

## TABLA DE CONTENIDO

13. CÁLCULO DE ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA .....	7
<b>13.1. Índice de Calidad del Agua – ICA. ....</b>	<b>7</b>
13.1.1. Resultados del Índice de calidad de agua primera campaña.....	9
13.1.2. Resultados del Índice de calidad de agua segunda campaña .....	15
<b>13.2. Índice de alteración potencial de la calidad de agua - IACAL. ....</b>	<b>23</b>
<b>13.3 Caracterización hidrobiológica .....</b>	<b>42</b>
13.3.1 Unidad Hidrográfica Alto Teusacá.....	46
13.3.3.1 Índices Ecológicos.....	48
13.3.3.2 Índice BMWP.....	48
13.3.2 Unidad Hidrográfica Teusacá San Rafael .....	51
13.3.2.1 Índices Ecológicos.....	53
13.3.2.2 Índice BMWP.....	53
13.3.3 Unidad Hidrográfica Bajo Teusacá.....	57
13.3.3.1 Índices Ecológicos.....	59
13.3.3.2 Índice BMWP .....	60
13.3.4 Unidad Hidrográfica Río Siecha .....	64
13.3.4.1 Índices Ecológicos.....	65
13.3.4.2 Índice BMWP.....	66
13.3.5 Unidad Hidrográfica Río Aves .....	69
13.3.5.1 Índices Ecológicos.....	71
13.3.5.2 Índice BMWP.....	72
13.3.6 Unidad Hidrográfica Afluente Tominé.....	75
13.3.6.1 Índices Ecológicos.....	76
13.2.6.2 Índice BMWP.....	76
13.3.7 Unidad Hidrográfica Afluente .....	78
13.3.7.1 Índices Ecológicos.....	80
13.3.7.2 Índice BMWP .....	81
<b>13.4. Bbliografía citada y consultada.....</b>	<b>88</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 13.1.</b> Descriptores para presentar el aplicativo del ICA.....	7
<b>Tabla 13.2.</b> Ponderación de variables en el ICA.....	8
<b>Tabla 13.3.</b> Resultados cálculo del ICA primera campaña. ....	9
<b>Tabla 13.4.</b> Resultados ICA segunda campaña de monitoreo. ....	15
Tabla 13. 5. Categoría y descriptor del IACAL .....	24
Tabla13. 6. Rangos de los valores alternativos que puede tomar el IACAL.....	25
Tabla 13.7. Categorías y descriptores de presión, clasificados de acuerdo con los percentiles asignados a las cargas en Ton/año .....	27
Tabla 13.8. Categorías y descriptores de presión por subzona hidrográfica, clasificados de acuerdo con los percentiles asignados al cociente de carga en Ton/año y oferta total (MMC).....	27
<b>Tabla 13.9.</b> Cálculo de las cargas contaminantes con los parámetros necesarios.....	29
<b>Tabla 13.10.</b> Cálculo del IACAL total en Ton/año por parámetro. ....	33
<b>Tabla 13.11.</b> Cálculo del IACAL total en Ton/año/millón de metros cúbicos por parámetro. .....	37
<b>Tabla 13.12.</b> Índices ecológicos calculados para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presente en la unidad hidrográfica Alto Teusacá. ....	48
<b>Tabla 13.13.</b> Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes a Alto Teusacá I Campaña.....	48
<b>Tabla 13.14.</b> Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes a Alto Teusacá II Campaña.....	49
<b>Tabla 13.14.</b> Índices ecológicos calculados para la comunidad perifítica presente en la unidad hidrográfica Alto Teusacá. ....	51
<b>Tabla 13.15.</b> Índices ecológicos calculados para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presente en la unidad hidrográfica Teusacá San Rafael. ....	53
<b>Tabla 13.16.</b> Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes a Teusacá San Rafael I Campaña.....	54
<b>Tabla 13.17.</b> Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes a Teusacá San Rafael II Campaña.....	54
<b>Tabla 13.19.</b> Índices ecológicos calculados para la comunidad perifítica presente en la unidad hidrográfica Tominé San Rafael. ....	57
<b>Tabla 13.20.</b> Índices ecológicos calculados para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presente en la unidad hidrográfica Bajo Teusacá. ....	60
<b>Tabla 13.21.</b> Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes al Bajo Teusacá I Campaña.....	61
<b>Tabla 13.22.</b> Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes al Bajo Teusacá II Campaña.....	61
<b>Tabla 13.23.</b> Índices ecológicos calculados para la comunidad perifítica presente en la unidad hidrográfica Bajo Teusacá. ....	63

<b>Tabla 13.24.</b> Índices ecológicos calculados para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presente en la unidad hidrográfica Río Siecha.....	66
<b>Tabla 13.25.</b> Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes al Río Siecha I Campaña.....	66
<b>Tabla 13.26.</b> Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes al Río Siecha II Campaña.....	67
<b>Tabla 13.27.</b> Índices ecológicos calculados para la comunidad perifítica presente en la unidad hidrográfica Río Siecha. ....	69
<b>Tabla 13.28.</b> Índices ecológicos calculados para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presente en la unidad hidrográfica Río Aves. ....	71
<b>Tabla 13.29.</b> Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes al Río Aves I Campaña. ....	72
<b>Tabla 13.29.</b> Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes al Río Aves II Campaña.....	72
<b>Tabla 13.26.</b> Índices ecológicos calculados para la comunidad perifítica presente en la unidad hidrográfica Río Aves. ....	74
<b>Tabla 13.27.</b> Índices ecológicos calculados para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presente en la unidad hidrográfica Afluente Tominé. ....	76
<b>Tabla 13.33.</b> Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes al Río Aves I Campaña. ....	77
<b>Tabla 13.34.</b> Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes al Río Aves I Campaña. ....	77
Tabla 29. Índices ecológicos calculados para la comunidad perifítica presente en la unidad hidrográfica Afluente Tominé.....	78
<b>Tabla 13.30.</b> Índices ecológicos calculados para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presente en la unidad hidrográfica del Embalse. ....	80
<b>Tabla 13.37.</b> Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes al embalse.....	81
<b>Tabla 13.32.</b> Índices ecológicos calculados para la comunidad perifítica presente en la unidad hidrográfica Embalse. ....	83
<b>Tabla 13.33.</b> Índices ecológicos calculados para la comunidad fitoplanctónica presente en la unidad hidrográfica Embalse.....	85
<b>Tabla 13.34.</b> Índices ecológicos calculados para la comunidad fitoplanctónica presente en la unidad hidrográfica Embalse.....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 13.1.</b> Índice de calidad de agua ICA Teusacá primera campaña.....	13
<b>Figura 13.2.</b> Índice de calidad de agua ICA Tominé primera campaña .....	14
<b>Figura 13.3.</b> Índice de calidad de agua ICA Teusacá segunda campaña .....	20
<b>Figura 13.4.</b> Índice de calidad de agua ICA Tominé segunda campaña .....	21
<b>Figura 13.5.</b> Delimitación del área de estudio por unidades hidrográficas y ubicación de las estaciones de monitoreo.....	44
<b>Figura 13.6.</b> Abundancia (ind/m <sup>2</sup> ) de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Alto Teusacá.....	47
<b>Figura 13.7.</b> Riqueza (# de especies) de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Alto Teusacá.....	47
<b>Figura 13.8.</b> Abundancia (células/litro) de organismos pertenecientes a la comunidad perifítica de las estaciones correspondientes a Alto Teusacá. (*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10) .....	50
<b>Figura 13.9.</b> Riqueza (# de especies) de perifiton pertenecientes a las estaciones de Alto Teusacá.....	50
<b>Figura 13.10.</b> Abundancia (ind/m <sup>2</sup> ), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Teusacá San Rafael. (*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10) .....	52
<b>Figura 13.11.</b> Riqueza (# de especies), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Teusacá San Rafael. ....	52
<b>Figura 13.12.</b> Abundancia (células/litro) de organismos pertenecientes a la comunidad perifítica de las estaciones correspondientes a Teusacá San rafael. (*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10) .....	56
<b>Figura 13.13.</b> Riqueza (# de especies) de perifiton pertenecientes a las estaciones de Teusacá San Rafael. ....	56
<b>Figura 13.14.</b> Abundancia (ind/m <sup>2</sup> ), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Bajo Teusacá. (*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10) .....	59
<b>Figura 13.15.</b> Riqueza (# de especies), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Bajo Teusacá.....	59
<b>Figura 13.16.</b> Abundancia (células/litro) de organismos pertenecientes a la comunidad perifítica de las estaciones correspondientes a Bajo Teusacá. (*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10) .....	62
<b>Figura 13.17.</b> Riqueza (# de especies) de perifiton pertenecientes a las estaciones de Bajo Teusacá.....	63
<b>Figura 13.18.</b> Abundancia (ind/m <sup>2</sup> ), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Río Siecha. (*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10) .....	65

Figura 15. Riqueza (# de especies), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Río Siecha. ....	65
<b>Figura 13.20.</b> Abundancia (células/litro) de organismos pertenecientes a la comunidad perifítica de las estaciones correspondientes a Río Siecha. (*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10) .....	68
<b>Figura 13.21.</b> Riqueza (# de especies) de perifiton pertenecientes a las estaciones de Río Siecha. ....	68
<b>Figura 13.22.</b> Abundancia (ind/m <sup>2</sup> ), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Río Aves. (*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10) .....	70
<b>Figura 13.23.</b> Riqueza (# de especies), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Río Aves. ....	71
<b>Figura 13.24.</b> Abundancia (células/litro) de organismos pertenecientes a la comunidad perifítica de las estaciones correspondientes a Río Aves. (*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10) .....	73
<b>Figura 13.25.</b> Riqueza (# de especies) de perifiton pertenecientes a las estaciones de Río Aves. ....	74
<b>Figura 13.26.</b> Abundancia (ind/m <sup>2</sup> ), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Afluente Tominé (*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10) .....	75
Figura 23. Riqueza (# de especies), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Afluente Tominé.....	76
<b>Figura 13.28.</b> Abundancia (células/litro) de organismos pertenecientes a la comunidad perifítica de las estaciones correspondientes a Afluente Tominé. (*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10). ....	77
<b>Figura 13.29.</b> Riqueza (# de especies) de perifiton pertenecientes a las estaciones de Afluente Tominé.....	78
<b>Figura 13.30.</b> Abundancia (ind/m <sup>2</sup> ), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en el Embalse (*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10) .....	79
<b>Figura 13.31.</b> Riqueza (# de especies), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en el Embalse. ....	80
<b>Figura 13.32.</b> Abundancia (células/litro) de organismos pertenecientes a la comunidad perifítica de las estaciones correspondientes al Embalse. (*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10). ....	82
Figura 29. Riqueza (# de especies) de perifiton pertenecientes a las estaciones del embalse. ....	82
<b>Figura 13.34.</b> Abundancia (células/litro) de organismos pertenecientes a la comunidad fitoplanctónica de las estaciones correspondientes al Embalse. ....	84
<b>Figura 13.35.</b> Riqueza (# de especies) de fitoplancton pertenecientes a las estaciones del Embalse.....	84

**Figura 13.36.** Abundancia (ind/litro) de organismos pertenecientes a la comunidad zooplanctónica de las estaciones correspondientes al Embalse. (\*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10). ..... 86

**Figura 13.37.** Riqueza (# de especies) de zooplancton pertenecientes a las estaciones del Embalse..... 86

### 13. CÁLCULO DE ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA

#### 13.1. Índice de Calidad del Agua – ICA.

El cálculo de índice de contaminación de agua ICA, se realizó con la metodología del Ideam, en la cual el índice de calidad del agua ICA es una expresión agregada y simplificada, sumatoria aritmética equiponderada de cinco parámetros físico-químicos básicos, medidos sistemáticamente en la Red de Referencia de Agua Superficial.

Determina condiciones fisicoquímicas generales de la calidad de un cuerpo de agua y, en alguna medida, permite reconocer problemas de contaminación en un punto determinado, para un intervalo de tiempo específico. Permite representar el estado en general del agua y las posibilidades o limitaciones para determinados usos en función de variables seleccionadas, mediante ponderaciones y agregación de variables físicas, químicas y biológicas<sup>1</sup>.

El índice tiene una clasificación de calidad con un valor numérico de cero (0) a uno (1), que representa la calidad del agua en orden de: muy malo, malo, regular, aceptable y bueno.

**Tabla 13.1.** Descriptores para presentar el aplicativo del ICA.

Descriptores	Ambito numérico	Color
Muy malo	0 – 0.25	rojo
Malo	0.26 – 0.50	naranja
Regular	0.51 – 0.70	amarillo
Aceptable	0.71 – 0.90	verde
Bueno	0.91 – 1.00	azul

Fuente: ENA 2010.

Para los parámetros seleccionados se construyen “relaciones funcionales” o “curvas funcionales” (ecuaciones), en las que los niveles de calidad de 0 a 1 se representan en las ordenadas de cada gráfico y los distintos niveles (o intensidades) de cada variable en las abscisas, generando curvas representativas de la variación de la calidad del agua con respecto a la magnitud de cada contaminante<sup>2</sup>.

El ICA se calculó a partir de siete (7) parámetros, a los cuales se les asigna un valor que se extrae de gráficas o ecuaciones de calidad, el cual está en un rango de 0-1. El índice es calculado como la multiplicación ponderada de los siete (7) parámetros, así

$$ICA = \sum W_i I_i$$

<sup>1</sup> Ideam 2010. Estudio Nacional del Agua – ENA., Pág. 234.

<sup>2</sup> Ibíd., Pág. 235

Donde W es el peso de importancia asignado a cada variable (ver tabla 13.2), e I es el subíndice de calidad.

**Tabla 13.2.** Ponderación de variables en el ICA.

Variable	Expresada como	Peso de importancia
Oxígeno disuelto, OD	% saturación	0,16
Sólidos suspendidos totales, SST	mg/L	0,14
Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	0,14
Conductividad eléctrica, CE	μS/cm	0,14
Relación N total /P total	(mg/l)/(mg/l)	0,14
pH	Unidades de pH	0,14
Coliformes fecales	UFC/100 mL	0,14
<b>Total</b>		<b>1,00</b>

Fuente: ENA 2010.

Las siguientes son las ecuaciones para el cálculo de los subíndices de calidad de sólidos suspendidos, conductividad eléctrica y pH, respectivamente.

- Índice de saturación de oxígeno.

Si  $PS < 100\%$

Índice de % de saturación =  $1 - (1 - 0,01 * PS)$

Si  $PS > 100\%$

Índice % de saturación =  $1 - (0,01 * PS - 1)$

- Índice para sólidos suspendidos totales.

Si  $SST \leq 4.5$ , entonces  $ISST = 1$

$ISST = 1 - (-0,02 + 0,003 * SST \text{ mg/L})$

Si  $SST \geq 320$ , entonces  $ISST = 0$

- Índice DQO.

Si  $DQO \leq 20$  entonces  $IDQO = 0,91$

Si  $20 < DQO \leq 25$  entonces  $IDQO = 0,71$

Si  $25 < DQO \leq 40$  entonces  $IDQO = 0,51$

Si  $40 < DQO \leq 80$  entonces  $IDQO = 0,26$

Si  $DQO > 80$  entonces  $IDQO = 0,125$

- Índice de conductividad eléctrica.

$I_{\text{Conductividad}} = 1 - 10(-3.26 + 1.34 \log_{10}(\text{Conductividad}))$

Cuando  $I_{\text{Cund}} < 0$  negativo, entonces  $I_{\text{Cond}} = 0$

- Índice del pH

Si  $pH < 4$  entonces  $I_{pH} = 0,10$

Si  $pH$  esta entre 4 y 7 inclusive, entonces  $I_{pH} = 0,02628419xe (pH \times 0,520025)$

Si  $pH$  esta entre 7.1 y 8.0, entonces  $I_{pH} = 1$

Si  $pH$  esta entre 8.1 y 11, entonces  $I_{pH} = 1xe ((pH-8) \times 0,5187742)$

Si  $pH$  es  $> 11.1$ , entonces  $I_{pH} = 0.10$

- Índice relación N/P

Si  $N/P \geq 15$ , entonces  $I_{N/P} = 0,80$

Si  $10 < N/P < 15$ , entonces  $I_{N/P} = 0,60$

Si  $5 < N/P < 10$ , entonces  $I_{N/P} = 0,35$

Si  $N/P \leq 5$ , entonces  $I_{N/P} = 0,15$

- Índice de coliformes fecales CF

Si  $CF \leq 50 \text{ \#/100 ml}$ , entonces  $ICF = 0,98$

Si  $50 \text{ \#/100 ml} < CF \leq 1600 \text{ \#/100ml}$ , entonces  $ICF = 0,98xe ((CF-50) \times 9,91774e-4)$

Si  $CF > 1600 \text{ \#/100 ml}$ , entonces  $ICF = 10$

### 13.1.1. Resultados del Índice de calidad de agua primera campaña.

Los resultados del índice de calidad de agua ICA, se presentan a continuación, de acuerdo a cada una de las campañas efectuadas en campo, tal como se indicó en el capítulo 3 del presente informe.

**Tabla 13.3.** Resultados cálculo del ICA primera campaña.

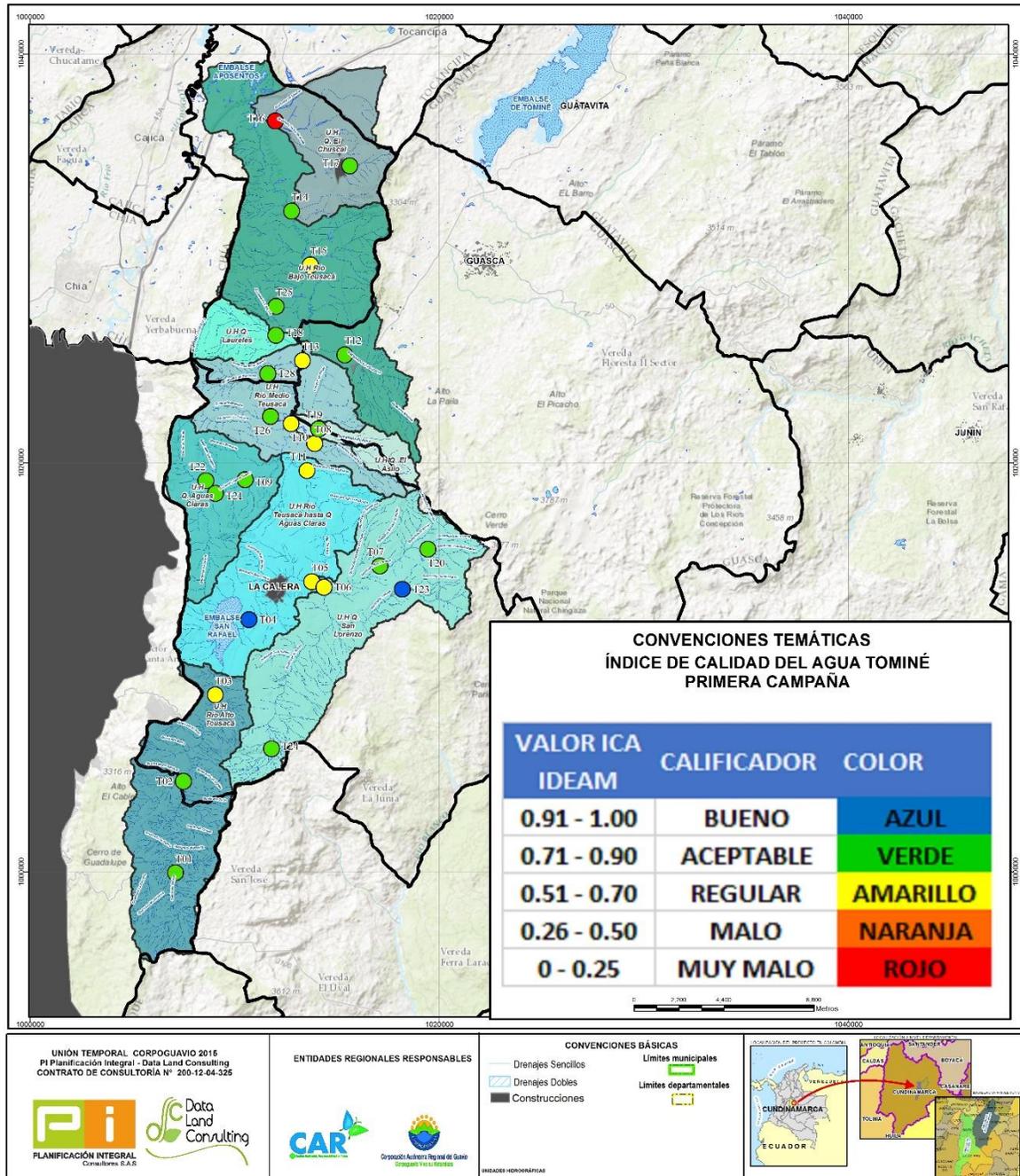
LOCALIZACIÓN PUNTOS DE MONITOREO					PRIMERA CAMPAÑA	CLASIFICACIÓN
No.	PUNTO	Long(Y):	Latitud (X):	Altitud (msnm)		
T01	3531-15 RÍO TEUSACA PARTE ALTA T01	999958	1007109	3081	0,87	Aceptable
T02	3532-15 RÍO TEUSACA T02	1004427	1007488	2931	0,81	Aceptable
T03	3533-15 RÍO TEUSACA T03 AGUAS ARRIBA EMBALSE PUENTE FRANCIS	1008654	1009047	2850	0,70	Regular
T24	3534-15 QUEBRADA LA SOACHA T24	1006022	1011793	3008	0,87	Aceptable
T4	3535-15 RÍO TEUSACA AGUAS ABAJO DEL EMBALSE T4	1012333	1010686	2747	0,91	Bueno

LOCALIZACIÓN PUNTOS DE MONITOREO					PRIMERA CAMPAÑA	CLASIFICACIÓN
No.	PUNTO	Long(Y):	Latitud (X):	Altitud (msnm)		
T5	3536-15 RÍO TEUSCA T03 AGUAS ARRIBA PTAR LA CALERA T5	1014194	1013765	2675	0,67	Regular
T06	3545-15 QUEBRADA SIMAYA T06	1013921	1014355	2673	0,68	Regular
T20	3546-15 QUEBRADA SAN LORENZO T20 ALTO SAN LORENZO	1015792	1019439	3017	0,89	Aceptable
T23	3547-15 QUEBRADA SIMAYA ALTO LOS PINOS T23	1013825	1018188	2988	0,93	Bueno
T7	3548-15 QUEBRADA SAN LORENZO T7	1014963	1017095	2905	0,88	Aceptable
T11	3549-15 RÍO TEUSACA AGUAS ABAJO CONFLENCIA QUEBRADA SIMAYA SAN LORENZO T11	1019631	1013537	2586	0,64	Regular
T09	3550-15 QUEBRADA AGUAS CLARAS T09	1019131	1010487	2603	0,77	Aceptable
T22	3551-15 QUEBRADA LA HONDA T22	1019113	1008544	2649	0,80	Aceptable
T21	3552-15 QUEBRADA LA NUTRIA T21	1018521	1009068	2636	0,75	Aceptable
T8	3575-15 QUEBRADA EL ASILO T8	1020957	1013897	2582	0,58	Regular
T19	3576-15 QUEBRADA EL ASILO PUENTE T19	1021675	1014094	2595	0,76	Aceptable
T12	3577-15 QUEBRADA EL VOLADOR T12 MUNICIPIO GUASCA	1025295	1015382	2585	0,76	Aceptable
T25	3578-15 QUEBRADA ZAPATA T25	1027660	1012015	2582	0,83	Aceptable
T18	3579-15 QUEBRADA LAURELES T18	1026248	1012009	2584	0,77	Aceptable
T28	3580-15 QUEBRADA LAS MERCEDES T28 FLORES SAUSAQUE	1024374	1011616	2610	0,80	Aceptable

LOCALIZACIÓN PUNTOS DE MONITOREO					PRIMERA CAMPAÑA	CLASIFICACIÓN
No.	PUNTO	Long(Y):	Latitud (X):	Altitud (msnm)		
T26	3581-15 QUEBRADA LA GLORIETA SECTOR MARQUEZ T26	1022275	1011742	2604	0,88	Aceptable
T59	3600-15 T59 UNION DEL RÍO CHIPATO Y EL RÍO SIECHA	1030434	1020974	2640	0,75	Aceptable
T95	3601-15 T96 RÍO SIECHA ESTACIÓN SAN ISIDRO	1029836	1020123	2647	0,77	Aceptable
G24	3664-15 G24 DESCARGA DEL TOMINE PUENTE AUTOPISTA	1050761	1030455	2581	0,86	Aceptable
G20	3665-15 G20 RÍO SIECHA ANTES DEL EMBALSE	1033261	1022261	2621	0,79	Aceptable
G19	3666-15 G19 RÍO AVES	1032850	1022226	2609	0,80	Aceptable
T10	3592-15 RÍO TEUSACA, AGUAS ABAJO DE AGUAS CLARAS T10	1021929	1012758	2583	0,57	Regular
T13	3593-15 RÍO TEUSACA EL VERGEL T13	1025015	1013310	2581	0,60	Regular
T15	3594-15 RÍO TEUSCA HACIENDA ZAMORA T15	1029694	1013689	2580	0,66	Regular
T14	3595-15 RÍO TEUSACA - PUENTE ADOBE T14	1032326	1012775	2560	0,72	Aceptable
T17	3596-15 AGUAS ARRIBA PTAR SOPO T17	1034545	1015629	2616	0,83	Aceptable
T16	3597-15 QUEBRADA PADRE JESUS DESPUES DE LA PTAR DE SOPO T16	1036739	1011975	2560	0,22	Muy malo
G23	3609-15 QUEBRADA LARGA PUNTO G23	1018746	1022786	3182	0,82	Aceptable
G01	3610-15 RÍO CHIGUANO PUNTO G01	1020436	1020726	2976	0,84	Aceptable
G02	3611-15 RÍO SIECHA - SECTOR LA MARIA PUNTO G02	1022057	1023738	3080	0,93	Bueno
G21	3612-15 RÍO SALITRE PUNTO G21	1022049	1023751	3078	0,87	Aceptable

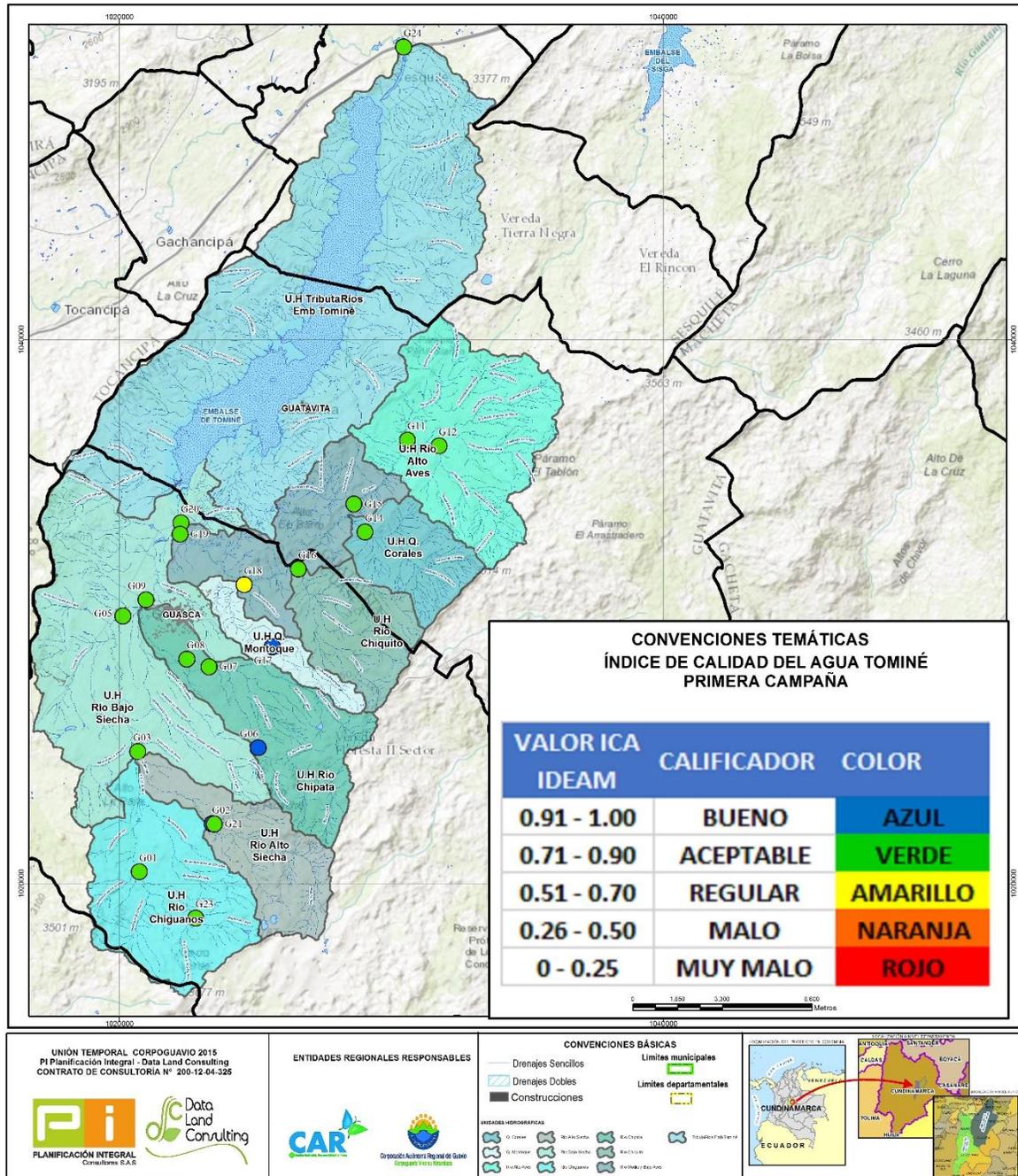
LOCALIZACIÓN PUNTOS DE MONITOREO					PRIMERA CAMPAÑA	CLASIFICACIÓN
No.	PUNTO	Long(Y):	Latitud (X):	Altitud (msnm)		
G03	3613-15 PUNTO G03 CONFLUENCIA RÍO SIECHA Y RÍO CHIGUANO	1024853	1020675	2741	0,87	Aceptable
G17	3625-15 PUNTO G17 QUEBRADA MONTOQUE	1028715	1025624	2874	0,91	Bueno
G08	3626-15 PUNTO G08 RÍO CHIPATA ESTACIÓN SANTO DOMINGO	1028250	1022473	2703	0,79	Aceptable
G06	3627-15 PUNTO G06 RÍO CHIPATA ALTO LOS RESBALONES	1024992	1025107	3026	0,90	Bueno
G07	3628-15 PUNTO G-07 QUEBRADA EL UVAL	1027974	1023295	2731	0,90	Aceptable
G18	3629-15 PUNTO G-18 RÍO AVES ESTACIÓN LA VEGA	1030990	1024588	2700	0,67	Regular
G16	3630-15 PUNTO G-16 RÍO CHIQUITO AGUAS ARRIBA CONFLUENCIA RÍO AVES	1031560	1026583	2666	0,79	Aceptable
G14	3656-15 PUNTO G-14 QUEBRADA CORRALES	1032926	10239034	2695	0,78	Aceptable
G15	3657-15 PUNTO G-15 RÍO AVES AGUAS ARRIBA CONFLUENCIA CON QUEBRADA CORRALES	1033955	1028632	2664	0,71	Aceptable
G11	3658-15 G-11 QUEBRADA EL CHUSCAL	1036308	1030595	2691	0,76	Aceptable
G12	3659-15 PUNTO G 12 QUEBRADA PEÑA COLORADA	1036096	1031755	2732	0,77	Aceptable

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015



**Figura 13.1.** Índice de calidad de agua ICA Teusacá primera campaña.

Fuente: Unión Temporal Coropguavio 2015



**Figura 13.2.** Índice de calidad de agua ICA Tominé primera campaña

Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015

De acuerdo con los resultados del índice de calidad de agua para la primera campaña de monitoreo, se puede establecer que la calidad de agua en términos generales en las cuencas de estudio tiene calidad aceptable presentando valores en un rango de 0.71 a 0.90 en 32 puntos analizados, en cinco puntos la calidad de agua es buena con valores en un rango de 0.91 a 1.00, para nueve puntos la calidad es regular con un rango de 0.51 a 0.70, estos puntos son T3 aguas arriba embalse Puente Francis, T5 río Teusacá aguas arriba PTAR la Calera, T6 Quebrada Simayá, T11 río Teusacá aguas abajo confluencia quebrada Simayá san Lorenzo, T8 Quebrada el Asilo, T10 río Teusacá, aguas abajo de Aguas Claras, T13 río Teusacá el Vergel, T15 Río Teusacá Hacienda Zamora y G18 Río Aves Estación La Vega. El punto con menor valor de ICA es el T16 correspondiente a la quebrada padre Jesús después de la PTAR de sopó, comparándolo con los resultados de las campañas de monitoreo es consecuente ya que sobrepasa la mayoría de los límites permisibles en los parámetros analizados.

### 13.1.2. Resultados del Índice de calidad de agua segunda campaña

A continuación se presentan los resultados de los cálculos del índice de calidad de agua ICA para la segunda campaña de monitoreo.

**Tabla 13.4.** Resultados ICA segunda campaña de monitoreo.

LOCALIZACIÓN PUNTOS DE MONITOREO					SEGUNDA CAMPAÑA	CLASIFICACIÓN
No.	PUNTO	Long(Y):	Latitud (X):	Altitud (msnm)		
T01	369-16 RÍO TEUSACA PARTE ALTA T01	499968	1007096	3065	0,62	Regular
T02	370-16 RÍO TEUSACA PORQUERIZAS T02	1004426	1007488	2947	0,44	Malo
T03	371-16 T03 RÍO TEUSACA AGUAS ARRIBA DEL EMBALSE SAN RAFAEL	1008635	1009043	2824	0,60	Regular
T04	372-16 RÍO TEUSACA AGUAS ABAJO DEL EMBALSE SAN RAFAEL T04	1012332	1010667	2741	0,87	Aceptable
T05	373-16 AGUA ARRIBA PTAR LA CALERA T05	1014190	1013766	2691	0,64	Regular
T24	374-16 QUEBRADA LA SOHCA LA MACARENA T24	1006023	1011760	3002	0,86	Aceptable

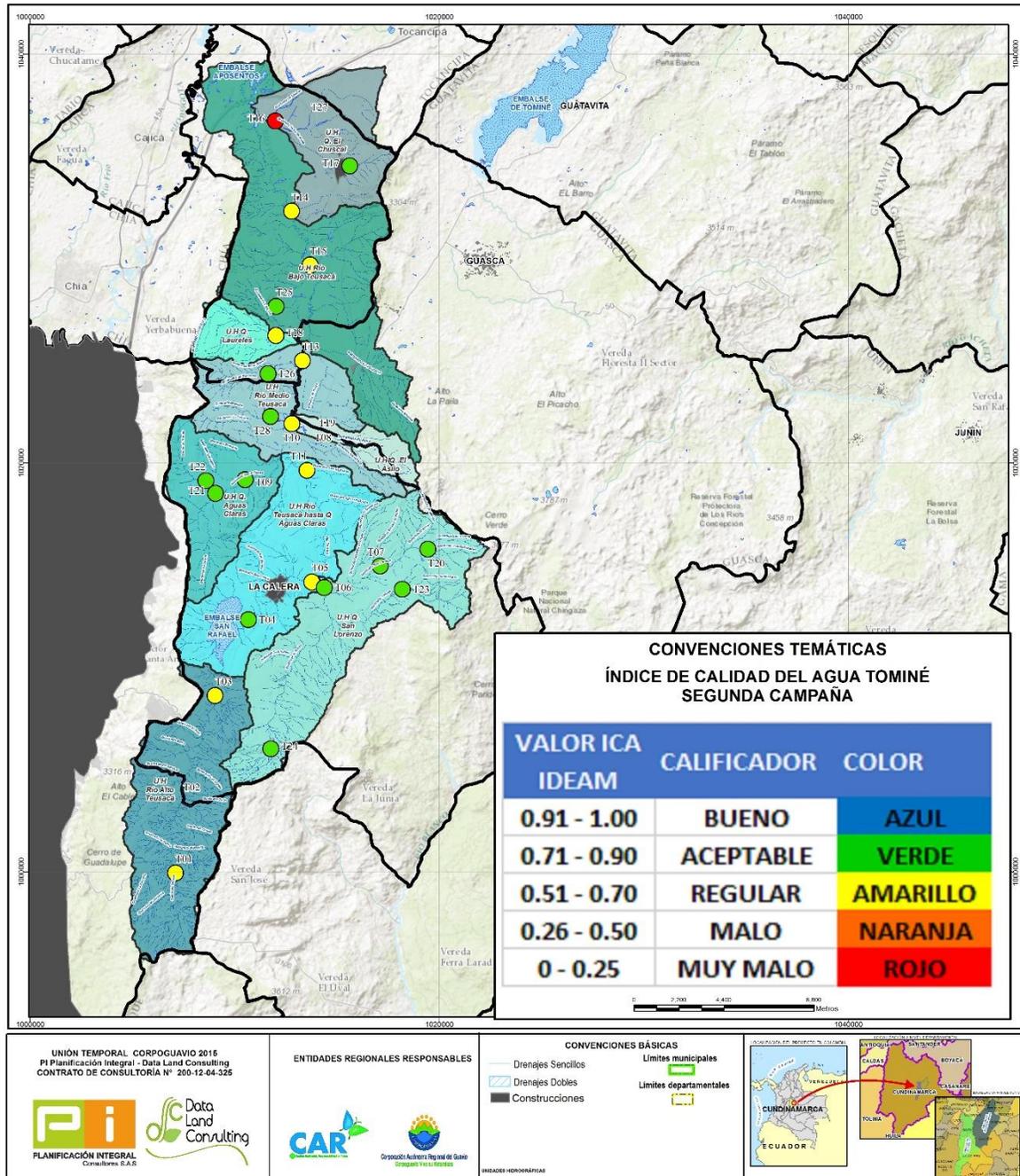
LOCALIZACIÓN PUNTOS DE MONITOREO					SEGUNDA CAMPAÑA	CLASIFICACIÓN
No.	PUNTO	Long(Y):	Latitud (X):	Altitud (msnm)		
T20	391-16 QUEBRADA SAN LORENZO ALTO T20	1015783	1019442	2691	0,77	Aceptable
T23	392-16 QUEBRADA SIMAYA ALTO LOS PINOS T23	1013825	1018185	2993	0,83	Aceptable
T07	393-16 QUEBRADA SAN LORENZO T07	1014963	1017108	2903	0,85	Aceptable
T06	394-16 QUEBRADA SIMAYA T06	1013912	1014369	2704	0,80	Aceptable
T11	395-16 RÍO TEUSACA AGUAS ABAJO CONFLUENCIA QUEBRADA SIMAYA - SAN LORENZO SECTOR LA CABAÑA T11	1019644	1013536	2591	0,51	Regular
T9	396-16 QUEBRADA AGUAS CLARAS T9	1019133	1010489	2607	0,77	Aceptable
T21	397-16 QUEBRADA LA NUTRIA T21	1018521	1019163	2640	0,72	Aceptable
T22	398-16 QUEBRADA HONDA T22	1009072	1008178	2661	0,81	Aceptable
T08	403-16 QUEBRADA EL ALISO T08	1025955	1013889	2590	0,35	Malo
T19	404-16 QUEBRDA EL ALISO PUENTE T19	1021670	1014096	2593	0,47	Malo
T25	405-16 QUEBRADA ZAPATA T25	1027663	1012016	2597	0,83	Aceptable
T18	407-16 QUEBRADA LAURELES T18	1026245	1012009	2591	0,56	Regular

LOCALIZACIÓN PUNTOS DE MONITOREO					SEGUNDA CAMPAÑA	CLASIFICACIÓN
No.	PUNTO	Long(Y):	Latitud (X):	Altitud (msnm)		
T26	408-16 QUEBRADA LAS MERCEDES T26	1024370	1011619	2618	0,73	Aceptable
T17	410-16 QUEBRADA PADRES DE JESUS PARTE ALTA CASCO URBANO SOPO T17	1034544	1015622	2631	0,79	Aceptable
T27	411-16 AFLUENCIA DEL PADRE DE JESUS HACIENDA LA ESTANCIA T27	1037103	1013734	2585	0,29	Malo
T10	413-16 RÍO TEUSACA AGUAS DEBAJO DE LA QUEBRADA AGUAS CLARAS T10	1021927	1012790	2582	0,60	Regular
T13	414-16 RÍO TEUSACA QUEBRADA EL VERGEL T13	1025011	1013309	2580	0,61	Regular
T15	415-16 T15 RÍO TEUSACA HACIENDA ZAMORA	1029693	1013681	2576	0,56	Regular
T14	416-16 RÍO TEUSACA PUENTE ADOBE T14	1032320	1012780	2577	0,56	Regular
T16	417-16 QUEBRADA PADRE DE JESUS AGUAS ABAJO PTAR DE SOPO T16	1036761	1011683	2578	0,13	Muy malo
G23	473-16 QUEBRADA LARGA LOS CHAMIZOS G23	1018750	1022794	3169	0,82	Aceptable
G1	474-16 RÍO CHIGUANOS, ALTO CHIGUANOS G1	1020391	1020744	2965	0,70	Aceptable
G21	475-16 RÍO SALITRE G21	1022057	1023746	3074	0,91	Bueno
G2	476-16 ALTO SIECHA LA MARIA G2	1022071	1023713	3072	0,90	Aceptable

LOCALIZACIÓN PUNTOS DE MONITOREO					SEGUNDA CAMPAÑA	CLASIFICACIÓN
No.	PUNTO	Long(Y):	Latitud (X):	Altitud (msnm)		
G3	477-16 CONFLUENCIA CHIGUANOS SIECHA G3	1024845	1020676	2757	0,88	Aceptable
G5	478-16 RÍO SIECHA ESTACIÓN SAN ISIDRO G5	1029785	1020134	2658	0,71	Aceptable
G9	492-16 UNION RÍO CHIPATO RÍO SIECHA, ESCUELA GRANJA SAN PEDRO G9	1030423	1020969	2640	0,80	Aceptable
G7	493-16 QUEBRADA EL UVA PASTOS OSPINA G7	1027961	1023305	2713	0,90	Bueno
G6	494-16 RÍO CHIPATA ALTO RESBALONES G6	1024984	1025115	3008	0,93	Bueno
G8	495-16 RÍO CHIPATA ESTACION SANTO DOMINGO G8	1028254	1022490	2696	0,90	Bueno
G18	496-16 RÍO AVES ESTACIÓN LA VEGA G18	1030996	1024582	2627	0,84	Aceptable
G16	497-16 RÍO CHIQUITO ARRIBA CONFLUENCIA AVES G16	1031556	1026594	2661	0,89	Aceptable
G19	516-16 RÍO AVES AGUAS ARRIBA DESEMBOCANDO RÍO SIECHA G19	1032837	1022232	2610	0,79	Aceptable
G20	517-16 AGUAS ARRIBA EMBALSE TOMINE G20	1033299	1022272	2607	0,76	Aceptable
G24	518-16 SALIDA EMBALSE TOMINE G24	1050794	103453	2581	0,87	Aceptable
G14	502-16 QUEBRADA CORALES G14	1032923	1029034	2661	0,76	Aceptable
G15	503-16 RÍO AVES CONFLUENCIA Q CORALES AGUAS ARRIBA G15	1033955	1028638	2665	0,79	Aceptable

LOCALIZACIÓN PUNTOS DE MONITOREO					SEGUNDA CAMPAÑA	CLASIFICACIÓN
No.	PUNTO	Long(Y):	Latitud (X):	Altitud (msnm)		
G11	504-16 QUEBRADA CHUSCAL ANTONIO RICAUTE G11	1036307	1030596	2691	0,68	Regular
G12	505-16 QUEBRADA PEÑA COLORADA, EL HATILLO G12	1036098	1031759	2735	0,85	Aceptable

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015



**Figura 13.3. Índice de calidad de agua ICA Teusacá segunda campaña**  
**Fuente: Unión Temporal Coropoguvio 2015**



De acuerdo con los resultados de la segunda campaña de monitoreo se puede concluir que en términos generales la calidad de agua en las cuencas de estudio tienen calidad aceptable ya que en 26 puntos la calidad es aceptable presentando valores en un rango de 0.71 a 0.90, este valor disminuyó con respecto a los resultados de la primera campaña, en cuatro puntos la calidad es buena con valores en un rango de 0.91 a 1.00, para diez puntos la calidad es regular con un rango de 0.51 a 0.70, estos puntos son T1 Río Teusacá Parte Alta, T3 Río Teusacá Aguas Arriba Del Embalse San Rafael, T5 Agua Arriba PTAR La Calera, T11 río Teusacá aguas abajo confluencia Quebrada Simayá - San Lorenzo sector la Cabaña, T18 Quebrada Laureles, T10 Río Teusacá aguas abajo de la Quebrada Aguas Claras, T13 Río Teusacá Quebrada El Vergel, T15 Río Teusacá Hacienda Zamora, T14 Río Teusacá Puente Adobe y G11 Quebrada Chuscal Antonio Ricaurte, en cuatro puntos la calidad es mala con rangos entre 0.26 y 0.50, estos puntos son T2 Río Teusacá Porquerizas, T8 Quebrada El Aliso, T19 Quebrada El Aliso Puente y T27 afluencia del padre de Jesús Hacienda la Estancia. El punto con menor valor de ICA es el T16 correspondiente a la quebrada padre Jesús después de la PTAR de sopó, comparándolo con los resultados de las campañas de monitoreo es consecuente ya que sobrepasa la mayoría de los límites permisibles en los parámetros analizados.

### 13.2. Índice de alteración potencial de la calidad de agua - IACAL.

El Índice de alteración potencial de la calidad del agua es el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la razón existente entre la carga de contaminante que se estima recibe una subzona hidrográfica  $j$  en un período de tiempo  $t$  y la oferta hídrica superficial, para año medio y año seco, de esta misma subzona hidrográfica estimada a partir de una serie de tiempo.

Las fórmulas de cálculo del indicador son las siguientes (una para año medio y una para año seco):

$$IACAL_{jt-añomed} = \frac{\sum_{i=1}^n catiacal_{ijt-añomed}}{n}$$

Donde:

$IACAL_{jt-añomed}$  Es el Índice de alteración potencial de la calidad del agua de una subzona hidrográfica  $j$  durante el período de tiempo  $t$ , evaluado para una oferta hídrica propia de un año medio.

$catiacal_{ijt-añomed}$  Es la categoría de clasificación de la vulnerabilidad por la potencial alteración de la calidad del agua que representa el valor de la presión de la carga estimada de la variable de calidad  $i$  que se puede estar vertiendo a la subzona hidrográfica  $j$  durante el período de tiempo  $t$  dividido por la oferta hídrica propia de un año medio.

$n$  Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador;  $n$  es igual a 5. Para año seco:

$$IACAL_{jt-añosec} = \frac{\sum_{i=1}^n catiacal_{ijt-añosec}}{n}$$

Donde:

$IACAL_{jt-añosec}$  Es el Índice de alteración potencial de la calidad del agua de una subzona hidrográfica  $j$  durante el período de tiempo  $t$ , evaluado para una oferta hídrica propia de un año seco.

$catiacal_{ijt-añosec}$  Es la categoría de clasificación de la vulnerabilidad por la potencial alteración de la calidad del agua que representa el valor de la presión de la carga estimada de la variable de calidad  $i$  que se puede estar vertiendo a la subzona hidrográfica  $j$  durante el período de tiempo  $t$  dividido por la oferta hídrica propia de un año seco.

$n$  Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador;  $n$  es igual a 5.

El indicador se calcula a partir de las estimaciones de las cargas que de cada una de 5 variables fisicoquímicas se pueden estar vertiendo a las corrientes superficiales, las cuales son ponderadas por la oferta hídrica, y que es estimada para un año medio y para un año seco, mediante análisis de una serie de tiempo de por lo menos 20 años.

Los valores obtenidos en cada una de las 5 estimaciones, tanto para año medio como para año seco, se comparan con los rangos establecidos en tablas de referencia construidas para cada uno de los variables. Producto de la comparación, cada valor estimado queda clasificado en una categoría de 1 a 5, que representa un nivel de presión (de menor a mayor, respectivamente).

El valor del indicador surge de promediar el valor de las categorías de clasificación obtenidas para cada una de las variables.

En la siguiente tabla se registran los rangos de los valores alternativos que puede tomar el IACAL, la categoría de clasificación que se le asigna a cada uno de ellos, la calificación del nivel de presión al que corresponde y el color que la representa:

Tabla 13. 5. Categoría y descriptor del IACAL

Rangos $IACAL_{j=atmos}$ $IACAL_{j=abios}$	Categoría de clasificación	Calificación de la presión
$1,0 \leq IACAL \leq 1,5$	1	Baja
$1,5 < IACAL \leq 2,5$	2	Moderada
$2,5 < IACAL \leq 3,5$	3	Medio-Alta
$3,5 < IACAL < 4,5$	4	Alta
$4,5 \leq IACAL \leq 5,0$	5	Muy Alta

**Fuente:** Ideam 2013. Índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL). Hoja metodológica.

En la siguiente tabla se presentan los rangos que han sido establecidos para comparar los valores de cada una de las variables de calidad seleccionadas para el cálculo del indicador, así como la categoría de clasificación que se le asigna a cada una de ellas, la calificación del nivel de amenaza al que corresponde y el color que la representa:

Tabla13. 6. Rangos de los valores alternativos que puede tomar el IACAL.

<p>Para la demanda bioquímica de oxígeno:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rangos <math>iactal_{DBO-j-atmos}</math> <math>iactal_{DBO-j-atmos}</math></th> <th>Categoría de clasificación <math>catiactal_{DBO}</math></th> <th>Calificación de la presión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>iactal_{DBO} &lt; 0,14</math></td> <td>1</td> <td>Baja</td> </tr> <tr> <td><math>0,14 \leq iactal_{DBO} &lt; 0,40</math></td> <td>2</td> <td>Moderada</td> </tr> <tr> <td><math>0,40 \leq iactal_{DBO} &lt; 1,21</math></td> <td>3</td> <td>Medio-Alta</td> </tr> <tr> <td><math>1,21 \leq iactal_{DBO} &lt; 4,86</math></td> <td>4</td> <td>Alta</td> </tr> <tr> <td><math>iactal_{DBO} \geq 4,86</math></td> <td>5</td> <td>Muy Alta</td> </tr> </tbody> </table> <p>Los valores de IACAL DBO están expresados en toneladas por hectómetro cúbico.</p>			Rangos $iactal_{DBO-j-atmos}$ $iactal_{DBO-j-atmos}$	Categoría de clasificación $catiactal_{DBO}$	Calificación de la presión	$iactal_{DBO} < 0,14$	1	Baja	$0,14 \leq iactal_{DBO} < 0,40$	2	Moderada	$0,40 \leq iactal_{DBO} < 1,21$	3	Medio-Alta	$1,21 \leq iactal_{DBO} < 4,86$	4	Alta	$iactal_{DBO} \geq 4,86$	5	Muy Alta	<p>Para la diferencia entre la demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rangos <math>iactal_{DQO-DBO-j-atmos}</math> <math>iactal_{DQO-DBO-j-atmos}</math></th> <th>Categoría de clasificación <math>catiactal_{DQO-DBO}</math></th> <th>Calificación de la presión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>iactal_{DQO-DBO} &lt; 0,14</math></td> <td>1</td> <td>Baja</td> </tr> <tr> <td><math>0,14 \leq iactal_{DQO-DBO} &lt; 0,36</math></td> <td>2</td> <td>Moderada</td> </tr> <tr> <td><math>0,36 \leq iactal_{DQO-DBO} &lt; 1,17</math></td> <td>3</td> <td>Medio-Alta</td> </tr> <tr> <td><math>1,17 \leq iactal_{DQO-DBO} &lt; 6,78</math></td> <td>4</td> <td>Alta</td> </tr> <tr> <td><math>iactal_{DQO-DBO} \geq 6,78</math></td> <td>5</td> <td>Muy Alta</td> </tr> </tbody> </table> <p>Los valores de IACAL DQO-DBO están expresados en toneladas por hectómetro cúbico</p>			Rangos $iactal_{DQO-DBO-j-atmos}$ $iactal_{DQO-DBO-j-atmos}$	Categoría de clasificación $catiactal_{DQO-DBO}$	Calificación de la presión	$iactal_{DQO-DBO} < 0,14$	1	Baja	$0,14 \leq iactal_{DQO-DBO} < 0,36$	2	Moderada	$0,36 \leq iactal_{DQO-DBO} < 1,17$	3	Medio-Alta	$1,17 \leq iactal_{DQO-DBO} < 6,78$	4	Alta	$iactal_{DQO-DBO} \geq 6,78$	5	Muy Alta
Rangos $iactal_{DBO-j-atmos}$ $iactal_{DBO-j-atmos}$	Categoría de clasificación $catiactal_{DBO}$	Calificación de la presión																																							
$iactal_{DBO} < 0,14$	1	Baja																																							
$0,14 \leq iactal_{DBO} < 0,40$	2	Moderada																																							
$0,40 \leq iactal_{DBO} < 1,21$	3	Medio-Alta																																							
$1,21 \leq iactal_{DBO} < 4,86$	4	Alta																																							
$iactal_{DBO} \geq 4,86$	5	Muy Alta																																							
Rangos $iactal_{DQO-DBO-j-atmos}$ $iactal_{DQO-DBO-j-atmos}$	Categoría de clasificación $catiactal_{DQO-DBO}$	Calificación de la presión																																							
$iactal_{DQO-DBO} < 0,14$	1	Baja																																							
$0,14 \leq iactal_{DQO-DBO} < 0,36$	2	Moderada																																							
$0,36 \leq iactal_{DQO-DBO} < 1,17$	3	Medio-Alta																																							
$1,17 \leq iactal_{DQO-DBO} < 6,78$	4	Alta																																							
$iactal_{DQO-DBO} \geq 6,78$	5	Muy Alta																																							
<p>Para sólidos suspendidos totales:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rangos <math>iactal_{SST-j-atmos}</math> <math>iactal_{SST-j-atmos}</math></th> <th>Categoría de clasificación <math>catiactal_{SST}</math></th> <th>Calificación de la presión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>iactal_{SST} &lt; 0,4</math></td> <td>1</td> <td>Baja</td> </tr> <tr> <td><math>0,4 \leq iactal_{SST} &lt; 0,8</math></td> <td>2</td> <td>Moderada</td> </tr> <tr> <td><math>0,8 \leq iactal_{SST} &lt; 1,9</math></td> <td>3</td> <td>Medio-Alta</td> </tr> <tr> <td><math>1,9 \leq iactal_{SST} &lt; 7,7</math></td> <td>4</td> <td>Alta</td> </tr> <tr> <td><math>iactal_{SST} \geq 7,7</math></td> <td>5</td> <td>Muy Alta</td> </tr> </tbody> </table> <p>Los valores de IACAL SST están expresados en toneladas por hectómetro cúbico.</p>			Rangos $iactal_{SST-j-atmos}$ $iactal_{SST-j-atmos}$	Categoría de clasificación $catiactal_{SST}$	Calificación de la presión	$iactal_{SST} < 0,4$	1	Baja	$0,4 \leq iactal_{SST} < 0,8$	2	Moderada	$0,8 \leq iactal_{SST} < 1,9$	3	Medio-Alta	$1,9 \leq iactal_{SST} < 7,7$	4	Alta	$iactal_{SST} \geq 7,7$	5	Muy Alta	<p>Para nitrógeno total:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rangos <math>iactal_{NT-j-atmos}</math> <math>iactal_{NT-j-atmos}</math></th> <th>Categoría de clasificación <math>catiactal_{NT}</math></th> <th>Calificación de la presión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>iactal_{NT} &lt; 0,03</math></td> <td>1</td> <td>Baja</td> </tr> <tr> <td><math>0,03 \leq iactal_{NT} &lt; 0,06</math></td> <td>2</td> <td>Moderada</td> </tr> <tr> <td><math>0,06 \leq iactal_{NT} &lt; 1,14</math></td> <td>3</td> <td>Medio-Alta</td> </tr> <tr> <td><math>1,14 \leq iactal_{NT} &lt; 0,56</math></td> <td>4</td> <td>Alta</td> </tr> <tr> <td><math>iactal_{NT} \geq 0,56</math></td> <td>5</td> <td>Muy Alta</td> </tr> </tbody> </table> <p>Los valores de IACAL NT están expresados en toneladas por millón de metros cúbicos.</p>			Rangos $iactal_{NT-j-atmos}$ $iactal_{NT-j-atmos}$	Categoría de clasificación $catiactal_{NT}$	Calificación de la presión	$iactal_{NT} < 0,03$	1	Baja	$0,03 \leq iactal_{NT} < 0,06$	2	Moderada	$0,06 \leq iactal_{NT} < 1,14$	3	Medio-Alta	$1,14 \leq iactal_{NT} < 0,56$	4	Alta	$iactal_{NT} \geq 0,56$	5	Muy Alta
Rangos $iactal_{SST-j-atmos}$ $iactal_{SST-j-atmos}$	Categoría de clasificación $catiactal_{SST}$	Calificación de la presión																																							
$iactal_{SST} < 0,4$	1	Baja																																							
$0,4 \leq iactal_{SST} < 0,8$	2	Moderada																																							
$0,8 \leq iactal_{SST} < 1,9$	3	Medio-Alta																																							
$1,9 \leq iactal_{SST} < 7,7$	4	Alta																																							
$iactal_{SST} \geq 7,7$	5	Muy Alta																																							
Rangos $iactal_{NT-j-atmos}$ $iactal_{NT-j-atmos}$	Categoría de clasificación $catiactal_{NT}$	Calificación de la presión																																							
$iactal_{NT} < 0,03$	1	Baja																																							
$0,03 \leq iactal_{NT} < 0,06$	2	Moderada																																							
$0,06 \leq iactal_{NT} < 1,14$	3	Medio-Alta																																							
$1,14 \leq iactal_{NT} < 0,56$	4	Alta																																							
$iactal_{NT} \geq 0,56$	5	Muy Alta																																							
<p>Para fósforo total:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rangos <math>iactal_{PT-j-atmos}</math> <math>iactal_{PT-j-atmos}</math></th> <th>Categoría de clasificación <math>catiactal_{PT}</math></th> <th>Calificación de la presión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>iactal_{PT} &lt; 0,005</math></td> <td>1</td> <td>Baja</td> </tr> <tr> <td><math>0,005 \leq iactal_{PT} &lt; 0,014</math></td> <td>2</td> <td>Moderada</td> </tr> <tr> <td><math>0,014 \leq iactal_{PT} &lt; 0,036</math></td> <td>3</td> <td>Medio-Alta</td> </tr> <tr> <td><math>0,036 \leq iactal_{PT} &lt; 0,135</math></td> <td>4</td> <td>Alta</td> </tr> <tr> <td><math>iactal_{PT} \geq 0,135</math></td> <td>5</td> <td>Muy Alta</td> </tr> </tbody> </table> <p>Los valores de IACAL PT están expresados en toneladas por hectómetro cúbico.</p>			Rangos $iactal_{PT-j-atmos}$ $iactal_{PT-j-atmos}$	Categoría de clasificación $catiactal_{PT}$	Calificación de la presión	$iactal_{PT} < 0,005$	1	Baja	$0,005 \leq iactal_{PT} < 0,014$	2	Moderada	$0,014 \leq iactal_{PT} < 0,036$	3	Medio-Alta	$0,036 \leq iactal_{PT} < 0,135$	4	Alta	$iactal_{PT} \geq 0,135$	5	Muy Alta																					
Rangos $iactal_{PT-j-atmos}$ $iactal_{PT-j-atmos}$	Categoría de clasificación $catiactal_{PT}$	Calificación de la presión																																							
$iactal_{PT} < 0,005$	1	Baja																																							
$0,005 \leq iactal_{PT} < 0,014$	2	Moderada																																							
$0,014 \leq iactal_{PT} < 0,036$	3	Medio-Alta																																							
$0,036 \leq iactal_{PT} < 0,135$	4	Alta																																							
$iactal_{PT} \geq 0,135$	5	Muy Alta																																							

**Fuente:** Ideam 2013. Índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL). Hoja metodológica.

Para la aplicación de este método se recomienda la estimación de carga contaminante (carga doméstica + industrial) de los parámetros de la DBO<sub>5</sub>, sólidos suspendidos totales SST, fósforo total PT, nitrógeno total NT y (DQO-DBO<sub>5</sub>). Una vez obtenida la sumatoria de las cargas estimadas en toneladas/año se calcula para cada variable la distribución de frecuencias correspondiente a cada percentil 65, 75, 85 y 95 respectivamente y a cada rango se le asigna una categoría de presión que va de uno a cinco, de acuerdo con la calificación de la tabla No. 13.6 Categoría y descriptor del IACAL.

$$\begin{aligned}
 KP &= (1-XRT) * \Sigma((FiP * PS) - (FiP * PPS)) \\
 KC &= (PC * XBE * Fi) + (PC * XA * XPC * XBNE * Fi) \\
 KIND &= ((PI * Fi) + (CMP * Fi)) * (1 - XRT) \\
 KsG &= ((WGVP * li) + (WGPP * li)) \\
 KZ &= ((Pz * li) + (CMP * li)) * (1 - XRT)
 \end{aligned}$$

Donde:

Población municipal (P).

Fracción de población conectada al alcantarillado (XPS).

Población conectada al alcantarillado (PS).

Población conectada a pozo séptico (PPS)

FiP = Factor de emisión de DBO<sub>5</sub> por persona, según si está conectada a alcantarillado o pozo séptico (18,1 y 6,9 kg/hab.año, según ENA 2010).

XRT = Fracción de remoción de materia orgánica, sólidos y nutrientes, en función del tipo de tratamiento del agua residual doméstica.

PC = Producción municipal de café, en número de sacos de 60 kg de café pergamino seco (por cada 62,5 kg de café en cereza –cc-, se producen 12,5 kg de café pergamino seco -cps-, según Cenicafé, 2005)

XBE = Fracción de beneficio ecológico nacional de café (31% de fincas según Cenicafé, 2005).

XBNE = Fracción de beneficio no ecológico nacional de café.

PI = Producción industrial (cantidad) para las actividades económicas de interés de la unidad de análisis.

CMP = Consumo de materias primas para una industria determinada.

XRT = Fracción de remoción de vertimientos según tecnología prototipo de cada subsector.

Fi = Factor de emisión para una unidad productiva específica en kg DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, NT y PT por tonelada de producto final o de materia prima consumida.

WGVP = Tonelada de animal vacuno en pie.

WGPP = Tonelada de animal porcino en pie.

KP = Carga de DBO<sub>5</sub> proveniente de la población en ton/año.

KC = Carga de DBO<sub>5</sub> proveniente del beneficio del café en ton/año.

KIND = Carga de DBO<sub>5</sub> proveniente de la industria (actividades de interés) en ton/año.

KsG = Carga de DBO<sub>5</sub> proveniente del sacrificio de ganado en ton/año.

K = Carga municipal de DBO<sub>5</sub> en ton/año.

KZ = Carga de otra variable de interés de otras actividades económicas de la unidad de análisis.

Una vez obtenidas las cargas por cada unidad de cálculo, se estima la carga total:

$$K = K_p + K_c + K_{ind} + K_{sg} + K_z$$

Finalmente se calcula el IACAL así:

$$IACAL = K_i / \text{Oferta (carga en ton/año y oferta en MMC para año medio y seco)}$$

Para la estimación de este indicador se generó a partir de la información obtenida en el monitoreo de vertimientos realizado por la presente consultoría y descrito en el capítulo No. 3 campañas de monitoreo y la fórmula determinada por el IDEAM.

$$IACAL = (NT + PT + SST + DBO + (DQO - DBO)) / 5$$

Tabla 13.7. Categorías y descriptores de presión, clasificados de acuerdo con los percentiles asignados a las cargas en Ton/año

Descriptor de presión	Percentiles ajustados	Percentiles DBO (Ton/año)	Percentiles DQO-DBO (Ton/año)	Percentiles SST (Ton/año)	Percentiles NT (Ton/año)	Percentiles PT (Ton/año)
Baja	65	<157	<147	<272	<19	<4
Moderada	75	158-252	148-227	273-434	20-31	5-9
Media	85	253-473	228-465	435-739	32-54	10-15
Alta	95	474-1834	466-2287	740-3025	55-290	16-66
Muy alta	>95	>1835	>2288	>3026	>291	>67

**Fuente:** Ideam 2013. Índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL). Hoja metodológica

Tabla 13.8. Categorías y descriptores de presión por subzona hidrográfica, clasificados de acuerdo con los percentiles asignados al cociente de carga en Ton/año y oferta total (MMC)

Categorías de presión	Descriptor de presión	Percentiles DBO (Ton/año)	Percentiles DQO-DBO (Ton/año)	Percentiles SST (Ton/año)	Percentiles NT (Ton/año)	Percentiles PT (Ton/año)
1	Baja	<0,13	<0,13	<0,30	<0,02	<0,004
2	Moderada	0,14-0,39	0,14-0,35	0,40-0,70	0,03-0,05	0,005-0,013
3	Media	0,40-1,20	0,36-1,16	0,80-1,80	0,06-0,13	0,014-0,035
4	Alta	1,21-4,85	1,17-6,77	1,90-7,60	0,14-0,55	0,036-0,134
5	Muy alta	>4,86	>6,78	>7,70	>0,56	0,135

**Fuente:** Ideam 2013. Índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL). Hoja metodológica

El cálculo del IACAL se estimó para las zonas identificadas en el capítulo 11 de este estudio Estimación de cargas contaminantes teniendo en cuenta los resultados de la campaña de monitoreo de los vertimientos.

La estimación del cálculo del ACAL se realizó con base en los resultados en la campaña de vertimientos realizada por esta consultoría en los vertimientos más representativos identificados en la zona de estudio.

Los resultados de presentan en las Tablas No. 13.9 a 13.11 en las cuales se muestra el cálculo de del IACAL en ton/año por parámetro, y en ton/año/millón de metros cúbicos por parámetro. Igualmente, se puede observar gráficamente en la Figura 13.5.

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar que en todos los parámetros el IACAL es 1 a excepción del punto 13 efluente PTAR en el cual la carga de fosforo se encuentra en un rango de moderado, en términos generales la presión por contaminación en el área de estudio de acuerdo con la carga en ton/año/millón de metros cúbicos es baja.

**Tabla 13 9.** Cálculo de las cargas contaminantes con los parámetros necesarios.

No.	VERTIMIENTO	CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES GENERADO (L/s)	CONCENTRACIÓN MEDIDA						CARGAS CONTAMINANTES (VALOR OBTENIDO) Ton/año					
			[DBO5] mg/l	DQO mg/l	DQO-DBO5 mg/l	[SST] mg/l	NT mg/l	PT mg/l	DBO5	DQO	DQO-DBO5	SST	NT	PT
T01	1322 - 16 DESCARGA PTAR CENTRO COMERCIAL POTOSI.	0,27	4,5	23,3	18,8	4	4,7	0,06	0,038	0,198	0,160	0,034	0,040	0,001
T02	1323 - 16 DESCARGA PTAR COLEGIO TITALA	0,74	88,2	310	221,8	108	94,2	13,419	2,06	7,24	5,18	2,52	2,20	0,31
T03	1365 - 16 VERTIMIENTO VEREDA EL SALITRE	N.R	180	331	151	92	33,2	4,727	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T04	1380 - 16 VERTIMIENTO LA PLAZUELA	0,05	438	635	197	120	52,3	2,762	0,69	1,00	0,31	0,19	0,08	0,004
T05	1408 - 16 PTAR T - 05 CONDOMINIO RESIDENCIAL PRADERAS DE POTOSI	0,98	11,2	30	18,8	4	1,5	0,212	0,35	0,93	0,58	0,12	0,05	0,01
T06	1421 - 16 VERTIMIENTO PTAR MUNICIPIO DE LA CALERA	N.R	154	301	147	72	75	6,623	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T07	1528 - 16 PTAR CASCO URBANO GUASCA, EFLUENTE	9,96	263	318	55	123	37,9	27,922	82,62	99,90	17,28	38,64	11,91	8,77
T08	1471 - 16 VERTIMIENTO EMPRESA VITROFARMA S.A.	N.R	66,4	209	142,6	14,7	37,8	17,789	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T09	1502 - 16 VEREDA LA PORTADA T9 VERTIMIENTO AL RÍO TEUSACA	0,11	1080	1189	109	1714	57,4	2,87	3,75	4,13	0,38	5,95	0,20	0,01

No.	VERTIMIENTO	CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES GENERADO (L/s)	CONCENTRACIÓN MEDIDA						CARGAS CONTAMINANTES (VALOR OBTENIDO) Ton/año					
			[DBO5] mg/l	DQO mg/l	DQO-DBO5 mg/l	[SST] mg/l	NT mg/l	PT mg/l	DBO5	DQO	DQO-DBO5	SST	NT	PT
T10	1503-16 VEREDA LA PORTADA T10 VERTIMIENTO AL RÍO TEUSACÁ	0,19	298	667	369	253	80,8	8,043	1,79	4,00	2,21	1,52	0,48	0,05
T11	1507 - 16 VERTIMIENTO TRUCHERA EL ABUELO	N.R	5,6	23,1	17,5	7	1	0,082	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T12	1508-16 TRUCHERA MUISCA	2,81	2,6	70	67,4	9	1	0,066	0,23	6,20	5,97	0,80	0,09	0,01
T13	1447 - 16 EFLUENTE PTAR	0,79	177	318	141	150	37,07	922	4,41	7,92	3,51	3,74	0,92	22,97
T14	1558 - 16 PTAR CENTRO URBANO GUASCA (PTAR FLORESTA)	0,26	39,8	78	38,2	22	17,6	2,519	0,33	0,64	0,31	0,18	0,14	0,02
T15	1590 - 16 TRUCHERA LAGOS DE SIECHA	N.R	2,2	15,9	13,7	7	1	0,083	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T16	1605 - 16 VERTIMIENTO DESCARGA FINAL PTAR VEREDA SAN ISIDRO A LA QUEBRADA SIECHA	0,87	156	292	136	150	41	4,506	4,28	8,01	3,73	4,12	1,13	0,12
T17	1619 - 16 EFLUENTE PTAR GUATAVITA	2,94	147	283	136	187	77,4	8,153	13,63	26,24	12,61	17,34	7,18	0,76
T18	1649 - 16 SALIDA VERTIMIENTO TRUCHERA VILLA DEL RIO	N.R	2,7	17,3	14,6	9	2,2	0,075	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T22	1693 - 16 VERTIMIENTO DE MONTECILLO ALTO	0,029	49,6	170	120,4	50	30,1	2,336	0,05	0,16	0,11	0,05	0,03	0,002

No.	VERTIMIENTO	CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES GENERADO (L/s)	CONCENTRACIÓN MEDIDA						CARGAS CONTAMINANTES (VALOR OBTENIDO) Ton/año					
			[DBO5] mg/l	DQO mg/l	DQO-DBO5 mg/l	[SST] mg/l	NT mg/l	PT mg/l	DBO5	DQO	DQO-DBO5	SST	NT	PT
T20	1656 - 16 FINCA MONTECILLO	0,38	13,5	118	104,5	26,7	13,4	0,855	0,16	1,41	1,25	0,32	0,16	0,01
T21	1692 - 16 VERTIMIENTO DE MONTECILLO SUR	0,12	169	299	130	54,5	20,9	1,874	0,64	1,13	0,49	0,21	0,08	0,01
T19	1655 - 16 VERTIMIENTO PREDIOS VEREDA MONTESILLO	0,51	159	356	197	76,7	42,6	6,047	2,56	5,73	3,17	1,23	0,69	0,10
T23	1694 - 16 VERTIMIENTO TERMALES CALIENTES	3	2,4	70	67,6	30	4,2	0,442	0,23	6,62	6,40	2,84	0,40	0,04
T24	1720 - 16 VERTIMIENTO INDUSTRIAL ALPINA PLANTA SOPO	N.R	33,5	95	61,5	25,3	12,9	11,877	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T25	1719 - 16 SALIDA PTAR PUEBLO VIEJO	20	142	287	145	80	58,5	7,151	89,57	181,04	91,47	50,46	36,90	4,51
T26	1752 - 16 SALIDA PTAR AGUA INDUSTRIAL EMPRESA MANANTIAL	0,71	2	70	68	4	16,9	0,38	0,04	1,57	1,52	0,09	0,38	0,01
T27	1753 - 16 VERTIMIENTO RESIDUAL DOMESTICO PLANTA MANANTIAL	0,06	2	24,7	22,7	4	15,2	0,06	0,004	0,047	0,043	0,008	0,029	0,0001
T28	1781 - 16 VERTIMIENTO TRUCHERA PEZ DORADO	3,37	2,8	13,6	10,8	4	3,9	0,11	0,30	1,45	1,15	0,43	0,41	0,01
T29	1782 - 16 VERTIMIENTO RESTURANTE HUMO Y SABOR	0,023	4700	9698	4998	843	111	85,953	3,41	7,04	3,63	0,61	0,08	0,06

No.	VERTIMIENTO	CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES GENERADO (L/s)	CONCENTRACIÓN MEDIDA						CARGAS CONTAMINANTES (VALOR OBTENIDO) Ton/año					
			[DBO5] mg/l	DQO mg/l	DQO-DBO5 mg/l	[SST] mg/l	NT mg/l	PT mg/l	DBO5	DQO	DQO-DBO5	SST	NT	PT
T30	1783 - 16 VERTIMIENTO DE (3) PREDIOS DULCES Y POSTRES POMELO POMAROSAY VIVERO EL NARANJO	0,013	174	252	78	84	39	4,795	0,07	0,10	0,03	0,03	0,02	0,00
T31	1784 - 16 VERTIMIENTO LA VEREDA SAN RAFAEL SECTOR SANTA ROSA	0,012	81	177	96	52,5	21,2	1,912	0,03	0,07	0,04	0,02	0,01	0,00
T32	1793 - 16 EFLUENTE PTAR BRICEÑO INSPECCION	5,27	260	286	26	76	50,2	6,846	43,22	47,54	4,32	12,63	8,34	1,14
T33	1794 - 16 VERTIMIENTO VEREDA GRATAMIRA	0,18	424	1025	601	188	78,7	15,077	2,41	5,82	3,41	1,07	0,45	0,09
T34	1795 - 16 VERTIMIENTO VEREDA EL CHUZCAL	N.R	86	237	151	112	39	4,905	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T35	1797 - 16 VERTIMIENTO VEREDA VIOLETA	0,02	26,8	317	290,2	356	34,9	8,649	0,02	0,20	0,18	0,22	0,02	0,01
T36	1796 - 16 VERTIMIENTO VEREDA MERCENARIO	0,4	365	820	455	200	47,2	11,281	4,60	10,35	5,74	2,52	0,60	0,14
T37	1830 - 16 VERTIMIENTO EXPLOTACION PORCICOLA DEL SR MIGUEL ROMERO	N.R	10400	94955	84555	25200	138	208	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T38	1831 - 16 VERTIMIENTO RESTAURANTE TERRAZA EL TAMBOR	0,18	474	681	207	160	0,393	0,722	2,69	3,87	1,18	0,91	0,00	0,00
T39	1832 - 16 VERTIMIENTO CALERA SPA	N.R	2,2	21,1	18,9	4	0,505	0,06	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

No.	VERTIMIENTO	CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES GENERADO (L/s)	CONCENTRACIÓN MEDIDA						CARGAS CONTAMINANTES (VALOR OBTENIDO) Ton/año					
			[DBO5] mg/l	DQO mg/l	DQO-DBO5 mg/l	[SST] mg/l	NT mg/l	PT mg/l	DBO5	DQO	DQO-DBO5	SST	NT	PT
T40	1861-16 - 16 VERTIMIENTO TEOFAMRS S.A.S.	6,9	15,4	70	54,6	4	6,1	0,281	3,35	15,23	11,88	0,87	1,33	0,06
T41	1862-16 VERTIMIENTO FLORES CHIPATA	N.R	10	107	97	30	8,6	2,976	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T42	1448 - 16 MEZCLA DE AGUA INDUSTRIAL Y DOMESTICA ANTES DE ENTRAR AL RIO	0,37	177	318	141	150	37,9	27,922	2,07	3,71	1,65	1,75	0,44	0,33

Fuente: Unión Temporal Corpoguavio 2015

Tabla 13.10. Cálculo del IACAL total en Ton/año por parámetro.

No.	VERTIMIENTO	Calculo del IACAL en ton/año por parámetro					
		DBO <sub>5</sub>	DQO-DBO <sub>5</sub>	SST	NT	PT	IACAL ( $\Sigma/5$ )
T01	1322 - 16 DESCARGA PTAR CENTRO COMERCIAL POTOSI.	1	1	1	1	1	1
T02	1323 - 16 DESCARGA PTAR COLEGIO TITALA.	1	1	1	1	1	1
T03	1365 - 16 VERTIMIENTO VEREDA EL SALITRE	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T04	1380 - 16 VERTIMIENTO LA PLAZUELA	1	1	1	1	1	1
T05	1408 - 16 PTAR T - 05 CONDOMINIO RESIDENCIAL PRADERAS DE POTOSI	1	1	1	1	1	1

No.	VERTIMIENTO	Calculo del IACAL en ton/año por parámetro					
		DBO <sub>5</sub>	DQO-DBO <sub>5</sub>	SST	NT	PT	IACAL ( $\Sigma/5$ )
T06	1421 - 16 VERTIMIENTO PTAR MUNICIPIO DE LA CALERA	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T07	1528 - 16 PTAR CASCO URBANO GUASCA, EFLUENTE	1	1	1	1	2	1
T08	1471 - 16 VERTIMIENTO EMPRESA VITROFARMA S.A.	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T09	1502 - 16 VEREDA LA PORTADA T9 VERTIMIENTO AL RÍO TEUSACA	1	1	1	1	1	1
T10	1503-16 VEREDA LA PORTADA T10 VERTIMIENTO AL RÍO TEUSACÁ	1	1	1	1	1	1
T11	1507 - 16 VERTIMIENTO TRUCHERA EL ABUELO	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T12	1508-16 TRUCHERA MUISCA	1	1	1	1	1	1
T13	1447 - 16 EFLUENTE PTAR	1	1	1	1	4	2
T14	1558 - 16 PTAR CENTRO URBANO GUASCA (PTAR FLORESTA)	1	1	1	1	1	1
T15	1590 - 16 TRUCHERA LAGOS DE SIECHA	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T16	1605 - 16 VERTIMIENTO DESCARGA FINAL PTAR VEREDA SAN ISIDRO A LA QUEBRADA SIECHA	1	1	1	1	1	1
T17	1619 - 16 EFLUENTE PTAR GUATAVITA	1	1	1	1	1	1

No.	VERTIMIENTO	Calculo del IACAL en ton/año por parámetro					
		DBO <sub>5</sub>	DQO-DBO <sub>5</sub>	SST	NT	PT	IACAL ( $\Sigma/5$ )
T18	1649 - 16 SALIDA VERTIMIENTO TRUCHERA VILLA DEL RIO	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T22	1693 - 16 VERTIMIENTO DE MONTECILLO ALTO	1	1	1	1	1	1
T20	1656 - 16 FINCA MONTECILLO	1	1	1	1	1	1
T21	1692 - 16 VERTIMIENTO DE MONTECILLO SUR	1	1	1	1	1	1
T19	1655 - 16 VERTIMIENTO PREDIOS VEREDA MONTESILLO	1	1	1	1	1	1
T23	1694 - 16 VERTIMIENTO TERMALES CALIENTES	1	1	1	1	1	1
T24	1720 - 16 VERTIMIENTO INDUSTRIAL ALPINA PLANTA SOPO	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T25	1719 - 16 SALIDA PTAR PUEBLO VIEJO	1	1	1	1	2	1,2
T26	1752 - 16 SALIDA PTAR AGUA INDUSTRIAL EMPRESA MANANTIAL	1	1	1	1	1	1
T27	1753 - 16 VERTIMIENTO RESIDUAL DOMESTICO PLANTA MANANTIAL	1	1	1	1	1	1
T28	1781 - 16 VERTIMIENTO TRUCHERA PEZ DORADO	1	1	1	1	1	1
T29	1782 - 16 VERTIMIENTO RESTURANTE HUMO Y SABOR	1	1	1	1	1	1

No.	VERTIMIENTO	Calculo del IACAL en ton/año por parámetro					
		DBO <sub>5</sub>	DQO-DBO <sub>5</sub>	SST	NT	PT	IACAL ( $\Sigma/5$ )
T30	1783 - 16 VERTIMIENTO DE (3) PREDIOS DULCES Y POSTRES POMELO POMAROSAY VIVERO EL NARANJO	1	1	1	1	1	1
T31	1784 - 16 VERTIMIENTO LA VEREDA SAN RAFAEL SECTOR SANTA ROSA	1	1	1	1	1	1
T32	1793 - 16 EFLUENTE PTAR BRICEÑO INSPECCION	1	1	1	1	1	1
T33	1794 - 16 VERTIMIENTO VEREDA GRATAMIRA	1	1	1	1	1	1
T34	1795 - 16 VERTIMIENTO VEREDA EL CHUZCAL	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T35	1797 - 16 VERTIMIENTO VEREDA VIOLETA	1	1	1	1	1	1
T36	1796 - 16 VERTIMIENTO VEREDA MERCENARIO	1	1	1	1	1	1
T37	1830 - 16 VERTIMIENTO EXPLOTACION PORCICOLA DEL SR MIGUEL ROMERO	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T38	1831 - 16 VERTIMIENTO RESTAURANTE TERRAZA EL TAMBOR	1	1	1	1	1	1
T39	1832 - 16 VERTIMIENTO CALERA SPA	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T40	1861-16 - 16 VERTIMIENTO TEOFAMRS S.A.S.	1	1	1	1	1	1

No.	VERTIMIENTO	Calculo del IACAL en ton/año por parámetro					
		DBO <sub>5</sub>	DQO-DBO <sub>5</sub>	SST	NT	PT	IACAL ( $\sum/5$ )
T41	1862-16 VERTIMIENTO FLORES CHIPATA	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T42	1448 - 16 MEZCLA DE AGUA INDUSTRIAL Y DOMESTICA ANTES DE ENTRAR AL RIO	1	1	1	1	1	1

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015

Tabla 13.11. Cálculo del IACAL total en Ton/año/millón de metros cúbicos por parámetro.

No.	Caudal Medio MMC	Caudal Mínimo MMC	DBO <sub>5</sub>	DQO-DBO <sub>5</sub>	SST	NT	PT	IACAL ( $\sum/5$ )	DBO <sub>5</sub>	DQO-DBO <sub>5</sub>	SST	NT	PT	IACAL ( $\sum/5$ )
T01	2458993	2458993	1,5584E-08	0,00000007	1,3853E-08	0,0000000	0,0000000	1	1,5584E-08	6,5107E-08	1,3853E-08	1,6277E-08	2,0779E-10	1
T02	25677064	4326237	8,0171E-08	0,00000020	9,8168E-08	0,0000001	0,0000000	1	4,7583E-07	1,1966E-06	5,8265E-07	5,082E-07	7,2394E-08	1
T03	25677064	4326237	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T04	17630364	3125988	3,9178E-08	0,00000002	1,0734E-08	0,0000000	0,0000000	1	2,2096E-07	9,9383E-08	6,0538E-08	2,6384E-08	1,3934E-09	1
T05	14444758	2903985	2,3966E-08	0,00000004	8,5593E-09	0,0000000	0,0000000	1	1,1921E-07	2,001E-07	4,2575E-08	1,5966E-08	2,2565E-09	1
T06	17630364	3125988	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

No.	Caudal Medio MMC	Caudal Mínimo MMC	DBO <sub>5</sub>	DQO-DBO <sub>5</sub>	SST	NT	PT	IACAL ( $\sum/5$ )	DBO <sub>5</sub>	DQO-DBO <sub>5</sub>	SST	NT	PT	IACAL ( $\sum/5$ )
T07	109157862	31181603	7,5687E-07	0,00000016	3,5397E-07	0,0000001	0,0000001	1	2,6496E-06	5,541E-07	1,2392E-06	3,8182E-07	2,813E-07	1
T08	2405616	2405616	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T09	17630364	3125988	2,1253E-07	0,00000002	3,3729E-07	0,0000000	0,0000000	1	1,1986E-06	1,2097E-07	1,9023E-06	6,3706E-08	3,1853E-09	1
T10	17630364	3125988	1,0129E-07	0,00000013	8,5995E-08	0,0000000	0,0000000	1	5,7127E-07	7,0738E-07	4,8501E-07	1,549E-07	1,5419E-08	1
T11	28767159	4256141	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T12	25915765	2342471	8,8915E-09	0,00000023	3,0778E-08	0,0000000	0,0000000	1	9,8371E-08	2,5501E-06	3,4052E-07	3,7835E-08	2,4971E-09	1
T13	25915765	2342471	1,7018E-07	0,00000014	1,4422E-07	0,0000000	0,0000009	1	1,8827E-06	1,4998E-06	1,5955E-06	3,9431E-07	9,8072E-06	1
T14	25915765	2342471	1,2594E-08	0,00000001	6,9614E-09	0,0000000	0,0000000	1	1,3933E-07	1,3373E-07	7,7016E-08	6,1613E-08	8,8184E-09	1
T15	27082819	5640748	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T16	109157862	31181603	3,9215E-08	0,00000003	3,7707E-08	0,0000000	0,0000000	1	1,3728E-07	1,1968E-07	1,32E-07	3,608E-08	3,9653E-09	1
T17	157045182	44452545	8,6796E-08	0,00000008	1,1041E-07	0,0000000	0,0000000	1	3,0664E-07	2,8369E-07	3,9008E-07	1,6146E-07	1,7007E-08	1
T18	16327146	3402586	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

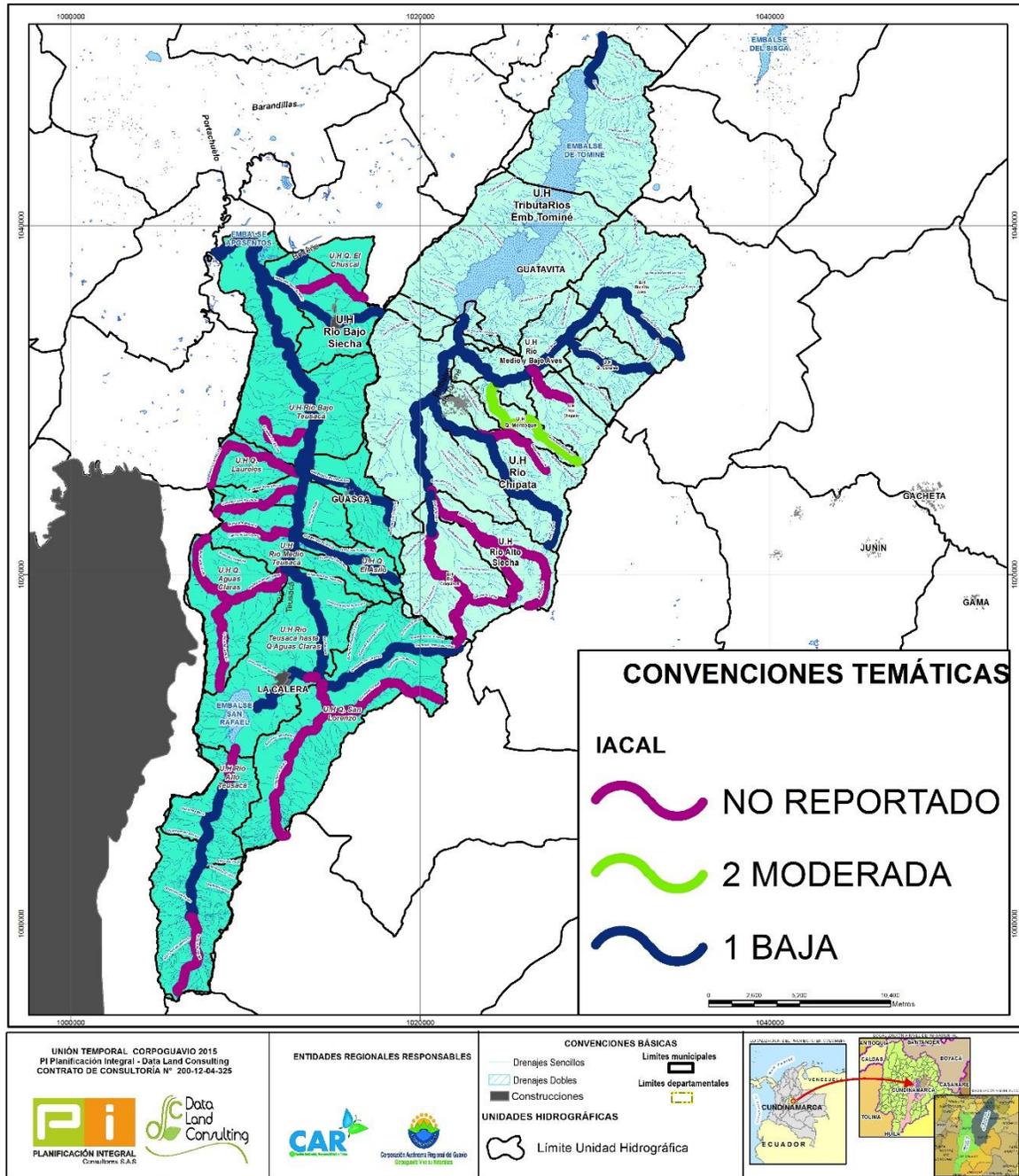
FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA UNIDAD  
HIDROGRÁFICA DEL EMBALSE DE TOMINÉ DEL CUAL HACEN PARTE LOS RÍOS SIECHA –  
AVES Y PRINCIPALES TRIBUTARIOS, Y DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO TEUSACÁ Y  
PRINCIPALES TRIBUTARIOS EN LAS JURISDICIONES DE LA CAR Y CORPOGUAIVIO LAS  
CUALES PERTENECEN A LA CUENCA DEL RÍO BOGOTÁ

No.	Caudal Medio MMC	Caudal Mínimo MMC	DBO <sub>5</sub>	DQO-DBO <sub>5</sub>	SST	NT	PT	IACAL ( $\sum/5$ )	DBO <sub>5</sub>	DQO-DBO <sub>5</sub>	SST	NT	PT	IACAL ( $\sum/5$ )
T22	157045182	44452545	2,8888E-10	0,00000000	2,9121E-10	0,00000000	0,00000000	1	1,0206E-09	2,4774E-09	1,0288E-09	6,1934E-10	4,8066E-11	1
T20	157045182	44452545	1,0303E-09	0,00000001	2,0377E-09	0,00000000	0,00000000	1	3,6398E-09	2,8175E-08	7,1988E-09	3,6129E-09	2,3052E-10	1
T21	157045182	44452545	4,0729E-09	0,00000000	1,3135E-09	0,00000000	0,00000000	1	1,4389E-08	1,1069E-08	4,6403E-09	1,7795E-09	1,5956E-10	1
T19	157045182	44452545	1,6286E-08	0,00000002	7,856E-09	0,00000000	0,00000000	1	5,7535E-08	7,1286E-08	2,7754E-08	1,5415E-08	2,1881E-09	1
T23	157045182	44452545	1,446E-09	0,00000004	1,8075E-08	0,00000000	0,00000000	1	5,1085E-09	1,4389E-07	6,3857E-08	8,94E-09	9,4082E-10	1
T24	2405616	2405616	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T25	2405616	2405616	3,7235E-05	0,00003802	2,0978E-05	0,0000153	0,0000019	1	3,7235E-05	3,8022E-05	2,0978E-05	1,534E-05	1,8751E-06	1
T26	39338005	6970880	1,1385E-09	0,00000004	2,277E-09	0,00000000	0,00000000	1	6,4248E-09	2,1844E-07	1,285E-08	5,429E-08	1,2207E-09	1
T27	39338005	6970880	9,6212E-11	0,00000000	1,9242E-10	0,00000000	0,00000000	1	5,4294E-10	6,1624E-09	1,0859E-09	4,1264E-09	1,6288E-11	1
T28	5836376	1175315	5,0993E-08	0,00000020	7,2846E-08	0,0000001	0,00000000	1	2,5322E-07	9,767E-07	3,6174E-07	3,527E-07	9,9479E-09	1
T29	17630364	3125988	1,9339E-07	0,00000021	3,4686E-08	0,00000000	0,00000000	1	1,0907E-06	1,1598E-06	1,9563E-07	2,5759E-08	1,9946E-08	1

No.	Caudal Medio MMC	Caudal Mínimo MMC	DBO <sub>5</sub>	DQO-DBO <sub>5</sub>	SST	NT	PT	IACAL ( $\sum/5$ )	DBO <sub>5</sub>	DQO-DBO <sub>5</sub>	SST	NT	PT	IACAL ( $\sum/5$ )
T30	17630364	3125988	4,0466E-09	0,00000000	1,9535E-09	0,00000000	0,00000000	1	2,2823E-08	1,0231E-08	1,1018E-08	5,1154E-09	6,2894E-10	1
T31	17630364	3125988	1,7389E-09	0,00000000	1,127E-09	0,00000000	0,00000000	1	9,8071E-09	1,1623E-08	6,3565E-09	2,5668E-09	2,315E-10	1
T32	2405616	2405616	1,7965E-05	0,00000180	5,2512E-06	0,0000035	0,0000005	1	1,7965E-05	1,7965E-06	5,2512E-06	3,4686E-06	4,7302E-07	1
T33	2405616	2405616	1,0006E-06	0,00000142	4,4368E-07	0,0000002	0,0000000	1	1,0006E-06	1,4183E-06	4,4368E-07	1,8573E-07	3,5581E-08	1
T34	2405616	2405616	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T35	2405616	2405616	7,0275E-09	0,00000008	9,335E-08	0,0000000	0,0000000	1	7,0275E-09	7,6096E-08	9,335E-08	9,1515E-09	2,2679E-09	1
T36	2405616	2405616	1,9142E-06	0,00000239	1,0489E-06	0,0000002	0,0000001	1	1,9142E-06	2,3862E-06	1,0489E-06	2,4754E-07	5,9162E-08	1
T37	25677064	4326237	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T38	17630364	3125988	1,5263E-07	0,00000007	5,1522E-08	0,0000000	0,0000000	1	8,6085E-07	3,7594E-07	2,9058E-07	7,1374E-10	1,3112E-09	1
T39	25677064	4326237	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T40	25915765	2342471	1,2932E-07	0,00000046	3,359E-08	0,0000001	0,0000000	1	1,4307E-06	5,0726E-06	3,7162E-07	5,6672E-07	2,6106E-08	1

No.	Caudal Medio MMC	Caudal Mínimo MMC	DBO <sub>5</sub>	DQO-DBO <sub>5</sub>	SST	NT	PT	IACAL ( $\sum/5$ )	DBO <sub>5</sub>	DQO-DBO <sub>5</sub>	SST	NT	PT	IACAL ( $\sum/5$ )
T41	25915765	2342471	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
T42	25915765	2342471	7,9703E-08	0,00000006	6,7545E-08	0,00000000	0,00000000	1	8,8178E-07	7,0244E-07	7,4727E-07	1,8881E-07	1,391E-07	1

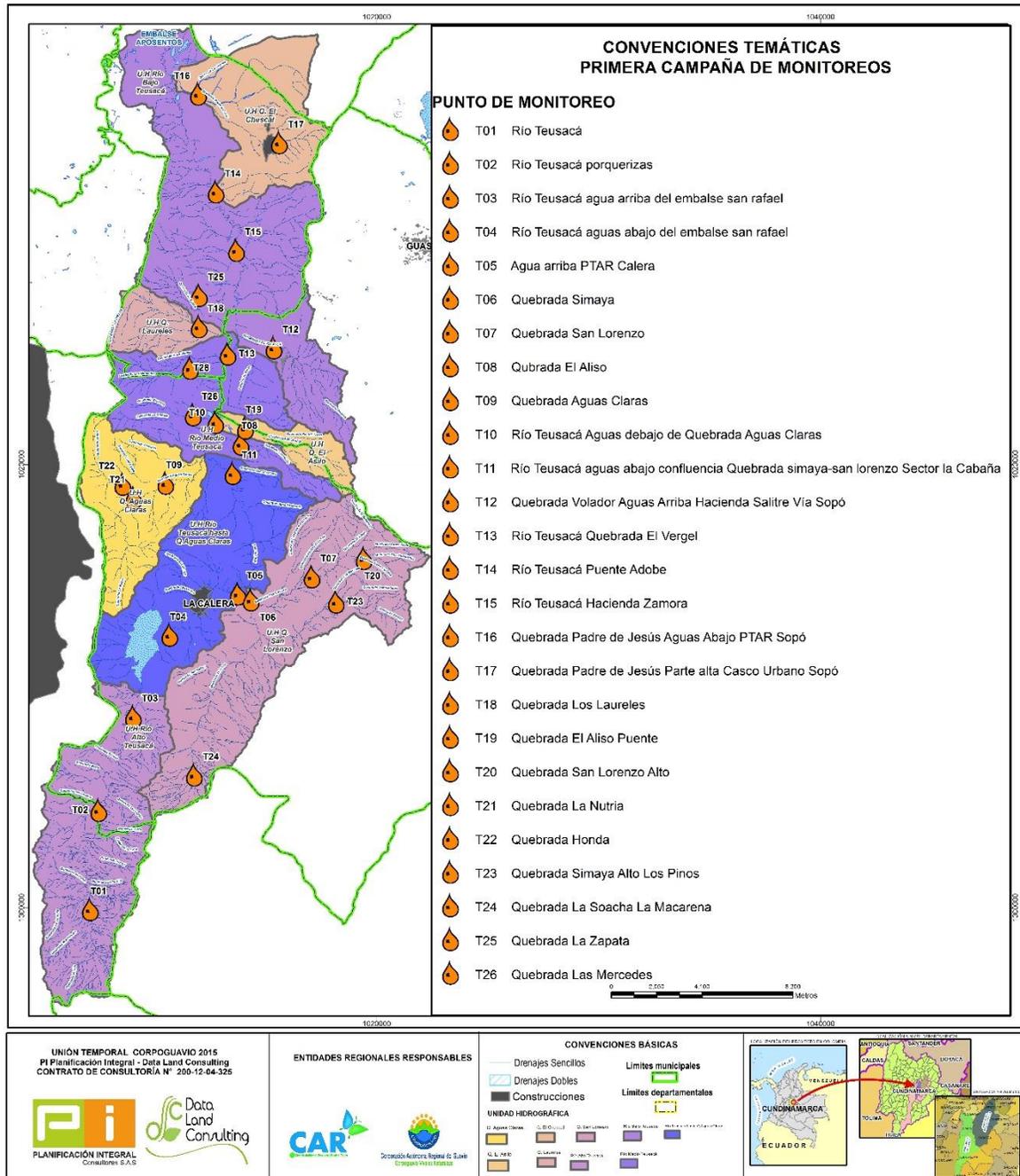
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015



**Figura 13.5. IACAL calculado en las cuencas de Teusacá y Tominé**  
**Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015**

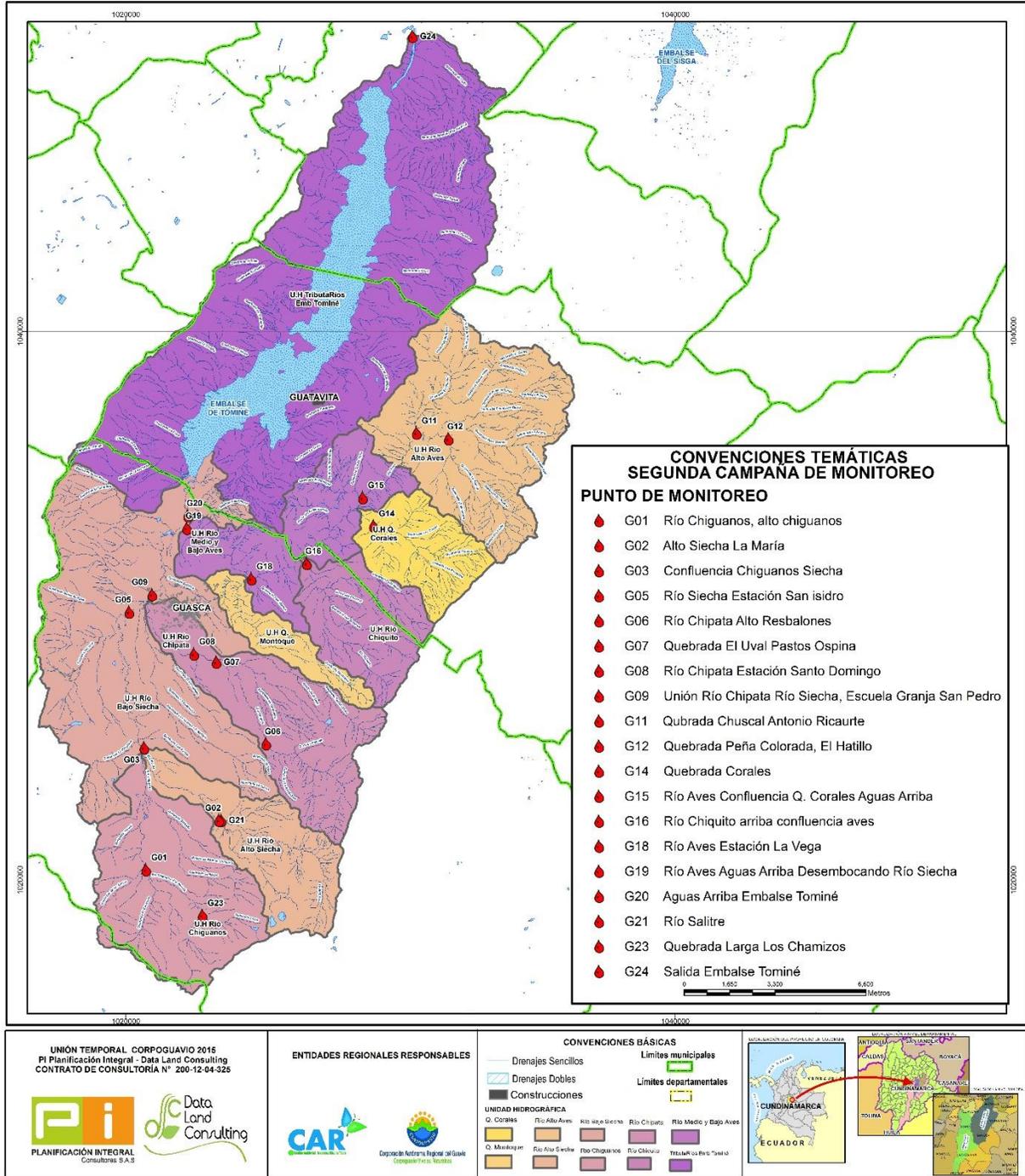
### 13.3 Caracterización hidrobiológica

Con el fin de caracterizar e incorporar el estado ecológico del sistema al análisis del recurso hídrico de la unidad hidrográfica del Embalse de Tominé, se evaluó la composición y estructura de las comunidades hidrobiológicas presentes en los distintos cuerpos de agua pertenecientes al área de estudio. Dicho análisis se efectuó agrupando las estaciones de monitoreo por unidad hidrográfica entre las que se enumeran: Alto Teusacá, Teusacá San Rafael, Bajo Teusacá, Río Siecha, Río Aves, Afluente Tominé y las estaciones de monitoreo tomadas en el Embalse Tominé (Figura 13.6).



**Figura 13.6. Delimitación del área de estudio por unidades hidrográficas y ubicación de las estaciones de monitoreo.**

**Fuente:** Unión Temporal Corpogavio 2015



**Figura 13.7.** Delimitación del área de estudio por unidades hidrográficas y ubicación de las estaciones de monitoreo.

Fuente: Unión Temporal Corpogavio 2015

### 13.3.1 Unidad Hidrográfica Alto Teusacá

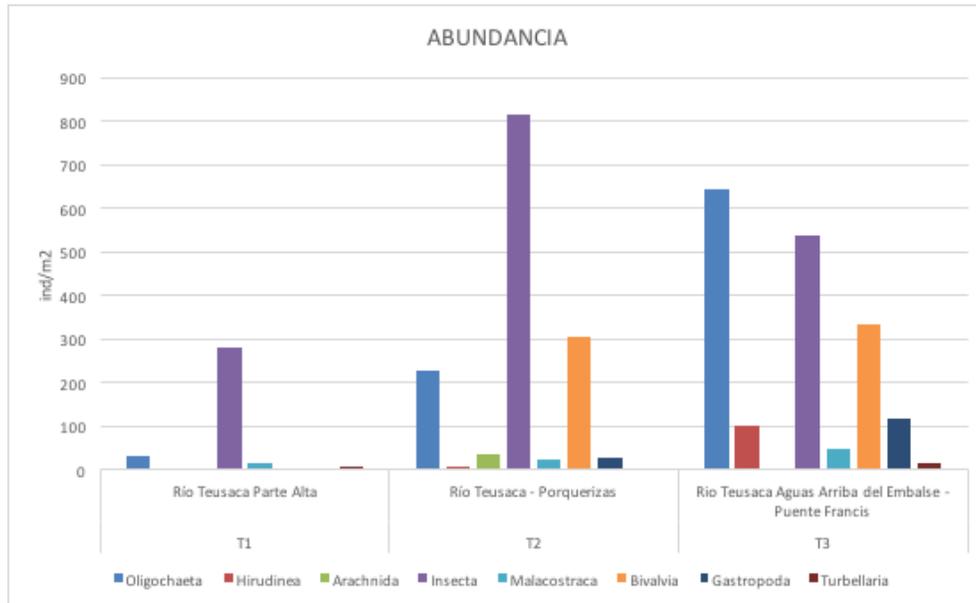
Las estaciones pertenecientes a la Unidad Hidrográfica Alto Teusacá fueron: T1 – Río Teusacá Parte Alta, T2 – Río Teusacá Porquerizas y T3 – Río Teusacá aguas arriba del embalse (Figura 13.6).

- **Macroinvertebrados acuáticos**

#### *Composición y abundancia*

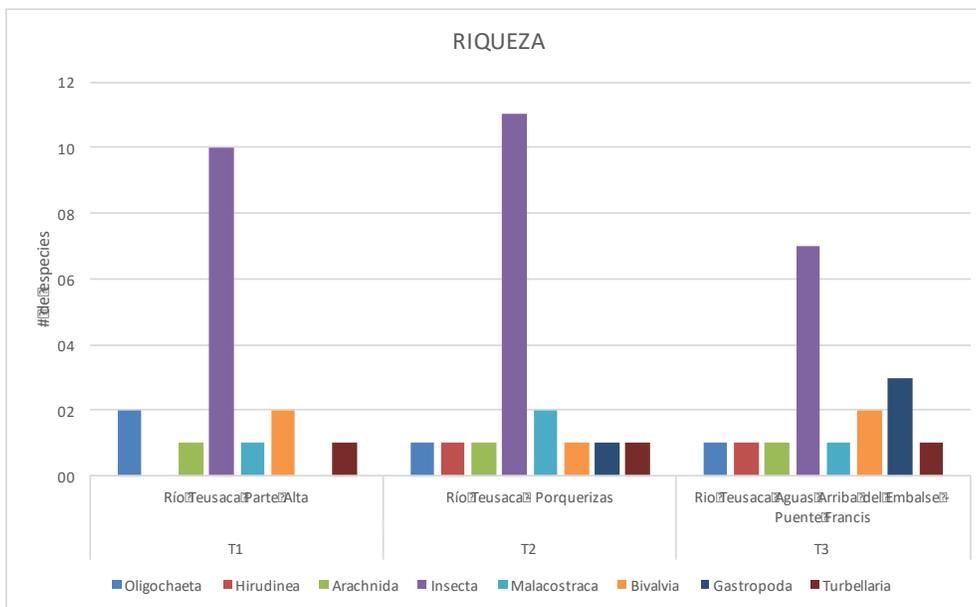
En la unidad hidrográfica denominada como Alto Teusacá, la comunidad de macroinvertebrados acuáticos estuvo representada predominantemente por individuos pertenecientes a la clase taxonómica Insecta del phylum Arthropoda ya que estuvo presente en las tres estaciones con un número importante de individuos y de especies (Figura 13.8 y Figura 13.9). De hecho, fue la clase más representativa en la unidad, principalmente debido a que un gran número de los organismos pertenecientes a esta clase son acuáticos o tienen parte de su ciclo de vida en el agua (Esteves, 1998). Insecta a su vez, se encontró fuertemente representado por el orden Diptera cuya importancia radica en la gran abundancia de numerosas especies con múltiples hábitos alimenticios, los cuales pueden ser vectores de patógenos causantes de múltiples enfermedades. Por otro lado dentro de la misma clase taxonómica, en segundo y tercer lugar en términos de riqueza y abundancia fueron representativos los individuos pertenecientes a los órdenes Coleóptera de los cuales tan solo el 15% posee un ciclo de vida o una fase del mismo en el agua, hábitos alimenticios muy variados y por otro lado, en términos generales la calidad de agua no suele ser determinante para su distribución (Fernández, 2012) y Trichoptera, quienes constituyen uno de los grupos más importantes de macroinvertebrados acuáticos, de hábitos tróficos variados y de cierta exigencia en términos de calidad de agua (Fernández, 2012). Por otro lado la segunda clase taxonómica más representativa en términos de riqueza y abundancia fue Oligochaeta (Figura 13.8 y Figura 13.9), perteneciente al phylum Annelida, quienes son considerados como indicadores de afectación por materia orgánica (Roldán, 1996) y de gran importancia en la dinámica de nutrientes (Esteves, 1998).

Finalmente como se puede observar en la Figura 13.8, Bivalvia, fue reportada en las estaciones T2 y T3 con abundancias importantes, sin embargo en término de número de especies no se encontró muy por encima de los grupos taxonómicos menos representativos Figura 13.9 (ANEXO A). Este grupo se caracteriza por ser filtradores y estar ligados en términos generales a condiciones de calidad de agua desde aceptable a buena (Roldán, 1996).



**Figura 13.8.** Abundancia (ind/m<sup>2</sup>) de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Alto Teusacá.

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015



**Figura 13.9.** Riqueza (# de especies) de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Alto Teusacá.

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015

### 13.3.3.1 Índices Ecológicos

Teniendo en cuenta el cálculo de los índices ecológicos de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos del Alto Teusacá (Tabla 13.12), fue posible determinar que la diversidad en las tres estaciones monitoreadas presentó valores cercanos a dos (2) donde el más alto se encontró en T2 y el más bajo en T3, pero a la vez muy cercanos entre sí. Dicha diversidad estuvo acompañada por valores altos de uniformidad y bajos de dominancia, lo que describe una comunidad bentónica bien representada en términos de riqueza y abundancia y condiciones que favorecen el desarrollo de múltiples taxones con características diferentes.

**Tabla 13.12.** Índices ecológicos calculados para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presente en la unidad hidrográfica Alto Teusacá.

Estación	S	N	J'	H'	lambda
T1	17	342,2	0,702	1,988	0,208
T2	19	1444,4	0,694	2,043	0,174
T3	17	1802,2	0,641	1,815	0,228

S: Riqueza, N: abundancia total, J': uniformidad de Pielou, H': diversidad de Shannon (e), lambda: dominancia de Simpson.

### 13.3.3.2 Índice BMWP

Una vez realizado el cálculo del BMWP para la primera campaña, para el Alto Teusacá (Tabla 13.13), se encontró que los valores del mismo oscilaron entre 48 (T1) y 67 (T2), indicando calidad del recurso entre aceptable y dudosa y por tanto valores de contaminación moderada y contaminación ligera, para la segunda campaña (Tabla 13.14) se encuentran valores que oscilaron entre 48 (T1) y 106 (T2), la calidad se encuentran en bueno, aceptable y dudosa. Estos valores de calidad se deben principalmente a la presencia de organismos pertenecientes a la familia Chironomidae, los cuales son indicadores de contaminación por materia orgánica, así mismo la presencia de Tubificidae que tiene un puntaje muy bajo (1).

Sin embargo a pesar de encontrar los organismos mencionados anteriormente se reportó la presencia de individuos con altos puntajes, hecho que corrobora lo inferido a partir de los índices ecológicos. Las condiciones de Alto Teusacá fueron favorables al desarrollo de múltiples taxa sin favorecer particularmente a alguno.

**Tabla 13.13.** Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes a Alto Teusacá I Campaña.

Estación	Clase	Calidad	Taxas	BMWP	ASPT	Significado	Color
T1	III	Dudosa	12	48	4,0	Contaminación moderada	Yellow
T2	II	Aceptable	14	67	4,8	Contaminación ligera	Green
T3	III	Dudosa	12	54	4,5	Contaminación moderada	Yellow

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015

**Tabla 13.14.** Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes a Alto Teusacá II Campaña.

Estación	Clase	Calidad	Taxas	BMWP	ASPT	Significado	Color
T01	III	Dudosa	11	48	4,36	Contaminación moderada	Yellow
T02	I	Buena	26	106	4,08	Aguas muy limpias a limpias	Blue
T03	II	Aceptable	21	76	3,62	Contaminación ligera	Green

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015

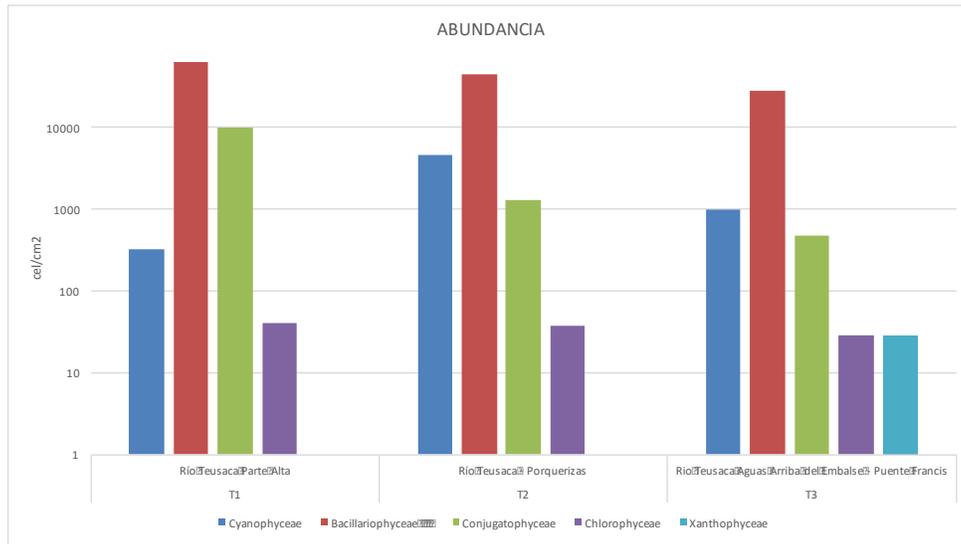
- **Comunidad Perifítica**

#### *Composición y abundancia*

La comunidad perifítica de Alto Teusacá estuvo ampliamente dominada en términos de abundancia y riqueza por el grupo de las Bacilariófitas (Figura 13.10 y Figura 13.11), hecho fundamentado en la amplia distribución tanto en cuerpos de agua loticos como lenticos y variedad de formas de vida, la cual las ubica en ambientes de distinta naturaleza (CMA, s.a.) son constituyentes principales de las microalgas. Así mismo teniendo en cuenta las abundancias de cada una de las especies encontradas (ANEXO B) fue posible determinar que los géneros *Nitzschia* y *Navicula* indicadores de oligotrofia y mesotrofia así como aguas turbulentas.

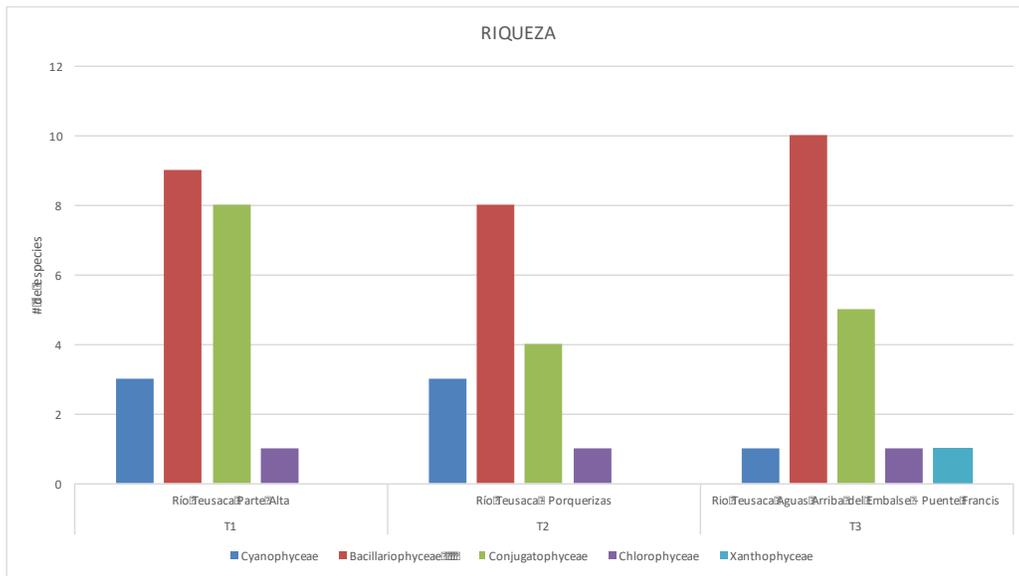
Por otro lado Cyanophyceae fue la segunda clase más representativa en términos de abundancia (Figura 13.10) pero tercera al considerar la riqueza (Figura 13.11). Este grupo taxonómico se compone por organismos sin núcleo diferenciado similar a las bacterias consideradas a su vez como oportunistas ya que puede adaptarse a ambientes cambiantes. En altas concentraciones de fósforo respecto a nitrógeno pueden ocasionar los afloramientos indicando procesos de eutrofización (CMA, s.a.). Para este grupo los géneros más representativos fueron *Lynbya* (indicador de sucesión avanzada) y *Oscillatoria* (indicador de meso a eutrofia).

Finalmente en términos de riqueza el segundo grupo más representativo fue Conjugatophyceae cuyos representantes crecen comúnmente en aguas dulces estancadas y ninguna en aguas marinas (CMA, s.a.). El género más representativo fue *Cosmarium*, normalmente distribuida en ambientes ácidos o mesotróficos (Pinilla, 1998).



**Figura 13.10.** Abundancia (células/litro) de organismos pertenecientes a la comunidad perifítica de las estaciones correspondientes a Alto Teusacá. (\*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10)

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015



**Figura 13.11.** Riqueza (# de especies) de perifiton pertenecientes a las estaciones de Alto Teusacá.

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015

### Índices ecológicos

Los valores de diversidad oscilaron entre 1,56 (T2) y 1,09 (T1), acompañados con valores intermedios de uniformidad en T2 y T3 y bajos para T1; mientras que la dominancia de simpson presentó valores bajos para T2 y T3 e intermedios para T1 (Tabla 13.15). Teniendo

en cuenta las altas abundancias y el número de especies para cada estación se puede inferir que la comunidad perifítica en T1 está poco representada en términos de abundancia y riqueza debido a la posible dominancia de uno o más grupos taxonómicos a su vez relacionada a condiciones que la favorecen. Por otro lado T2 y T3, reflejan una comunidad un poco más homogénea que en T1, más uniforme y sin una dominancia tan marcada. Lo cual permite inferir que las condiciones medioambientales pueden ser más homogéneas, sin favorecer algún grupo taxonómico particular.

**Tabla 13.15.** Índices ecológicos calculados para la comunidad perifítica presente en la unidad hidrográfica Alto Teusacá.

Estación	S	N	J'	H'	lambda
T1	21	72695,9	0,36	1,09	0,58
T2	16	50530,4	0,56	1,56	0,36
T3	18	29052,3	0,49	1,40	0,39

S: Riqueza, N: abundancia total, J': uniformidad de Pielou, H': diversidad de Shannon (e), lambda: dominancia de Simpson.

### 13.3.2 Unidad Hidrográfica Teusacá San Rafael

Las estaciones correspondientes a la unidad hidrográfica Teusacá San Rafael son: T4 – Río Teusacá aguas abajo del embalse, T11 – Río Teusacá aguas abajo confluencia Qdas, Simayá y San Lorenzo, T5 – Río Teusacá aguas debajo de la PTAR La Calera, T6 – Quebrada Simayá, T23 – Quebrada Simayá Alto los Pinos, T7 – Quebrada San Lorenzo, T20 – Quebrada San Lorenzo Alto San Lorenzo, T24 – Quebrada La Socha La Macarena, T9 – Quebrada Aguas Claras, T21 – Quebrada La Nutria y T22 – Quebrada Honda.

- **Macroinvertebrados acuáticos**

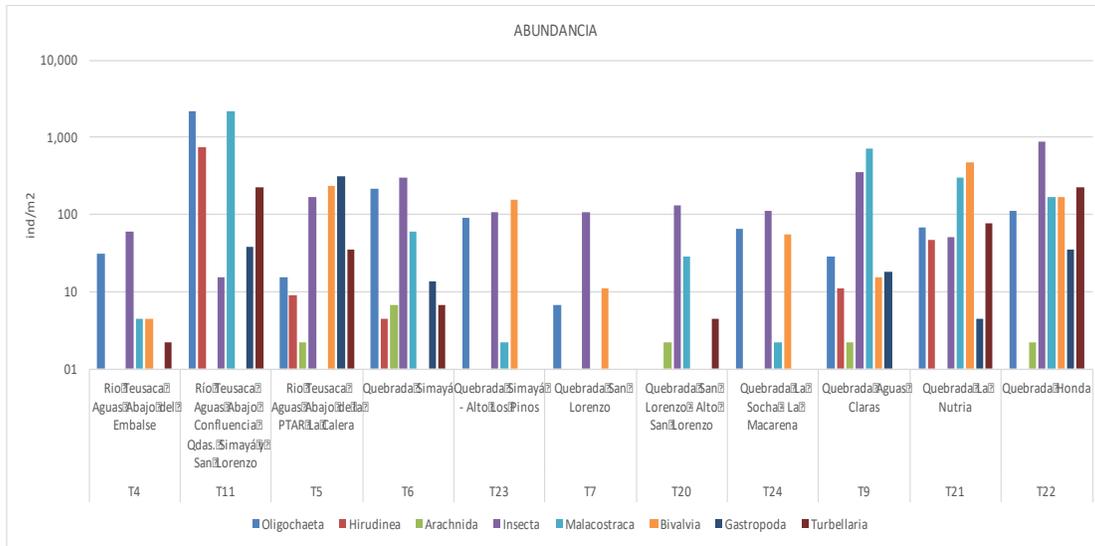
#### *Composición y abundancia*

La comunidad de macroinvertebrados acuáticos de Teusacá San Rafael reflejó que Insecta y Oligochaeta fueron las clases más comunes entre estaciones de monitoreo y cuerpos de agua ya que estuvieron presentes en 11 y 10 las 11 estaciones, respectivamente. Así mismo se puede afirmar que al igual que en Alto Teusacá dichas clases fueron las más representativas en términos de abundancia. Dentro de la clase Insecta, el orden Diptera fue el más representativo debido a las características descritas anteriormente.

Por otro lado otro de las clases más representativas y más comunes entre estaciones fue Malacostraca con el orden Amphipoda quienes se encuentran comúnmente en las orillas de cuerpos de agua afectados por presencia de materia orgánica (Roldán, 1996), ya que se distribuyeron en 9 de las 11 estaciones. En T11, se evidencia un pico de abundancia para la clase Hirudinea también ampliamente distribuidos en ambientes con bajas concentraciones de oxígeno (Roldán, 1996).

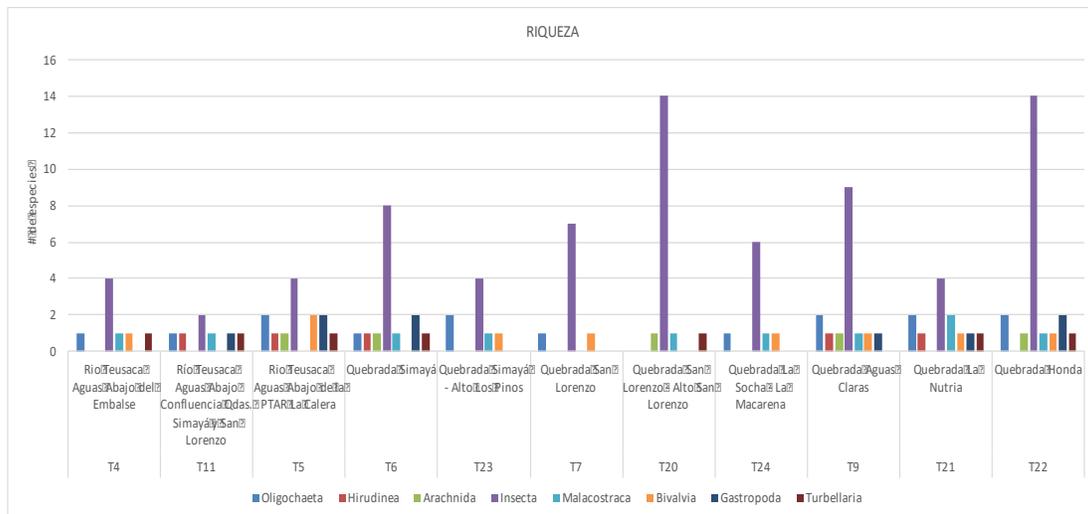
Finalmente en cuanto a la riqueza, se evidenció la dominancia de la clase Insecta en todas las estaciones monitoreadas, teniendo en cuenta su amplia distribución y variedad.

En términos generales la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de Teusacá San Rafael presenta una composición homogénea con variación en términos de abundancia. Sin embargo se evidencia la dominancia de las clases más cosmopolita como Insecta.



**Figura 13.12.** Abundancia (ind/m<sup>2</sup>), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Teusacá San Rafael. (\*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10)

**Fuente:** Unión Temporal Coropoguvio 2015



**Figura 13.13.** Riqueza (# de especies), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Teusacá San Rafael.

**Fuente:** Unión Temporal Coropoguvio 2015

### 13.3.2.1 Índices Ecológicos

La diversidad de Shannon presentó valores entre 1,19 (T11) y 2,25 (T20), sin embargo en su mayoría los valores de este índice fueron inferiores a 2. Las estaciones del Río Teusacá, presentó valores bajos de diversidad acompañados por altas uniformidades y bajas dominancias, indicando una comunidad poco representada en términos de riqueza y abundancia, pero condiciones que no favorecieron el desarrollo de un grupo taxonómico particular. Por otro lado en las estaciones de la Quebrada Simayá se encontraron valores similares de diversidad pero con una uniformidad más marcada en T23, sin embargo en ambas estaciones no se evidenció la proliferación de un taxa particular. En las estaciones ubicadas en la quebrada San Lorenzo, se evidenció una uniformidad importante con bajas dominancias, así como poca representatividad en abundancia de los taxa encontrados en T7, a diferencia de T20 que mostró una de las comunidades mejor representadas. Finalmente los índices ecológicos en las quebradas restantes reflejaron comunidades uniformes, bien representadas.

La unidad hidrográfica Teusacá San Rafael alberga una comunidad de macroinvertebrados acuáticos donde no se evidenció dominancia de algún taxa particular, por tanto se infieren condiciones aptas para el desarrollo homogéneo de la misma, también reflejado con los altos valores de uniformidad.

**Tabla 13.16.** Índices ecológicos calculados para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presente en la unidad hidrográfica Teusacá San Rafael.

Estación	S	N	J'	H'	lambda
T4	8	101	0,67	1,39	0,33
T11	7	5461	0,61	1,19	0,35
T5	13	788	0,63	1,62	0,27
T6	15	609	0,56	1,52	0,31
T23	8	355	0,72	1,50	0,28
T7	9	127	0,63	1,39	0,39
T20	17	161	0,79	2,25	0,13
T24	9	235	0,76	1,67	0,22
T9	16	1146	0,53	1,47	0,41
T21	12	1011	0,59	1,47	0,32
T22	22	1589	0,69	2,15	0,16

S: Riqueza, N: abundancia total, J': uniformidad de Pielou, H': diversidad de Shannon (e), lambda: dominancia de Simpson.

### 13.3.2.2 Índice BMWP

Una vez calculado el índice de calidad BMWP para cada una de las estaciones pertenecientes a Teusacá San Rafael, fue posible determinar que la mayoría de cuerpos de agua presentan aguas muy contaminadas debido principalmente a la presencia de la familia Chironomidae. Según las familias de macroinvertebrados acuáticos encontradas en

el río Teusacá, éste se encuentra en estado crítico. La quebrada Simayá, presentó contaminación moderada y crítica y la Quebrada San Lorenzo, presentó contaminación ligera en la estación denominada como Alto San Lorenzo, mientras que la otra ya se encontró con un grado de contaminación crítica. Finalmente de los cuerpos de agua restantes, la quebrada Honda fue la única con calidad Aceptable, la quebrada aguas claras presentó calidad dudosa y las dos restantes crítica. Por tanto se evidencia que en general los cuerpos de agua de Teusacá San Rafael, presentan un grado de contaminación considerable.

**Tabla 13.17.** Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes a Teusacá San Rafael I Campaña.

Estación	Clase	Calidad	Taxas	BMWP	ASPT	Significado	Color
T4	IV	Crítica	6	29	4,83	Aguas muy contaminadas	
T11	IV	Crítica	5	21	4,2	Aguas muy contaminadas	
T5	IV	Crítica	8	34	4,25	Aguas muy contaminadas	
T6	III	Dudosa	12	60	5	Contaminación moderada	
T23	IV	Crítica	6	18	3	Aguas muy contaminadas	
T7	IV	Crítica	8	35	4,37	Aguas muy contaminadas	
T20	II	Aceptable	15	87	5,8	Contaminación ligera	
T24	IV	Crítica	8	34	4,25	Aguas muy contaminadas	
T9	III	Dudosa	12	58	4,83	Contaminación moderada	
T21	IV	Crítica	7	24	3,43	Aguas muy contaminadas	
T22	II	Aceptable	18	94	5,22	Contaminación ligera	

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015

**Tabla 13.18.** Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes a Teusacá San Rafael II Campaña.

Estación	Clase	Calidad	Taxas	BMWP	ASPT	Significado	Color
T24	III	Dudosa	16	57	3,56	Contaminación moderada	
T04	III	Dudosa	9	43	4,78	Contaminación moderada	
T05	III	Dudosa	13	47	3,62	Contaminación moderada	
T20	II	Aceptable	17	79	4,65	Contaminación ligera	
T23	IV	Crítica	10	28	2,80	Aguas muy contaminadas	

Estación	Clase	Calidad	Taxas	BMWP	ASPT	Significado	Color
T07	III	Dudosa	11	37	3,36	Contaminación moderada	Amarelo
T06	II	Aceptable	15	61	4,07	Contaminación ligera	Verde claro
T11	III	Dudosa	11	48	4,36	Contaminación moderada	Amarelo
T09	II	Aceptable	16	63	3,94	Contaminación ligera	Verde claro
T21	II	Aceptable	16	68	4,25	Contaminación ligera	Verde claro
T22	IV	Crítica	6	25	4,17	Agua muy contaminada	Naranja

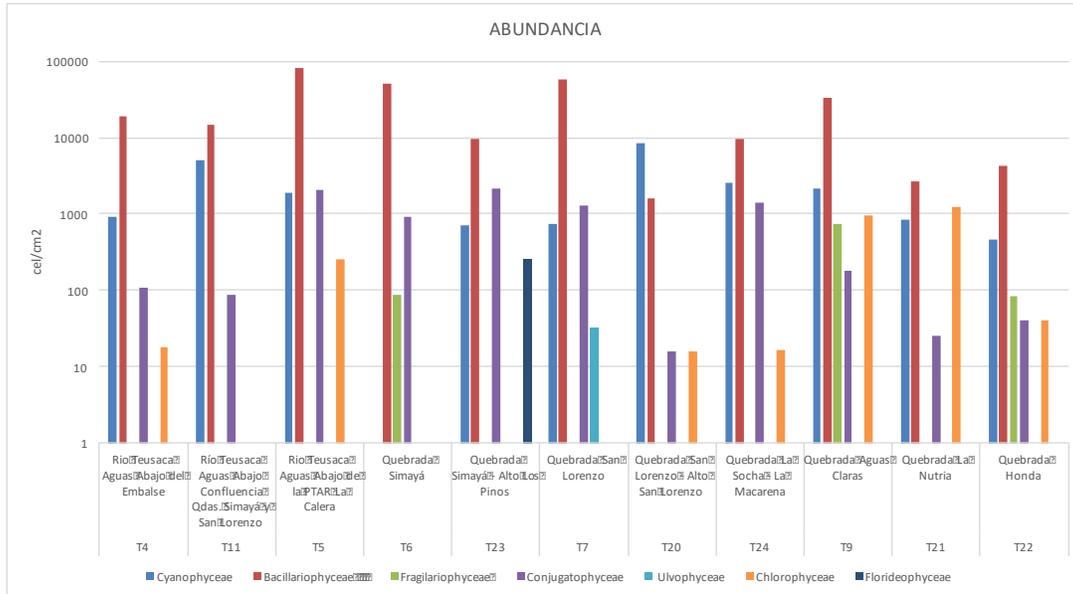
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015

- **Comunidad Perifítica**

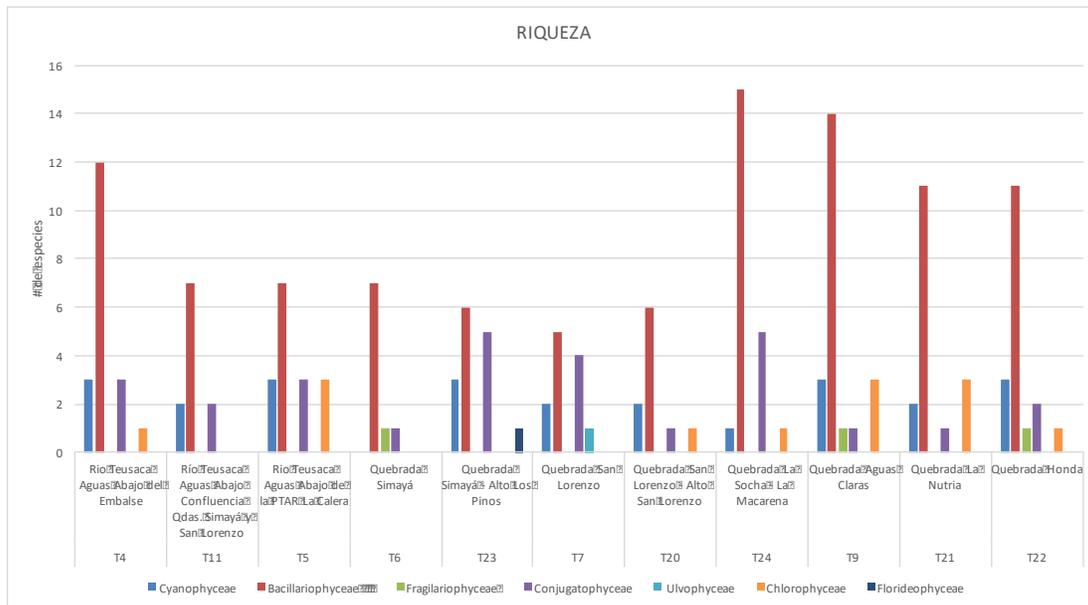
#### *Composición y abundancia*

Al igual que lo reportado para Alto Teusacá se evidenció que la comunidad perifítica estuvo ampliamente dominada en términos de abundancia y riqueza por la clase Bacillariophyceae (Figura 13.14 y Figura 13.15), la cual como se mencionó anteriormente son el grupo más común de microalgas. Donde los géneros que más aportaron a la gran abundancia fueron *Nitzschia* y *Navicula* indicadores de oligotrofia y mesotrofia así como aguas turbulentas, así como *Cymbella* comúnmente distribuida en aguas litorales e indicando procesos de sucesión (Pinilla, 1998). Por su parte Cyanophyceae fue el segundo grupo taxonómico más representativo, con los géneros *Lynbya* (indicador de sucesión avanzada) y *Oscillatoria* (indicador de meso a eutrofia). Conjugatophyceae fue el tercer grupo más representativo con el género *Cosmarium*, normalmente distribuido en ambientes ácidos o mesotróficos (Pinilla, 1998).

Finalmente es importante mencionar Chlorophyceae, el cual estuvo presente principalmente en las quebradas donde solo se tomó un punto de monitoreo; habitan principalmente ambientes mesotróficos o eutróficos (Esteves, 1998). Los géneros más importantes acá determinados fueron *Chaetophora* y *Oedogonium*, este último comúnmente distribuido en aguas someras con cierto grado de acidez (Pinilla, 1998).



**Figura 13.14.** Abundancia (células/litro) de organismos pertenecientes a la comunidad perifítica de las estaciones correspondientes a Teusacá San Rafael. (\*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10)  
**Fuente:** Unión Temporal Coropoguvio 2015



**Figura 13.15.** Riqueza (# de especies) de perifiton pertenecientes a las estaciones de Teusacá San Rafael.  
**Fuente:** Unión Temporal Coropoguvio 2015

### Índices ecológicos

Teniendo en cuenta lo observado en la **Tabla 13.19**, fue posible determinar que las estaciones de Teusacá San Rafael mostraron una comunidad perifítica bien representada en términos de abundancia y riqueza, ya que los valores medios y altos de diversidad estuvieron acompañados por altas uniformidades y bajas dominancias, indicando condiciones que favorecen el desarrollo homogéneo de los taxones sin favorecer las características de alguno en particular. Dicha condición solo fue contrariada en la estación T20, donde la presencia y abundancia de *Lyngbya* predominó sobre las demás especies, causando baja uniformidad y alta dominancia, posiblemente a causa de una condición medioambiental que favoreció el desarrollo de este género.

**Tabla 13.19.** Índices ecológicos calculados para la comunidad perifítica presente en la unidad hidrográfica Tominé San Rafael.

	S	N	J'	H'	lambda
<b>T4</b>	19	19671,3	0,69	2,03	0,16
<b>T11</b>	11	19681,2	0,60	1,44	0,31
<b>T5</b>	16	85379,2	0,52	1,43	0,30
<b>T6</b>	9	51391,4	0,68	1,50	0,26
<b>T23</b>	15	12745,7	0,77	2,09	0,18
<b>T7</b>	12	59543,4	0,52	1,29	0,32
<b>T20</b>	10	10017,7	0,32	0,75	0,69
<b>T24</b>	22	13600,1	0,73	2,25	0,14
<b>T9</b>	22	37617,2	0,65	2,02	0,20
<b>T21</b>	17	4775	0,83	2,36	0,12
<b>T22</b>	18	4936,2	0,63	1,83	0,24

S: Riqueza, N: abundancia total, J': uniformidad de Pielou, H': diversidad de Shannon (e), lambda: dominancia de Simpson.

### 13.3.3 Unidad Hidrográfica Bajo Teusacá

Las estaciones correspondientes a la unidad hidrográfica Bajo Teusacá son: T10 – Río Teusacá Conjunto La Pradera de Potosí, T13 – Río Teusacá Estación Vergel PTAP Progreso Corpoaguavio, T15 - Río Teusacá Hacienda Zamora, T14 – Río Teusacá Puente Adobe, T19 – Quebrada El Asilo Puente, T8 – Quebrada El Asilo, T25 – Quebrada Zapata Hacienda La Habana, T26 – Quebrada La Glorieta sector Marquez, T28 – Quebrada Las Mercedes Flores Sausaque, T12 – Quebrada EL volador Aguas arriba confluencia, T18 – Quebrada Laureles, T16 – Quebrada Jesús Aguas abajo de la PTAR Sopó y T17 – Quebrada Moya aguas arriba de la PTAR Sopó.

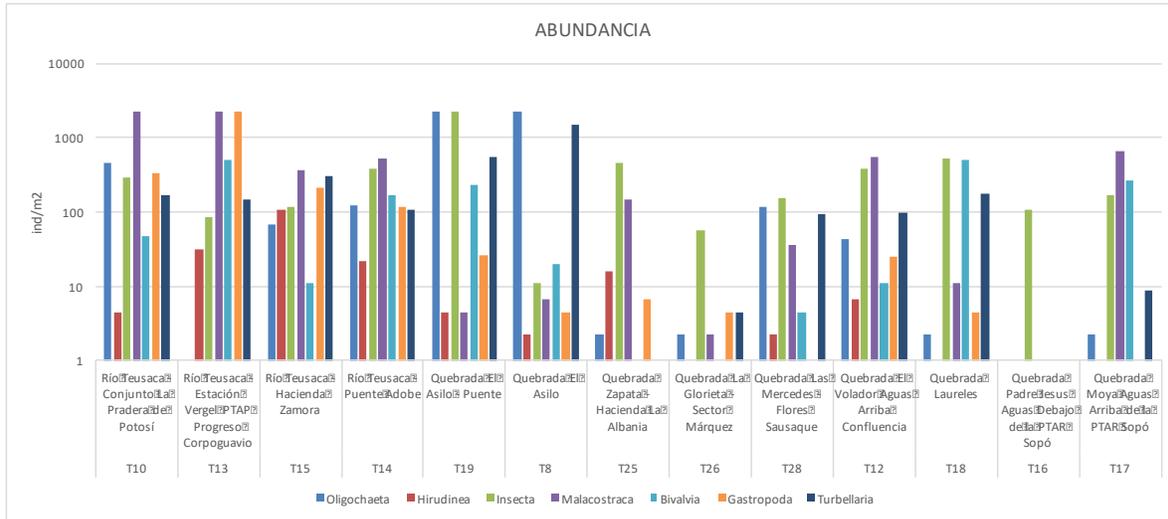
- **Macroinvertebrados acuáticos**

### *Composición y abundancia*

La comunidad de macroinvertebrados acuáticos del Bajo Teusacá presentó una composición similar a las unidades descritas anteriormente, ya que como se puede observar en la Figura 13.16, la clase más común entre estaciones y cuerpos de agua monitoreados fue Insecta. Sin embargo teniendo en cuenta las estaciones ubicadas sobre el río Teusacá fue posible determinar que en términos de abundancia, la clase más representativa fue Malacostraca ya que en las cuatro (4) estaciones evaluadas fue la más abundante, aunque no la más rica (Figura 13.17). Malacostraca pertenece a la clase superior de los crustáceos. Los crustáceos comprenden un grupo significativo y diversificado en cuerpos de agua continental, aunque gran parte de ellos son microscópicos. Los macro crustáceos están representados principalmente por los órdenes Amphipoda y Decapoda, los cuales efectivamente aportaron las mayores abundancias para las estaciones del río Teusacá. Los anfípodos se encuentran a veces en grandes números en quebradas u orillas de lagos enriquecidos con materia orgánica y es común en ecosistemas neotropicales (Roldán 1992). Los decápodos están representados generalmente por la familia Pseudotephusidae en ecosistemas tropicales, como se evidenció en este estudio.

Por otro lado en las estaciones pertenecientes a la quebrada el Asilo se evidenció la relevancia en términos de abundancia de la clase Oligochaeta (ya mencionada anteriormente), especialmente por la familia Tubificidae (indicador de aguas contaminadas). Finalmente para en el resto de cuerpos de agua evaluados, la clase Insecta fue la más representativa con el orden Diptera. Por otro lado clase Hirudinea también ampliamente distribuidos en ambientes con bajas concentraciones de oxígeno (Roldán, 1996), fue común en la mayoría de estaciones de la unidad hidrográfica.

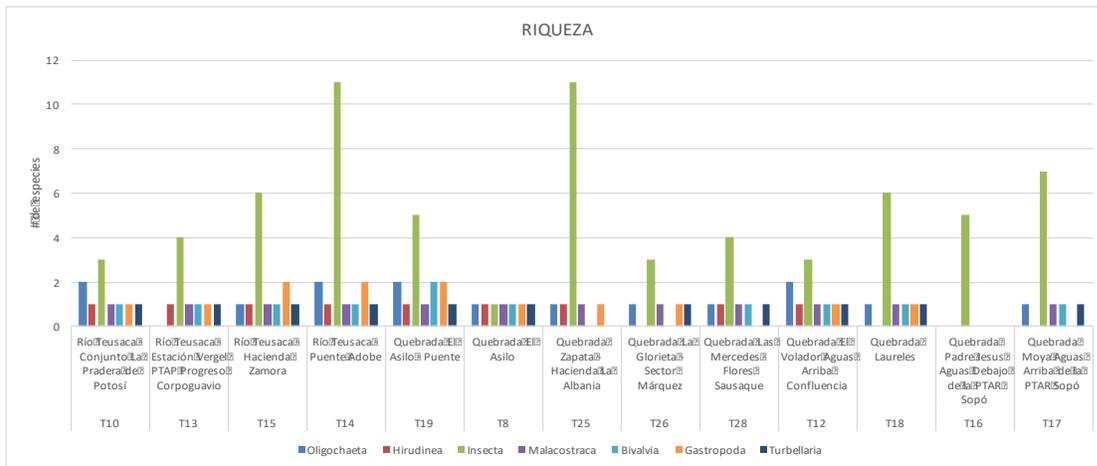
En términos generales la comunidad de macroinvertebrados acuáticos del Bajo Teusacá, se encontró representada por las clases Oligochaeta, Insecta, Malacostraca e Hirudinea, mostrando variaciones en términos de abundancia entre cuerpos de agua. Así mismo las estaciones con mayor abundancia pertenecieron al río Teusacá y la quebrada el Asilo.



**Figura 13.16.** Abundancia (ind/m<sup>2</sup>), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Bajo Teusacá. (\*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10)

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015

En cuanto a la riqueza de especies se observa una representatividad importante por parte de la clase Insecta, como se mencionó anteriormente debida principalmente a las características descritas anteriormente. El mayor número de taxones se reportó en las estaciones T14 y T25, mientras que el menor se encontró en la Quebrada el Asilo (T8).



**Figura 13.17.** Riqueza (# de especies), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Bajo Teusacá.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015

### 13.3.3.1 Índices Ecológicos

Una vez calculados los índices ecológicos (Tabla 13.20) fue posible determinar que la única estación perteneciente al río Teusacá que presentó un índice de diversidad considerable

fue T14, por tanto fue donde mejor se distribuyó la abundancia entre grupos taxonómicos. Sin embargo en ninguna de ellas se evidenció claramente la dominancia de uno o más grupos taxonómicos y por el contrario en T15 y T14 se presentaron índices de uniformidad cercanos a 1 que indican condiciones favorables al desarrollo homogéneo de la comunidad. En las estaciones correspondientes a la Quebrada el Asilo (T19 y T8), se infiere que la comunidad se encuentra poco representada ya que los bajos valores de diversidad se encontraron acompañados de bajas dominancias y a su vez de bajas uniformidades.

En el resto de cuerpos de agua a excepción de T17 (Q. Moyas) a pesar de tener diversidades bajas no se evidenció el dominio de algún grupo taxonómico y por el contrario las condiciones en cada uno favorecieron el desarrollo de una comunidad variada.

En términos generales las condiciones en la unidad Bajo Teusacá, favorecieron el desarrollo de una comunidad de macroinvertebrados acuáticos variada sin favorecer el desarrollo de algún taxa en particular o causar su dominancia sobre los demás, evidenciando diferencias entre cuerpos de agua.

**Tabla 13.20.** Índices ecológicos calculados para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presente en la unidad hidrográfica Bajo Teusacá.

Estación	S	N	J'	H'	lambda
T10	10	3524	0,55	1,28	0,43
T13	9	5208	0,53	1,17	0,37
T15	13	1184	0,71	1,81	0,21
T14	19	1448	0,69	2,04	0,19
T19	14	5310	0,46	1,21	0,36
T8	7	3730	0,38	0,74	0,51
T25	15	638	0,56	1,50	0,34
T26	7	69	0,53	1,03	0,55
T28	9	406	0,78	1,72	0,21
T12	10	1118	0,56	1,29	0,36
T18	11	1218	0,62	1,48	0,27
T16	5	106	0,77	1,25	0,32
T17	11	1103	0,49	1,17	0,42

S: Riqueza, N: abundancia total, J': uniformidad de Pielou, H': diversidad de Shannon (e), lambda: dominancia de Simpson.

### 13.3.3.2 Índice BMWP

Teniendo en cuenta el cálculo del BMWP para el Bajo Teusacá, las estaciones del río Teusacá se encuentran es estado crítico y dudoso de calidad a excepción de T14 (Puente de Adobe), que presentó un grado aceptable. Por otro lado la quebrada El Asilo presentó calidad crítica y muy crítica, al igual que los otros cuerpos de agua de esta unidad donde se denota evidencia de contaminación del recurso. Por tanto, es posible determinar que la

unidad Bajo Teusacá presenta una generalidad de mala calidad del recurso a excepción de puntos específicos con poca contaminación.

**Tabla 13.21.** Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes al Bajo Teusacá I Campaña.

Estación	Clase	Calidad	Taxas	BMWP	ASPT	Significado	Color
T10	IV	Crítica	8	23	2,87	Aguas muy contaminadas	Orange
T13	IV	Crítica	6	30	5	Aguas muy contaminadas	Orange
T15	III	Dudosa	10	51	5,1	Contaminación moderada	Yellow
T14	II	Aceptable	15	76	5,06	Contaminación ligera	Light Green
T19	IV	Crítica	8	26	3,25	Aguas muy contaminadas	Orange
T8	V	Muy crítica	3	7	2,33	Aguas fuertemente contaminadas	Red
T25	II	Aceptable	14	70	5	Contaminación ligera	Light Green
T26	IV	Crítica	6	25	4,16	Aguas muy contaminadas	Orange
T28	IV	Crítica	6	29	4,83	Aguas muy contaminadas	Orange
T12	IV	Crítica	6	23	3,83	Aguas muy contaminadas	Orange
T18	III	Dudosa	9	38	4,22	Contaminación moderada	Yellow
T16	V	Muy crítica	4	9	2,25	Aguas fuertemente contaminadas	Red
T17	IV	Crítica	9	34	3,7	Aguas muy contaminadas	Orange

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015

**Tabla 13.22.** Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes al Bajo Teusacá II Campaña.

Estación	Clase	Calidad	Taxas	BMWP	ASPT	Significado	Color
T08	V	Muy Crítica	4	13	3,25	Aguas fuertemente contaminadas	Red
T19	IV	Crítica	6	18	3,00	Aguas muy contaminadas	Orange
T25	III	Dudosa	12	43	3,58	Contaminación moderada	Yellow
T18	IV	Crítica	6	31	5,17	Aguas muy contaminadas	Orange
T28	IV	Crítica	9	27	3,00	Aguas muy contaminadas	Orange

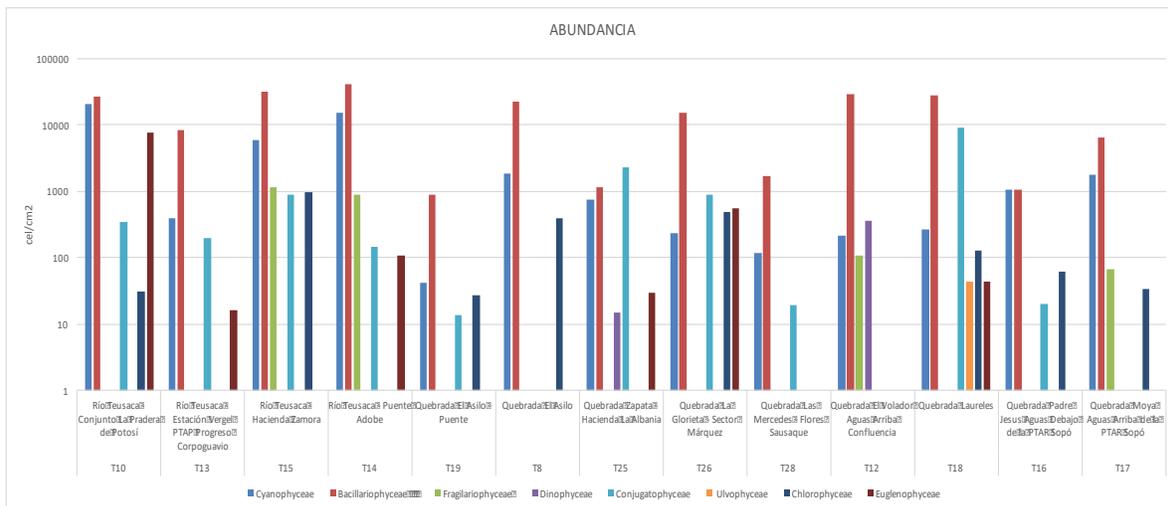
Estación	Clase	Calidad	Taxas	BMWP	ASPT	Significado	Color
T17	IV	Crítica	8	34	4,25	Aguas muy contaminadas	Orange
T10	III	Dudosa	10	48	4,80	Contaminación moderada	Yellow
T13	III	Dudosa	10	42	4,20	Contaminación moderada	Yellow
T15	III	Dudosa	10	46	4,60	Contaminación moderada	Yellow
T14	II	Aceptable	14	71	5,07	Contaminación ligera	Green
T16	IV	Crítica	7	23	3,29	Aguas muy contaminadas	Orange

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015

- **Comunidad Perifítica**

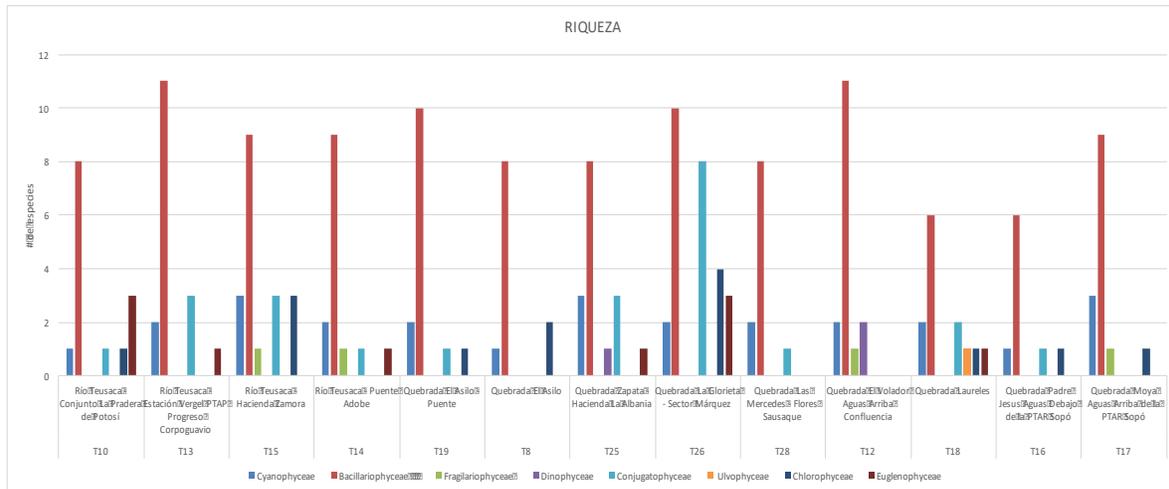
### Composición y abundancia

Al igual que en las unidades hidrogeográficas descritas anteriormente la clase Bacillariophyceae, fue la más representativa en términos de abundancia y riqueza (Figura 13.18 y Figura 13.19). Principalmente por los géneros *Nitzschia* y *Navicula* indicadores de oligotrofia y mesotrofia así como aguas turbulentas; como *Pinnularia* (indicador de oligotrofia) y *Melosira*. Por otro lado Cyanophyceae con los géneros *Lyngbya* (indicador de sucesión avanzada) y *Oscillatoria* (indicador de meso a eutrofia). Así mismo, en términos de riqueza la mayor representatividad fue para las Bacilariofitas.



**Figura 13.18.** Abundancia (células/litro) de organismos pertenecientes a la comunidad perifítica de las estaciones correspondientes a Bajo Teusacá. (\*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10)

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015



**Figura 13.19.** Riqueza (# de especies) de perifiton pertenecientes a las estaciones de Bajo Teusacá.

Fuente: Unión Temporal Coropguavio 2015

### Índices ecológicos

Según la Tabla 13.23, Bajo Teusacá alberga una comunidad perifítica bien representada con valores de diversidad entre 1,10 y 2,23 acompañados por altas uniformidades y bajas dominancias. Hecho que como se ha mencionado anteriormente denota condiciones favorables para el desarrollo óptimo de una comunidad variada sin favorecer un grupo taxonómico en particular. Es decir que ofrece demanda variada de recursos para el perifiton. Según estos índices no se evidencia marcada diferencia entre las comunidades perifíticas entre cuerpos de agua ni estaciones.

**Tabla 13.23.** Índices ecológicos calculados para la comunidad perifítica presente en la unidad hidrográfica Bajo Teusacá.

	S	N	J'	H'	lambda
<b>T8</b>	11	24752,6	0,58	1,39	0,32
<b>T19</b>	14	950,1	0,80	2,12	0,16
<b>T12</b>	16	29612,9	0,55	1,53	0,32
<b>T25</b>	16	4248,7	0,57	1,58	0,33
<b>T28</b>	11	1839,2	0,80	1,92	0,19
<b>T26</b>	27	17286,7	0,68	2,23	0,16
<b>T10</b>	14	54404,5	0,56	1,48	0,31
<b>T18</b>	13	36652,2	0,43	1,10	0,47
<b>T13</b>	17	8869,3	0,63	1,80	0,23
<b>T15</b>	19	40034,6	0,68	2,00	0,22

	S	N	J'	H'	lambda
<b>T14</b>	14	56702,9	0,69	1,82	0,25
<b>T17</b>	14	8122,8	0,67	1,76	0,22
<b>T16</b>	9	2191,4	0,74	1,62	0,29

S: Riqueza, N: abundancia total, J': uniformidad de Pielou, H': diversidad de Shannon (e), lambda: dominancia de Simpson.

### 13.3.4 Unidad Hidrográfica Río Siecha

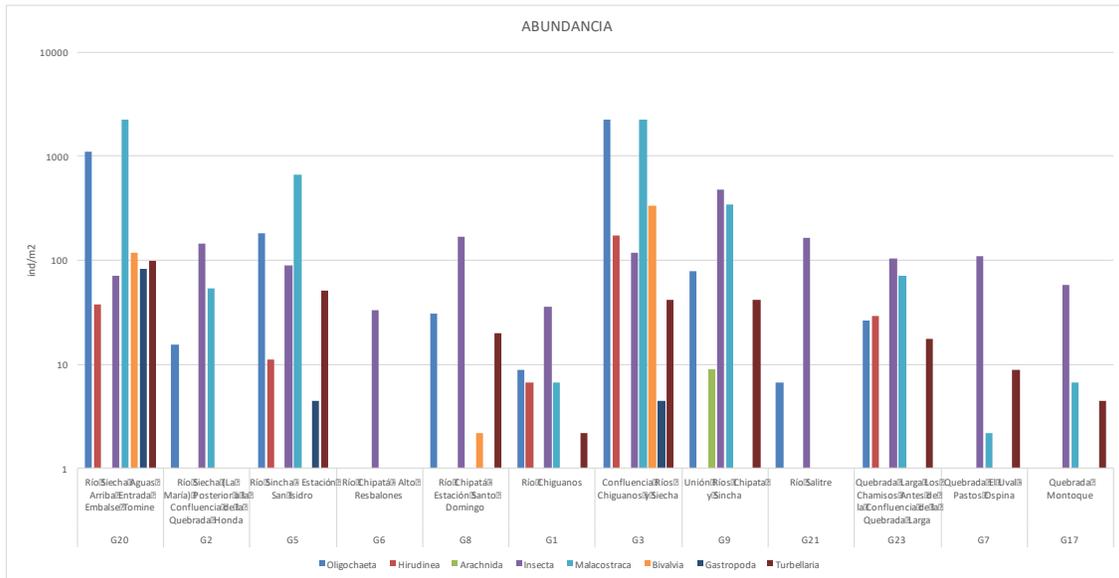
Las estaciones de monitoreo correspondientes al Río Siecha fueron: G20 – Río Siechas Aguas Arriba del embalse Tominé, G2 – Río Siecha La María, G5 – Río Siecha Estación San Isidro, G6 – Río Chipatá Alto Resbalones, G8 – Río Chipata estación Santo Domingo, G1 – Río Chiguano, G3 – Confluencia Río Chiguano y Río Siecha, G9 – Unión ríos Chipatá y Siecha, G21 – Río Salitre, G23 – Quebrada larga Los Chamisos, G7 – Quebrada El Uval y G17 – Quebrada Montoque.

- **Macroinvertebrados acuáticos**

#### *Composición y abundancia*

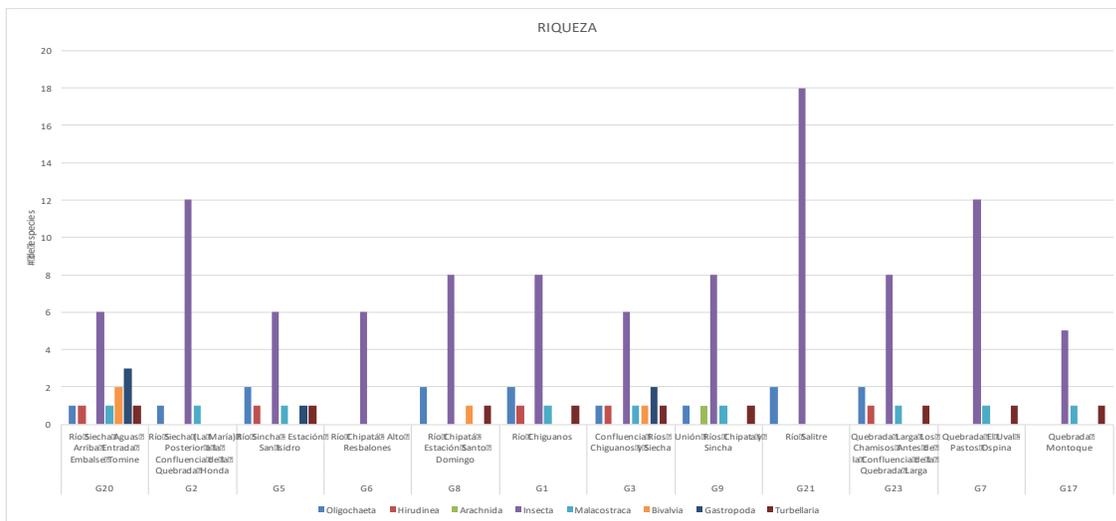
Al igual que las comunidades descritas anteriormente se evidencia que las clases Oligochaeta, Insecta y Malacostraca son las más representativas en términos de abundancia (Figura 13.20), a pesar de encontrar variaciones entre estaciones y cuerpos de agua. Para la clase Oligochaeta, el orden más notable fue Haplotaxida con la familia Tubificidae reconocido indicador de materia orgánica. Insecta con el orden Díptera y Malacostraca con Amphipoda. Las abundancias más altas se dieron en cuerpos de agua diferentes G20 (río Siecha) y la confluencia entre los ríos Chiguano y Siecha (G3) donde puede reflejarse la influencia de este último debido a la composición similar entre estas dos estaciones.

Por otro lado y al igual que en las unidades hidrogeológicas anteriores se evidenció que la clase con más riqueza en todas las estaciones de monitoreo fue Insecta.



**Figura 13.20.** Abundancia (ind/m<sup>2</sup>), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Río Siecha. (\*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10)

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015



**Figura 13.21.** Riqueza (# de especies), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Río Siecha.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015

### 13.3.4.1 Índices Ecológicos

A excepción de dos estaciones sobre el río Siecha (G20 y G5) y la Confluencia Ríos Chiguanos y Siecha (G3). La comunidad de macroinvertebrados acuáticos de río Siecha presentó muy bajos valores de dominancia y altas uniformidades acompañadas de altas

diversidades, lo que indica una comunidad en óptimo desarrollo debido a las óptimas condiciones medioambientales que favorecen un desarrollo de varios grupos taxonómicos.

**Tabla 13.24.** Índices ecológicos calculados para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presente en la unidad hidrográfica Río Siecha.

	S	N	J'	H'	lambda
<b>G20</b>	15	3739	0,41	1,12	0,44
<b>G2</b>	14	213	0,73	1,94	0,19
<b>G5</b>	12	1001	0,45	1,13	0,48
<b>G6</b>	6	33	0,86	1,53	0,23
<b>G8</b>	12	221	0,72	1,78	0,26
<b>G1</b>	13	58	0,95	2,44	0,08
<b>G3</b>	13	5109	0,46	1,17	0,38
<b>G9</b>	12	954	0,58	1,45	0,31
<b>G21</b>	20	168	0,78	2,34	0,14
<b>G23</b>	13	248	0,82	2,11	0,15
<b>G7</b>	14	118	0,82	2,16	0,16
<b>G17</b>	7	68	0,71	1,38	0,37

S: Riqueza, N: abundancia total, J': uniformidad de Pielou, H': diversidad de Shannon (e), lambda: dominancia de Simpson.

#### 13.3.4.2 Índice BMWP

El cálculo del BMWP arrojó que el río Siecha presentó una calidad entre dudosa y aceptable para las tres estaciones monitoreadas, mientras que río Chipatá se encuentra en estado crítico. El río Chiguanos presento contaminación moderada así como las confluencias de Chiguanos y Chipatá con el Siecha. Por su parte el río Salitre y Q. El Uval, presentaron una calidad aceptable debido a ligera carga contaminante. Finalmente la Q. Larga los Chamisos y Q. Montoque presentaron estados dudoso y crítico respectivamente.

La información descrita anteriormente muestra que la calidad por BMWP en la unidad Río Siecha presenta variaciones a lo largo de los cuerpos de agua monitoreados, mostrando calidad desde aceptable hasta crítica. Sin embargo entre cuerpos de agua parece que se mantienen las cargas contaminantes.

**Tabla 13.25.** Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes al Río Siecha I Campaña.

Estación	Clase	Calidad	Taxas	BMWP	ASPT	Significado	Color
<b>G20</b>	III	Dudosa	11	44	4,0	Contaminación moderada	Yellow
<b>G2</b>	II	Aceptable	13	65	5,0	Contaminación ligera	Green

Estación	Clase	Calidad	Taxas	BMWP	ASPT	Significado	Color
G5	III	Dudosa	9	40	4,4	Contaminación moderada	Yellow
G6	IV	Critica	6	30	5,0	Aguas muy contaminadas	Orange
G8	IV	Critica	9	35	3,9	Aguas muy contaminadas	Orange
G1	III	Dudosa	10	54	5,4	Contaminación moderada	Yellow
G3	III	Dudosa	10	45	4,5	Contaminación moderada	Yellow
G9	III	Dudosa	10	43	4,3	Contaminación moderada	Yellow
G21	II	Aceptable	19	98	5,2	Contaminación ligera	Light Green
G23	III	Dudosa	10	49	4,9	Contaminación moderada	Yellow
G7	II	Aceptable	12	66	5,5	Contaminación ligera	Light Green
G17	IV	Critica	6	30	5,0	Aguas muy contaminadas	Orange

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015

Tabla 13.26. Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes al Río Siecha II Campaña.

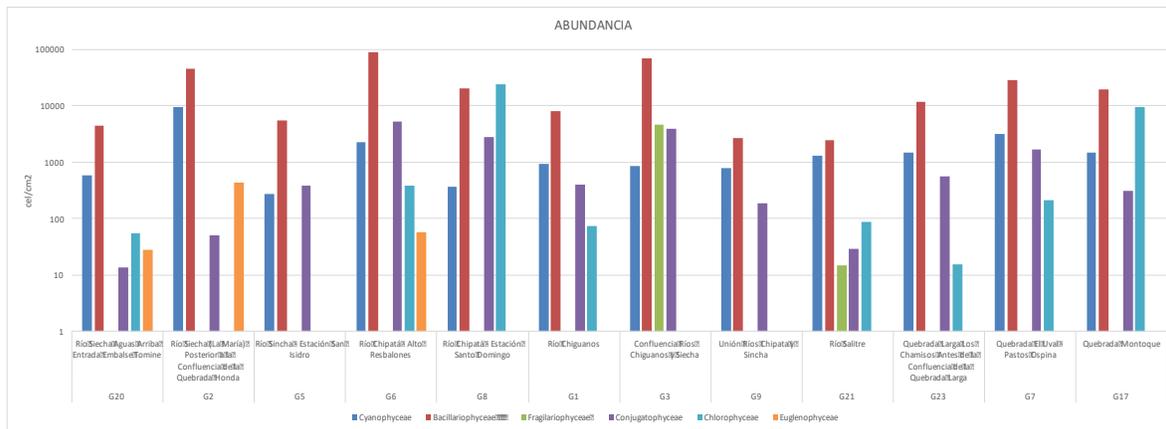
Estación	Clase	Calidad	Taxas	BMWP	ASPT	Significado	Color
G23	II	Aceptable	11	75	6,82	Contaminación ligera	Light Green
G1	II	Aceptable	12	64	5,33	Contaminación ligera	Light Green
G21	III	Dudosa	11	56	5,09	Contaminación moderada	Yellow
G2	II	Aceptable	18	83	4,61	Contaminación ligera	Light Green
G3	III	Dudosa	13	48	3,69	Contaminación moderada	Yellow
G5	IV	Critica	9	35	3,89	Aguas muy contaminadas	Orange
G9	III	Dudosa	15	56	3,73	Contaminación moderada	Yellow
G07	II	Aceptable	14	73	5,21	Contaminación ligera	Light Green
G6	I	Buena	23	117	5,09	Aguas muy limpias a limpias	Blue
G8	III	Dudosa	9	40	4,44	Contaminación moderada	Yellow
G20	II	Aceptable	18	85	4,72	Contaminación ligera	Light Green

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015

- **Comunidad Perifítica**

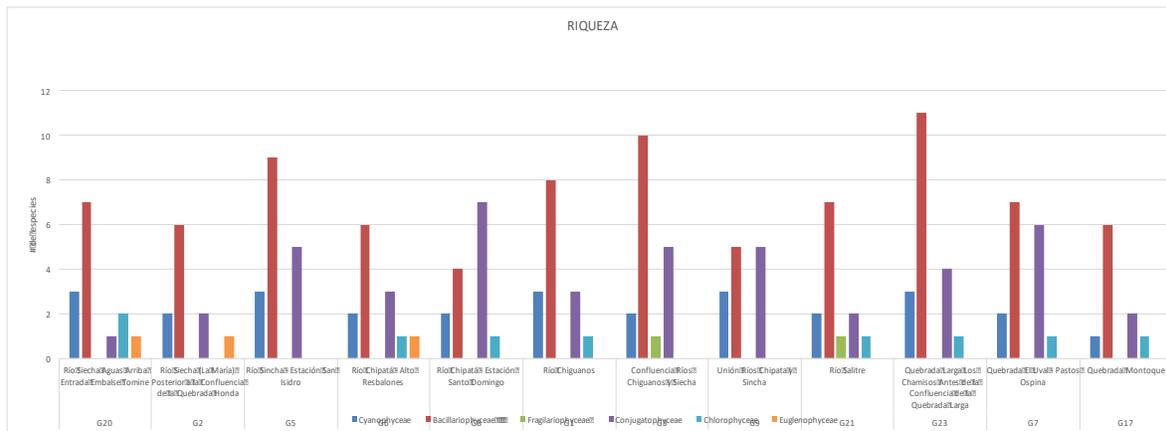
### Composición y abundancia

La composición de la comunidad perifítica de Río Siecha presentó similitud con las comunidades de las unidades descritas anteriormente ya que las clases de mayor relevancia en términos de abundancia y riqueza fueron Bacillariophyceae, Cyanophyceae y Conjugatophyceae. La primera con los géneros *Nitzschia*, *Hannaea* y *Navicula*. La segunda con *Lyngbya* (indicador de sucesión avanzada) y *Oscillatoria* (indicador de meso a eutrofia) y por último la tercera con los géneros *Spirogyra* (indicador de eutrofia alóctona), y *Cosmarium*, normalmente distribuido en ambientes ácidos o mesotróficos (Pinilla, 1998). Las estaciones con la mayor abundancia fueron Río Chipatá en el Alto Resbalones (G6) y Confluencia ríos Chiguanos y Siecha (G3).



**Figura 13.22.** Abundancia (células/litro) de organismos pertenecientes a la comunidad perifítica de las estaciones correspondientes a Río Siecha. (\*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10)

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015



**Figura 13.23.** Riqueza (# de especies) de perifiton pertenecientes a las estaciones de Río Siecha.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015

### Índices ecológicos

Las estaciones de monitoreo pertenecientes al río Siecha presentaron altas uniformidades y bajas dominancias, que junto con valores intermedios de diversidad describen una comunidad perifítica bien representada en términos de riqueza y abundancia en condiciones óptimas de desarrollo. Por su parte el río Chipatá en la estación Santo Domingo presentó el valor más bajo de diversidad de la unidad hidrogeográfica, junto con la dominancia de *Chaetophora* y *Nitzschia*. Mostrando condiciones que favorecieron el desarrollo de estos géneros o un punto de cambio en la sucesión natural de la comunidad. En las estaciones restantes (ubicadas en otros cuerpos de agua) se evidencia un comportamiento de la comunidad típico de las unidades hasta ahora descritas, el cual consiste en valores intermedios de diversidad, que junto con bajas dominancias y altas uniformidades describen una masa de agua que proporciona las condiciones óptimas para el desarrollo del perifiton.

**Tabla 13.27.** Índices ecológicos calculados para la comunidad perifítica presente en la unidad hidrográfica Río Siecha.

	S	N	J'	H'	lambda
<b>G20</b>	14	5149,5	0,67	1,76	0,24
<b>G2</b>	11	55239,2	0,59	1,42	0,29
<b>G5</b>	17	6156,1	0,62	1,76	0,27
<b>G6</b>	13	95710,3	0,18	0,46	0,82
<b>G8</b>	14	47174	0,44	1,16	0,41
<b>G1</b>	15	9232,1	0,57	1,53	0,34
<b>G3</b>	18	77717,3	0,54	1,55	0,34
<b>G9</b>	13	3591	0,60	1,53	0,34
<b>G21</b>	13	3913,1	0,70	1,78	0,22
<b>G23</b>	19	13757	0,50	1,48	0,36
<b>G7</b>	16	33082,5	0,47	1,30	0,49
<b>G17</b>	10	31043,5	0,62	1,42	0,31

S: Riqueza, N: abundancia total, J': uniformidad de Pielou, H': diversidad de Shannon (e), lambda: dominancia de Simpson.

### 13.3.5 Unidad Hidrográfica Río Aves

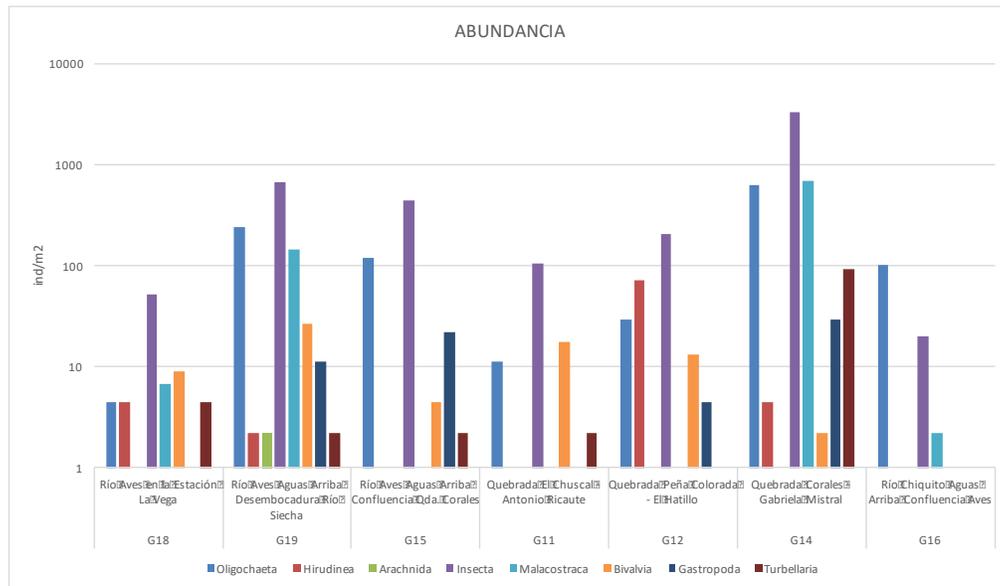
Las estaciones de monitoreo correspondientes al Río Aves fueron: G18 – Río Aves en la estación La Vega, G19 - Río Aves Aguas Arriba Desembocadura Río Siecha, G15 - Río Aves Aguas Arriba Confluencia Qda. Corales, G11 - Quebrada El Chuscal - Antonio Ricaurte, G12 - Quebrada Peña Colorada - El Hatillo, G14 - Quebrada Corales - Gabriela Mistral y G16 - Río Chiquito Aguas Arriba Confluencia Aves.

- **Macroinvertebrados acuáticos**

*Composición y abundancia*

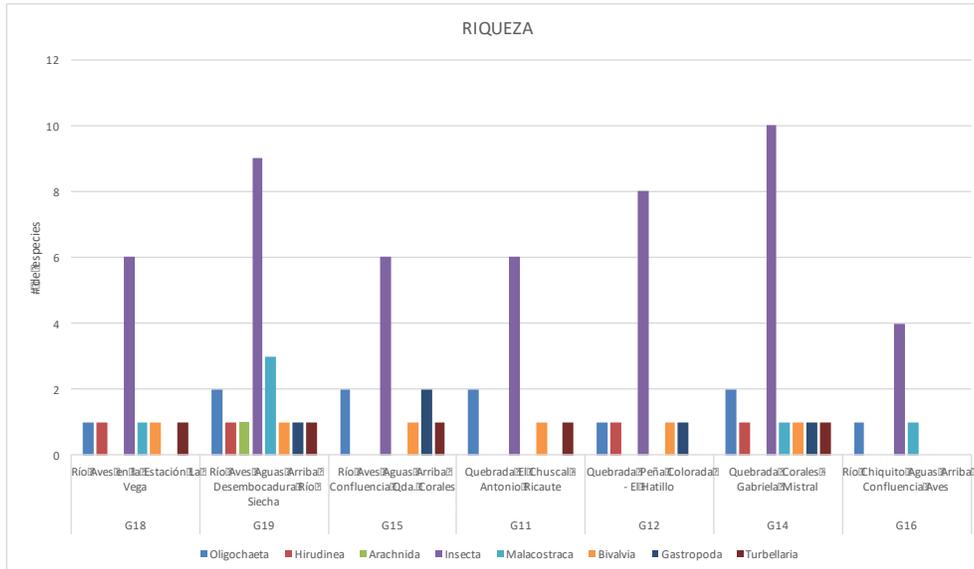
Como se puede observar en la Figura 13.24 y Figura 13.25, la clase Insecta fue la más representativa en términos de abundancia y riqueza, con el orden Diptera como principal aportante a la abundancia. Seguida de la clase Oligochaeta con el orden Haplotaxida y la familia Tubificidae. Por otro lado en casi todas las estaciones se encontraron las clases Bivalva y Turbellaria los cuales son principalmente de vida libre asociados a ambientes generalmente limpios pero algunos de ellos resisten altas concentraciones de materia orgánica (Roldán, 1992). Las estaciones que presentaron una mayor abundancia fueron G14 principalmente, G15 y G19, las dos últimas ubicadas en el río Aves.

Por su parte la riqueza fue dominada por los insectos, hecho similar a lo descrito anteriormente para las otras unidades.



**Figura 13.24.** Abundancia (ind/m<sup>2</sup>), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Río Aves. (\*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10)

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015



**Figura 13.25.** Riqueza (# de especies), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Río Aves.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015

### 13.3.5.1 Índices Ecológicos

Todas las estaciones de monitoreo a excepción de G16, correspondiente el río Chiquito, reflejaron una comunidad de macroinvertebrados acuáticos en óptimas condiciones así como un medio ambiente favorable para el desarrollo de la misma. Dicha afirmación se basa en los altos valores de uniformidad de Pielou, acompañados con bajas dominancias y altas diversidades, que permiten inferir que no se favorece el desarrollo de un grupo particular o que se encuentre en un estado sucesional.

La estación del río Chiquito se vio fuertemente influenciada por la presencia de Tubificidae que causa el alto valor de dominancia.

**Tabla 13.28.** Índices ecológicos calculados para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presente en la unidad hidrográfica Río Aves.

	S	N	J'	H'	lambda
<b>G18</b>	11	78	0,93	2,23	0,12
<b>G19</b>	19	1094	0,65	1,92	0,20
<b>G15</b>	13	593	0,61	1,56	0,27
<b>G11</b>	10	134	0,70	1,60	0,26
<b>G12</b>	11	250	0,75	1,81	0,23
<b>G14</b>	17	4758	0,66	1,88	0,18
<b>G16</b>	6	121	0,39	0,69	0,69

S: Riqueza, N: abundancia total, J': uniformidad de Pielou, H': diversidad de Shannon (e), lambda: dominancia de Simpson.

### 13.3.5.2 Índice BMWP

El río Aves presentó calidad entre crítica (G18 y G15) y aceptable (G19), mientras que los cuerpos de agua restantes oscilaron entre muy crítica y aceptable. Por tal motivo fue posible determinar que la unidad hidrogeográfica del río Aves presenta cierto grado de contaminación con variación en ciertas estaciones. Más sin embargo, no puede afirmarse que el recurso hídrico se encuentra en óptimas condiciones.

**Tabla 13.29.** Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes al Río Aves I Campaña.

Estación	Clase	Calidad	Taxas	BMWP	ASPT	Significado	Color
G18	IV	Critica	7	26	3,71	Aguas muy contaminadas	Orange
G19	II	Aceptable	13	68	5,23	Contaminación ligera	Light Green
G15	IV	Critica	9	31	3,44	Aguas muy contaminadas	Orange
G11	IV	Critica	7	29	4,14	Aguas muy contaminadas	Orange
G12	III	Dudosa	10	43	4,30	Contaminación moderada	Yellow
G14	II	Aceptable	13	66	5,08	Contaminación ligera	Light Green
G16	V	Muy crítica	5	11	2,20	Aguas fuertemente contaminadas	Red

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015

**Tabla 13.30.** Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes al Río Aves II Campaña.

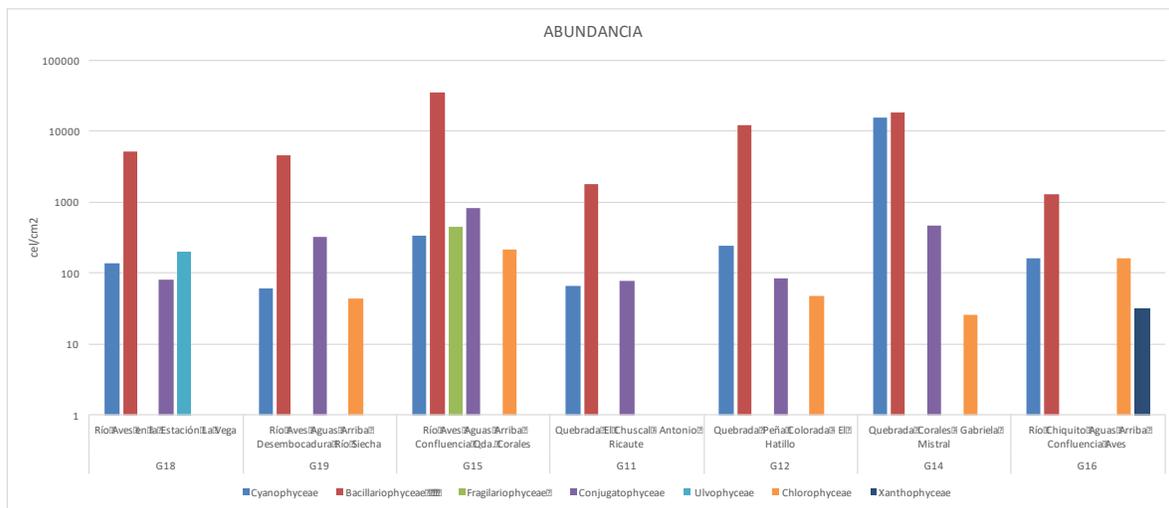
Estación	Clase	Calidad	Taxas	BMWP	ASPT	Significado	Color
G18	II	Aceptable	14	73	5,21	Contaminación ligera	Light Green
G16	III	Dudosa	12	51	4,25	Contaminación moderada	Yellow
G14	II	Aceptable	18	82	4,56	Contaminación ligera	Light Green
G15	II	Aceptable	19	77	4,05	Contaminación ligera	Light Green
G11	IV	Crítica	8	24	3,00	Aguas muy contaminadas	Orange
G12	IV	Crítica	8	28	3,50	Aguas muy contaminadas	Orange
G19	I	Buena	17	116	6,82	Aguas muy limpias a limpias	Blue

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015

- **Comunidad Perifítica**

*Composición y abundancia*

La comunidad perifítica de río Siecha presentó a las Bacilariofitas como el grupo taxonómico más representativo en términos de abundancia y riqueza y sus mayores abundancias en G15, G14 y G12. Sus órdenes más destacados fueron *Nitzschia* y *Navicula* indicadores de oligotrofia y mesotrofia así como aguas turbulentas. Por otro lado las Cyanophyceas y Conjugatophyceas mostraron relevancia importante como grupos clave del ensamblaje de la comunidad debido a sus abundancias y riquezas.



**Figura 13.26.** Abundancia (células/litro) de organismos pertenecientes a la comunidad perifítica de las estaciones correspondientes a Río Aves. (\*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10)

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015

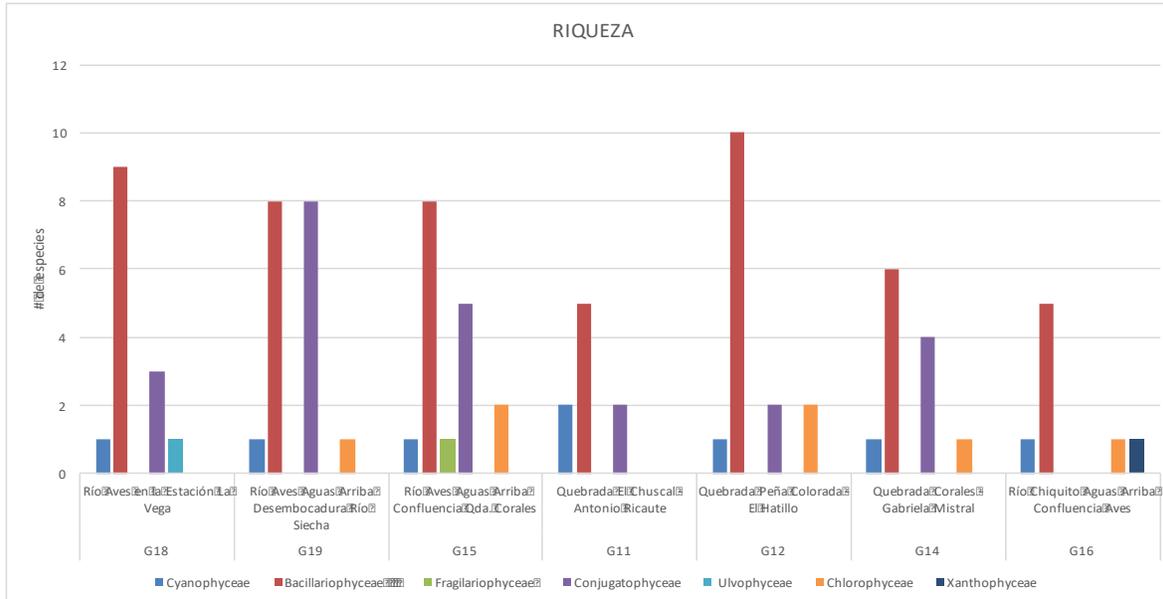


Figura 13.27. Riqueza (# de especies) de perifiton pertenecientes a las estaciones de Río Aves.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015

### Índices ecológicos

Como puede observarse en la Tabla 13.31, a excepción de G19. La comunidad perifítica en la unidad Río Aves, se encuentra bien representada en términos de riqueza y abundancia, mostrando valores de uniformidad altos, que junto con bajas dominancias describen condiciones aptas para el desarrollo de múltiples taxones perifíticos. En cuanto a G19, se observó cierta dominancia del género *Navicula*, lo cual afecta el ensamblaje ecosistémico, develando condiciones favorables a este género pero no a muchos más.

Tabla 13.31. Índices ecológicos calculados para la comunidad perifítica presente en la unidad hidrográfica Río Aves.

	S	N	J'	H'	lambda
G18	14	5509,6	0,723	1,907	0,195
G19	18	4887,6	0,426	1,230	0,517
G15	17	36491,3	0,543	1,539	0,303
G11	9	1943,3	0,647	1,421	0,321
G12	15	12434,8	0,534	1,446	0,299
G14	12	34315,2	0,576	1,432	0,307
G16	8	1626	0,744	1,547	0,300

S: Riqueza, N: abundancia total, J': uniformidad de Pielou, H': diversidad de Shannon (e), lambda: dominancia de Simpson.

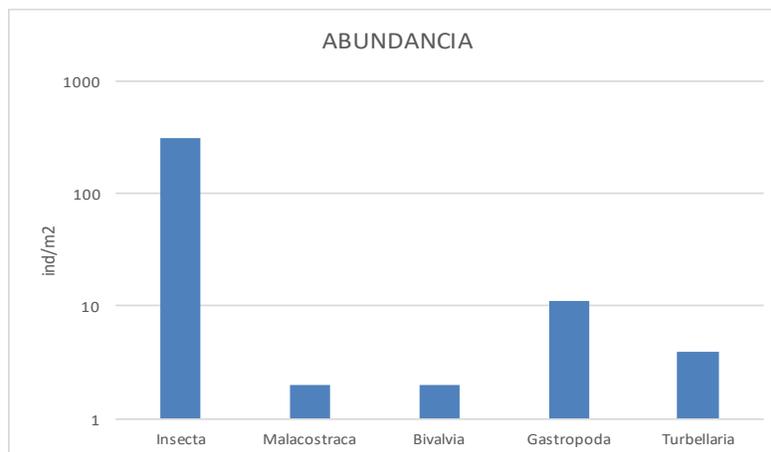
### 13.3.6 Unidad Hidrográfica Afluente Tominé

La única estación de monitoreo correspondientes al Afluente Tominé fue: G24 – Descarga Embalse Tominé Puente Autopista.

- **Macroinvertebrados acuáticos**

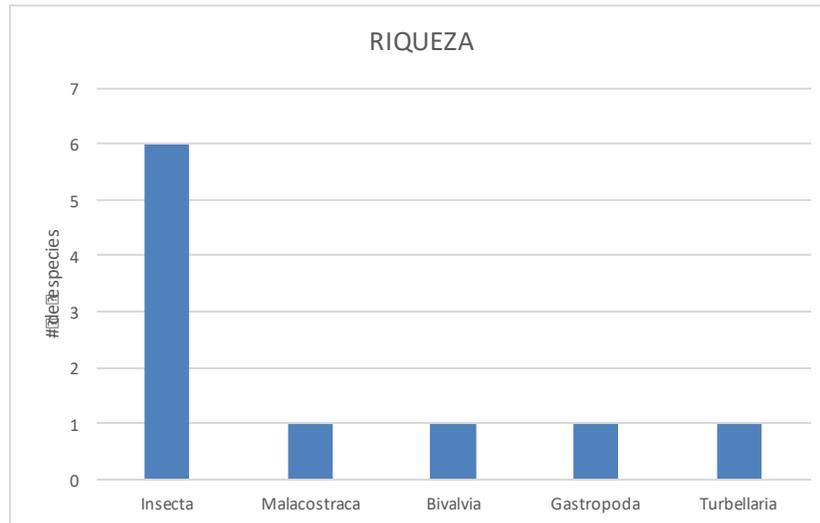
#### *Composición y abundancia*

Teniendo en cuenta la Figura 13.28 y Figura 13.29, se determinó que la clase Insecta, fue la más abundante y de mayor riqueza. Donde el orden Diptera fue el que más aportó a dicha abundancia. Como segundo grupo representativo a diferencia de todas las demás unidades hidrográficas donde Oligochaeta y/o Malacostraca fueron las segundas clases más representativas se encuentra Gastropoda, pertenecientes al phylum Mollusca ampliamente distribuidos a ambientes acuáticos sea por lo menos en una fase de su ciclo vital; adicionalmente son de importancia debido a que son vectores de parásitos incluso que afectan al ser humano (Esteves, 1998). Por otro lado la riqueza más notable fue para Insecta mientras que los demás grupos taxonómicos tan solo presentaron una especie.



**Figura 13.28.** Abundancia (ind/m<sup>2</sup>), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Afluente Tominé (\*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10)

**Fuente:** Unión Temporal Corpoaguavio 2015



**Figura 13.29.** Riqueza (# de especies), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en Afluente Tominé.

**Fuente:** Unión Temporal Corpoquavio 2015

### 13.3.6.1 Índices Ecológicos

Como se mencionó anteriormente Diptera, específicamente representantes de la familia Chironomidae, presentaron dominancia sobre los demás grupo, causando baja uniformidad y baja diversidad. Por tanto, se infiera que las condiciones de este cuerpo de agua favorecen el desarrollo de los mismos lo que a su vez tiene implicaciones en cuanto a la calidad de agua.

**Tabla 13.32.** Índices ecológicos calculados para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presente en la unidad hidrográfica Afluente Tominé.

Estación	S	N	J'	H'	lambda
G24	10	329	0,30	0,70	0,74

S: Riqueza, N: abundancia total, J': uniformidad de Pielou, H': diversidad de Shannon (e), lambda: dominancia de Simpson.

### 13.2.6.2 Índice BMWP

A pesar de la dominancia de los Chironomidos la presencia de Notocnetidae, Hyallellidae e Hydroptilidae, causó que al calcular el BMWP este valor reflejara condiciones de contaminación moderada. Hecho que refleja que efectivamente la comunidad de macroinvertebrados de este cuerpo de agua se encuentra sufriendo de condiciones negativas que está cambiando de una comunidad bien representada a una dominada por grupo con alta tolerancia a la contaminación.

**Tabla 13.33.** Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes al Río Aves I Campaña.

Estación	Clase	Calidad	Taxas	BMWP	ASPT	Significado	Color
G24	III	Dudosa	8	41	5,13	Contaminación moderada	

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015

**Tabla 13.34.** Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes al Río Aves I Campaña.

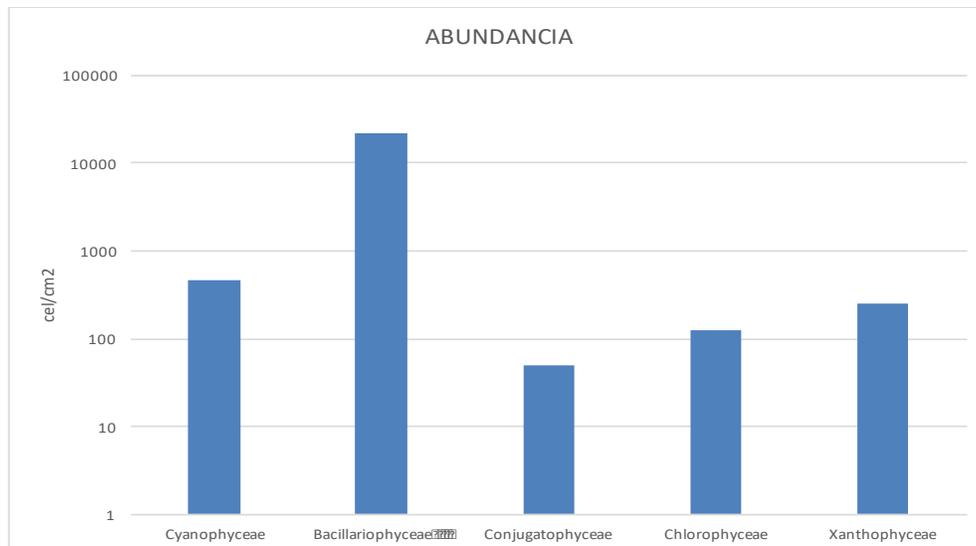
Estación	Clase	Calidad	Taxas	BMWP	ASPT	Significado	Color
G24	II	Aceptable	16	88	5,50	Contaminación ligera	

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015

- **Comunidad Perifítica**

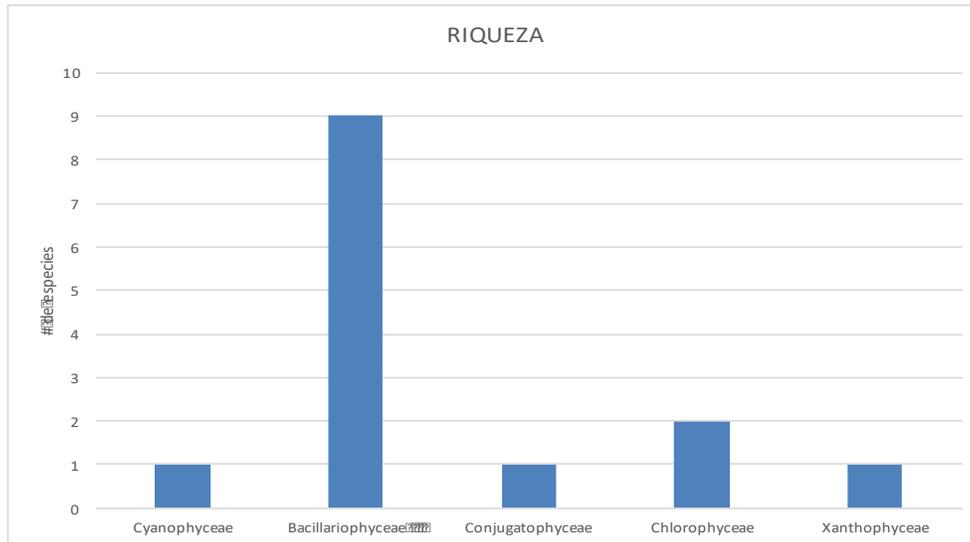
*Composición y abundancia*

La estructura de la comunidad perifítica estuvo representada en mayor medida por las Bacilariofitas, y en menor medida por Cianófitas y Xantophyceae, estos últimos organismos unicelulares de formas y hábitats variados, dentro del mismo se encontró el género *Tribonema* considerado como habitante de aguas con tendencia a la dureza (Esteves, 1998).



**Figura 13.30.** Abundancia (células/litro) de organismos pertenecientes a la comunidad perifítica de las estaciones correspondientes a Afluente Tominé. (\*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10).

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015



**Figura 13.31.** Riqueza (# de especies) de perifiton pertenecientes a las estaciones de Afluente Tominé.

Fuente: Unión Temporal Coropogavio 2015

### Índices ecológicos

La comunidad perifítica en este punto (Tabla 35) presentó una abundancia distribuida en 14 taxas, medianamente uniforme sin que ningún grupo dominara sobre los demás. En ese orden de ideas se encontró una comunidad bien representada posiblemente en un proceso sucesional positivo.

Tabla 35. Índices ecológicos calculados para la comunidad perifítica presente en la unidad hidrográfica Afluente Tominé.

	S	N	J'	H'	lambda
<b>G24</b>	14	22978,2	0,52	1,36	0,39

S: Riqueza, N: abundancia total, J': uniformidad de Pielou, H': diversidad de Shannon (e), lambda: dominancia de Simpson.

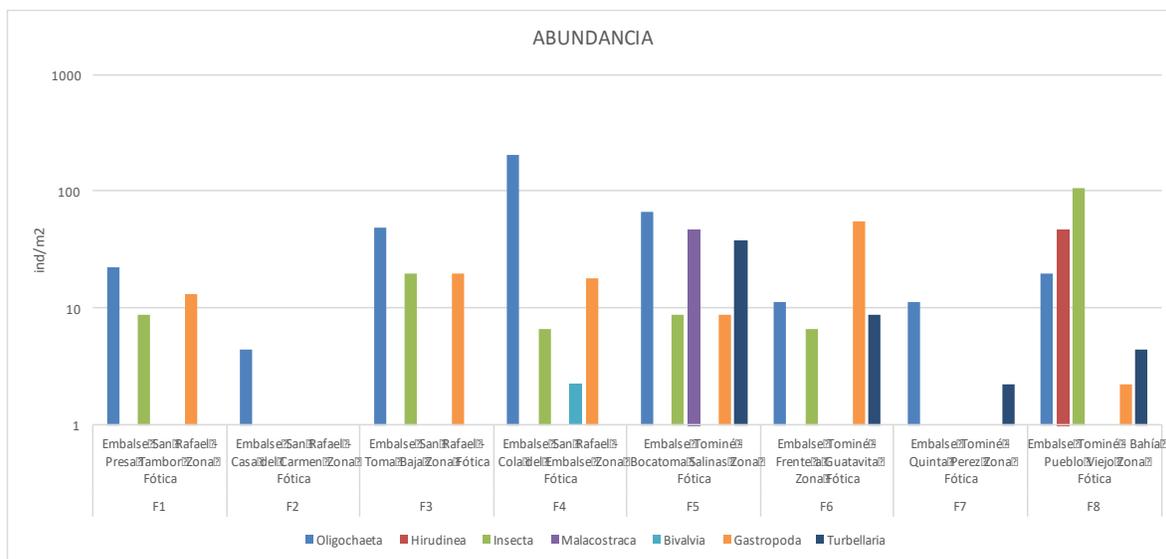
### 13.3.7 Unidad Hidrográfica Afluente

Teniendo en cuenta que es un cuerpo de agua lótico, adicional a la comunidad bentica y perifítica, se evaluaron las comunidades planctónicas (fitoplancton y zooplancton). Vale la pena resaltar que para estas dos últimas comunidades se tuvo en cuenta una muestra en la zona fótica y la zona afótica respectivamente por cada estación. Las estaciones evaluadas fueron: F1 – Presa Tambor, F2 – Casa del Carmen, F3 – Toma Baja, F4 – Cola del Embalse, F5 – Bocatoma Salinas, F6 – Frente a Guatavita, F7 – Quinta Pérez y F8 – Bahía Pueblo Viejo.

- **Macroinvertebrados acuáticos**

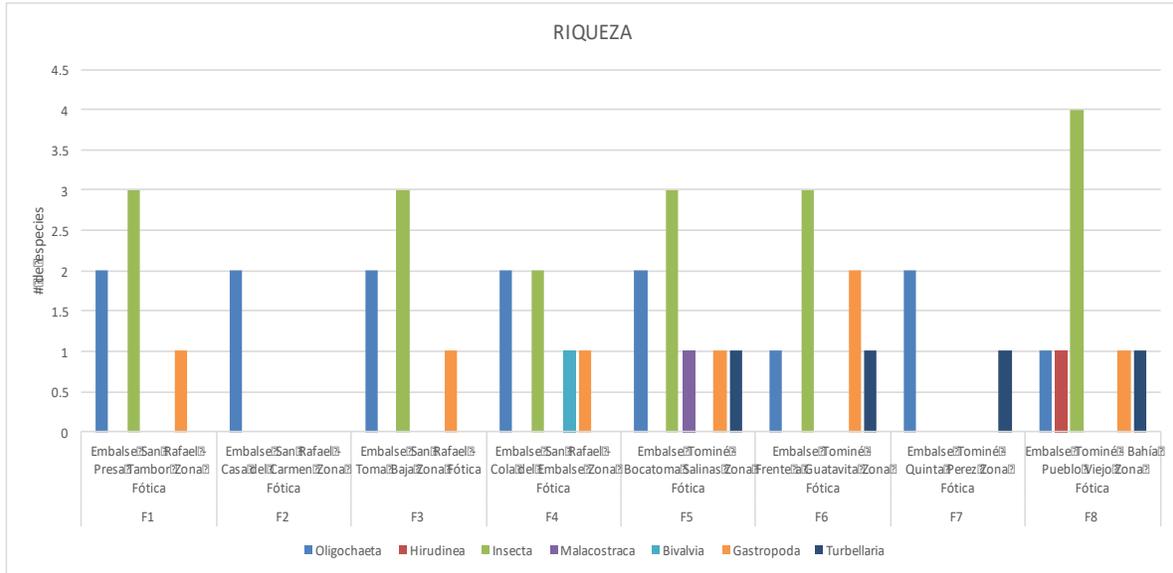
*Composición y abundancia*

En términos de abundancia (Figura 13.32) la clase Oligochaeta fue la más representativa en el Embalse, sin embargo en cuanto a la Riqueza (Figura 13.33) fue Insecta la clase con un mayor número de géneros identificados a lo largo de las estaciones seguida por Oligochaeta. Sin embargo teniendo en cuenta lo anterior es posible establecer la relación entre los cuerpos de agua y unidades hidrogeográficas antes mencionadas y el embalse ya que la estructura en términos generales se comportó de forma similar con las clases Oligochaeta (orden Haplotaxida) e Insecta (orden Diptera) como mayores aportantes a la diversidad, seguidas por Gastropoda (orden Bassomatophora), comúnmente hallados en ambientes con altas concentraciones de Carbonato de Calcio altas densidades de vegetación acuática y descomposición de materia orgánica (Roldán, 1992), la cual también estuvo presente en el afluente del embalse evidenciado una posible relación entre las comunidades. La diversidad más alta se reportó en la estación denominada como Cola del Embalse, mientras que la más baja donde solo se reportaron oligochaetos se reportó en Casa del Carmen.



**Figura 13.32.** Abundancia (ind/m<sup>2</sup>), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en el Embalse (\*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10)

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015



**Figura 13.33.** Riqueza (# de especies), de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico, encontrada en las estaciones ubicadas en el Embalse.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015

### 13.3.7.1 Índices Ecológicos

Al igual que en la unidades descritas anteriormente la generalidad de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos continúa mostrando estaciones de monitoreo donde se encuentran valores de diversidad intermedios acompañados por bajas dominancias y altas uniformidades, describiendo así condiciones homogéneas que favorecen el desarrollo de grupos con múltiples requerimientos. Sin embargo F3 presentó tendencia a la dominancia y una baja uniformidad, posiblemente a causa de representantes de Tubificidae.

**Tabla 13.36.** Índices ecológicos calculados para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presente en la unidad hidrográfica del Embalse.

Estación	S	N	J'	H'	lambda
F1	18	19300	0,73	2,10	0,17
F2	15	187319	0,46	1,23	0,39
F3	15	86724,1	0,37	1,02	0,51
F4	16	166910	0,50	1,38	0,36
F5	12	39420,4	0,61	1,52	0,29
F6	17	47500	0,60	1,71	0,29
F7	14	81318,8	0,46	1,22	0,44
F8	25	67465,3	0,62	2,01	0,20

S: Riqueza, N: abundancia total, J': uniformidad de Pielou, H': diversidad de Shannon (e), lambda: dominancia de Simpson.

### 13.3.7.2 Índice BMWP

La comunidad de macroinvertebrados acuáticos de las estaciones evaluadas pertenecientes al embalse, presentaron valores de calidad desde críticos a muy críticos denotando afectación por contaminación en el cuerpo de agua.

**Tabla 13.37.** Cálculo del BMWP para las estaciones de monitoreo correspondientes al embalse.

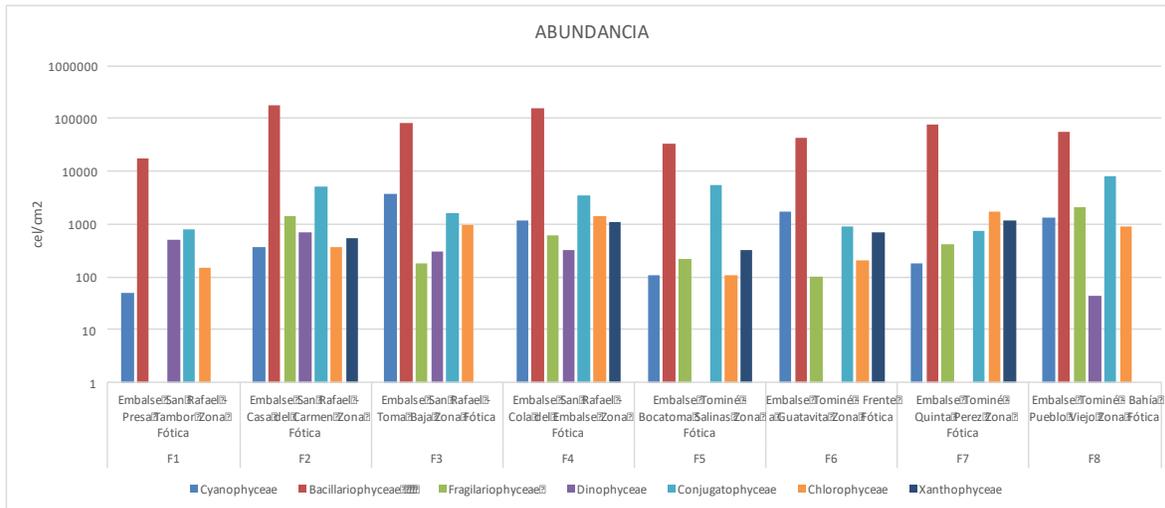
Estación	Clase	Calidad	Taxas	BMWP	ASPT	Significado	Color
F1	IV	Critica	5	21	4,20	Aguas muy contaminadas	Amarelo
F2	V	Muy crítica	1	1	1,00	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo
F3	IV	Critica	5	25	5,00	Aguas muy contaminadas	Amarelo
F4	IV	Critica	4	18	4,50	Aguas muy contaminadas	Amarelo
F5	IV	Critica	6	29	4,83	Aguas muy contaminadas	Amarelo
F6	IV	Critica	6	23	3,83	Aguas muy contaminadas	Amarelo
F7	V	Muy crítica	1	1	1,00	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo
F8	IV	Critica	6	25	4,17	Aguas muy contaminadas	Amarelo

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015

- **Comunidad Perifítica**

#### *Composición y abundancia*

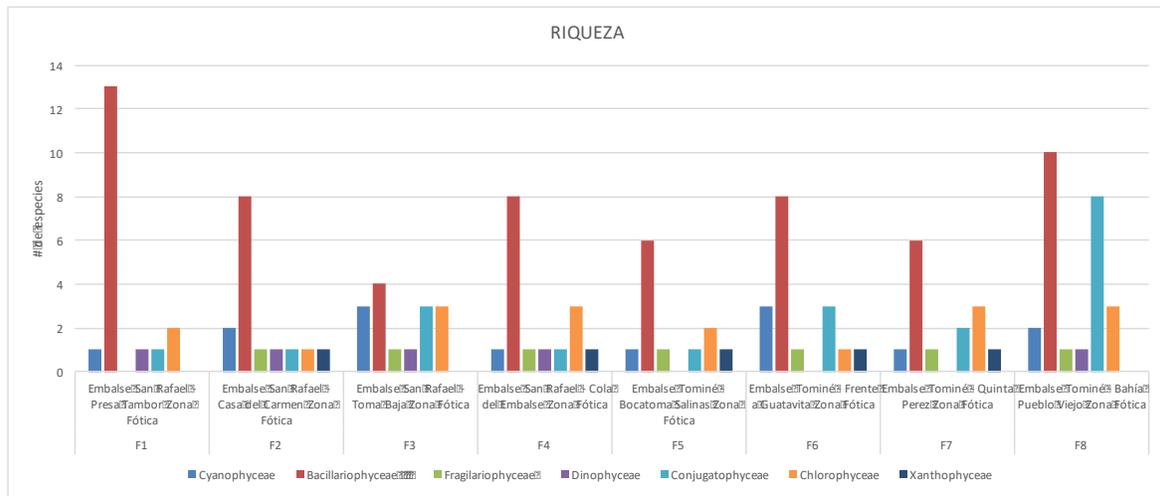
Al igual que la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, se evidencia relación entre las estaciones y cuerpos de agua aledaños al Embalse y la comunidad del mismo. Dicha relación se refleja en la Figura 13.34, ya que la clase más representativa a lo largo del muestreo es la misma que en las unidades anteriores, Bacillariophyta con los géneros *Navicula*, *Nitzschia*, *Cymbella* (presente en aguas litorales y procesos de sucesión) y *Tabellaria* (comúnmente habita ambientes oligo a mesotróficos). Por otro lado Cyanophyceae, Conjugatophyceae con los géneros *Gonatozygon* y *Spirogyra* (indicadores de oligotrofia) y Chlorophyceae con los géneros (*Chaetophora* y *Oedogonium*) además de estar presente en todas las estaciones en este cuerpo de agua fueron de los grupos taxonómicos más abundantes, sin lograr jerarquizarlos entre sí. Denotando cierta homogeneidad de la masa de agua posteriormente verificada con los índices ecológicos.



**Figura 13.34.** Abundancia (células/litro) de organismos pertenecientes a la comunidad perifítica de las estaciones correspondientes al Embalse. (\*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10).

**Fuente:** Unión Temporal Corpoguvio 2015

En términos de riqueza se da un comportamiento evidenciado durante todo el estudio donde Bacillariophyceae, presentó los valores más altos seguido por Oligochaeta.



**Figura 13.35.** Riqueza (# de especies) de perifiton pertenecientes a las estaciones del embalse.

**Fuente:** Unión Temporal Corpoguvio 2015

### Índices ecológicos

Como se mencionó anteriormente y gracias a las condiciones típicas de cuerpos de agua lenticos de gran envergadura, se evidencia una comunidad bien representada en términos

de riqueza y abundancia con altas uniformidades y bajos predominios. Lo que significa condiciones estables para el desarrollo óptimo de la comunidad que no favorecen particularmente a una especie o clase.

**Tabla 13.38.** Índices ecológicos calculados para la comunidad perifítica presente en la unidad hidrográfica Embalse.

	S	N	J'	H'	lambda
<b>F1</b>	18	19300	0,73	2,10	0,17
<b>F2</b>	15	187319	0,46	1,23	0,39
<b>F3</b>	15	86724,1	0,37	1,02	0,51
<b>F4</b>	16	166910	0,50	1,38	0,36
<b>F5</b>	12	39420,4	0,61	1,52	0,29
<b>F6</b>	17	47500	0,60	1,71	0,29
<b>F7</b>	14	81318,8	0,46	1,22	0,44
<b>F8</b>	25	67465,3	0,62	2,01	0,20

S: Riqueza, N: abundancia total, J': uniformidad de Pielou, H': diversidad de Shannon (e), lambda: dominancia de Simpson.

- **Comunidad Fitoplanctónica**

#### *Composición y abundancia*

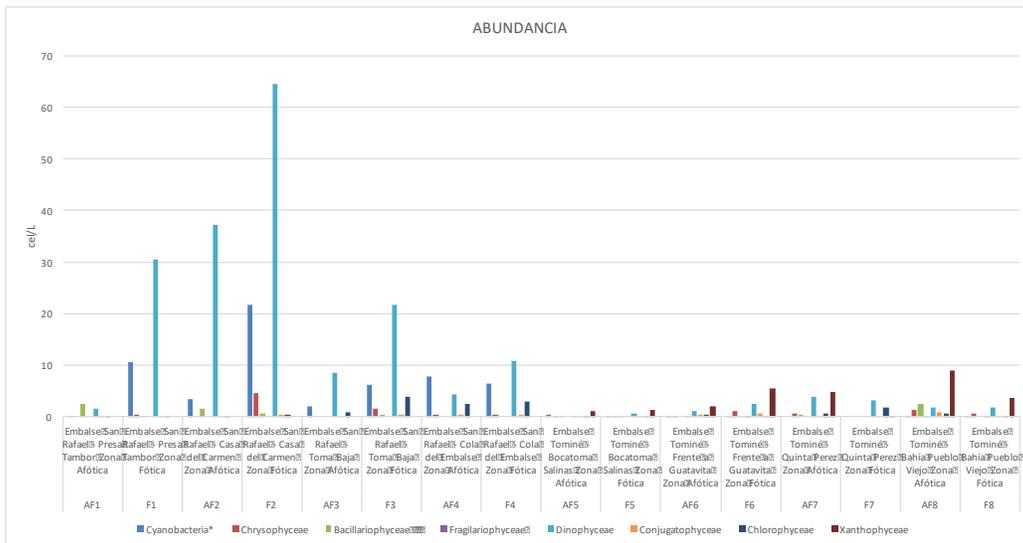
El fitoplancton está sujeto a variables que afectan de forma determinante su distribución y composición. Entre dichas variables se encuentra la intensidad lumínica, temperatura, conductividad y estabilidad de la masa de agua (Reynolds, 2006). Por tal motivo se realiza la evaluación de la comunidad en la zona fótica y afótica, ya que dependiendo de la intensidad lumínica y penetración de la misma, se dan procesos de migración vertical que desplazan la biomasa hacia la superficie o la profundidad dependiendo de las necesidades energéticas o mecanismos de protección intracelular (Reynolds, 2006).

Para las estaciones 1, 2, 3 y 4 se observó que las abundancias responden a la intensidad lumínica puesto que se observó una mayor concentración de células en la zona fótica, debido principalmente a las necesidades energéticas para la realización de procesos fotosintéticos (Reynolds, 2006). En esta estaciones el grupo más representativo en términos de abundancia fue Dynophyceae; hecho consecuente con la amplia distribución y capacidad motora típica de los organismos de este grupo que les permite aprovechar de manera más eficiente los cambios en las condiciones fisicoquímicas de la masa de agua. Dentro de este grupo se encontraron los géneros *Ceratium* y *Peridinium* comunes en cuerpos agua estratificados.

El otro grupo representativo para estas estaciones pero que respondió de forma indiferente a la intensidad lumínica fue Cyanophyceae con los géneros *Gloeocapsa* y *Lyngbya* (también indicadora de estratificación y oligotrofia).

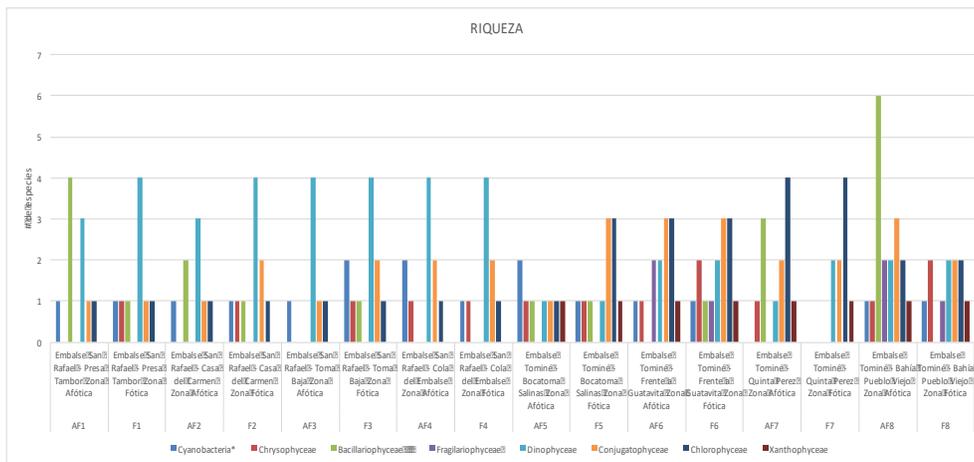
En las estaciones restantes, la clase más representativa fue Xanthophyceae con el género Tribonema, el cual tampoco respondió a la intensidad lumínica.

En términos de riqueza los dinoflagelados fueron el grupo más representativo, debido a las condiciones explicadas anteriormente.



**Figura 13.36.** Abundancia (células/litro) de organismos pertenecientes a la comunidad fitoplanctónica de las estaciones correspondientes al Embalse.

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015



**Figura 13.37.** Riqueza (# de especies) de fitoplancton pertenecientes a las estaciones del Embalse

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015

### Índices ecológicos

En general no fue posible determinar una tendencia en el comportamiento de los índices ecológicos sin embargo fue posible describir una comunidad fitoplanctónica en buen estado con valores de diversidad intermedios, pero acompañados de muy bajas dominancias y muy altas uniformidades, lo que demuestra condiciones óptimas para el desarrollo de la comunidad entre las cuales puede encontrarse concentración suficiente de nutrientes, iluminación y estabilidad de la masa de agua con cierto grado de estratificación.

**Tabla 13.39.** Índices ecológicos calculados para la comunidad fitoplanctónica presente en la unidad hidrográfica Embalse.

	S	N	J'	H'	lambda
AF1	10	4,648	0,89	2,04	-0,06
F1	9	42,309	0,48	1,06	0,46
AF2	8	42,29	0,69	1,43	0,26
F2	10	91,941	0,57	1,31	0,37
AF3	7	11,447	0,87	1,69	0,13
F3	11	33,947	0,72	1,73	0,23
AF4	10	15,466	0,68	1,57	0,26
F4	9	21,032	0,77	1,69	0,17
AF5	8	2,197	0,74	1,55	-0,23
F5	11	2,355	0,59	1,42	-0,10
AF6	13	4,138	0,70	1,80	0,04
F6	14	10,37	0,53	1,41	0,29
AF7	12	10,773	0,58	1,43	0,27
F7	9	5,15	0,48	1,06	0,29
AF8	18	16,312	0,62	1,79	0,28
F8	11	6,393	0,55	1,33	0,26

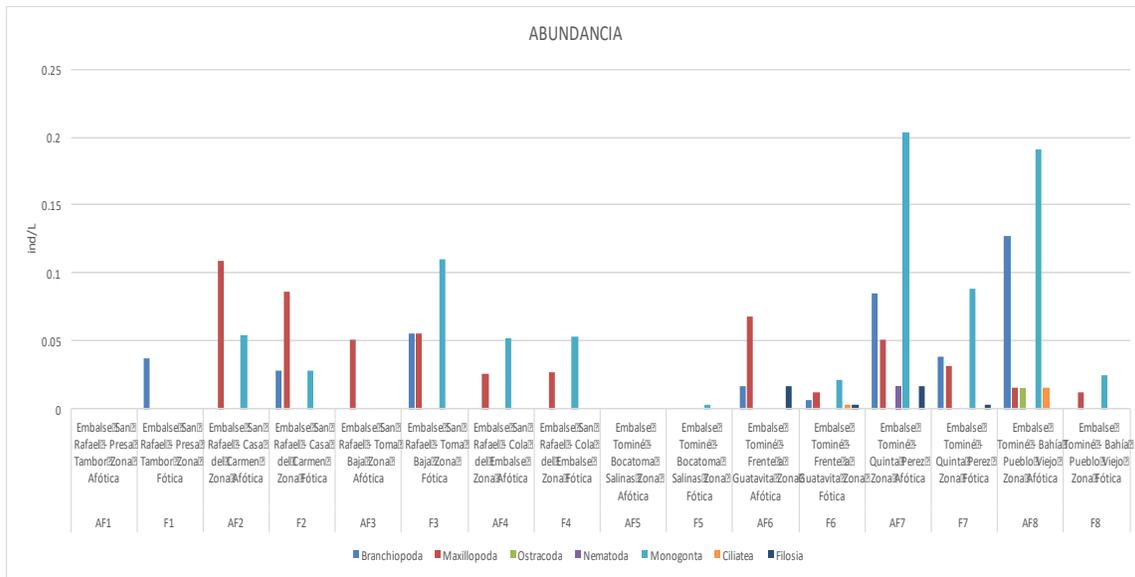
S: Riqueza, N: abundancia total, J': uniformidad de Pielou, H': diversidad de Shannon (e), lambda: dominancia de Simpson.

- **Comunidad Zooplanctónica**

#### Composición y abundancia

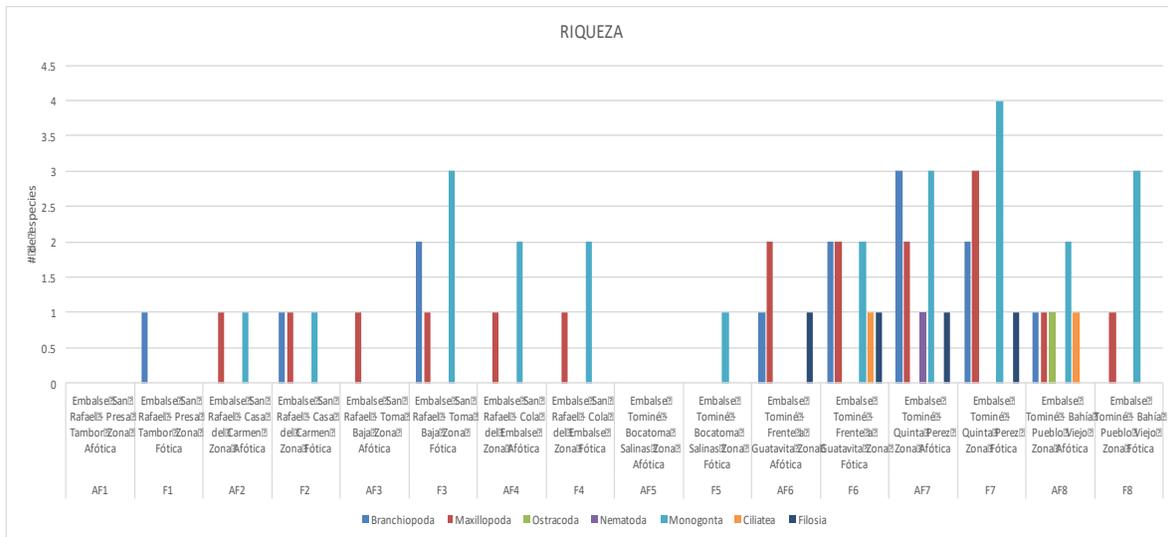
El zooplancton responde fuertemente los cambios en la composición de la comunidad fitoplanctónica debido a que es el recurso alimenticio principal de este grupo (Begon, 2006). Sin embargo en las estaciones evaluadas, dicho comportamiento no es evidente ya que no se observa un patrón particular en la abundancia del zooplancton que pueda relacionarse con la abundancia fitoplanctónica. Uno de los grupos con mayor aparición y abundancia fue Maxillopoda, al que pertenecen los copépodos, que proliferan en ambientes con altas concentraciones de nutrientes que a su vez favorezcan el desarrollo del fitoplancton. Por otro lado la clase Monogonta, típica de cuerpos continentales, pero que hace su aparición

temporalmente debido a sus estrategias reproductivas (Begon, 2006), fue la más representativa en AF 7, 8 y 4, así como F3 y 7. En general la comunidad zooplanctónica no permite hacer inferencias importantes sobre su estructura, ya que se comportó de manera errática entre estaciones de monitoreo.



**Figura 13.38.** Abundancia (ind/litro) de organismos pertenecientes a la comunidad zooplanctónica de las estaciones correspondientes al Embalse. (\*la escala de abundancia se encuentra expresada en logaritmo base 10).

Fuente: Unión Temporal Coropguavio 2015



**Figura 13.39.** Riqueza (# de especies) de zooplancton pertenecientes a las estaciones del Embalse

Fuente: Unión Temporal Coropguavio 2015

### Índices ecológicos

Teniendo en cuenta las unidades en las que se estandariza la abundancia del zooplancton y la baja magnitud de la misma, no fue posible calcular el índice de dominancia de Simpson, sin embargo teniendo en cuenta la baja diversidad en todas las estaciones e incluso aquellas donde tan solo se reportó un taxa se encuentra refleja una comunidad pobremente representada y donde en análisis a partir de índices tiene gran susceptibilidad a ser subjetivo.

Por tanto fue posible determinar que no se logró muestrear una porción o parte significativa de la comunidad zooplanctónica con el fin de hacer inferencias sobre su estructura y función.

**Tabla 13.40.** Índices ecológicos calculados para la comunidad fitoplanctónica presente en la unidad hidrográfica Embalse.

	S	N	J'	H'
AF1	0	0		0
F1	1	0,037		0
AF2	2	0,163	0,92	0,64
F2	3	0,144	0,87	0,95
AF3	1	0,051		0
F3	6	0,222	0,97	1,74
AF4	3	0,078	1,00	1,10
F4	3	0,081	1,00	1,10
AF5	0	0,000		0
F5	1	0,003		0
AF6	4	0,102	0,96	1,33
F6	8	0,046	0,89	1,84
AF7	10	0,374	0,87	2,01
F7	10	0,162	0,74	1,70
AF8	6	0,366	0,71	1,27
F8	4	0,036	0,95	1,31

S: Riqueza, N: abundancia total, J': uniformidad de Pielou, H': diversidad de Shannon (e), lambda: dominancia de Simpson.

En conclusión las comunidades periféricas y de macroinvertebrados presentan un comportamiento homogéneo en cuanto a estructura y función, descrita en cada una de las unidades hidrogeográficas. Dicho comportamiento lleva a que la composición de la misma este casi siempre mediada por los mismos grupos taxonómicos con pequeñas variaciones entre cuerpos de agua. Así mismo, el índice de calidad de agua demuestra afectación a lo largo de la cuenca por contaminación de origen orgánico, la cual ocurre en distintas

magnitudes y puede estar influenciada por actividades antrópicas puntuales o fenómenos climatológicos.

#### 13.4. Bibliografía citada y consultada

Begon, M. 2006. Ecology From individuals to ecosystems. Blackwell publishing. 4 th edition. United Kingdom. 759p.

Consejo del Medio Ambiente (CMA). S.a. Junta de Andalucía. Atlas de organismos planctónicos en los humedales de Andalucía. Andalucía, España. 253 p.

Esteves, F. 1998. Fundamentos de limnología. Río de Janeiro, Brasil. Interciencia. 226 p.

Fernández, Rubén L. 2012. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. Páginas de información ambiental. No. 39. España. 24 - 29 p.

Pinilla, G. A. 1998. Indicadores Biológicos en Ecosistemas Acuáticos Continentales de Colombia, compilación bibliográfica. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Centro de Investigaciones Científicas. Bogotá, Colombia. 61 p.

Roldan, G. 1992. Fundamentos de Limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. p. 529.

Roldan, P. G. 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Bogotá (Colombia): Fondo FEN Colombia,. p.1-95.