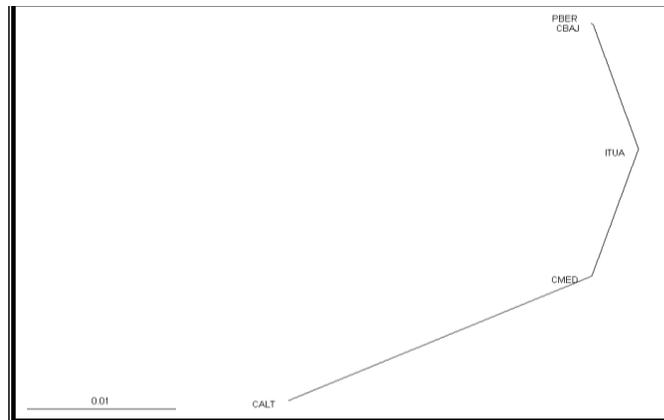


Figura 3.1.3.62 Arbol NJ no enraizado basado en distancias genéticas pareadas (Rst). PBER: Puerto Berrío, CMED: Cauca Medio, CALT: Alto Cauca, CBAJ: Bajo Cauca.

– Conclusiones

◆ Asociación de especies

La asociación de especies en el Río Cauca esta conformada por 109 especies, doce de las cuales presentan comportamiento migratorio (*Ichthyoelephas longirostris* -Jetudo-, *Prochilodus magdalenae* -Bocahico-, *Leporinus muyscorum* -Comelón-, *Salminus affinis* -Picuda, *Triporthus magdalenae* -Arenca-, *Astyanax Caucanus* -Tota-, *Brycon henni* -Sabaleta-, *Pseudopimelodus bufonius* -Bagre sapo-, *Pimelodus grosskopfii* -Capaz, *Pimelodus blochii* -Barbudo, *Pseudoplatystoma fasciatum*-Pintado y *Sorubin cuspicaudus* – Bagre blanquillo). Del total de especies 17 son endémicas, y otras 17 se encuentran bajo algún grado de amenaza de conservación.

Se observa una clara separación en la asociación de especies de acuerdo con el sector del Río Cauca (alto, medio y bajo). Esto resulta de la presencia de barreras geográficas generadas por cambios de pendiente pronunciados entre el Bajo Cauca y Medio Cauca (Raudales de Puerto Valdivia). La separación entre Medio y Alto Río Cauca puede estar relacionada, no sólo con la separación geográfica debida a los raudales entre La Pintada y La Virginia, sino también con la fuerte contaminación que se presenta para la cuenca alta del Río Cauca resultante del vertimiento de aguas residuales.

◆ Papel de los peces en la red trófica del río Cauca

La mayor biomasa se concentra en las especies detritívoras. Las especies omnívoras fueron las más abundantes y con mayor número de especies. Las carnívoras fueron poco frecuentes y abundantes.

◆ Migraciones en el río Cauca

A lo largo del eje longitudinal en la cuenca del Río Cauca se reconocen tres grandes migraciones de acuerdo con el sector de la cuenca: sector alto, sector medio y sector bajo. Dentro del sector alto se identificaron tres variaciones al patrón de migración. Entre la presa de Salvajina y Buga se observan migraciones longitudinales cortas y solamente durante los estiajes. Entre Buga y Tulúa, la presencia de madre viejas y la influencia de descargas de residuos (“aguas malas”) han llevado a que los peces migren longitudinal y lateralmente (río-madre viejas y río-afluentes) durante crecientes. Entre Tulúa y La Virginia, se observan migraciones longitudinales y laterales entre el río y los afluentes, durante el estiaje, y entre el río y las madre viejas durante las crecientes. En el sector medio del Río Cauca las migraciones son longitudinales y laterales entre el río y los afluentes, solamente durante los estiajes. Y en el bajo Cauca, las migraciones son longitudinales y laterales (río-ciénagas y río –afluentes) únicamente durante los estiajes.

◆ Áreas de desove

Basados en la densidad de ictioplancton y en la distancia de deriva se definen dos grandes áreas de reproducción separadas por el sector medio de la cuenca. Dentro de cada una de estas áreas hay sub-áreas que no se superponen. Dentro del ictioplancton se capturaron larvas de *Prochilodus magdalenae*, *Pimelodus spp* y *Leporinus spp*. y sus áreas de desove se concentraron principalmente en el sector alto de la cuenca.

Dada la característica pulsante en la densidad del ictioplancton que se reporta para otros sistemas acuáticos continentales, estos resultados son una pequeña aproximación a la dinámica reproductiva de los peces migratorios en la cuenca del Río Cauca y no pueden ser concluyentes respecto a áreas y magnitudes de desove dado que a pesar de que el área de estudio fue la ideal, el tiempo de muestreo fue muy corto (12 días). En el Río Magdalena, Jiménez-Segura (2007) reporta que *Prochilodus magdalenae*, *Pimelodus spp* y *Leporinus spp* son las especies que primero se reproducen así que es muy posible que la reproducción de otras especies (p.e. *Pseudoplatystoma magdaleniatum*, *Sorubim cuspicaudus*, *Curimata mivartii*, entre otras migratorias) no haya sido observada pues su reproducción ha sido reportada en otros períodos hidrológicos (estiaje y aguas altas).

♦ Variación fenotípica y genotípica de las poblaciones de *Prochilodus magdalenae*

La población de bocachico en el área de estudio (incluyendo la cuenca del Río Magdalena en Puerto Berrío) presenta tres linajes claramente definidos en la cuenca del Río Cauca: cuenca alta, cuenca media y cuenca baja, esta última estrechamente relacionada con el Río Magdalena. La identificación de los tres linajes en la cuenca, sugiere procesos de migración longitudinales restringidas a ciertos sectores del canal principal del río. Esto es común en especies del género *Prochilodus*, donde la migración dominante es la lateral, bien sea entre cauce principal y tributarios o entre cauce principal y ciénagas (Lucas & Baras, 2001).

La identidad genética tan estrecha que comparte la población del bajo Cauca con la del Magdalena, puede ser entendida a partir de la conexión fluvial entre estas dos cuencas ubicada en la desembocadura del Río Cauca, en el brazo de Loba del Magdalena, donde muy probablemente se presente una distribución aleatoria de los individuos, principalmente en los complejos cenagosos que se encuentran en la desembocadura del Cauca en el Magdalena.

A pesar de la fragmentación geomorfológica que ocurre a lo largo de la cuenca, la población de Bocachico presenta leves diferencias genéticas a partir de un gran núcleo que indica la persistencia de su identidad como especie. Esto es de esperarse en una especie reofílica, donde, precisamente, el flujo genético por generación, resulta en un proceso de homogenización de las poblaciones.

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que la cuenca del Río Cauca se está viendo sometida a una fuerte alteración, por procesos de deterioro derivados de gran cantidad de asentamientos urbanos ubicados a lo largo del cauce principal, al aumento de la frontera agrícola y a la deforestación, lo cual, sumado a las altas pendientes en algunos de los tramos determina la presencia de gran cantidad de sólidos particulados que impiden el normal desarrollo de algunas especies.

A diferencia de lo que ocurre en otros ambientes tales como el Río Magdalena, donde el ensamble de especies presenta diferencias temporales considerables como resultado de las fluctuaciones en el volumen de agua; dicho fenómeno no parece ser muy marcado para la cuenca del Río Cauca, especialmente durante el período de subienda.

Según los pescadores, en la cuenca baja esto obedece a factores determinantes en la disminución de la pesca como son la sobreexplotación del recurso en inmediaciones de las ciénagas donde se origina la migración y la utilización de aparejos de pesca con

---

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

---

grandes áreas y ojos de malla muy pequeños. Por otra parte, para la parte media, además de los anteriores factores, parecen ser importantes las altas pendientes y un buen número de raudales presentes entre la Guamera (Valdivia) y otro en el municipio de Briceño.

En el caso de la cuenca alta del Río Cauca la ausencia de períodos de subienda puede obedecer a la presencia de la Presa de Salvajina (Municipio de Suárez) además de otras que han sido ubicadas en algunos afluentes y que son propiedad de ganaderos de la región. Sin embargo, uno de los factores más importantes, según los pescadores, es la entrada de gran cantidad de aguas residuales, llamadas “aguas malas”, provenientes de los ingenios, las cuales producen durante ciertos períodos grandes mortalidades de peces.

Es importante anotar que en los diferentes ambientes (cauce principal, quebradas afluentes y ecosistemas cenagosos) las especies al parecer se encuentran distribuidas de forma diferencial, observándose sin embargo que las especies más abundantes tales como *Cyphocharax magdalenae* (viejito) y *Astyanax fasciatus* (Sardinita) son propias de ambientes lénticos o con baja corriente y que no poseen valor comercial.

Los ambientes cenagosos son considerados sitios de refugio utilizados por algunas especies como lugares de reproducción y alimentación, además de que son lugares vitales para el mantenimiento de especies migradoras de importancia comercial. Se observa que estos ecosistemas, ubicados en la cuenca del Río Cauca (Ciénaga Colombia, Ciénaga La Estrella, Laguna de Sonso), se están deteriorando progresivamente como resultado del aumento de la frontera agrícola, de la acumulación de sedimento y macrofitas en los caños, de la construcción de diques para derivaciones de agua, lo cual en su conjunto ha determinado un aislamiento parcial de dichos ambientes respecto del cauce principal, disminuyendo los intercambios bióticos y reduciendo la productividad pesquera de la zona.

- Vía Sustitutiva

Este tramo, al igual que otros del área de influencia directa de las obras de la hidroeléctrica, presentan condiciones de alto gradiente y corriente menores, que ya fueron descritos anteriormente. En estos sistemas la composición íctica es bastante menos compleja que en el cuace principal del río Cauca y no se presentan fenómenos migratorios, excepto por la presencia de Sabaletas en los causes mas grandes. Adicionalmente no se tienen datos a lo largo del ciclo hidrológico, por lo cual los resultados que se presentan para este tramo y otros similares, se limitan a una descripción puntual de la composición íctica y las condiciones del hábitat.

Inicialmente se reconoce que en el tramo de la vía sistitutiva San Andres-Ituango los peces de las microcuencas evaluadas presentan bajísimas abundancias favorecidas por el tipo de hábitat, la carencia de aparejos de captura especializados para quebradas torrenciales y las extremas condiciones de la sequía. Dichas condiciones de sequía implicaron además que solo se presentaran capturas en seis de las ocho quebradas muestreadas.

- Asociación de especies

Durante febrero de 2009 fueron capturados 49 individuos, pertenecieron a 5 especies, todas ellas agrupadas en la Familia Astroblepidae y el orden Siluriformes (Tabla 3.1.3.63).

## ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Los individuos fueron capturados en su totalidad mediante el uso de jama, dando lugar a que el esfuerzo de muestreo fuera idéntico en todas las estaciones de muestreo. Por esta razón, los resultados globales no están discriminados como capturas por unidad de esfuerzo.

La completa dominancia de la familia Astroblepidae en las capturas se explica porque es un grupo endémico asociada muy especialmente con el ambiente de las quebradas andinas (Collett 1962, Miles 1971, Arratia & Menú 1984, Buitrago-Suarez & Galvis 1997 en Román-Valencia, 2000) y posible indicador de las características ambientales de estos hábitats.

**Tabla 3.1.3.63 Especies ícticas capturadas en las microcuencas del área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010**

Orden	Familia	Especie	Nombre común
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus cyclopus</i>	Guachilejo
		<i>Astroblepus frenatus</i>	Guachilejo
		<i>Astroblepus micrescens</i>	Capitanejo
		<i>Astroblepus sp1</i>	Guachilejo
		<i>Astroblepus sp2</i>	Guachilejo

*Astroblepus*, el único género de la familia Astroblepidae (Buitrago- Suarez, 1995) es uno de los elementos representativos de la fauna de las quebradas andinas, pero los antecedentes sobre su hábitat y ciclos de vida son escasos y generales. No obstante es conocido que cumple un papel muy importante en el equilibrio de los ecosistemas acuáticos que habita; el cual se ha conseguido a través de un proceso de evolución local, lo que lo ubica como fauna endémica asociada muy especialmente con el ambiente (Collett 1962, Miles 1971, Arratia y Menú 1984, Buitrago-Suarez y Galvis, 1997 en Román-Valencia, 2000).

Estudios ecológicos sobre el género indican que poseen hábitos predominantemente nocturnos. Durante el día se esconden en cuevas, debajo de las piedras, troncos y bajo la vegetación ribereña (Dahl, 1971). Las especies habitan principalmente en pequeñas quebradas de tipo primario y secundario y sus hábitats se caracterizan por presentar aguas claras de poca profundidad, pequeñas caídas y alto subsidio atmosférico de oxígeno. Características típicas de alta montaña neotropical (Jones & Holmes 1996, Román-Valencia, 2000).

Aunque el bajo número de individuos capturados no permite establecer diferencias estadísticas en la abundancia por especie, se encontró que *Astroblepus micrescens* aporta casi el 70% de los individuos capturados y más del 30% de la biomasa (Tabla 3.1.3.64, Figura 3.1.3.63 y Figura 3.1.3.64). Esta especie sólo había sido reportada por encima de los 1200m y se sabe que habita con frecuencia afluentes de algunos ríos en zonas de intervención antrópica, donde haya buenos aportes de materia orgánica y material alóctono (Briñez-Vásquez 2004).

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Tabla 3.1.3.64 Abundancia y biomasa de las especies ícticas capturadas en las microcuencas del área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010

Especie	Número de individuos	Abundancia relativa (%)	Biomasa total (g)	% de Biomasa	Biomasa a media	CV Biomasa	Talla media	CV talla
<i>Astroblepus cyclopus</i>	4	8,2	0,67	1,6	0,17	0,93	19,45	0,27
<i>Astroblepus frenatus</i>	5	10,2	4,54	10,9	0,91	0,68	33,82	0,29
<i>Astroblepus micrescens</i>	34	69,4	31,51	75,5	0,93	2,78	26,69	0,54
<i>Astroblepus sp1</i>	5	10,2	4,5	10,8	0,90	1,21	28,70	0,57
<i>Astroblepus sp2</i>	1	2,0	0,51	1,2	0,51	0,00	26,40	0,00
<b>Total</b>	<b>49</b>		<b>41,73</b>					

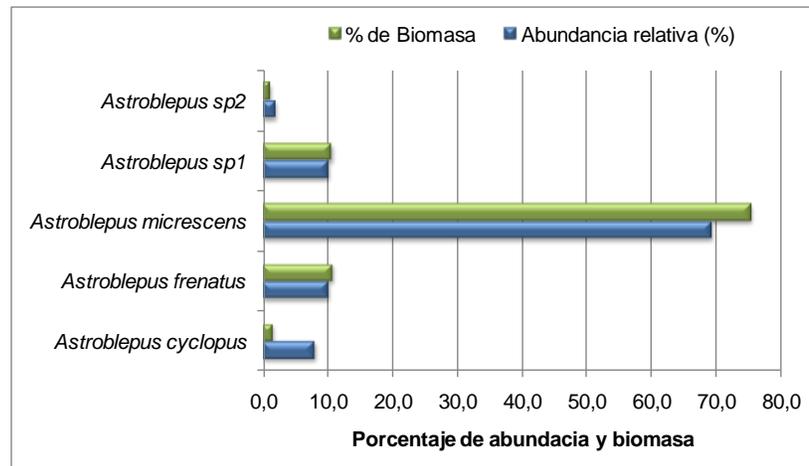


Figura 3.1.3.63 Aporte relativo de Abundancia y biomasa de las especies ícticas capturadas en las microcuencas del área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010

Tanto las abundancias como el número de especies pueden considerarse muy bajo, más aún si se toma en cuenta que todas las especies pertenecen a un mismo grupo taxonómico. Smith y Smith (2000) encontraron que en los sistemas lóticos a mayor heterogeneidad y diversidad de estructuras físicas del hábitat le corresponde una mayor diversidad de las comunidades biológicas que lo ocupan. Esto explicaría el bajo número de especies e individuos capturados en las microcuencas estudiadas. Corrientes de agua, que pese a su buen estado de conservación, presentan un solo tipo de hábitat y son muy pequeñas para ser remontadas por especies de las zonas bajas.



*Astroblepus sp1 vista lateral*



*Astroblepus sp1 vista dorsal*



*Astroblepus cyclopus*



*Astroblepus frenatus*



*Astroblepus micrescens*



*Astroblepus sp2*

**Figura 3.1.3.64 Registro fotográfico de las especies de peces capturados en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010**

La comunidad presentó una distribución de abundancias por especie con ajuste a una línea de tendencia exponencial ( $r^2$ : 0.83) (Figura 3.1.3.65). Este modelo corresponde a la distribución teórica en serie logarítmica (Loudwig y Reynolds, 1988). La distribución de biomasa presentó un comportamiento similar a la abundancia de individuos por especie, con un ajuste a una línea de tendencia exponencial ( $r^2$ = 0.91). Los resultados del modelo de distribución de abundancias y biomasa de las microcuencas estudiadas predicen un bajo número de especies abundantes y una mayor proporción de especies raras (Winemiller, 1998, en Ríos et. al., 2007). El mayor aporte a la biomasa de la especie *Astroblepus micrescens* obedece al mayor número de individuos capturados y no al porte estos.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

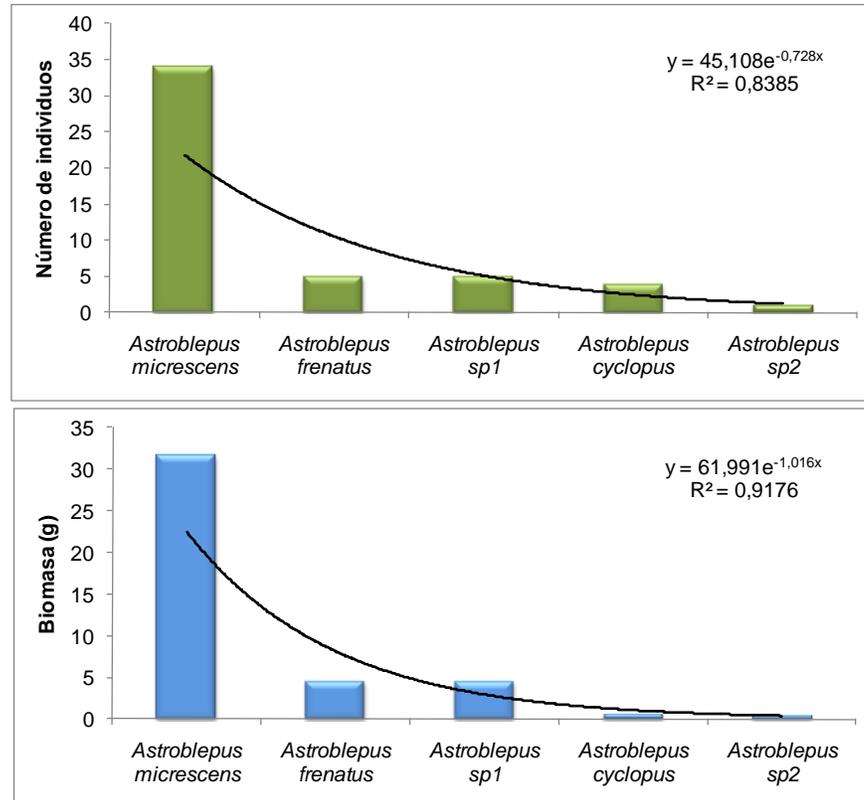


Figura 3.1.3.65 Distribución de abundancia y biomasa por especie íctica en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010

– Abundancia y biomasa por punto de muestreo

En relación con la frecuencia de ocurrencia, ninguna de las especies fue capturada en todas las estaciones de muestreo. Pero *Astroblepus micrescens* puede considerarse ampliamente distribuido en las quebradas de la zona, encontrándose en cinco de las seis estaciones de muestreo (Tabla 3.1.3.65)

Las mayores abundancias se encontraron en P4 (Quebrada Villa luz) y P5 (Quebrada Tenche) con 15 individuos cada una. Se espera, por los datos obtenidos, que la biomasa siga la misma tendencia que la abundancia, no obstante la mayor biomasa se presentó en P8 (Quebrada Chirí), debido a la captura de un espécimen de buen porte de *A. micrescens*. El mínimo número de individuos capturados y biomasa se presentó en P7, mientras que en P3 (quebrada Burundá) y en P9 (Quebrada Careperro) no se presentaron capturas (Tabla 3.1.3.65, Tabla 3.1.3.66, Figura 3.1.3.66 y Figura 3.1.3.67).

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Tabla 3.1.3.65 Número de individuos por especie en las estaciones de muestreo en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010

Especies	P2	P4	P5	P6	P7	P8
<i>Astroblepus cyclopus</i>	2			1	1	
<i>Astroblepus frenatus</i>		5				
<i>Astroblepus micrescens</i>	6	6	15	3		4
<i>Astroblepus sp1</i>	1	4				
<i>Astroblepus sp2</i>						1
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>5</b>

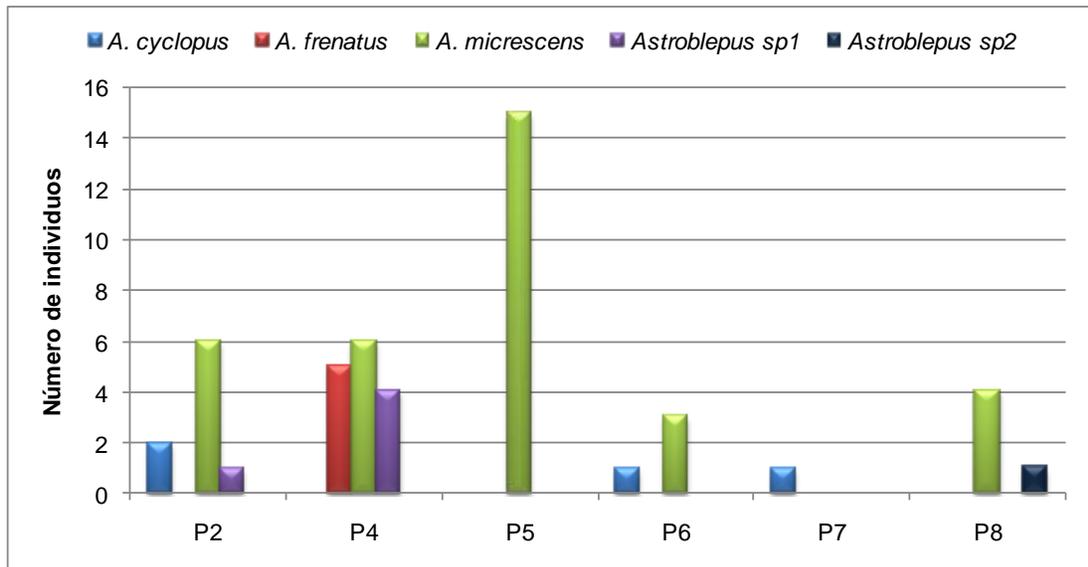
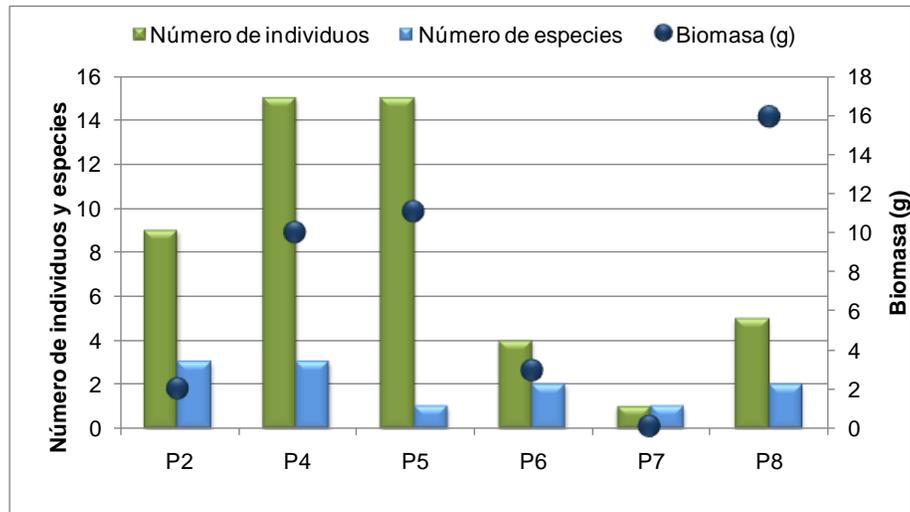


Figura 3.1.3.66 Número de individuos por especie en las microcuencas del área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010

Tabla 3.1.3.66 Número total de individuos, número de especies y biomasa de peces en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010

Estación	Número de individuos	%	Número de especies	%	Biomasa (g)	%
P2 Quebrada Bolivia	9	18,37	3	60	2,013	4,82
P4 Quebrada Villaluz	15	30,61	3	60	9,96	23,87
P5 Quebrada Tenche	15	30,61	1	20	10,99	26,34
P6 Quebrada Ticuitá	4	8,16	2	40	2,89	6,93
P7 Quebrada Orejón	1	2,04	1	20	0,04	0,10
P8 Quebrada Chirí	5	10,20	2	40	15,84	37,96



**Figura 3.1.3.67 Distribución del número de individuos, número de especies y biomasa por estación de muestreo en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010**

Las condiciones abióticas que presentan las estaciones de muestreo podrían explicar las diferencias que se presentaron en las capturas. Las estaciones E3 y E9, a diferencia de las otras, presentan un cauce amplio de pendiente moderada, con gran porcentaje de lecho seco y evidencias de crecientes de gran magnitud. Adicionalmente, en ninguna de las dos estaciones hay un cobertura vegetal significativa que permita la acumulación de detritos entre las rocas y el sustrato carece de grandes rocas que permitan la formación de pozas; todas estas características típicas del hábitat de *Astroblepus*. La estación P9 (Careperro) y en menor grado la quebrada Tenche (P5), son además corrientes con calidad de agua bastante deficiente desde el punto de vista fisicoquímico. Ya que presenta valores de demanda de oxígeno, alcalinidad, fenoles sólidos suspendidos y fósforo bastante elevadas, incluso los límites de fósforo para la protección de la vida acuática (0.0001 mg/L). Es decir, que la diversidad de los organismos como los peces en esta quebrada puede estar limitada a aquellos tolerantes a condiciones de pobre calidad. Las estaciones P4 y P5 por otro lado, corresponden a cuerpos de agua pequeños de alto gradiente, calidad de agua buena o aceptable, con gran cobertura vegetal y abundantes microhábitats de pozas y chorros entre rocas. Características mencionadas como favorables para el género.

– Características emergentes en la asociación de especies

Los valores de diversidad íctica en las microcuencas de la zona son relativamente bajos. Los mayores valores se encuentran en las estaciones P2 y P4, donde hay el mayor número de especies (3 en cada una) y especialmente en P4 donde se presentó la mayor equidad. En P5 y P7 la diversidad presentó un valor de cero, ya que sólo se capturó una especie (Tabla 3.1.3.67 y Figura 3.1.3.68). Las diferencias en diversidad entre las estaciones serían explicadas, al igual que las abundancias, por las diferencias en las condiciones del hábitat.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Tabla 3.1.3.67 Diversidad de especies ícticas para las estaciones de muestreo en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010

Código	Estación	Diversidad (Shannon)	Equidad	Dominancia (Simpson)
P2	Quebrada Bolivia	0,369	0,773	0,444
P4	Quebrada Villa luz	0,471	0,988	0,295
P5	Quebrada Tenche	0	0	0
P6	Quebrada Ticuitá	0,244	0,81	0,50
P7	Quebrada Orejón	0	0,00	0,00
P8	Quebrada Chirí	0,217	0,72	0,6

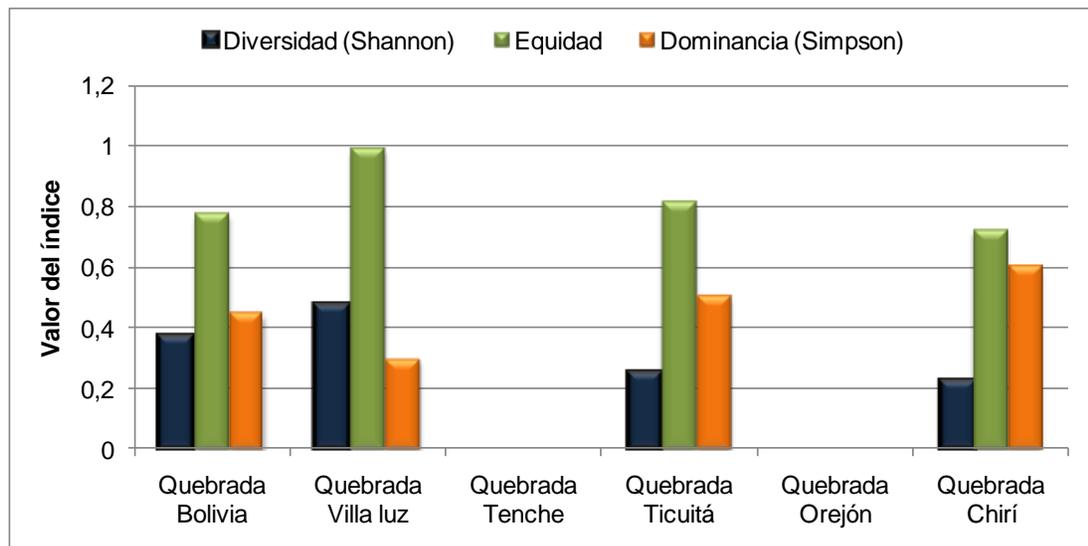


Figura 3.1.3.68 Diversidad de especies para las estaciones de muestreo en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010

En general se presenta una similitud de Bray-Curtis muy baja entre las estaciones de muestreo. La quebrada Orejón (P7) se separa de las otras quebradas por la captura de un único individuo, mientras que P5 se separa a continuación por la presencia de una sola especie. Las estaciones restantes se agrupan con una similitud ligeramente superior al 50%, que está definida por la presencia de *Astroblepus micrescens* (Tabla 3.1.3.68 y Figura 3.1.3.69). Las quebradas Ticuitá, Chirí y Bolivia presentan los mayores valores de similitud (entre 61 y 66%). Esta semejanza relacionada con la presencia de *Astroblepus cyclopus* que parece estar restringido a aquellas corrientes con mayor cobertura vegetal, estabilidad del sustrato y disponibilidad de microhábitats.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

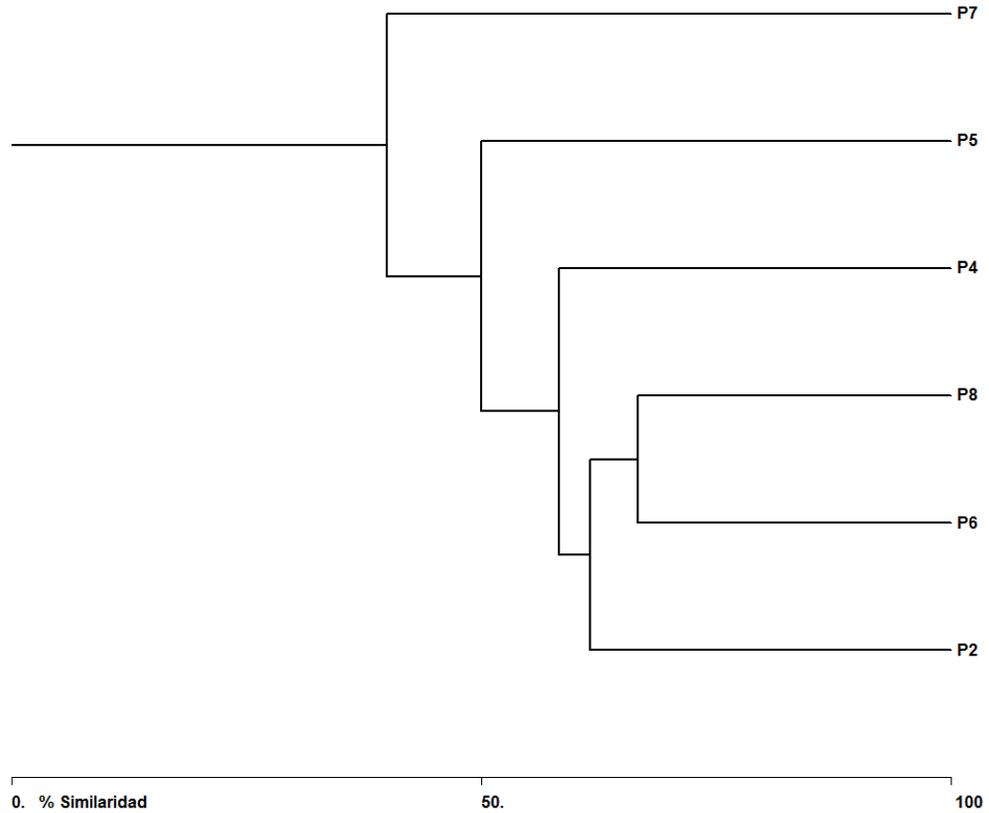


Figura 3.1.3.69 Análisis de similaridad de Bray-Curtis para las estaciones de muestreo en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010

Tabla 3.1.3.68 Análisis de similaridad de Bray Curtis con datos de abundancia de las especies en el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010

Estación	P2	P4	P5	P6	P7	P8
P2	*	58,3333	50	61,5385	20	57,1429
P4	*	*	40	31,5789	0	40
P5	*	*	*	31,5789	0	40
P6	*	*	*	*	40	66,6667
P7	*	*	*	*	*	0
P8	*	*	*	*	*	*

– Biología básica de las especies

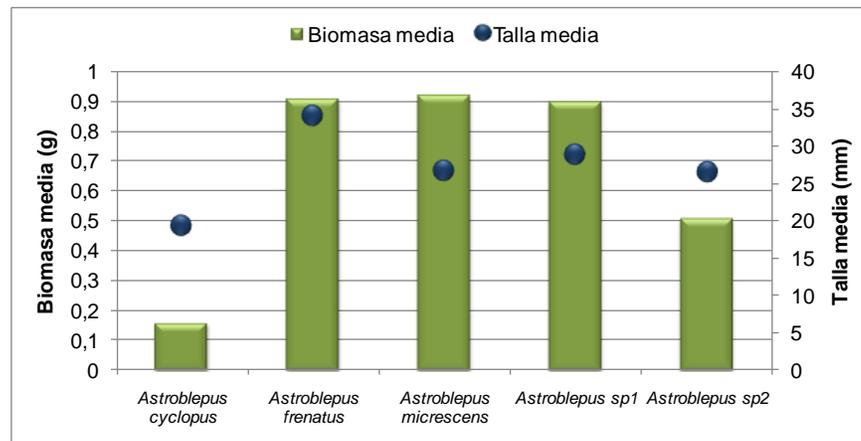
Las especies del género *Astroblepus* capturadas en la zona presentan tallas pequeñas en la mayoría de individuos, con valores promedio inferiores a 0.93g y 33.82mm. Las

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

mayores tallas se encontraron en *Astroblepus micrescens* con máximos de 15.09g y 83.2mm aunque esta especie también presentó los individuos más pequeños con 0.04g y 5.4mm (Tabla 3.1.3.69 y Figura 3.1.3.70). Lo cual no sorprende ya que fue la más abundante y presentó individuos en los diferentes rangos de talla. Los reportes de Collette (1962) en Román-Valencia (2000) sobre varias especies del género *Astroblepus* en algunas cuencas del país indican que se reproduce en aguas lóxicas y su período reproductivo se extiende desde diciembre hasta mayo. Román-Valencia (2000) menciona además, que la talla a la cual alcanzan la madurez los machos es de 3.0 cm de longitud estándar y en hembras de 4.0 cm. Tres de las cinco especies capturadas en el estudio presentaron promedios de talla que estuvieron por encima de la talla de madurez antes propuesta.

**Tabla 3.1.3.69 Valores mínimos máximos y promedio de peso y talla de las especies capturadas el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010**

Especie	Biomasa (g)			Longitud estándar (mm)		
	Media	Mínima	Máxima	Media	Mínima	Máxima
<i>Astroblepus cyclopus</i>	0,17	0,04	0,37	19,45	15,00	26,20
<i>Astroblepus frenatus</i>	0,91	0,23	1,51	33,82	22,60	42,90
<i>Astroblepus micrescens</i>	0,93	0,04	15,09	26,69	5,40	83,20
<i>Astroblepus sp1</i>	0,90	0,05	2,21	28,70	13,80	47,90
<i>Astroblepus sp2</i>	0,51	0,51	0,51	26,40	26,40	26,40



**Figura 3.1.3.70 Dimensiones promedio de las especies capturadas el área de influencia de la vía sustitutiva en enero de 2010**

En cuanto a los hábitos alimentarios del género *Astroblepus*, perteneciente al gremio de los omnívoros-insectívoros, están conformados principalmente por larvas y adultos de Coleóptero, Díptera, ninfas de Odonata, larvas de Trichoptera, larvas y alevinos del género *Trichomycterus* como lo documenta Román-valencia, (2000). Cataño & López (1989) reportan una dieta similar pero con preferencia de dípteros, nemátodos, larvas y adultos de coleópteros.

La forma de alimentación de las especies del género *Astroblepus* les hace altamente dependientes de la cobertura vegetal de los cauces y sus aportes de hojarasca. Ya que los macroinvertebrados en que sustentan su dieta dependen a su vez de la acumulación de materia orgánica en ambientes de baja corriente entre las rocas. De allí que la mayor amenaza que enfrentan estos organismos es la pérdida de los bosques y la colmatación de los cauces con materiales provenientes de procesos erosivos o de obras de infraestructura.

– Conclusiones

- ◆ La ictiofauna de la microcuencas del área de influencia de la vía sustitutiva está constituida por especies de siluriformes de la familia Astroblepidae: *Astroblepus cyclopus*, *A. micrescens*, *A. frenatus* y dos especies más aun sin identificar. De estas, *A. micrescens* es la especie más abundante y más ampliamente distribuida en las quebradas de la zona. La dominancia de este grupo en las capturas estaría asociada con su preferencia por ambientes muy típicos de la zona como quebradas de alto gradiente, de aguas claras y de poca profundidad, donde el material vegetal se acumula en pozas entre las rocas. Esto favorece una alta disponibilidad de materia orgánica y por ende de macroinvertebrados, principal fuente de alimento para los *Astroblepus*.
- ◆ La diversidad es baja en todas las quebradas, e incluso no se presentan capturas en aquellas de menor pendiente y mas intervenidas como Q. Burundá y Q. Careperro. Esta última con una calidad de agua visiblemente deteriorada a nivel fisicoquímico. Sin embargo en la mayoría de los afluentes las condiciones de hábitat son apropiadas para mantener poblaciones viables de Astroblépidos. El mayor riesgo para las especies de este grupo es la pérdida de su hábitat y los recursos alimenticios asociados a este, por tal razón debe ponerse especial atención a mantener un flujo de agua suficiente, la estructura de microhábitat de alto gradiente y conservar la cobertura vegetal de los cauces. Dicha cobertura es la principal fuente de materia orgánica que sustenta las cadenas tróficas en estos sistemas.

• Rectificación Vía San Andrés de Cuerquia – El Valle

– Asociación de especies

En los muestreos realizados en los cuerpos de agua lóticos de la zona de influencia directa del proyecto, se encontró un total de 53 individuos, cuya abundancia fue diferencial en cada sitio de muestreo. Estos individuos son representantes de los dos órdenes más abundantes en el trópico Siluriformes y Characiformes (Lowe-McConell, 1987). Los siluriformes representan cerca del 83% de las capturas, con 44 individuos pertenecientes a las familias Loricariidae y Astroblepidae, donde cada una de estas familias está representada por 22 individuos pertenecientes a los géneros *Chaetostoma* y *Astroblepus*, respectivamente (ver la Figura 3.1.3.71 y la Tabla 3.1.3.71).

Del orden Characiformes se capturaron nueve individuos correspondientes a un 13,2% del total de las capturas. Se encontraron representantes de la familia Characidae, pertenecientes a los géneros *Brycon* con un total de dos individuos y al género *Hemibrycon* con un total de siete individuos.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

En relación con la biomasa en total se capturaron 917,97 g, de los cuales el orden Siluriformes aporta el 85,57% correspondiente a 785, 49 g, en comparación con los Characiformes quienes presentaron bajas abundancias y aportan un 14,43%, correspondiente a 132,48 g. De las familias capturadas, la familia Loricariidae, representada por la especie *Chaetostoma leucomelas*, realiza el mayor aporte a la biomasa total con 757,19 g (82,48% de la biomasa total). La familia Characidae, representada por los generos *Brycon* y *Hemibrycon*, a pesar del reducido numero de individuos tiene un aporte de biomasa superior (132,48 g, 14,4% de la biomasa total) a el de la familia Astroblepidae con 22 individuos (28,3g equivalentes al 3,1%) (ver Tabla 3.1.3.70 y Figura 3.1.3.72).

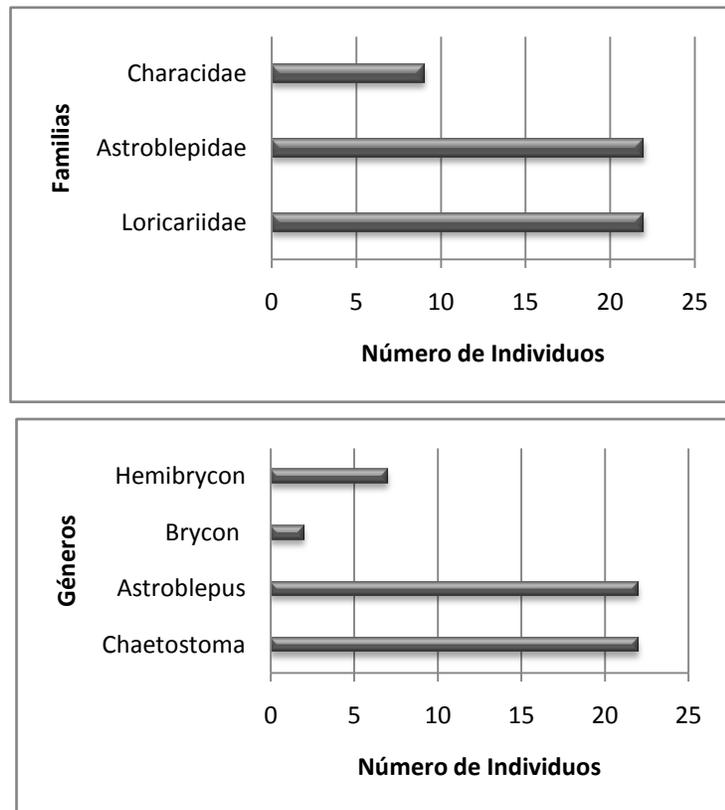


Figura 3.1.3.71 Número de individuos capturado por familia y género taxonómico en el tramo San Andres de cuerquia-EI Valle

Tabla 3.1.3.70 Número de especies, individuos y biomasa para los órdenes de peces capturados

Orden	Número de individuos	Abundancia relativa %	Familia	Especies	Biomasa (g)	Biomasa Relativa %
Siluriformes	44	83	2	4	785,49	85,57
Characiformes	9	16,98	2	2	132,48	14,43

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Tabla 3.1.3.71 Número de especies, individuos y biomasa para las familias de peces capturadas en el tramo San Andres de cuerquia-El Valle

Familia	Número de Individuos	Número de especie	Biomasa
Astroblepidae	22	3	28,3
Loricariidae	22	1	757,19
Characidae	9	2	132,48

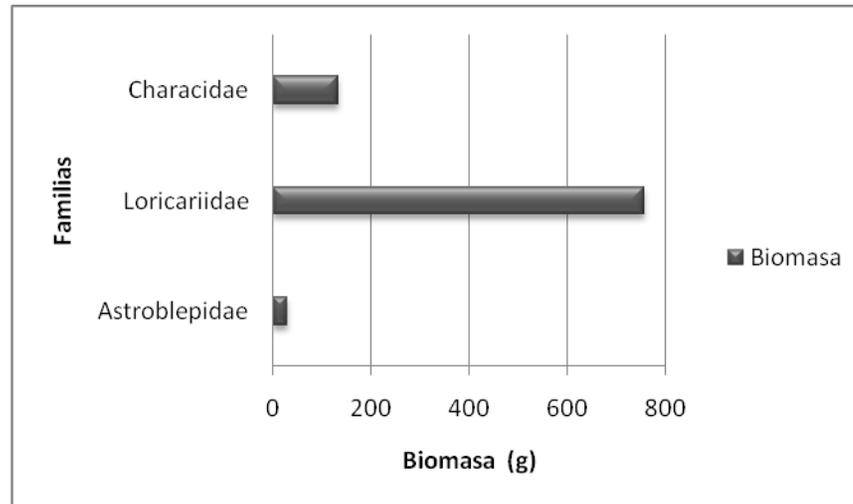


Figura 3.1.3.72 Biomasa por familia íctica capturada en el tramo San Andres de cuerquia-El Valle

Estos resultados muestran que la biomasa no necesariamente se incrementa con el número de individuos; tal condición física depende de la especie, del tamaño y la capacidad de forrajeo así como de la disponibilidad de alimento en el ambiente acuático. Los characiformes se caracterizan por ser uno de los grupos de peces con gran cantidad de especializaciones ecológicas que les permite colonizar ambientes muy diferentes y en ocasiones drásticos (Ortí, 1997), así como alimentarse de una variedad de presas, lo que los hace ecológicamente exitosos.

Dentro de los siluriformes los Loricaridos realizaron el mayor aporte tanto en la biomasa como en la densidad. Esta familia, y en especial el género encontrado, se caracterizan por presentar una amplia distribución en suramérica, y por ser consumidores de primer orden con una marcada preferencia en el consumo de algas.

Las variaciones en los aportes de biomasa y densidad tanto de los órdenes como de las familias encontradas en el área de estudio responden a la interacción de los factores físicos y bióticos, así como a las preferencias ecológicas de las especies.

- Especies en la zona de estudio: abundancia, talla y biomasa

Para la zona de estudio no se tienen reportes de especies, excepto los generados para el río San Andrés en estudio de impacto ambiental de la Central Hidroeléctrica Ituango. En los diez sistemas lóticos de primer orden muestreados (quebradas de alto gradiente) y en el río San Andrés, se capturaron en total seis especies dentro de las cuales la más

## ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

abundante fue *Chaetostoma leucomelas*, con 22 individuos y un aporte de biomasa de 757,19 g, seguida por *Astroblepus cf chapmani*, con 17 individuos y un aporte de biomasa de 96 g.

De la especie *Hemibrycon boquiae* se capturaron 7 individuos cuyo aporte de biomasa fue de 36,48 g. Las especies cuya abundancia fue menor fueron *Brycon henni* con solo 2 individuos registrados y *Astroblepus chapmani* con solo 1 individuos. El menor aporte a la biomasa total lo realizaron los individuos identificados hasta el nivel de género *Astroblepus* sp 0,97 g y *Astroblepus chapmani* con 5,64 g.

De los especímenes encontrados 17 de estos fueron identificados como *Astroblepus cf chapmani* y solo cuatro individuos fueron identificados a nivel de género *Astroblepus* sp. La categoría “cf” dentro del contexto taxonómico, permite asignar provisionalmente el nombre de una especie a aquellos especímenes que presentan alta similitud en los caracteres diagnósticos pero que pueden diferir en algunos de estos (Tabla 3.1.3.72)

**Tabla 3.1.3.72 Lista de especies ícticas encontradas en el tramo San Andres de cuerquia-El Valle**

Orden	Familia	Género	Especie	Nombre común
siluriformes	Astroblepus	<i>Astroblepus</i>	<i>sp</i>	negrito, baboso
		<i>Astroblepus</i>	<i>chapmani</i>	negrito, baboso
		<i>Astroblepus</i>	<i>cf chapmani</i>	negrito, baboso
	Loricariidae	<i>Chaetostoma</i>	<i>leucomelas</i>	cucha, corroncho
Characidae	Characidae	<i>Brycon</i>	<i>henni</i>	dorada, sardinita
		<i>Hemibrycon</i>	<i>boquiae</i>	sardinita

Los especímenes cuya identificación se realizó solo hasta género representan individuos juveniles cuya longitud estándar promedio fue de 21,75 mm. En este tamaño, los organismos no han desarrollado completamente su dentición, carácter diagnóstico para la determinación taxonómica de este grupo, razón por la cual solo fueron identificados a nivel de especie. Algunos autores han caracterizado a este grupo de peces como homogéneo cuyas diferencias no son muy marcadas y existen serios problemas en la taxonomía y en la descripción de sus especies. La escasa información con que se cuenta está basada solo en las descripciones originales, para las cuales casi nunca se dispuso de más de dos o tres especímenes sin considerar la variación individual (Buitrago, 1995)

Las especies más abundantes *Chaetostoma leucomelas* y *Astroblepus cf chapmani*, presentan similitud en la preferencia de hábitat, ambas especies habitan zonas de corrientes rápidas, aguas claras y bien oxigenadas con sustratos compuestos por rocas y gravas. Sus hábitos son similares con mayor actividad nocturna y en el día suelen mantenerse escondidos entre las rocas y la vegetación. Es importante destacar que el género de la familia Astroblepidae, *Astroblepus* (Buitrago 1995), cumple un papel muy importante en el equilibrio de los sistemas acuáticos; que se ha estructurado a través de una evolución local, lo que indica una fauna endémica asociada muy especialmente con el ambiente (Collett 1962, Miles 1971, Arratia y Menú 1984, Buitrago-Suarez y Galvis 1997).

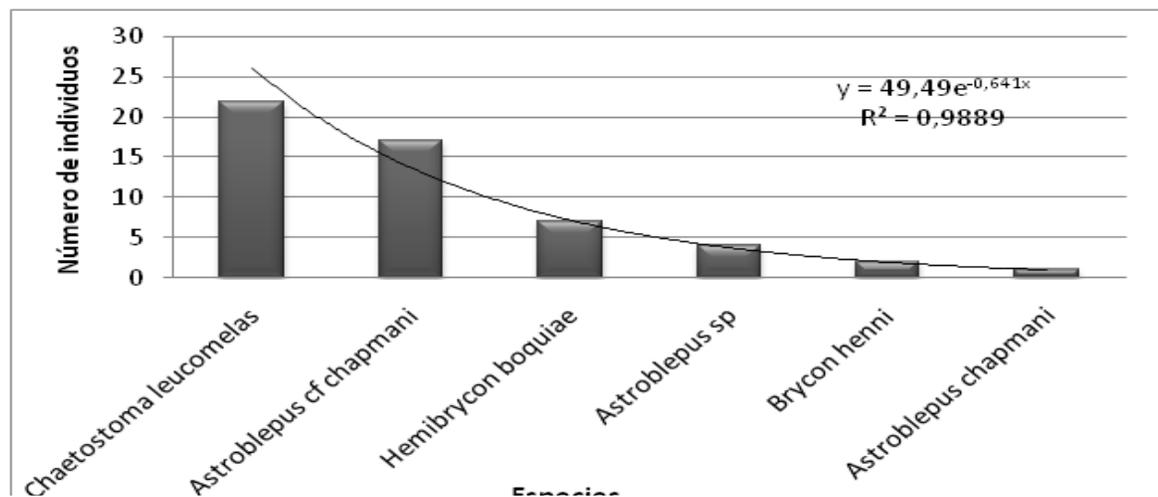
Para ambos géneros se han reportado diferencias importantes en relación con la distribución altitudinal. Para el género *Astroblepus* se reporta una distribución entre los 479 msnm hasta los 2073 msnm a temperaturas entre los 28-30 °C; para el género

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

*Chaetostoma* y en especial para la especie encontrada se reporta una distribución altitudinal hasta los 1800 msnm (Maldonado y col., 2006).

Las especies cuya abundancia fue menor, como *Astroblepus chapmani* y *Brycon henni* tienen preferencias alimentarias y de hábitat muy diferentes, siendo frecuente la primera especie en sistemas de corrientes rápidas, aguas oxigenadas y bien conservados; con una alta disponibilidad de microhábitats para la colonización. Mientras que la segunda especie, menos abundante, no penetra activamente sistemas torrenciales y prefiere las aguas quietas en cuyas riberas hay abundante vegetación (Dahl, 1971), además esta tiene comportamiento migratorio ,según reportes de algunos pescadores (Maldonado y col., 2006)

En la Figura 3.1.3.73 se muestra la distribución de la abundancia y la variación en los aportes de biomasa para las especies encontradas en el área de estudio. La abundancia representada como numero de individuos, y la biomasa, presentaron una distribución con ajuste a una línea de tendencia logarítmica con  $r^2 = 0,9889$  y  $r^2 = 0,9704$  respectivamente.



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

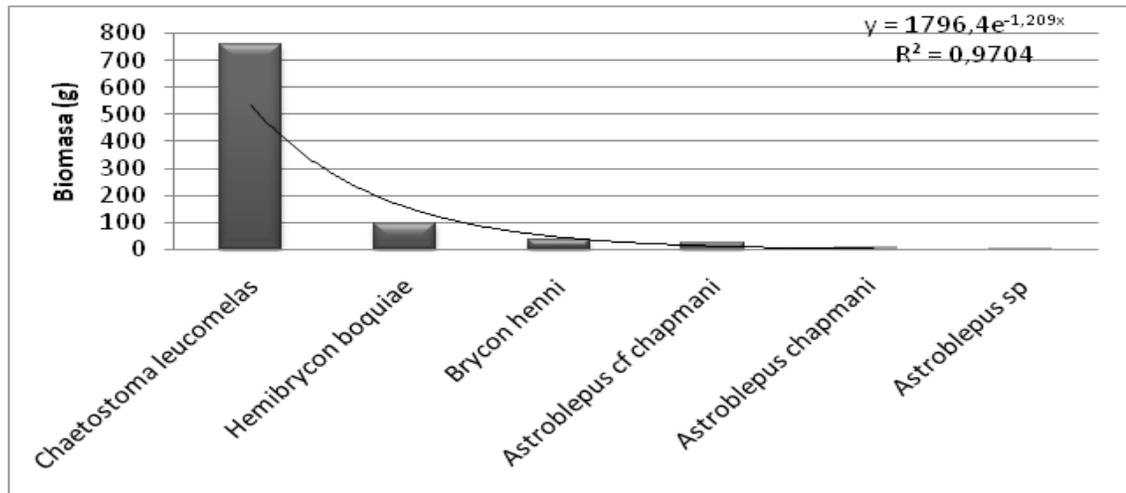


Figura 3.1.3.73 Distribución de la abundancia y la biomasa por especie íctica capturada en el tramo San Andres de cuerquia-El Valle

La variación en el número de individuos por especie está asociada al comportamiento de las especies y a la diferencia entre los hábitats muestreados, así mismo está influenciada por el tipo de aparejo empleado para las capturas.

– Variación espacial de la abundancia y la biomasa

Se presentaron variaciones importantes en la abundancia y la biomasa para las especies capturadas entre las estaciones de muestreo. El mayor número de individuos y de especies se presentó en el sitio 7 correspondiente al Río San Andrés con 29 individuos que representan cerca del 54,7 % del total capturado (ver la Tabla 3.1.3.73). En este sitio de muestreo se capturaron dos especies, de las cuales la más abundante fue *Chaetostoma leucomelas* (22 individuos) en tanto que *Hemibrycon boquiae* contó con siete individuos.

Tabla 3.1.3.73 Número de individuos, abundancia relativa y coeficientes de variación para la biomasa y talla de las especies de peces capturadas en el tramo San Andres de cuerquia-El Valle

Especie	Categoría trófica	Número de individuos	Abundancia relativa	Biomasa media	Biomasa total	CV Biomasa	Talla promedio	CV Talla
<i>Astroblepus sp</i>	Omnívoro	4	7,54	0,24	0,97	0,93	21,75	-0,41
<i>Astroblepus chapmani</i>	Omnívoro	1	1,9	NC	5,64	NC	NC	NC
<i>Astroblepus cf chapmani</i>	Omnívoro	17	32,07	1,23	21,69	2,51	33,31	1,65
<i>Chaetostoma leucomelas</i>	Herbívoro	22	41,5	34,42	757,19	1,01	97,09	0,13
<i>Brycon henni</i>	Omnívoro	2	3,77	18,24	36,48	NC	87,5	NC
<i>Hemibrycon boquiae</i>	Omnívoro	7	13,2	13,71	96	1,14	84,86	0,54

El siguiente sitio con mayor número de capturas fue el sitio 5 (Quebrada Matanzas), donde se capturaron ocho individuos de la especie *Astroblepus cf chapmani*.

## ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

En el sitio 1 (Quebrada Piedecuesta), sitio 3 (Quebrada Cacagual), sitio 8 (Quebrada El Hoyo), sitio 10 (Quebrada Los Naranjos) y en el sitio 11 (Quebrada Churrumbo), solo se capturaron individuos del género *Astroblepus*. Esto puede asociarse con la similaridad de los hábitats entre estos sistemas, los cuales se caracterizan por ser zonas con pendientes elevadas, sustratos rocosos compuestos principalmente de canto rodado y algunas rocas de gran porte, cobertura vegetal intermedia y con gran disponibilidad de microhábitats. Por otro lado, en el sitio 9 fueron capturados dos individuos de la especie *Brycon henni*, especie que se caracteriza por ser migradora y por habitar zonas no correntosas (Maldonado *et al.*, 2006) (ver la Tabla 3.1.3.74).

**Tabla 3.1.3.74 Número de individuos y aporte de biomasa íctica por sitio de muestreo en el tramo San Andres de cuerquia-El Valle**

Sitio	Número de Individuos	%	Biomasa (g)	%	Número de especie	%
Sitio 1	3	5,7	11,9	1,3	3	50,0
Sitio 2	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0
Sitio 3	6	11,3	2,8	0,3	2	33,3
Sitio 4	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0
Sitio 5	8	15,1	8,8	1,0	1	16,7
Sitio 6	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0
Sitio 7	29	54,7	853,2	92,9	2	33,3
Sitio 8	2	3,8	2,2	0,2	1	16,7
Sitio 9	2	3,8	36,5	4,0	1	16,7
Sitio 10	1	1,9	2,0	0,2	1	16,7
Sitio 11	2	3,8	0,7	0,1	1	16,7

En relación con el número de especies encontradas en el sitio1-Quebrada Piedecuesta, este aporta cerca del 50% del total de especies encontradas; sin embargo, es importante aclarar que de los individuos encontrados en este sitio solo uno de ellos fue identificado a nivel de especie El Sitio 7- Río San Andrés, aporta cerca del 33,3% del total de especies encontradas, representadas por la especie más abundante *Chaetostoma leucomelas* y *Hemibrycon boquiae*.

La variación tanto de la biomasa como de la abundancia entre las estaciones de muestreo está relacionada con las diferencias en las características del hábitat. En las estaciones donde las abundancias fueron superiores la heterogeneidad de microhábitats y las condiciones fisicobioticas son mas apropiadas para el establecimiento de diferentes especies, que aquellas estaciones donde no se obtuvieron capturas, debido probablemente a la intervención antropogénica, como es el caso de los sitios: Sitio 2- Quebrada el Diablo, sitio 4- Quebrada Taque, sitio 6- Quebrada El Roble, donde se observaron fuertes modificaciones en el lecho del cauce, en la vegetación ribereña y vertimientos de aguas residuales.

Es importante aclarar que durante el muestreo realizado, las frecuentes lluvias y el transporte de material por procesos erosivos, influyen en la eficiencia del arte de pesca lo que puede tener como consecuencia las bajas capturas.

– Índices de diversidad

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

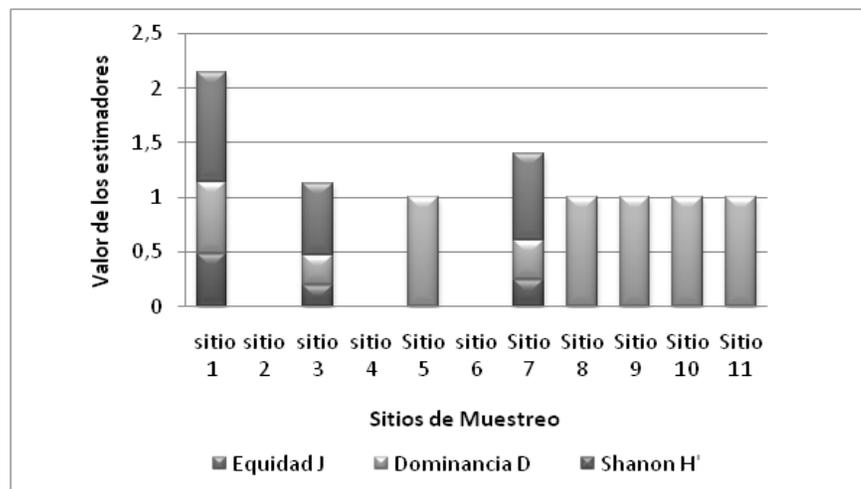
De los sitios muestreados el sitio 1- Quebrada Piedecuesta presentó el mayor valor de diversidad  $H'$ : 0,477 soportado por el índice de Equidad cuyo valor fue de 0,666. En el sitio 7- Río San Andrés se halló el segundo valor más alto de diversidad, igual a  $H'$ =0,24, y una equidad  $J$ =0,79. En tercer lugar está el sitio 3- Quebrada Cacagual con una diversidad igual a  $H'$ = 0,19 y una equidad  $J$ = 0,65. Para los otros sitios muestreados, no se calculó dichos índices debido a que se capturaron individuos pertenecientes a una sola especie o no se obtuvieron capturas, como ocurrió en los sitios 2, 4 y 6. En aquellos sitios donde se capturaron individuos pertenecientes a una sola especie (sitios 1, 8, 9,10 y 11) el valor para el índice de dominancia de Simpson fue equivalente a uno ó máximo (ver la Tabla 3.1.3.75).

**Tabla 3.1.3.75 Estimadores de diversidad íctica para los sitios de muestreo en el tramo San Andres de cuerquia-EI Valle**

Sitio Estimadores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Shanon $H'$	0,477	nc*	0,196	nc	nc	0	0,24	nc	nc	nc	nc
Dominancia D	0,666	0	0,277	0	1	0	0,366	1	1	1	1
Equidad J	1	0	0,65	0	nc	0	0,797	nc	nc	nc	nc

Nc: no calculado

Para el sitio 3 se obtuvo el valor más bajo de dominancia  $D$ =0,27; seguido por el sitio 7, con una dominancia igual a  $D$ = 0,36. Para el sitio 1 se obtuvo un valor de  $D$ = 0,66, debido a que se capturó un individuo de cada una de las especies. Los valores para el índice de dominancia calculados indican que en estas estaciones las abundancias entre las especies son diferentes y no existen especies dominantes (ver la Figura 3.1.3.74)



**Figura 3.1.3.74 Variación de los estimadores de diversidad entre sitios de muestreo en el tramo San Andres de cuerquia-EI Valle**

– Curva de acumulación de especies

La curva de acumulación de especies (ver la Figura 3.1.3.75) y los estimadores Chao y Jack knife predicen que la comunidad íctica asociada a los sistemas muestreados afluentes del río San Andrés está compuesta por 10,7 y 9,5 especies respectivamente.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

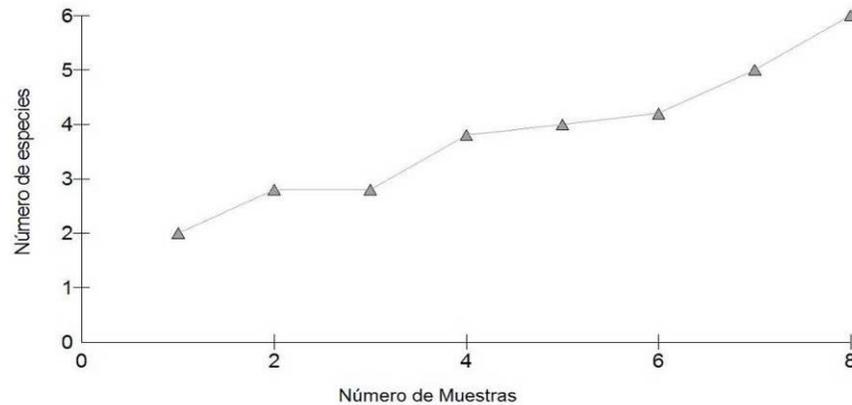


Figura 3.1.3.75 Curva de acumulación de especies

Este resultado indica que si bien, las especies encontradas durante el muestreo son representativas de la comunidad íctica, el número de especies encontrado es menor al esperado, y que es posible incrementarlo en el futuro mediante monitoreos sucesivos.

Según Machado- Allison (1993) en Arango (2006), la selectividad de las artes de pesca es en parte responsable de la subestimación de la riqueza íctica en estos hábitats, además la temporalidad y la variación estacional pueden influir en la efectividad de las capturas.

– Similaridad

El análisis de similaridad muestra un grupo conformado por los sitios de muestreo 1- Quebrada Piedecuesta, 8-Quebrada El Hoyo, 10- Quebrada Los Naranjos, 3- Quebrada Cacagual y 5- Quebrada Matanzas. Dentro de este gran grupo, se observan dos grupos más definidos que corresponden , el primero. a las quebradas Cacagual y Matanzas, con un porcentaje de similaridad del 71,43%; y el segundo a las quebradas los Naranjos y el Hoyo con un porcentaje de 66,67% (ver la Tabla 3.1.3.76) . Estas dos agrupaciones se basan en la matriz de especies, por lo que las asociaciones están relacionadas con las especies encontradas en cada uno de los sitios. La especie representativa en estas agrupaciones fue *Astroblepus cf chapmani*, esto puede estar asociado a la similaridad en las condiciones físicas y bióticas de estos sistemas (ver Figura 3.1.3.76).

Tabla 3.1.3.76 Matriz de similaridad

	Sitio 1	Sitio 3	Sitio 5	Sitio 7	Sitio 8	Sitio 9	Sitio 10	Sitio 11
Sitio 1	*	44,444	18,182	0	40	0	50	40
Sitio 3	*	*	71,429	0	50	0	28,571	25
Sitio 5	*	*	*	0	40	0	22,222	0
Sitio 7	*	*	*	*	0	0	0	0
Sitio 8	*	*	*	*	*	0	66,667	0
Sitio 9	*	*	*	*	*	*	0	0
Sitio 10	*	*	*	*	*	*	*	0
Sitio 11	*	*	*	*	*	*	*	*

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Los sitios 7-Río San Andrés y sitio 9-Quebrada Uriaga, no presentan similaridad con ningún otro sistema. El río San Andrés es el sitio que presenta mayor diferencia con los demás en relación a su estructura geomorfológica; es un sistema de segundo orden, el cual tiene una composición del lecho más estructurada y corrientes elevadas. La Quebrada Uriaga a pesar de ser un sistema de primer orden, como el resto de sitios muestreados, posee una menor pendiente, que facilita el acceso de ciertas especies de peces, como es el caso de *Brycon henni*, que fue encontrada únicamente en este sitio.

Entre los sitios 11-Quebrada Churrumbo y 1- Quebrada Piedecuesta, hay una similaridad del 40%, y está asociada a que en ambas estaciones se capturaron individuos del género *Astroblepus*, a los cuales no fue posible determinar su especie.

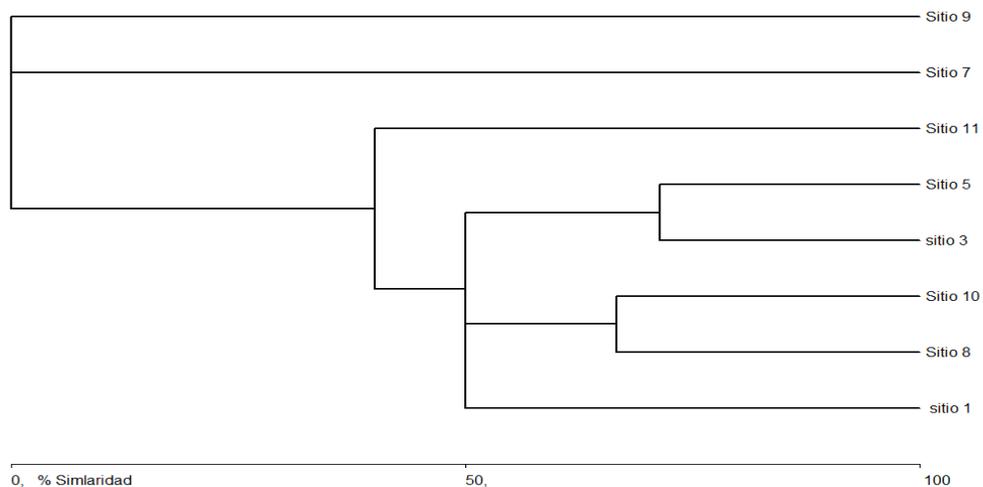


Figura 3.1.3.76 Cluster de similaridad

De las especies capturadas la categoría trófica representativa de la comunidad íctica corresponde a los omnívoros, quienes se alimentan principalmente de material vegetal y macro invertebrados acuáticos cuya alta diversidad en la zona permite que estas especies tengan una oferta alimentaria más amplia.

La variación intraespecífica de la biomasa y la talla fue amplia lo cual está representado por el coeficiente de variación. esto, indica que los individuos capturados presentaron tallas y biomasa diferenciales, ya que individuos jóvenes y adultos se capturaron durante el muestreo, favoreciendo un mayor conocimiento de la asociación de especies de peces,

– Conclusiones

- ◆ En los diez sistemas lóticos muestreados en mayo de 2009, se capturaron en total seis especies de peces, de las cuales la más abundantes fueron *Chaetostoma leucomelas*, con 22 individuos, seguida por *Astroblepus cf chapmani*, ambas especies del orden Siluriformes. Las especies de menor abundancia fueron *Brycon henni* con solo 2 individuos registrados y *Astroblepus chapmani* con solo 1 individuos. Las especies dominantes presentan además

## ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

similaridad en la preferencia de hábitat, ambas habitan zonas de corrientes rápidas, aguas claras y bien oxigenadas con sustratos compuestos por rocas y gravas, tal como se presentan en la zona de estudio. *Brycon henni* por otro lado, no penetra activamente sistemas torrenciales y prefiere las aguas quietas en cuyas riberas hay abundante vegetación. De manera que es difícil que permanezca en quebradas de alto gradiente, y se espera que se restrinja al Río San Andrés, donde representa una oferta importante para la pesca comercial.

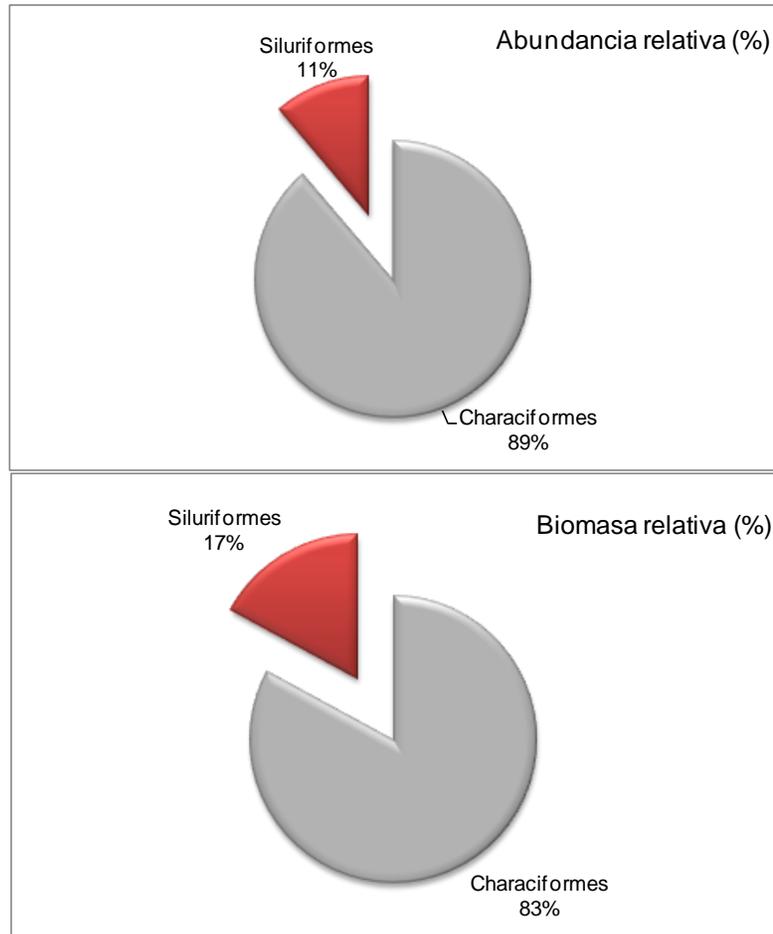
- ◆ Se presentaron variaciones importantes en la abundancia y la biomasa por sitio de muestreo. Siendo el Río San Andrés la corriente con mayores aportes en número de individuos y especies. Las quebradas de alto gradiente, con excepción de Matanzas, presentaron las menores abundancias y riqueza de especies
  - ◆ De las especies capturadas la categoría trófica representativa de la comunidad íctica corresponde a los omnívoros, quienes se alimentan principalmente de material vegetal y macro invertebrados acuáticos cuya alta diversidad en la zona permite que estas especies tengan una oferta alimentaria más amplia.
- Apertura Vía Puerto Valdivia – Sitio de Presa
    - Asociación de especies de peces

En las quebradas ubicadas en el tramo comprendido entre Puerto Valdivia y La presa fueron colectados 346 individuos distribuidos en dos órdenes, cinco familias y 19 especies. El orden con un mayor número de individuos fueron los Characiformes con 88.73% de la abundancia (307 individuos) y 82.91% de la biomasa total colectada (Tabla 3.1.3.77 y Figura 3.1.3.77).

**Tabla 3.1.3.77 Abundancia, Biomasa, número de familias y especies colectadas por orden de peces capturados en octubre de 2009 en el tramo Puerto Valdivia-Presa.**

Orden	Número de individuos	Abundancia Relativa (%)	Biomasa (g)	Abundancia Relativa (%)	Número de Familias	Número de especies
Characiformes	307	88.73	2600,04	82,91	2	13
Siluriformes	39	11.27	536,08	17,09	3	7
<b>Total</b>	<b>346</b>	<b>100.00</b>	<b>3136,12</b>	<b>100,00</b>	<b>5</b>	<b>20</b>

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO



**Figura 3.1.3.77** Número y biomasa de los individuos colectados por orden de peces en el tramo Puerto Valdivia-presa en octubre de 2009.

Los characiformes fueron el grupo más representativo en las capturas del tramo Puerto Valdivia-Presa. Estos se caracterizan por ser uno de los grupos ícticos con mayor cantidad de especializaciones ecológicas, que les permite colonizar ambientes muy diferentes y en ocasiones drásticos (Ortí, 1997); así como alimentarse de una variedad de presas, lo que los hace ecológicamente exitosos.

La familia con mayor número de individuos en las capturas fue Characidae con 302 individuos, seguida por los Loricariidae aunque con un aporte mucho más bajo de tan solo 32 individuos (Figura 3.1.3.78 y Tabla 3.1.3.78).

**Tabla 3.1.3.78** Número de individuos y familias colectadas en las quebradas ubicadas en el tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009

Familia	Número	Biomasa total	Especies
Parodontidae	1	13,49	1
Characidae	306	2586,55	11

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Astroblepidae	6	109,70	3
Loricariidae	32	424,98	3
Heptateridae	1	1,40	1
<b>Total</b>	<b>346</b>	<b>3136,12</b>	<b>19</b>

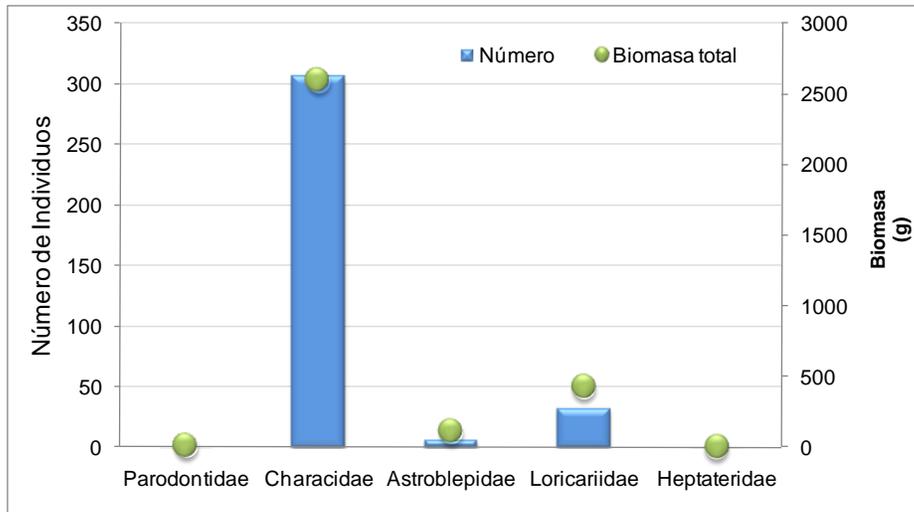


Figura 3.1.3.78 Número de individuos y biomasa por familia colectados las quebradas en el tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009.

La familia Characidae es la más importante de la ictiofauna neotropical en términos de biomasa y número de especies (Kramer, 1978), patrón que se puede observar en las cuencas colombianas (Cala, 1990; Maldonado *et al*, 2005). La abundancia de la familia Characidae puede asociarse con la importancia numérica de ésta dentro del orden por tener la mayor cantidad géneros y especies (Gery, 1984). En este estudio, ratifica lo anterior, ya que el mayor número de registros a nivel de especies (13) pertenece a characidos, lo cual puede verse favorecido por las características propias del hábitat en los sitios analizados; ambientes de alto gradiente, con alturas media sobre el nivel del mar (Miranda, 2006) y con presencia de remansos, pequeñas cascadas y en algunos casos zonas de rápido.

La segunda familia en importancia dentro de las capturas realizadas fue Loricariida. Según Ramírez Gil H. *et al*. (2004) la familia Loricariidae es la más numerosa de los siluriformes, con cerca de 600 especies en Centro América y Sur América. Según Galvis G. *et al*. (1997) la familia posee según los cálculos más conservadores, no menos de 200 especies, distribuidas en casi todos los ambientes de las aguas dulces neotropicales. Los géneros se distribuyen en un gradiente altitudinal así: en los torrentes de alta montaña habitan los géneros *Chaetostoma* y *Ancystrus*, que poseen forma corporal bastante hidrodinámica, con hocico achatado y una eficiente ventosa bucal. Los caracteres mencionados les facilitan vivir en aguas correntosas, al permanecer adheridos a las rocas, con un gasto energético mínimo. En los piedemontes, donde los cursos de agua son

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

menos rápidos, predominan las formas alargadas como *Farlowella* y *Sturisoma*. *Loricaria* y *Loricarichthys* y otros de cuerpo robusto, de mayor tamaño como *Hypostomus*, *Panaque*, *Pterigoplichthys*, predominan en cerca a los planos inundables. Esta distribución diferencial de las especies en el gradiente altitudinal puede ser corroborada en el caso de las quebradas ubicadas en el tramo entre Puerto Valdivia y la Presa pues los ambientes ubicados en esta zona se caracterizan por ser de alto gradiente con velocidades del agua medias y altas, rodeadas por zonas bastante escarpada, lo cual finalmente favoreció la presencia del género *Chaetostoma*, del cual fueron colectados 32 individuos.

Para todos los puntos de muestreo fueron identificados 10 géneros, de los cuales los más abundantes fue *Hemibrycon* con el 43% de los individuos totales, seguido muy de cerca por el género *Astyanax* (31%), mientras que la menor abundancia correspondió a *Parodon* del cual solo fue colectado un individuo (0.29%) (Figura 3.1.3.79). El género *Hemibrycon* se distribuye en las cuencas altas del río Amazonas en Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia, en esta última en las cuencas de los ríos Atrato, León y drenajes costeros del Pacífico y el Caribe, drenajes andinos y alto río Meta; piedemonte llanero, cordillera de la costa (cuena del río Orinoco). Se reconocen 14 especies con distribución al oriente y al occidente de Perú, Ecuador, Colombia y Trinidad. En Colombia se han registrado nueve especies la distribución actual de *Hemibrycon*, sugiere que este grupo registra mayor diversidad en la región andina o en hábitats de alta montaña neotropical, con característica similares a las quebradas ubicadas en la zona de estudio, como altas pendientes y fuerte turbulencia del agua, que favorece la abundancia y frecuencia de ocurrencia de especialmente *Hemibrycon boquiae*; la especie más abundante en las capturas de la zona de estudio

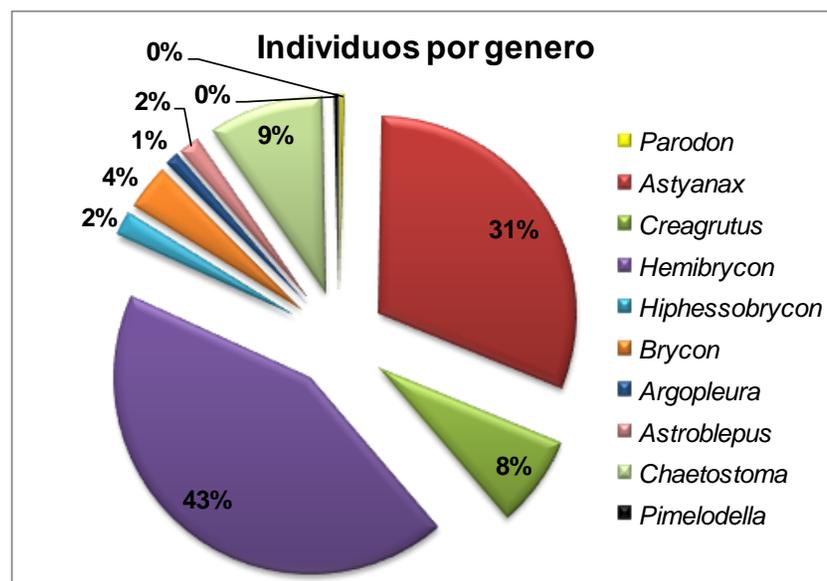


Figura 3.1.3.79 Abundancia relativa de los individuos colectados por género en el tramo entre Puerto Valdivia – Presa en octubre de 2010.

## ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

Dentro de las especies halladas en las quebradas ubicadas en el tramo Puerto Valdivia – Presa (Tabla 3.1.3.79), ninguna presenta algún grado de amenaza, ni aparece en las categorías de riesgo propuestas por el libro rojo de especies dulceacuícolas de Colombia (Mojica, 2202) tampoco en la lista roja de especies amenazadas del UICN de 2003.

Adicionalmente, cabe destacar que dentro de las capturas fue colectada La Sabaleta, una especie que realiza movimientos migratorios cortos. Esta especie pertenece la subfamilia Bryconinae, la cual comprende cerca de 60 especies ampliamente distribuidas en el neotropico de Centro y Suramérica (Lima, 2003). El género más característico es *Brycon*, al cual pertenece la Sabaleta, *Brycon henni* que fue hallada en algunas de las quebradas del tramo Puerto Valdivia-Presa.

Las especies pertenecientes al género *Brycon* comprenden un grupo de peces migradores neotropicales de gran importancia económica para la pesca comercial así como para el consumo humano y la piscicultura (Dahl, 1971 y Wedler, 1998); las poblaciones de la Sabaleta se encuentran fuertemente disminuidas debido a la sobrepesca (Dahl 1963; Otero *et al.* 1986) así como la fragmentación del hábitat. Algunas especies de esta familia se ha reportado que tienen una amplia capacidad de desplazamiento en contracorriente y están asociadas a ambientes con flujos medios y bajos, condiciones que fueron observadas en algunas quebradas ubicadas en el tramo Puerto Valdivia-Presa, especial en la quebrada Organí, la cual posee una inclinación de 40 ° y en la cual prevalecen las zonas de rápidos y pozas.

De las 19 especies colectadas la mayoría presento hábitos omnívoros (15), mientras que solo tres fueron detritívoras, y una se alimenta de algas. La ventaja de los omnívoros es que pueden aprovechar una amplio espectro de las presas que ofrece el ambiente, mientras que las especies detritívoras dependen exclusivamente de la presencia de detritos y en algunos casos del perifiton asociado a los sustratos presente.

**Tabla 3.1.3.79 Órdenes, familias y especies capturadas en el tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009**

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Categoría Trófica	Número Individuos	Biomasa
Characiformes	Parodontidae	<i>Parodon suborbitale</i>	Mazorco	Alguivoro	1	13,49
	Characidae	<i>Astyanax fasciatus</i>	Sardina	Omnívoro	104	1224,27
		<i>Astyanax Caucanus</i>	Sardina	Omnívoro	3	31,33
		<i>Creagrutus affinis</i>	Sardina	Omnívoro	6	11,33
		<i>Creagrutus brevipinnis</i>	Sardina	Omnívoro-insectívoro	3	9,710
		<i>Creagrutus cf brevipinnis</i>	Sardina	Omnívoro	1	2,31
		<i>Creagrutus magdalenae</i>	Sardina	Omnívoro	16	55,57
		<i>Hemibrycon boquiae</i>	Sardina	Omnívoro	141	821,17
		<i>Hemibrycon dentatus</i>	Sardina	Omnívoro	8	47,94
		<i>Hyphessobrycon poeciliodes</i>	Sardina	Omnívoro	7	19,07
		<i>Brycon henni</i>	Sabaleta	Omnívoro	13	358,94

## ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

		<i>Argopleura magdalenensis</i>	Sardina	Omnívoro-insectívoro	4	4,91
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus cyclopus</i>	Capitán	Omnívoro	1	21,20
		<i>Astroblepus micrescens</i>	Capitán	Omnívoro	3	85,30
		<i>Astroblepus sp.</i>	Capitán	Omnívoro	2	3,20
	Loricariidae	<i>Chaetostoma leucomelas</i>	Cucho	Detritívoro	29	336,10
		<i>Chaetostoma thomsoni</i>	Cucho	Detritívoro	2	81,00
		<i>Chaetostoma cf thomsonii</i>	Cucho	Detritívoro	1	7,88
Heptateridae	<i>Pimelodella chagresi</i>	Renque	Omnívoro	1	1,40	
<b>Total</b>					<b>346</b>	<b>3136,120</b>

## – Distribución de Abundancia y biomasa entre especies y estaciones

La especie colectada que presentó la mayor abundancia fue *Hemibrycon boquiae* (141), seguida por *Astyanax fasciatus* (107), mientras que la especie menos abundante en las capturas fue *Parodon suborbitalis* y *Astroblepus cyclopus*, de quienes solo se colectó un individuo de cada una (Tabla 3.1.3.80). Los individuos capturados presentaron tallas medias y pequeñas, hallando que las tallas mayores fueron las de *Brycon henni* (Sabaleta) con una talla media de 93,33 mm; sin embargo debe tenerse en cuenta que esta especie es capturada en algunos casos con fines comerciales a nivel local, además es una fuente de alimento importante para las personas asentadas en el área de estudio. A pesar de que el mayor número de individuos colectados fueron los perteneciente a *Hemibrycon boquiae* (141), la mayor biomasa la aportó *Astyanax fasciatus* (104 individuos) con un total de 1224,27 g.

**Tabla 3.1.3.80** Número de individuos, Biomasa y longitud estándar y biomasa de las especies colectadas en las quebradas del tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009.

Especie	Número Individuos	Abund. relativa (%)	Biomasa media	Biomasa total	CV Biomasa	Talla promedio	CV Talla
<i>Parodon suborbitale</i>	1	0,29	13,49	13,49	0,00	86,40	0,00
<i>Astyanax fasciatus</i>	104	30,06	11,77	1224,27	0,43	73,14	0,15
<i>Astyanax Caucanus</i>	3	0,87	10,44	31,33	0,28	71,17	0,08
<i>Creagrutus affinis</i>	6	1,73	1,89	11,33	0,17	45,27	0,05
<i>Creagrutus brevipinnis</i>	3	0,87	3,24	9,71	0,51	51,93	0,20
<i>Creagrutus cf brevipinnis</i>	1	0,29	2,31	2,31	0,00	46,20	0,00
<i>Creagrutus magdalenae</i>	16	4,62	3,47	55,57	0,70	51,22	0,23
<i>Hemibrycon boquiae</i>	141	40,75	5,82	821,17	1,41	60,37	0,18
<i>Hemibrycon dentatus</i>	8	2,31	5,99	47,94	0,49	63,50	0,16
<i>Hyphessobrycon poeciliodes</i>	7	2,02	2,72	19,07	0,58	39,30	0,19
<i>Brycon henni</i>	13	3,76	27,61	358,94	1,11	93,33	0,40
<i>Argopleura magdalenensis</i>	4	1,16	1,23	4,91	0,10	40,75	0,06
<i>Astroblepus cyclopus</i>	1	0,29	21,20	21,20	0,00	0,21	0,00
<i>Astroblepus micrescens</i>	3	0,87	28,43	85,30	0,52	0,89	1,31
<i>Astroblepus sp.</i>	2	0,58	1,60	3,20	0,41	36,65	0,13
<i>Chaetostoma leucomelas</i>	29	8,38	11,59	336,10	1,00	66,14	0,32
<i>Chaetostoma thomsoni</i>	2	0,58	40,50	81,00	1,34	84,50	0,76
<i>Chaetostoma cf thomsonii</i>	1	0,29	7,88	7,88	0,00	61,10	0,00
<i>Pimelodella chagresi</i>	1	0,29	1,40	1,40	0,00	43,90	0,00
<b>Total</b>	<b>346</b>			<b>3136,12</b>			

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

En la Figura 3.1.3.80 muestra la distribución de la abundancia y la variación en los aportes de biomasa para las especies encontradas en el área de estudio. La abundancia representada como numero de individuos y la biomasa presentaron una distribución con ajuste a una línea de tendencia logarítmica con  $r^2= 0,8966$  y  $r^2= 0,9679$  respectivamente, hallando que la especie más importante en número de individuos es *Hemibrycon boquiae*, mientras que la mayor biomasa fue aportada por *Astyanax fasciatus*, lo cual se debe a las mayores tallas para la ultima especie.

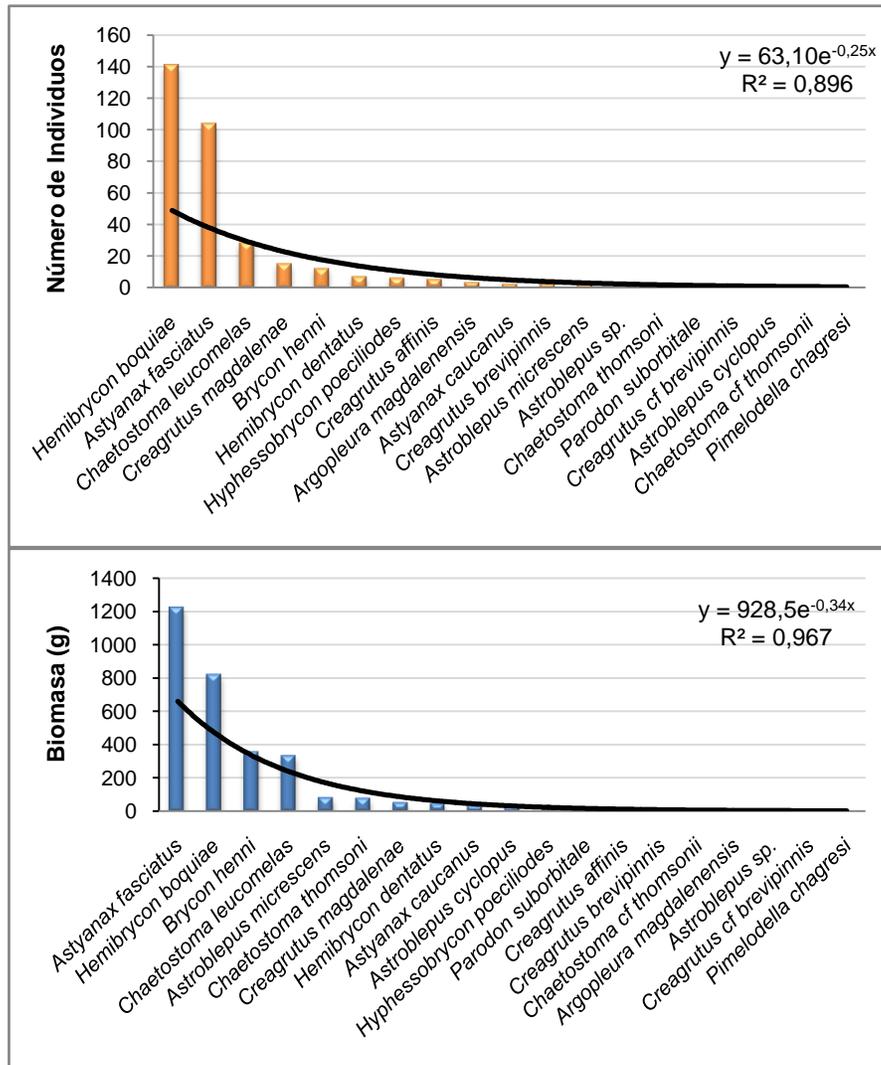


Figura 3.1.3.80 Distribución de la abundancia y la biomasa de las especies de peces colectadas en el tramo entre Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009.

En el sitio de muestreo donde se encontró el mayor número de individuos fue en la quebrada Achirá (91), seguida por la quebrada La Guamera (72) lo cual puede deberse a

**ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO**

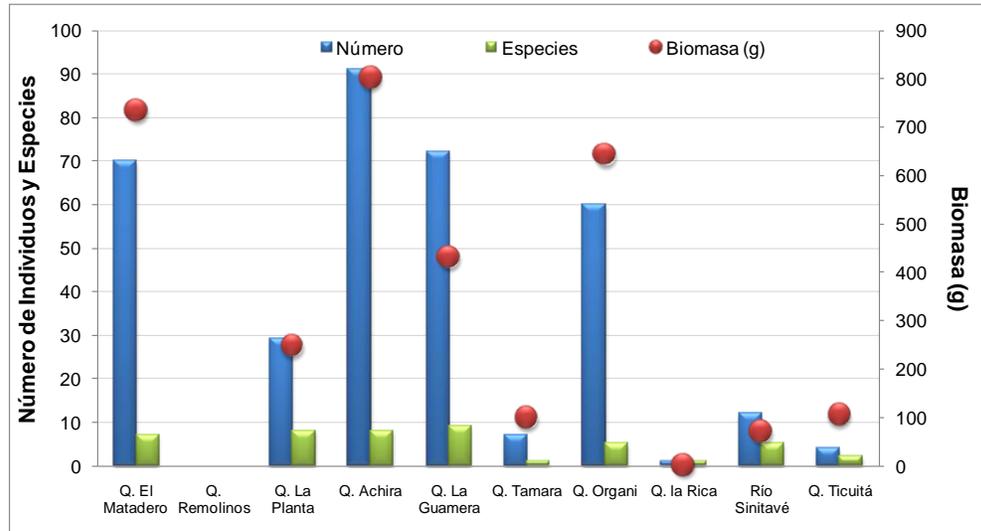
la gran variedad de hábitat presentes en cada uno de los dos cuerpos de agua. En la quebrada Achira el lecho compuesto de piedras de gran tamaño favorece la presencia de diversos hábitat para las especies de peces, sumado a esto se presentan pequeñas cascadas seguidas por pozas de profundidad aproximada de 1m. En La Guamera prevalecen los rápidos, pozas pequeñas y algunas zonas de corriente, hábitats importantes para una buena diversidad de especies. Adicionalmente, estos dos cuerpos de agua poseen zonas de protección con abundante vegetación las que son una fuente de alimento aloctono importante.

En la quebrada Remolinos no se capturo ningún individuo, mientras que en la quebrada La Rica solo fue colectado uno, seguido por la quebrada Tamará con siete individuos (Tabla 3.1.3.86 y Figura 3.1.3.81). La ausencia de capturas en la quebrada Remolinos puede ser debido al alto grado de perturbación por la acumulación de basura, vertimientos de aguas residuales, tomas de agua con fines domésticos, cultivos de coca alrededor y amplias zonas de potrero. En el caso de la quebrada La Rica se presenta un rectilíneo, encañonado, poco profundo y tiene forma de U, sumado a que el agua desciende a través de un valle estrecho con pendientes escarpadas en ambas márgenes (60 – 80°); características que hacen poco favorable este ambiente para ser colonizado, sumado a que el terreno escarpado y las dificultades de acceso hacen más difíciles la utilización de los aparejos de pesca.

**Tabla 3.1.3.81 Número total de individuos, biomasa y especies de peces capturados en las estaciones de muestreo en las quebrada entre Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009.**

Estación	Número individuos	Abundancia Relativa (%)	Biomasa (g)	Biomasa Relativa (%)	Número de especies
Q. El Matadero	70	20,23	734,02	23,41	7
Q. Remolinos					
Q. La Planta	29	8,38	248,20	7,91	8
Q. Achira	91	26,30	803,20	25,61	8
Q. La Guamera	72	20,81	429,93	13,71	9
Q. Tamara	7	2,02	98,60	3,14	1
Q. Organi	60	17,34	643,18	20,51	5
Q. la Rica	1	0,29	2,06	0,07	1
Río Sinitavé	12	3,47	70,43	2,25	5
Q. Ticuitá	4	1,16	106,50	3,40	2
<b>Total</b>	<b>346</b>		<b>3136,12</b>		

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO



**Figura 3.1.3.81** Número total de individuos, biomasa y especies capturadas en las estaciones de muestreo ubicadas entre Puerto Valdivia-Presa en Octubre de 2009.

- Distribución de especies en cada una de las estaciones de muestreo: Número y Biomasa

En la Tabla 3.1.3.82 y Figura 3.1.3.82 se observa el número de individuos y biomasa para cada una de las especies en las estaciones de muestreo, encontrando que el mayor número perteneció a *Astyanax fasciatus* en la quebrada El Matadero, donde se capturaron 48 individuos (661,56g), seguida por 48 individuos de *Hemibrycon boquiae* en la quebrada Achirá. En relación con el número de especies en la quebrada La Guamera fueron colectadas nueve especies, mientras que en la quebrada Tamará y La Rica solo se colectó una especie.

Tabla 3.1.3.82 Número de individuos y biomasa por especie para cada una de las estaciones en el tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009

Especie	Q. El Matadero		Q. Remolinos		Q. La Planta		Q. Achira		Q. La Guamera	
	Número	Biomasa	Número	Biomasa	Número	Biomasa	Número	Biomasa	Número	Biomasa
<i>Parodon suborbitale</i>									1	13,49
<i>Astyanax fasciatus</i>	58	661,56			8	111,51	18	209,20	15	159,80
<i>Astyanax Caucanus</i>										
<i>Creagrutus affinis</i>							1	1,83	4	7,53
<i>Creagrutus brevipinnis</i>							2	4,57	1	5,14
<i>Creagrutus cf brevipinnis</i>										
<i>Creagrutus magdalenae</i>					4	6,72	1	1,86	11	46,99
<i>Hemibrycon boquiae</i>	4	16,80			6	36,41	48	255,17	32	147,58
<i>Hemibrycon dentatus</i>	1	5,59			3	19,40			1	4,28
<i>Hyphessobrycon poecilioides</i>	2	2,45			1	0,96				
<i>Brycon henni</i>					1	17,46	1	39,92	1	7,84
<i>Argopleura magdalenensis</i>					4	4,91				
<i>Astroblepus cyclopus</i>										
<i>Astroblepus micrescens</i>										
<i>Astroblepus sp.</i>										
<i>Chaetostoma leucomelas</i>	3	38,34			2	50,83	18	209,65	6	37,28
<i>Chaetostoma thomsoni</i>							2	81,00		
<i>Chaetostoma cf thomsonii</i>	1	7,88								
<i>Pimelodella chagresi</i>	1	1,40								
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>734</b>			<b>29</b>	<b>248</b>	<b>91</b>	<b>803</b>	<b>72</b>	<b>429,93</b>

## Continuación

Especie	Q. Tamara		Q. Organi		Q. la Rica		Río Sinitavé		Q. Ticuitá	
	Número	Biomasa	Número	Biomasa	Número	Biomasa	Número	Biomasa	Número	Biomasa
<i>Parodon suborbitale</i>										
<i>Astyanax fasciatus</i>			5	82,20						

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO BIÓTICO

<i>Astyanax Caucanus</i>							3	31,33		
<i>Creagrutus affinis</i>			1	1,97						
<i>Creagrutus brevipinnis</i>										
<i>Creagrutus cf brevipinnis</i>							1	2,31		
<i>Creagrutus magdalenae</i>										
<i>Hemibrycon boQUIAE</i>	7	98,60	44	266,61						
<i>Hemibrycon dentatus</i>							3	18,67		
<i>Hyphessobrycon poeciliodes</i>							4	15,66		
<i>Brycon henni</i>			9	291,26			1	2,46		
<i>Argopleura magdalenensis</i>										
<i>Astroblepus cyclopus</i>									1	21,20
<i>Astroblepus micrescens</i>									3	85,30
<i>Astroblepus sp.</i>			1	1,14	1	2,06				
<i>Chaetostoma leucomelas</i>										
<i>Chaetostoma thomsoni</i>										
<i>Chaetostoma cf thomsonii</i>										
<i>Pimelodella chagresi</i>										
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>98,60</b>	<b>60</b>	<b>643,18</b>	<b>1</b>	<b>2,06</b>	<b>12</b>	<b>70,43</b>	<b>4</b>	<b>106,50</b>

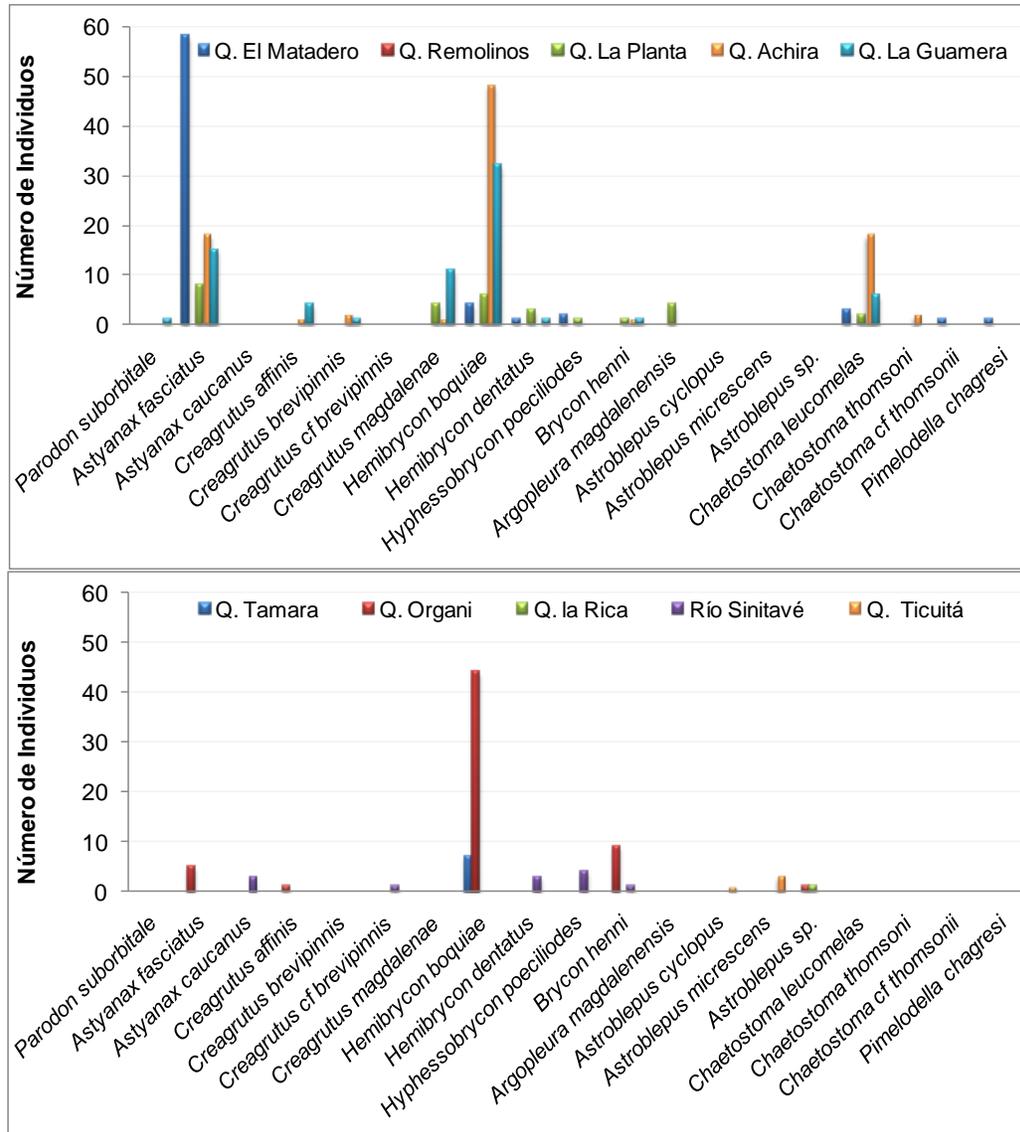


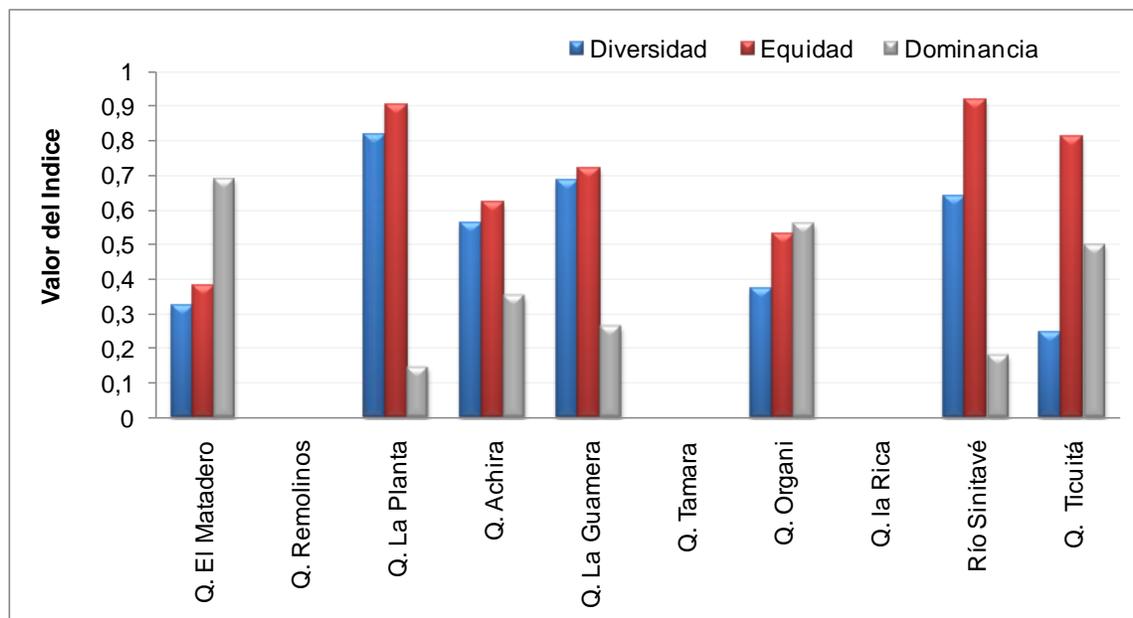
Figura 3.1.3.82 Número de individuos y biomasa por especie para cada una de las estaciones en el tramo Puerto Valdivia Presa en octubre de 2009

– Características emergentes en la asociación de especies

La diversidad de especies para las quebradas ubicadas en el tramo Puerto Valdivia-Presa, presento el mayor valor fue la quebrada La Guamera (0,686) donde fueron colectadas nueve especies, mientras que en las estaciones Remolinos, Tamará y La Rica no se calculo en índice debido a que o no se capturo ninguna especie o solo una (Tabla 3.1.3.83 y Figura 3.1.3.83).

**Tabla 3.1.3.83 Diversidad, equidad y dominancia de especie para cada una de las estaciones de muestreo en el tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009**

Indice	Diversidad	Equidad	Dominancia
Q. El Matadero	0,321	0,379	0,689
Q. Remolinos			
Q. La Planta	0,816	0,904	0,145
Q. Achira	0,562	0,623	0,351
Q. La Guamera	0,686	0,719	0,265
Q. Tamara			
Q. Organi	0,372	0,532	0,56
Q. la Rica			
Río Sinitavé	0,64	0,916	0,182
Q. Ticutá	0,244	0,811	0,5



**Figura 3.1.3.83 Diversidad, equidad y dominancia de especie para cada una de las estaciones de muestreo en el tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009.**

La baja diversidad hallada en las quebradas ubicadas en el tramo el Puerto Valdivia-Presa, muy seguramente se encuentra asociada a las características topográficas del terreno como altas pendientes, terreno escarpado, en algunos casos entrada de residuos sólidos y líquidos, especialmente agroquímicos derivados de los cultivos en sus inmediaciones. También es un factor importante las altas velocidades del agua, las cuales solo permiten la permanencia de especies con algún tipo de adaptación anatómica que le permita resistir las altas corrientes. Este tipo de perturbaciones se observan en general en los ríos andinos los cuales están sometidos a problemáticas asociadas con la alteración de ecosistemas por fragmentación y pérdida de hábitat, alteración en las

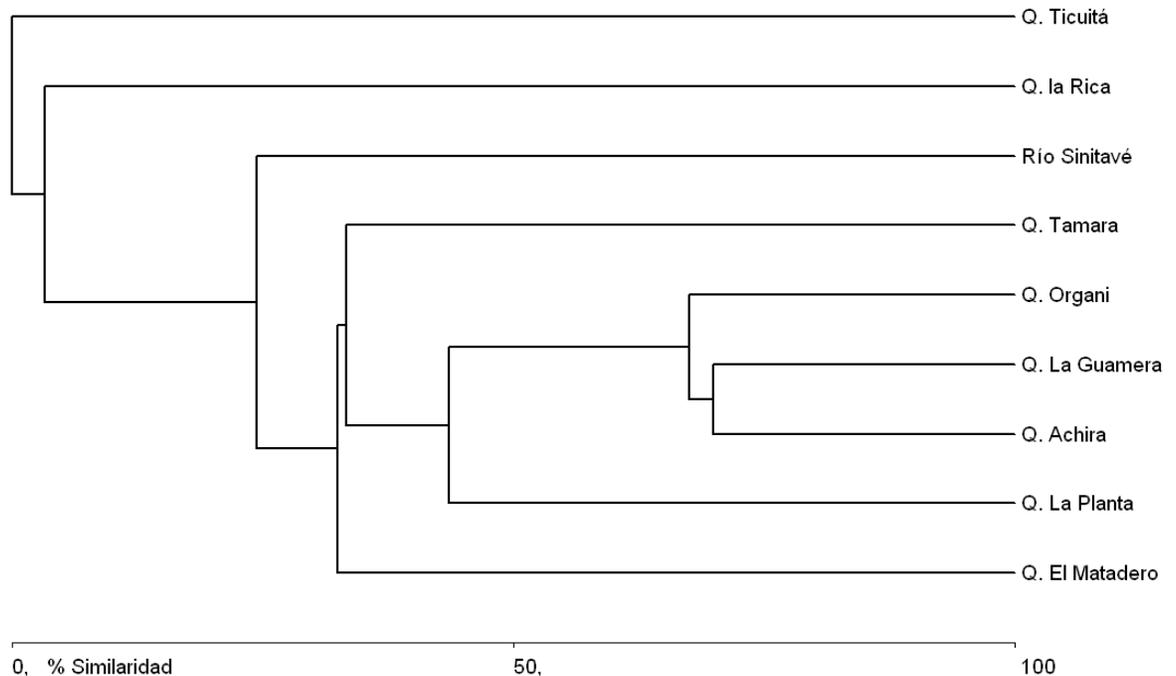
dinámicas de regulación hídrica, pérdida de la cobertura vegetal de sus laderas, alta presión sobre recursos hidrobiológicos, contaminación etc., situaciones que conllevan a una alta pérdida de biodiversidad (Mojica, 1999; Mojica *et al.*, 2002).

- Asociación de especies de peces en las estaciones de muestreo en el tramo Puerto Valdivia-Presa

El análisis de similaridad en las estaciones evidencia que la mayoría de quebradas se separan en un grupo, dentro del cual se asocian grupos menores de mayor similaridad. Entre estos se destaca la alta similaridad entre la quebrada La Guamera y Achirá, las cuales presentan una similaridad del 69,94% (Tabla 3.1.3.84 y Figura 3.1.3.84) pues comparten a *Creagrutus brevipinnis* como especie exclusiva de dichos puntos de colecta. La quebrada Ticuita no presenta ninguna similaridad con las demás estaciones de muestreo pues las dos especies capturadas en esta fueron exclusivas para este punto: *Astroblepus cyclopus* y *Astroblepus micrescens*. Lo cual es el resultado probable de un gradiente mayor y un caudal reducido respecto a los otros sitios de muestreo en este tramo. La quebrada Sinitave se separa del grupo general por la presencia de *Astyanax Caucanus* y *Creagrutus brevipinnis*, mientras que la Quebrada la Rica se separa por la ausencia de la mayoría de las especies. Ya que allí solo fue capturado un individuo de *Astroblepus sp.*

**Tabla 3.1.3.84 Matriz de similaridad de similaridad de Bray-Curtis para las estaciones de muestreo en el tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009**

	Q. El Matadero	Q. La Planta	Q. Achira	Q. La Guamera	Q. Tamara	Q. Organi	Q. la Rica	Río Sinitavé	Q. Ticuitá
Q. El Matadero	*	32,32	31,06	32,39	10,39	13,85	0,00	7,32	0,00
Q. La Planta	*	*	30,00	43,56	33,33	26,97	0,00	24,39	0,00
Q. Achira	*	*	*	69,94	14,29	67,55	0,00	1,94	0,00
Q. La Guamera	*	*	*	*	17,72	59,09	0,00	4,76	0,00
Q. Tamara	*	*	*	*	*	20,90	0,00	0,00	0,00
Q. Organi	*	*	*	*	*	*	3,28	2,78	0,00
Q. la Rica	*	*	*	*	*	*	*	0,00	0,00
Río Sinitavé	*	*	*	*	*	*	*	*	0,00
Q. Ticuitá	*	*	*	*	*	*	*	*	*



**Figura 3.1.3.84** Análisis de similitud de Bray-Curtis para las estaciones de muestreo en el tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009

– Aspectos tróficos generales

Los peces que habitan las microcuencas en el tramo de la Vía Puerto Valdivia-Presa presentan una asociación dominada en número de individuos por especies con hábitos omnívoros (283 individuos – 81.79%), seguidos por los detritívoros con apenas 32 individuos (9.25%). Esta dominancia de omnívoros se debe en gran medida a la presencia y alta abundancia de especies de los géneros *Astroblepus*, *Hemibrycon boquie*, *Astyanax fasciatus* y la abundancia de microcharacidos en general (Tabla 3.1.3.85y figura Figura 3.1.3.85). De los alguívoros sólo se han capturado 1 individuo de *Parodon suborbitalis* (Mazorco). La biomasa presentó un comportamiento semejante con 2613.82g (83.83%). Araujo-Lima *et al.* (1995) resaltan que cerca del 75% de las especies de peces en los ríos son omnívoras o carnívoras y el restante 25% son detritívoras, herbívoras e ictiófagas. La dominancia de las especies omnívoras dentro de estas comunidades ícticas ha sido explicada como una estrategia oportunista para la utilización de recursos de origen alóctono y autóctono según su disponibilidad a lo largo del ciclo hidrológico.

Tabla 3.1.3.85 Número de individuos, biomasa total y especies acumuladas por categoría trófica en las microcuencas del tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009

Categoría trófica	Número de individuos		Biomasa		Especies	
	Total	AR (%)	Total	AR (%)	Total	AR (%)
Alguívoro	1	0,29	13,49	0,43	1	5,3
Detritívoro	32	9,25	424,98	13,55	3	15,8
Omnívoro	283	81,79	2613,82	83,35	10	52,6
Omnívoro-insectívoro	30	8,67	83,83	2,67	5	26,3

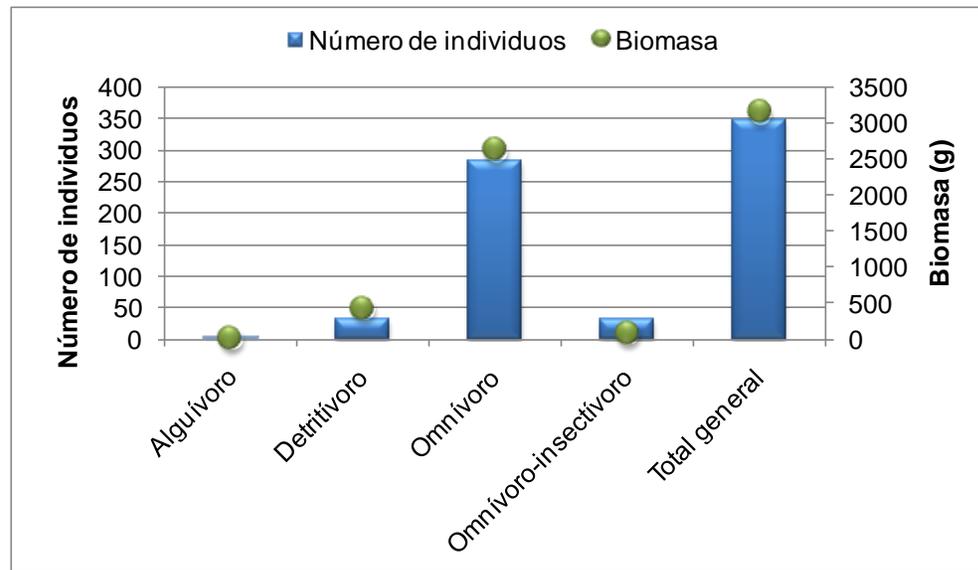


Figura 3.1.3.85 Número de individuos, biomasa total y especies acumuladas por categoría trófica en las microcuencas del tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009

En la Fotografía 3.1.3.85 se presenta en registro fotográfico de las especies de peces capturas en el tramo de la vía Puerto Valdivia-Presa durante el muestreo de octubre de 2009

*Parodon suborbitale*





*Astyanax fasciatus*



*Creagrutus affinis*

*Creagrutus brevipinnis*



*Creagrutus magdalenae*

*Hemibrycon boquiae*





*Hemibrycon dentatus*

*Hyphessobrycon poeciliodes*



*Brycon henni*

*Argopleura magdalenensis*



*Astroblepus cyclopus*

*Astroblepus micrescens*



*Chaetostoma leucomelas*

*Chaetostoma thomsoni*



Fotografía 3.1.3.85 Registro fotográfico de las especies de peces capturadas en las quebradas en el tramo Puerto Valdivia-Presa en octubre de 2009

– Conclusiones

- ◆ Los hábitats en las quebradas ubicadas en el tramo comprendido entre Puerto Valdivia y La presa son ambientes de alto gradiente, con alturas medias sobre el nivel del mar y con presencia de remansos, pequeñas cascadas y en algunos casos zonas de rápido. Estas características los hace favorables para la presencia de gran variedad de especies recidentes, sin embargo el grado de intervención en muchas de las corrientes se convierte en un factor limitante para muchas de ellas.
- ◆ En las microcuencas de este tramo del proyecto fueron colectados 346 individuos y 19 especies, pertenecientes en su mayoría al orden caraciformes o peces de escamas. En segundo lugar estarían los siluriformes de la familia loricaridae con abundancias bastante inferiores. Los géneros *Astyanax* y *Hemibrycon* fueron los más abundantes e hicieron los mayores aportes de biomasa. Favorecidos por características de hábitat como la turbulencia de agua y la presencia de zonas de

remanzo. Mientras que la menor abundancia correspondió a *Parodon suborbitale*. Ninguna de las especies capturadas se encuentra en categoría de riesgo; y de hecho es destacable la presencia de *Brycon henni* (sabaleta), que realiza movimientos migratorios cortos y es de gran importancia económica para la pesca comercial y deportiva así como para el consumo humano y la piscicultura

- ◆ Los sitios de muestreo donde se encontró el mayor número de individuos y las mayores diversidades fueron las quebradas Achirá y La Guamera, lo cual puede deberse a la gran variedad de hábitat presentes en estos cuerpos de agua. Tales como grandes rocas emergente, correderas, pequeñas cascadas y pozas. Así mismo la abundante cobertura vegetal de estas quebradas ofrece un mayor aporte de alimento alóctono. En otras quebradas como Remolinos y la Rica no se presentaron capturas o fueron mínimas como resultado del alto grado de perturbación y las condiciones difíceles del hábitat dadas por la topografía.

- Reajuste y actualización zona de cola del embalse

Las condiciones de sequía reinantes fueron limitantes para la captura de peces, por las altas transparencias y bajos niveles de agua. Sólo se presentaron capturas en tres de las cinco estaciones: Quebradas El tesorero, Juan García y La Rodas. En total, durante febrero de 2010 fueron capturados 15 individuos; todos ellos con atarrayas con 1 y 1.5 cm. Dado que en la Quebrada Ordoñez, única en la que no fue posible el uso de atarraya, no se presentaron capturas; se considera que el esfuerzo de muestreo esta estandarizado y los resultados no son discriminados como captura por unidad de esfuerzo

- Asociación de especies

Los individuos capturados pertenecieron a 3 especies agrupadas en 3 familias y 2 órdenes. La mayor abundancia de individuos se presentó en los Characiformes (60%), seguidos por los siluriformes con el 40% restante (Tabla 3.1.3.86 y Figura 3.1.3.86). los mayores aportes de biomasa corresponden igualmente a los characiformes mientras que el número de familias y especies es mayor para los siluriformes. Las tres especies capturadas pertenecen a las familias familias Characidae, Heptapteridae y Loricariidae (Figura 3.1.3.86 y

Tabla 3.1.3.87). Aunque existe un aporte relativamente equitativo en el número de especies, La familia Characidae domina ampliamente tanto en abundancia como en biomasa, con el 60 % (9 individuos) y el 93% (260.28g) respectivamente.

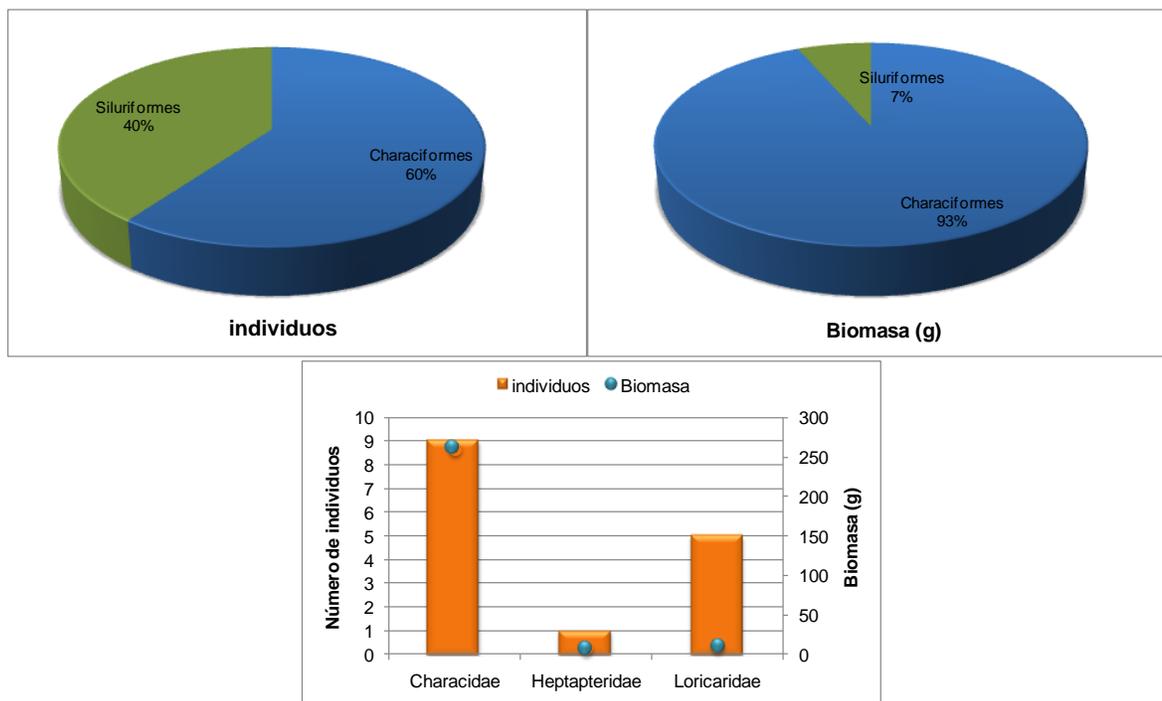
Las proporciones generales de individuos y biomasa por orden encontradas en las quebradas de la zona, son resultados que concuerdan con los reportados en otros trabajos en ecosistemas limnéticos del neotrópico (Lowe-Mc Connell, 1987) y en particular con los de Mojica (1999). Las familias colectadas presentan hábitos diferentes pero todos se ven favorecidos por algunas de las condiciones naturales de las quebradas de alto gradiente, sustrato rocoso y poco profundas, especialmente la familia loricariidae, que puede vivir exitosamente en sistemas torrentosos como estos

**Tabla 3.1.3.86** Número de familias, especies, individuos y biomasa para cada uno de los órdenes de peces capturados en área de cola de embalse en febrero de 2010

Orden	Número de individuos	Abundancia Relativa (%)	Número de Familias	Número de especies	Biomasa (g)
Characiformes	9	60,00	1	1	260,28
Siluriformes	6	40,00	2	2	18,2
<b>Total</b>	<b>15</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>278,48</b>

**Tabla 3.1.3.87** Número de especies, individuos y biomasa para las familias de peces capturadas en área de cola de embalse en febrero de 2010

Familia	Individuos	Biomasa	Especies
Characidae	9	260,28	1
Heptapteridae	1	7,52	1
Loricaridae	5	10,5	1



**Figura 3.1.3.86** Abundancia relativa (%) de los órdenes capturados en el área de cola de embalse

De acuerdo con las capturas de febrero de 2010 y según la sistemática vigente, la asociación íctica de las microcuencas del tramo de cola de embalse es pobre en especies, ya que los tres taxa no superan el 3.37% del listado potencial de 89 especies para la cuenca alta del Río Cauca (Ortega-Lara *et al.*, 1999). De las especies reportadas

por el presente estudio, la más abundante fue *Brycon henni* (sabaleta) con 9 individuos (Tabla 3.1.3.88 y

Tabla 3.1.3.89). La sabaleta es además, un pez de importancia comercial a nivel de pesca deportiva y para consumo local, ya que presentan tallas relativamente grandes y buen sabor. Las especies restantes mantienen abundancias inferiores a cinco individuos y dado su pequeño porte, tampoco hacen aportes de biomasa significativos.

**Tabla 3.1.3.88 Especies capturadas en área de cola de embalse**

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Categoría trófica
Characiformes	Characidae	<i>Brycon henni</i>	Sabaleta	Omnívora
Siluriformes	Heptapteridae	<i>Cetopsoramdia nasus</i>	Rengue	Omnívoro-insectívoro
	Loricaridae	<i>Chaetostoma leucomelas</i>	Cucha	Detritívoro

**Tabla 3.1.3.89 Número de individuos, abundancia relativa y biomasa de las especies ícticas capturadas en área de cola de embalse durante febrero de 2010**

Especie	Número de individuos	Abundancia relativa (%)	Biomasa total (g)	% de Biomasa	Biomasa media	CV Biomasa	Talla media	CV talla
<i>Brycon henni</i>	9	60,00	260,28	93,52	28,92	0,70	98,09	0,21
<i>Cetopsoramdia nasus</i>	1	6,67	7,52	2,70	7,52	0,00	74,70	0,00
<i>Chaetostoma leucomelas</i>	5	33,33	10,5	3,77	2,10	0,16	37,78	0,06
<b>Total</b>	<b>15</b>		<b>278,3</b>					

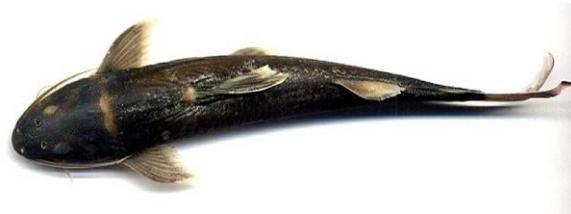
La dominancia de la sabaleta *Brycon henni* es frecuente en cauces secundarios de temperaturas medias que varían entre 18 y 29°C (Montoya *et al.*, 2006), como los de la zona de estudio. La sabaleta es un Charácido endémico de Colombia, habita en las cuencas de los ríos Magdalena, San Juan, Dagua y Patía, es catalogada como una especie promisoría para la cría en cautiverio y para el repoblamiento (Montoya *et al.*, 2006). Y es por ende, una especie importante para la seguridad alimentaria de las poblaciones ribereñas de las zonas que habita y una opción para el aprovechamiento de ciertos cuerpos de agua simultaneo a la conservación de la especie. En este sentido es de anotar que la sabaleta se encuentra en sistemas tanto lóticos como lénticos, con concentraciones de oxígeno disuelto de siete a 10 mg/L (Builes y Urán, 1974; Magallanes, 1989). Lo que le permite mantener poblaciones relativamente saludables en áreas de embalse como lo evidencian los estudios realizados en la cadena de embalses de Porce (Empresas públicas de Medellín, 1998; Urtado-Alarcón, 2005), en La hidroeléctrica de Salvajina (Florez, 1999; Martínez *et al.*, 2001) y recientemente en la cadena de embalses del oriente Antioqueño (Hurtado, 2009). Por otro lado, *B. henni* no aparece en ninguna de las categorías de riesgo propuestas por el libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia (Mojica, 2002).

Respecto a la fauna acompañante de esta especie en la zona de estudio, las especies del género *Chaetostoma* (Fotografía 3.1.3.86) también se verían favorecidas por las características del hábitat, especialmente en la quebrada el tesorero, donde se presentan chorros, rizos y pozas y hay una mayor estabilidad del sustrato. Las especies de este

grupo prefieren pequeñas quebradas o ríos de alta montaña neotropical de tipo primario y secundario con flujo torrentoso pero poco profundas, las cuales son bien oxigenadas, tienen sustrato rocoso y disponibilidad de materia orgánica y perifiton. Sobre la ecología de *Cetopsorhamdia nasus* aún no hay datos concluyentes, dado lo limitado de sus capturas. No obstante, Ruiz-C y Roman-Valencia (2006), y Ortega-Lara (1999) reportan que la especie, de hábitos béntonicos, habita pequeños ríos con temperaturas superiores a 18°C, en remansos con sustrato conformado por piedras, arena, material vegetal en descomposición y orillas conformadas por vegetación arbustiva. Tal como se presenta en la zona de estudio



*Cetopsorhamdia nasus* (rengue)



*Cetopsorhamdia nasus* (rengue)



*Chaetostoma leucomelas* (Cucha)



*Brycon henni* (Sabaleta)

**Fotografía 3.1.3.86 Registro fotográfico de las especies ícticas presentes en las microcuencas del tramo de cola de embalse durante febrero de 2010**

La comunidad presentó una distribución de abundancias por especie con ajuste a una línea de tendencia exponencial ( $r^2=0.93$ ) (Figura 3.1.3.87). Este modelo corresponde a la distribución teórica en serie logarítmica (Loudwig y Reynolds, 1988). La distribución de biomasa presentó un comportamiento similar a la abundancia de individuos por especie, con un ajuste a una línea de tendencia exponencial ( $r^2: 0.82$ ). De acuerdo a este modelo

hay un bajo número de especies abundantes y una gran proporción de especies raras. Pero debe tenerse en cuenta que dado el reducido número de especies e individuos, el modelo de distribución predicho para abundancias y biomásas en el área, esta sujeto a verificación tras muestreos repetidos

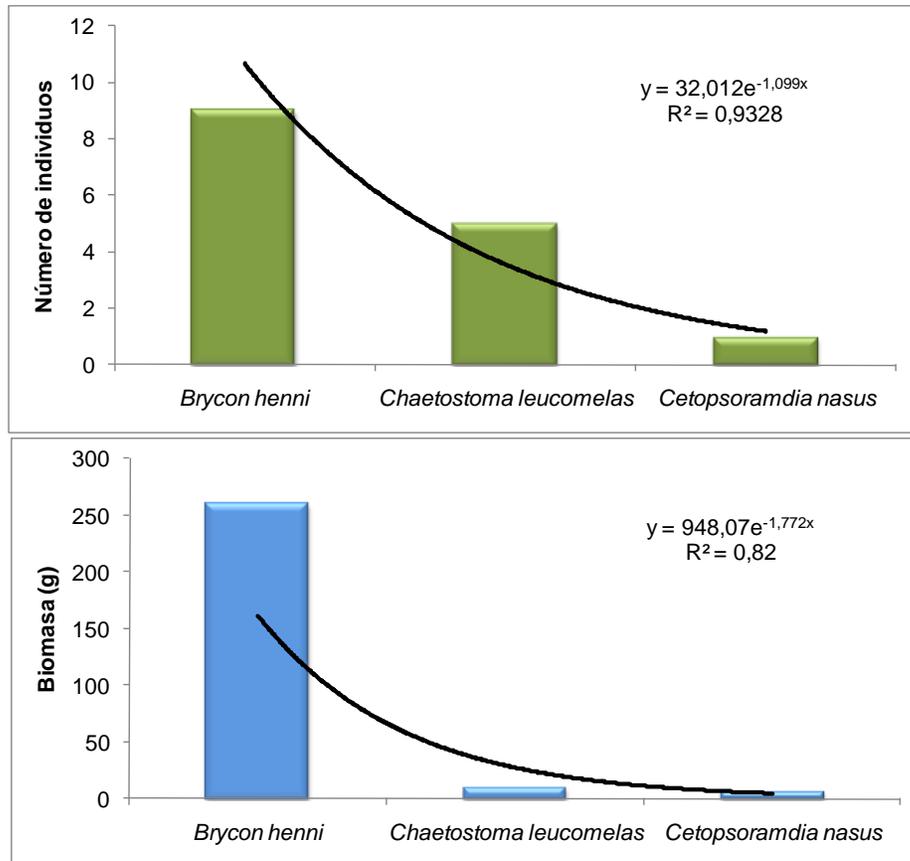


Figura 3.1.3.87 Distribución de abundancia y biomasa por especie íctica en las microcuencas del tramo de cola de embalse durante febrero de 2010

– Abundancia y biomasa por punto de muestreo

Sólo se presentaron capturas en tres de las cinco quebradas estudiadas: Quebrada Rodas, Juan García y El Tesorero; Presentando valores de abundancia muy semejantes entre puntos de muestreo. Las mayores abundancias se encontraron en la quebrada Rodas (P3) y las menores en La quebrada Juan García (P4) con seis y cuatro individuos respectivamente. La biomasa presentó los mayores valores en la quebrada El tesorero (142.54g), mientras que fue mínima en la Quebrada Juan García (14g), debido a la ausencia de *Brycon henni*, especie que hace los mayores aportes (Tabla 3.1.3.90 y Tabla 3.1.3.91, Figura 3.1.3.88 y Figura 3.1.3.89).

Tabla 3.1.3.90 Número de individuos por especie íctica en las microcuencas del tramo de cola de embalse durante febrero de 2010

Especie	Q. Juan Garcia	Q. Rodas	Q. Tesorero
<i>Brycon henni</i>		6	3
<i>Cetopsoramdia nasus</i>	1		
<i>Chaetostoma leucomelas</i>	3		2

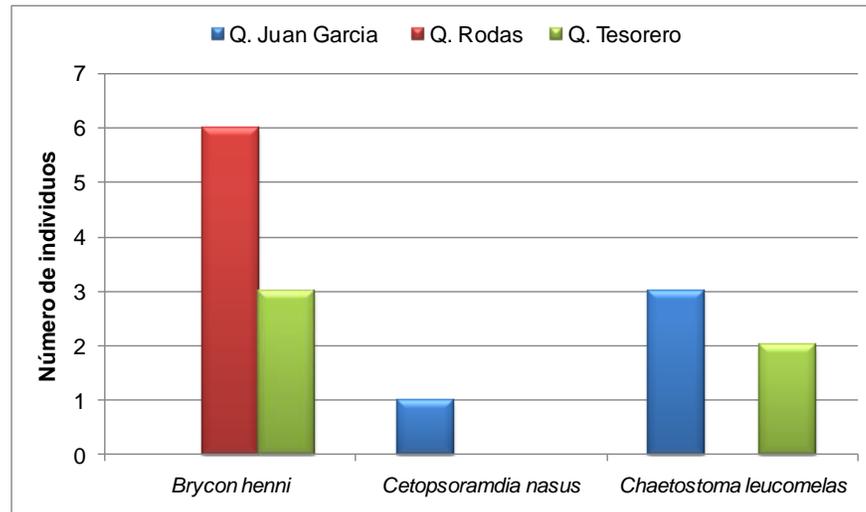
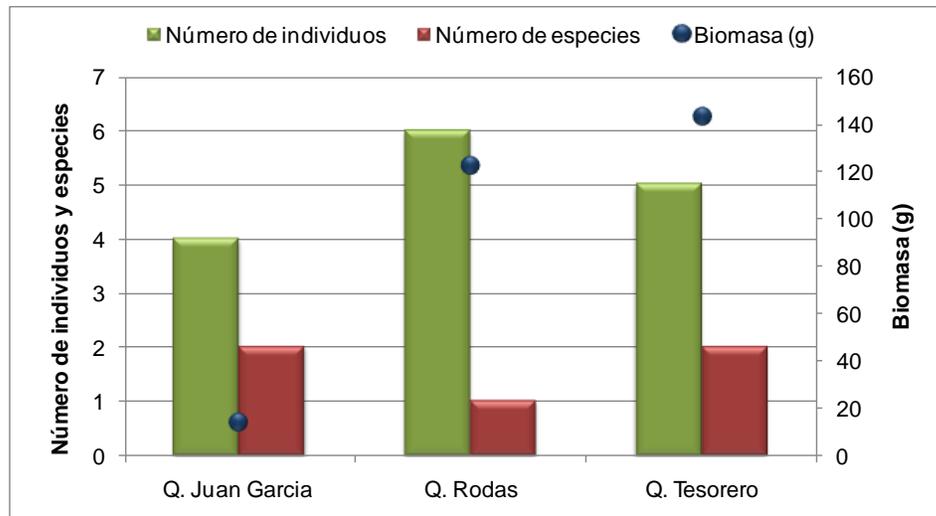


Figura 3.1.3.88 Distribución de abundancia por especie íctica en las microcuencas del tramo de ajuste cartografico durante febrero de 2010

Tabla 3.1.3.91 Número total de individuos, número de especies y biomasa de peces en las microcuencas del tramo de cola de embalse durante febrero de 2010

código	Número de individuos	%	Número de especies	%	Biomasa (g)	%
Q. Juan Garcia	4	26,67	2	40	14,00	5,03
Q. Rodas	6	40,00	1	20	121,76	43,75
Q. Tesorero	5	33,33	2	40	142,54	51,22
<b>Total</b>	<b>15</b>		<b>5</b>		<b>278,3</b>	



**Figura 3.1.3.89 Distribución del número de individuos, número de especies y biomasa capturadas en las microcuencas del tramo de cola de embalse durante febrero de 2010**

Las diferencias que se observan en la composición de especies son explicable a partir de algunas diferencias de hábitat. La ausencia de sabaletas (*Brycon henni*) en la quebrada Juan García estaría asociada al evidente deterioro del ecosistema tanto por el aporte de aguas residuales como por el constante tránsito de personas y vehículos. Pero también se asocia a la ausencia de cobertura vegetal que aporte frutos, semillas y hojarasca necesarios como recurso trófico y a la carencia de microhábitats favorables como chorros, donde suele permanecer esta especie. Sorprende la captura en este sitio de *Cetopsorhamdia nasus*, especie reportada como propia de corrientes rápidas en aguas sin vertimientos orgánicos y químicos (Ortega-Lara *et al.* 1999); y su presencia podría sugerir procesos adaptativos de algunas poblaciones de la especie a una mayor tolerancia ambiental.

*Chaetostoma leucomelas* por su parte, fue capturado en dos de las tres quebradas mencionadas. En todas ellas con muy baja abundancia. Lo que es una probable consecuencia de la inestabilidad del sustrato rocoso y por ende la remoción permanente de algas perifíticas, principal componente de la dieta de este grupo.

En las quebradas la Sucia y Ordoñez, donde no se presentaron capturas. Y en buena medida en todas las microcuencas, las condiciones de hábitat son desfavorables en este periodo por los bajos niveles de agua, y en general por la gran exposición del cauce, escasez de microhábitats y la aparentemente frecuente remoción del sustrato.

– Características emergentes en la asociación de especies

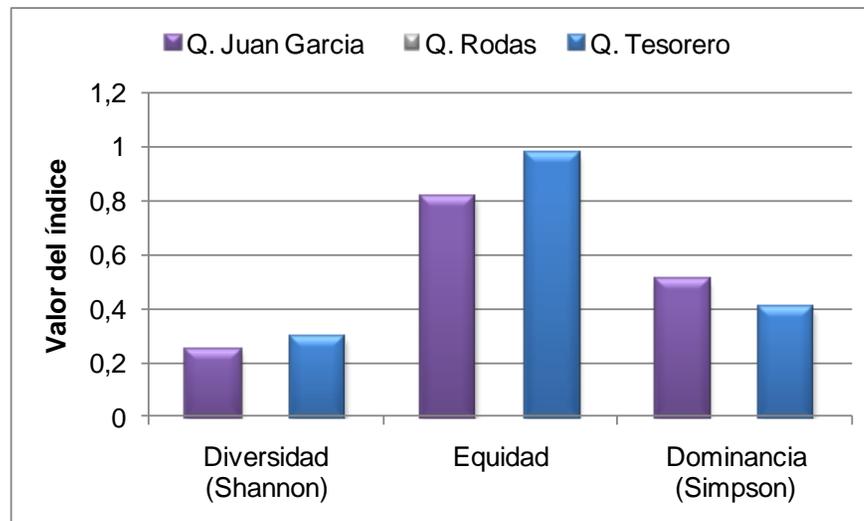
Dado el bajo número de individuos y especies capturadas no resulta informativa la inclusión de curvas de acumulación o rarefacción y se presenta una síntesis de los análisis de diversidad y similaridad de la asociación de especies.

Los valores de diversidad, equidad y dominancia solo pudieron estimarse en las quebradas Juan García y el Tesorero, debido a que se requiere un número mínimo de

dos especies. Los valores obtenidos fueron muy semejantes entre si; y si bien la equidad es alta, la diversidad pueden considerarse notablemente baja, con un máximo de 0.29 en El Tesorero (Tabla 3.1.3.92 y Figura 3.1.3.90). Tal como se mencionó anteriormente las características de hábitat particulares pueden determinar la presencia de asociaciones específicas para cada punto de muestreo. Entre dichas características estarían tanto las condiciones abióticas y de disponibilidad de recursos como las interacciones de con otras especies Brown (1984) y Wotton (1992).

**Tabla 3.1.3.92 Diversidad de especies ícticas para las microcuencas del tramo de cola de embalse durante febrero de 2010**

Estación	Diversidad (Shannon)	Equidad	Dominancia (Simpson)
Q. Juan Garcia	0,244	0,811	0,5
Q. Rodas	0	0	0
Q. Tesorero	0,292	0,971	0,4



**Figura 3.1.3.90 Diversidad de especies en las microcuencas del tramo de cola de embalse durante febrero de 2010**

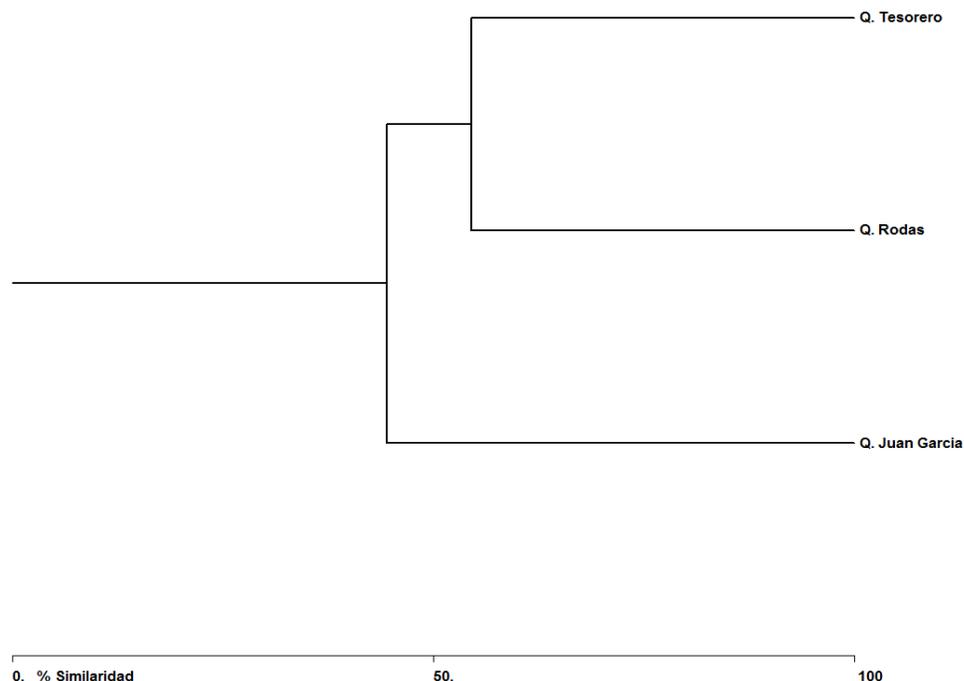
La pobreza de especies e individuos en las asociaciones ícticas de la zona de cola de embalse, sugieren estados de deterioro importantes de las microcuencas y la persistencia de algunas especies como *Brycon* y *Cetopsorhandia* evidencian un incremento en la tolerancia de estos organismos al estrés ambiental. No obstante, debe reconocerse el impacto del periodo de estiaje sobre la concentración de contaminantes y la pérdida de hábitats. Es posible que en periodos lluviosos o de régimen pluviométrico diferentes al fenómeno del niño, se incrementen tanto los valores de abundancia como la diversidad de especies

Las estaciones seca y lluviosa en los ríos tropicales implican cambios en el flujo anual de nutrientes desde los bosques adyacentes. De ahí que el ciclo de vida de los peces en estos ríos es fuertemente afectado por los cambios en el nivel del agua derivados de la

reducción en las precipitaciones durante los años niño vs los años niña (Houghton *et al.*, 2001, Meisner and Shuter, 1992). Entre los efectos posibles sobre las asociaciones de especies se encuentra que cuando los niveles de los ríos bajan por las sequías prolongadas, pueden cambiar las tasas de crecimiento y las capturas totales de las poblaciones ícticas, en respuesta a la disponibilidad y calidad de los recursos y el hábitat (Meisner and Shuter, 1992; Welcomme and Hagborg, 1977 en WWF, 2003). Así mismo pueden cambiar la composición de las asociaciones como respuesta a la tolerancia relativa de las especies, a la reducción de oxígeno en las pozas y el incremento en la temperatura, la concentración de los contaminantes y la competencia entre otras (Glavin, 1996).

En general se presenta una similaridad de Bray-curtis baja entre los puntos de muestreo, formándose un solo grupo integrado por las quebradas El Tesorero (P2) y Rodas (P3), las cuales presentan una similaridad de 54.5%. La Quebrada Juan García (P4) se separan de este grupo, presentando un valor de similaridad igual a 44.4 (Figura 3.1.3.91 y

Tabla 3.1.3.93). La similaridad entre las estaciones P1 y P2 está definida por la presencia de *Brycon henni*. Mientras que la separación de E3 está relacionada con la presencia de *Cetopsorhamdia nasus*.



**Figura 3.1.3.91** Análisis de similaridad de Bray-curtis con datos de abundancia de las especies en las microcuencas del tramo de cola de embalse durante febrero de 2010

**Tabla 3.1.3.93 Análisis de similaridad de Bray Curtis con datos de abundancia de las especies en las microcuencas del tramo de cola de embalse durante febrero de 2010**

Estación	Q. Juan Garcia	Q. Rodas	Q. Tesorero
Q. Juan Garcia	*	0	44,44
Q. Rodas	*	*	54,54
Q. Tesorero	*	*	*

– Aspectos tróficos y de biología básica de las especies

Los individuos de *Brycon henni* capturadas en la zona presentan tallas medianas, con valores promedio de 28.92 g y 98.09 mm y máximos de 66 g y 132 mm, aun por fuera de la talla comercial (Tabla 3.1.3.94 y Figura 3.1.3.92). *Chaetostoma leucomelas* y *Cetopsorhandia nasus* presentaron un número de capturas inferior al necesario para tener resultados concluyentes respecto a su distribución de tallas. Sin embargo, en el caso de *Chaetostoma leucomelas* se tienen algunos estudios como el de Ríos *et al.*, 2009, en el cual se compiló información del género en tres cuencas andinas y se encontró que las tallas máximas raramente superan los 100g y los 80mm. Y son en promedio inferiores a 10g. De tal manera que los promedios medidos en el área del proyecto se ajustan a los de otras cuencas. De *Cetopsorhandia nasus* Ruiz-C. & Román-Valencia (2006) reportan tallas promedio de 46mm, con rangos entre 29 y 88mm, siendo que el individuo capturado en este estudio había alcanzado el rango mas alto de talla.

**Tabla 3.1.3.94 Valores mínimos máximos y promedio de peso y talla de las especies capturadas en el tramo de cola de embalse durante febrero de 2010**

Especie	Biomasa (g)			Longitud estándar (mm)		
	Media	Mínima	Máxima	Media	Mínima	Máxima
<i>Brycon henni</i>	28,92	11,73	66,02	98,09	77,40	132,00
<i>Cetopsoramdia nasus</i>	7,52	7,52	7,52	74,70	74,70	74,70
<i>Chaetostoma leucomelas</i>	2,10	1,70	2,52	37,78	34,60	41,00

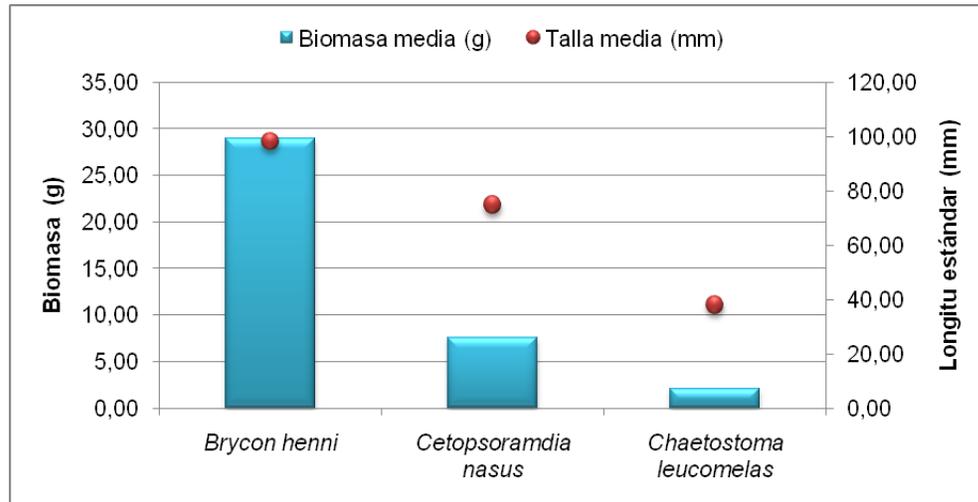
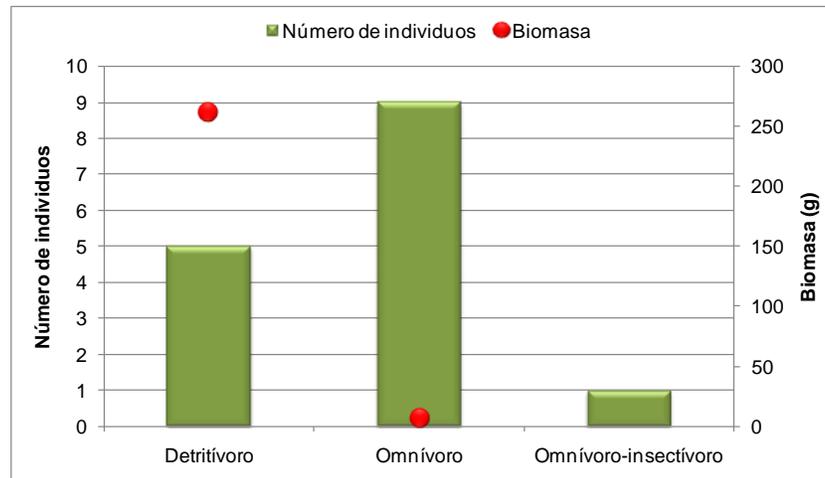


Figura 3.1.3.92 Dimensiones promedio de las especies capturadas en el tramo de cola de embalse durante febrero de 2010

En cuanto a los aspectos tróficos, en la asociación íctica del tramo de cola de embalse se han identificado tres grupos tróficos: los detritívoros, los omnívoros y los omnívoros insectívoros. Las capturas estuvieron dominadas en número de individuos y biomasa por especies con hábitos omnívoros (60%), lo cual se debe a la abundancia y biomasa de *Brycon henni*; mientras que en el número de especies, el aporte de todos los grupos tróficos fue equitativo. Los menores aportes corresponden a los omnívoros insectívoros, para quienes solo fue capturado un individuo. (Tabla 3.1.3.95 y Figura 3.1.3.93). La asociación de gremios tróficos identificada no riñe con lo reportado por Araujo-Lima *et al.* (1995), quienes resaltan que cerca del 75% de las especies de peces en los ríos son omnívoras, como una estrategia para aprovechar una disponibilidad variable de los recursos.

Tabla 3.1.3.95 Distribución del número de individuos, biomasa y especies por categoría trófica en las microcuencas del tramo de cola de embalse durante febrero de 2010

Categoría trófica	Número de individuos	AR (%)	Especies	%	Biomasa	%
Detritívoro	5	33,33	1	33,33	10,5	3,77
Omnívoro	9	60,00	1	33,33	260,28	93,52
Omnívoro-insectívoro	1	6,67	1	33,33	7,52	2,70



**Figura 3.1.3.93** Número de individuos, biomasa y especies totales en las microcuencas del tramo de cola de embalse durante febrero de 2010

De la dieta de *Chaetostoma leucomelas* Rios, *et al* (2009) reportan que se alimenta de perifiton, hallándose como grupo dominante las Chrysophytas (Diatomeas). En su tracto digestivo han sido encontrados más de 40 géneros algales entre los que se destacan por su frecuencia y abundancia *Oscillatoria*, *Lyngbya*, *Nitzschia*, *Pinnularia*, *Fragilaria*, *Navicula*, *Gonphonema* y *Cymbella*. La mayoría de estos géneros son abundantes en las microcuencas del área de influencia del proyecto Hidrológico y favorecerían la presencia de la especie en condiciones de recuperación de los ecosistemas.

Dada la importancia de *Brycon henni* (Sabaleta) en las capturas de la zona cabe anotar algunos aspectos de su biología básica, identificados a lo largo de numerosos estudios en diferentes cuencas del país y que pueden servir de insumo para definir acciones de manejo a aprovechamiento a nivel local.

La dieta de esta especie es muy variable, y en sus contenidos estomacales han sido encontrados insectos (Diptera, Hymenoptera, Coleoptera, Odonata, Lepidoptera, Plecoptera, Ephemeroptera, Megaloptera, Tricoptera, Orthoptera), arácnidos, restos de peces (*Oreochromis sp*, *Astyanax sp*, *Brycon henni*, *Tilapia mossambica* y escamas) crustáceos, moluscos (Gastrópoda), anélidos (*Tubifex sp*) ranas y renacuajos, restos de material vegetal (hojas, frutos, semillas y raíces), arena y limo (Florez, 1999 en Montoya-López *et al.*, 2006; Trahl, 1973).

En cuanto a su reproducción, algunos autores sugieren que el pico reproductivo coincide con los meses de mayor precipitación (Builes-Urán, 1974 y Florez, 1999 en Montoya-López *et al.*, 2006), mientras otros reportan una coincidencia con los máximos valores de temperatura (Arboleda *et al.*, 2005). No se han identificado migraciones reproductivas como las que presentan los prochilodontidos (bocachico). Los movimientos de la sabaleta entre el cauce principal y tributarios pequeños, se puede considerar como movimientos de “protección”, puesto que los individuos se desplazan en busca de mejores condiciones del agua como temperatura y transparencia (Perdomo, 1978 en Montoya-López *et al.*, 2006).

– Conclusiones

- ◆ Las microcuencas del área de Reajuste y actualización zona de cola del embalse se caracterizan por ser en su mayoría corrientes que descienden por valles amplios del lecho rocoso inestable y márgenes con procesos erosivos asociados a los fenómenos de creciente, deforestación y actividades antrópicas.
- ◆ Sólo se presentaron capturas de peces en tres de las cinco quebradas estudiadas: Quebrada Rodas, Juan García y El Tesorero. La ictiofauna de la zona es pobre tanto en especies como en individuos y presenta valores de abundancia igualmente bajos entre los puntos de muestreo donde ocurrieron capturas; probablemente favorecidos por los mínimos niveles de agua asociados al fenómeno del niño y el alto grado de intervención de los ecosistemas.
- ◆ Se capturaron en total 15 individuos pertenecientes a tres especies de las familias loricaridae (*Chaetostoma leucomelas*), Heptapteridae (*Cetopsorhamdia nasus*) y Characidae (*Brycon henni*). Esta última la de mayor abundancia y biomasa. La presencia de estas especies en las quebradas pese a su alto grado de intervención, está asociada a características de hábitat como el bajo nivel de agua, sustrato rocoso y disponibilidad del recurso trófico para organismos detritívoros como *Chaetostoma* y omnívoros como la Sabaleta (*Brycon henni*).
- ◆ Debe destacarse la presencia de La sabaleta en la zona ya que se encuentra en sistemas tanto lóticos como lénticos y es una especie promisorio para la cría en cautiverio y para el repoblamiento, que puede mantener poblaciones relativamente saludables en áreas de embalse. Situación que permitiría con un manejo adecuado tanto su conservación como su aprovechamiento comercial.