

EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO



Convenio Interadministrativo 038-2016 entre la Corporación Autónoma Regional Del Quindío y la Universidad Del Tolima, proyecto 550116 “Evaluación Regional del Agua del Departamento del Quindío y Análisis de Relaciones Eco-hidrológicas y Distribución Espaciotemporal de Especies Acuáticas en el Río Quindío”

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL QUINDÍO -CRQ-
UNIVERSIDAD DEL TOLIMA -UT-
Armenia - Ibagué
Colombia
2017

Corporación Autónoma Regional del Quindío

John James Fernández López
Director General

Patricia Rojas Sánchez
Subdirección de Gestión Ambiental

Lina María Gallego
Subdirección de Gestión Ambiental

Ángelo Hernández
Técnico en Hidrometría

Universidad del Tolima

Omar Albeiro Mejía Patiño
Rector

Luis Alfredo Lozano Botache
Decano Facultad de Ingeniería Forestal

Miguel Ignacio Barrios Peña
Gladys Reinoso Flórez
Francisco Antonio Villa Navarro
Luis Eduardo Peña Rojas
Esther Julia Olaya Marín
Doris Helena Serrano Amaya
Ligia María Mejía
Andrés Felipe Cruz
Albert Arled Trujillo
Edison Jahir Duarte Ramos
Carlos Alberto Guzmán-Ruiz
Gloria Andrea Murcia Quimbayo
Javier Esteban Carvajal
Andrés Escobar Yañez
Juan Carlos Valenzuela Rojas

José Luis Lozano Grimaldo
Karent Andrea Páez Quintero
Sergio Andrés Salazar Galán
Grupo de Investigación en Cuencas Hidrográficas
Grupo de Investigación en Zoología

CONTENIDO

1	OFERTA HÍDRICA	26
1.1	INTRODUCCIÓN	26
1.2	CONCEPTOS DE OFERTA HÍDRICA.....	26
1.3	INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA Y UNIDADES HIDROGRÁFICAS.....	27
1.4	MORFOMETRÍA DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	31
1.4.1	<i>Unidades Hidrográficas abastecedoras de los municipios de Armenia, La Tebaida y Salento....</i>	<i>33</i>
1.4.2	<i>Unidades Hidrográficas abastecedoras de los municipios de Circasia y Montenegro</i>	<i>35</i>
1.4.3	<i>Unidad Hidrográfica abastecedora del municipio de Córdoba</i>	<i>36</i>
1.4.4	<i>Unidades Hidrográficas del municipio de Génova</i>	<i>38</i>
1.4.5	<i>Unidades Hidrográficas abastecedoras del municipio de Calarcá</i>	<i>40</i>
1.4.6	<i>Unidades Hidrográficas abastecedoras del municipio de Pijao</i>	<i>42</i>
1.4.7	<i>Unidades Hidrográficas abastecedoras de los municipios de Buenavista y Quimbaya</i>	<i>43</i>
1.4.8	<i>Unidades Hidrográficas abastecedoras del municipio Filandia</i>	<i>45</i>
1.4.9	<i>Unidades Hidrográficas de río Espejo, Quebrada Cristales y Quebrada Buenavista.....</i>	<i>46</i>
1.5	MODELACIÓN HIDROLÓGICA	48
1.6	VARIABILIDAD HIDROCLIMÁTICA	51
1.6.1	<i>Fenómenos climáticos de interés para el análisis</i>	<i>52</i>
1.6.2	<i>Relaciones de índices macroclimáticos con la climatología del departamento del Quindío.....</i>	<i>56</i>
1.6.3	<i>Variabilidad y Análisis de Tendencia</i>	<i>64</i>
1.7	OFERTA HÍDRICA DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS Y MICROCUENCAS ABASTecedorAS.....	74
1.7.1	<i>Oferta Hídrica Total Superficial y Disponible en Unidades Hidrográficas y Microcuencas Abastecedoras de Acueductos</i>	<i>75</i>
2	INDICADORES DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO NATURAL.....	105
2.1	ÍNDICES DE ARIDEZ	105
2.1.1	<i>Índices de aridez en unidades hidrográficas</i>	<i>110</i>
2.1.2	<i>Índices de aridez en microcuenca abastecedora.....</i>	<i>112</i>
2.2	ÍNDICES DE REGULACIÓN Y RETENCIÓN HÍDRICA (IRH)	114
3	DEMANDA DE AGUA	118
3.1	CONCESIONES DE AGUA POR TIPO DE USO.....	118
3.2	DEMANDA HÍDRICA SECTORIAL	123
3.2.1	<i>Demandas para Uso Doméstico</i>	<i>123</i>
3.2.2	<i>Demanda para Uso Agrícola</i>	<i>129</i>
3.2.3	<i>Demanda para Uso pecuaria</i>	<i>132</i>
3.2.4	<i>Demanda para Uso Piscícola.....</i>	<i>135</i>
3.2.5	<i>Demanda para Uso Industrial</i>	<i>136</i>
3.2.6	<i>Demanda para Uso Energético</i>	<i>137</i>
3.2.7	<i>Demanda para Uso Recreativo y Deportivo</i>	<i>138</i>

3.3	DEMANDA TOTAL POR MUNICIPIO.....	139
3.4	DEMANDA TOTAL EN UNIDADES HIDROGRÁFICAS Y MICROCUENCAS ABASTecedorAS DE ACUEDUCTOS.....	143
4	PRESIÓN POR EL USO DEL AGUA	148
4.1	ÍNDICES DE USO DEL AGUA.....	148
4.1.1	Índices de uso del agua en año medio	149
4.1.2	Índices de uso del agua en año seco (año de referencia 2015/2016)	152
4.2	VALORACIÓN DEL DÉFICIT DE SUMINISTRO A LA DEMANDA	153
5	CALIDAD DEL AGUA.....	156
5.1	INTRODUCCIÓN.....	156
5.2	ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA EN EL MARCO DE LAS EVALUACIONES REGIONALES DEL AGUA.....	156
5.2.1	Índice de Calidad de Agua - ICA	159
5.2.2	Índice de Alteración potencial a la Calidad del Agua - IACAL.....	167
5.3	ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA - ICA	172
5.3.1	Quebrada Barroblanco.....	177
5.3.2	Quebradas Lachas y Chorrobolillos.....	178
5.3.3	Quebrada San José (Filandia).....	179
5.3.4	Río Roble	179
5.3.5	Quebrada Buenavista.....	181
5.3.6	Quebrada Agua Linda	182
5.3.7	Río Espejo.....	183
5.3.8	Quebrada Cristales.....	185
5.3.9	Río Quindío.....	187
5.3.10	Quebrada La Picota	190
5.3.11	Río Rojo.....	191
5.3.12	Río Lejos.....	192
5.4	ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL A LA CALIDAD DEL AGUA - IACAL	194
5.4.1	Quebrada Barroblanco.....	205
5.4.2	Quebradas Lachas y Chorrobolillos	206
5.4.3	Quebrada San José (Filandia).....	206
5.4.4	Río Roble	207
5.4.5	Quebrada Buenavista.....	209
5.4.6	Quebrada Agua Linda (Quimbaya)	210
5.4.7	Río Espejo.....	211
5.4.8	Quebrada Cristales.....	213
5.4.9	Río Quindío.....	214
5.4.10	Quebrada La Picota	217
5.4.11	Río Rojo.....	218
5.4.12	Río Lejos.....	219
5.5	SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS ENCONTRADOS EN ICA E IACAL	220
5.5.1	Quebrada Barroblanco.....	222

5.5.2	<i>Quebradas Lachas y Chorrobolillos</i>	222
5.5.3	<i>Quebrada San José (Filandia)</i>	223
5.5.4	<i>Río Roble</i>	223
5.5.5	<i>Quebrada Buenavista</i>	223
5.5.6	<i>Quebrada Agua Linda (Quimbaya)</i>	224
5.5.7	<i>Río Espejo</i>	224
5.5.8	<i>Quebrada Cristales</i>	225
5.5.9	<i>Río Quindío</i>	226
5.5.10	<i>Quebrada La Picota</i>	226
5.5.11	<i>Río Rojo</i>	227
5.5.12	<i>Río Lejos</i>	227
6	ECOSISTEMA ACUÁTICO	229
6.1	INTRODUCCIÓN	229
6.2	ÁREA DE ESTUDIO	230
6.2.1	<i>Estaciones de Monitoreo</i>	232
6.3	PERIFITON	237
6.3.1	<i>Método de campo</i>	237
6.3.2	<i>Método de laboratorio</i>	237
6.3.3	<i>Análisis de datos</i>	238
6.3.4	<i>Resultados y discusión</i>	240
6.3.5	<i>Conclusiones</i>	255
6.4	MACROINVERTEBRADOS	256
6.4.1	<i>Método de campo</i>	256
6.4.2	<i>Método de laboratorio</i>	256
6.4.3	<i>Análisis de datos</i>	257
6.4.4	<i>Resultados y discusión</i>	258
6.4.5	<i>Conclusiones</i>	279
6.5	PECES	279
6.5.1	<i>Método de campo</i>	279
6.5.2	<i>Métodos de laboratorio</i>	280
6.5.3	<i>Análisis de datos</i>	280
6.5.4	<i>Aspectos biológicos de las especies</i>	283
6.5.5	<i>Resultados y discusión</i>	288
6.5.6	<i>Conclusiones</i>	352
7	INDICADORES DE RIESGO	354
7.1	ÍNDICES DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO	354
7.1.1	<i>Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico en año medio</i>	354
7.1.2	<i>Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico en año seco</i>	357
7.2	ÍNDICES DE VULNERABILIDAD A EVENTOS TORRENCIALES	358
8	REFERENCIAS	362

9 ANEXOS.....	386
Anexo 1. Representación gráfica del porcentaje de datos faltantes en las estaciones hidrometeorológicas estudiadas	386
ANEXO 2. MODELOS HIDROLÓGICOS AJUSTADOS CON LAS SERIES DE CAUDALES DIARIOS DERIVADOS DE LOS LIMNIMETROS.....	411
ANEXO 3. MATRICES DE CORRELACIÓN CRUZADA DE PEARSON ENTRE LOS PRINCIPALES ÍNDICES MACROCLIMÁTICOS, LA PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	421
ANEXO 4. MÓDULOS DE CONSUMO DE AGUA DEL SECTOR PECUARIO REPORTADOS PARA ÁREAS CERCANAS O EN LA REGIÓN DEL QUINDÍO.....	445
ANEXO 5. POBLACIONES HISTÓRICAS POR MUNICIPIO DE ESPECIES PECUARIAS DE INTERÉS EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	446
ANEXO 6. ÁREAS CULTIVADAS EN HECTÁREAS POR TIPO DE CULTIVO PARA CADA MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO SEGÚN LA EVALUACIÓN AGROPECUARIA DEL QUINDÍO.	448
ANEXO 7. DESCRIPCIÓN Y RESULTADOS DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA EN 130 SITIOS DE MUESTREO EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	449
ANEXO 8. MEMORIA DE CÁLCULO ICA (7).....	449
ANEXO 9. MEMORIA DE CÁLCULO IACAL.....	449
ANEXO 10. FICHAS TÉCNICAS DE LOS GÉNEROS DE PERIFITON COLECTADOS EN LAS CUENCAS ABASTecedorAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	450
ANEXO 11. FICHAS TÉCNICAS DE LOS GÉNEROS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COLECTADOS EN LAS CUENCAS ABASTecedorAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	468
ANEXO 12. FICHAS TÉCNICAS DE LAS ESPECIES DE PECES COLECTADAS EN LAS CUENCAS ABASTecedorAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	495

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. RED HIDROMETEOROLÓGICA DE ESTACIONES UTILIZADAS EN LA ERA DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO	29
FIGURA 2. RED HIDROGRÁFICA DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	32
FIGURA 3. DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL DEL MODELO HIDROLÓGICO TETIS.....	49
FIGURA 4. COMPARACIÓN DE LOS CAUDALES OBSERVADOS Y SIMULADOS A ESCALA MENSUAL.....	51
FIGURA 5. REPRESENTACIÓN DE LA OSCILACIÓN DE MADDEN – JULIAN EN EL OCEANO ÍNDICO, EN AZUL EN LA FASE FRÍA Y ROJO EN LA FASE CALIENTE	53
FIGURA 6. REPRESENTACIÓN DE LA CIRCULACIÓN DE WALKER EN EL OCEANO PACÍFICO CENTRAL ÍNDICO, EN AZUL EN LA FASE FRÍA Y ROJO EN LA FASE CALIENTE.	53
FIGURA 7. REPRESENTACIÓN DE LOS VIENTOS ALISIOS, EN AZUL EN LA FASE FRÍA Y ROJO EN LA FASE CALIENTE.	54
FIGURA 8. REPRESENTACIÓN DE LOS ZCIT, EN ROJO EL VERANO BOREAL Y EN AZUL EL VERANO AUSTRAL. AL NORTE EN LA REGIÓN CARIBE LA REGIÓN DE FORMACIÓN DE SISTEMAS DE COMPLEJOS CONVECTIVOS DE MESOESCALA Y EL CHORRO DEL CHOCÓ EN LA REGIÓN PACIFICA DE COLOMBIA.	55
FIGURA 9. LOCALIZACIÓN ESPACIAL DE LOS ÍNDICES MACROCLIMÁTICOS BAJO EL ANÁLISIS DE TELECONEXIONES	59
FIGURA 10. REPRESENTACIÓN ESPACIAL DE LA CORRELACIÓN CRUZADA DE PEARSON ENTRE EL ÍNDICE BEST Y LA PRECIPITACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO (1985-2015) CON REZAGOS DE 0 A 4 MESES. LA LÍNEA AZUL DELIMITA LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO LA VIEJA, Y LA LÍNEA NEGRA EL LÍMITE DEPARTAMENTAL. LAS CUATRO (4) SUB-FIGURAS DE LA IZQUIERDA CORRESPONDEN AL MES DE AGOSTO Y LAS CUATRO (4) SUB-FIGURAS DE LA DERECHA AL MES DE DICIEMBRE.....	62
FIGURA 11. REPRESENTACIÓN ESPACIAL DE LA CORRELACIÓN CRUZADA DE PEARSON ENTRE EL ÍNDICE NINO 3 Y LA PRECIPITACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO (1985-2015) CON REZAGOS DE 0 A 4 MESES. LA LÍNEA AZUL DELIMITA LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO LA VIEJA, Y LA LÍNEA NEGRA EL LÍMITE DEPARTAMENTAL. LAS CUATRO (4) SUB-FIGURAS DE LA IZQUIERDA CORRESPONDEN AL MES DE AGOSTO Y LAS CUATRO (4) SUB-FIGURAS DE LA DERECHA AL MES DE DICIEMBRE.....	63
FIGURA 12. REPRESENTACIÓN ESPACIAL DE LA CORRELACIÓN CRUZADA DE PEARSON ENTRE EL ÍNDICE ONI Y LA PRECIPITACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO (1985-2015) CON REZAGOS DE 0 A 4 MESES. LA LÍNEA AZUL DELIMITA LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO LA VIEJA, Y LA LÍNEA NEGRA EL LÍMITE DEPARTAMENTAL. LAS CUATRO (4) SUB-FIGURAS DE LA IZQUIERDA CORRESPONDEN AL MES DE AGOSTO Y LAS CUATRO (4) SUB-FIGURAS DE LA DERECHA AL MES DE DICIEMBRE.....	63
FIGURA 13. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL MENSUAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	65
FIGURA 14. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	66
FIGURA 15. COMPORTAMIENTO DIARIO Y MENSUAL DE LA TEMPERATURA EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	67
FIGURA 16. COMPORTAMIENTO DE LOS CAUDALES REGISTRADOS POR CORRIENTE HÍDRICA.....	69
FIGURA 17. RENDIMIENTO HÍDRICO (L/S/KM ²) MÍNIMO, MÁXIMO Y MEDIO MENSUAL EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL QUINDÍO (IZQUIERDA: AÑO SECO 2015/2016, DERECHA: AÑO HÚMEDO 2010/2011)	78
FIGURA 18. DIAGRAMAS DE CAJAS DE LA DISTRIBUCIÓN DEL RENDIMIENTO HÍDRICO EN LAS CUENCAS ABASTecedorAS PARA LAS TRES CONDICIONES HIDROLÓGICAS (AÑO MEDIO, SECO Y HÚMEDO).	79
FIGURA 19. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL POR UNIDAD HIDROGRÁFICA EN AÑO MEDIO.....	80
FIGURA 20. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL POR UNIDAD HIDROGRÁFICA EN AÑO SECO (2015/2016)	81
FIGURA 21. ÍNDICE DE ARIDEZ MENSUAL PARA CONDICIÓN HIDROLÓGICA DE AÑO MEDIO.....	107
FIGURA 22. ÍNDICE DE ARIDEZ MENSUAL PARA CONDICIÓN HIDROLÓGICA DE AÑO SECO (2015/2016)	108
FIGURA 23. ÍNDICE DE ARIDEZ MENSUAL PARA LA CONDICIÓN HIDROLÓGICA DE AÑO HÚMEDO (2010/2011)	108
FIGURA 24. ÍNDICE DE ARIDEZ ANUAL PARA LAS TRES CONDICIONES HIDROLÓGICAS (AÑO MEDIO, AÑO SECO, AÑO HÚMEDO)....	110

FIGURA 25. DISTRIBUCIÓN DE LAS CONCESIONES DE AGUA POR TIPO DE USO Y TIPO DE FUENTE (2017)	119
FIGURA 26. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS CONCESIONES DE TIPO DOMÉSTICA Y GENERACIÓN DE ENERGÍA (2017)	120
FIGURA 27. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS CONCESIONES DE TIPO AGRÍCOLA, PISCÍCOLA, PECUARIA, INDUSTRIAL Y SIN CLASIFICACIÓN (2017).....	122
FIGURA 28. VARIACIÓN ANUAL DEL PIB A PRECIOS CONSTANTES DEL SECTOR AGRÍCOLA EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO SEGÚN EL DANE.....	131
FIGURA 29. DEMANDA HÍDRICA PROMEDIO ANUAL PARA USO AGRÍCOLA POR MUNICIPIO EN EL QUINDÍO.....	132
FIGURA 30. POBLACIONES HISTÓRICAS DE LAS ESPECIES DE INTERÉS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PECUARIA EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	133
FIGURA 31. VARIACIÓN ANUAL DEL PIB A PRECIOS CONSTANTES DEL SECTOR MANUFACTURERO SEGÚN EL DANE	137
FIGURA 32. DEMANDA HÍDRICA TOTAL POR MUNICIPIO. AÑO 2017. (EJE Y EN ESCALA LOGARÍTMICA).....	140
FIGURA 33. DEMANDA HÍDRICA TOTAL POR MUNICIPIO. PROYECCIÓN AÑO 2028. (EJE Y EN ESCALA LOGARÍTMICA)	140
FIGURA 34. DEMANDA HÍDRICA POR TIPO DE USO EN CADA MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO	140
FIGURA 35. DEMANDA HÍDRICA TOTAL ANUAL POR UNIDAD HIDROGRÁFICA EN L/S	143
FIGURA 36. DEMANDA HÍDRICA TOTAL ANUAL POR MICROCUENCA ABASTECEDORA DE ACUEDUCTO EN L/S.....	144
FIGURA 37. IACAL CON CATEGORÍA MUY ALTA PARA TODA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LA VIEJA (POLÍGONO CON LÍNEAS DIAGONALES ES LA JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL QUINDÍO - CRQ). FUENTE: IDEAM (2010).....	170
FIGURA 38. DESCRIPTORES DE CALIDAD DEL AGUA DESDE EL ICA DE 7 VARIABLES CALCULADOS EN CADA UNO DE LOS PUNTOS DE MONITOREO DE LA CAMPAÑA REALIZADA PARA LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA -ERA.	173
FIGURA 39. DESCRIPTORES DE CALIDAD DEL AGUA DESDE EL ICA DE 7 VARIABLES EN LOS SITIOS DE MONITOREO AGRUPADOS POR UNIDADES HIDROGRÁFICAS.....	174
FIGURA 40. DESCRIPTORES DE CALIDAD DEL AGUA DESDE EL ICA DE 7 EN LAS 33 BOCATOMAS DONDE SE TENÍA INFORMACIÓN.	175
FIGURA 41. CRITERIO DE COLIFORMES FECALIS Y COLIFORMES TOTALES ADMISIBLE PARA LA ASIGNACIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO EN EL QUE LA POTABILIZACIÓN PUEDE SER CON TRATAMIENTO CONVENCIONAL (LÍNEAS HORIZONTALES EN COLOR NARANJA Y AZUL RESPECTIVAMENTE). FUENTE: DESDE DATOS DEL MONITOREO ERA 2017 EN 33 BOCATOMAS. VALORES EN NMP/100ML.....	176
FIGURA 42. CRITERIO DE COLIFORMES TOTALES ADMISIBLES PARA LA ASIGNACIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO EN EL QUE LA POTABILIZACIÓN PUEDE SER CON SOLO DESINFECCIÓN. FUENTE: DESDE DATOS DEL MONITOREO ERA 2017 EN 33 BOCATOMAS. VALORES EN NMP/100ML	177
FIGURA 43. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL A LA CALIDAD DEL AGUA IACAL EN CADA UNO DE LOS PUNTOS DE MONITOREO DE LA CAMPAÑA REALIZADA PARA LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA -ERA.	195
FIGURA 44. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL A LA CALIDAD DEL AGUA IACAL PARA CADA UNO DE LOS PUNTOS DE MONITOREO AGRUPADOS POR UNIDADES HIDROGRÁFICAS.....	196
FIGURA 45. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL A LA CALIDAD DEL AGUA IACAL CALCULADO EN LAS BOCATOMAS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	197
FIGURA 46. PORCENTAJES DE CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL A LA CALIDAD DEL AGUA IACAL CALCULADO PARA EL TOTAL DE LAS BOCATOMAS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	197
FIGURA 47. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL A LA CALIDAD DEL AGUA IACAL EN CADA UNO DE LOS PUNTOS DE MONITOREO DE LA CAMPAÑA REALIZADA PARA LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA -ERA Y OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES MEDIAS	199

FIGURA 48. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL A LA CALIDAD DEL AGUA IACAL PARA CADA UNO DE LOS PUNTOS DE MONITOREO AGRUPADOS POR UNIDADES HIDROGRÁFICAS.....	200
FIGURA 49. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL A LA CALIDAD DEL AGUA IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES MEDIAS EN LAS BOCATOMAS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	201
FIGURA 50. PORCENTAJE DE CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL A LA CALIDAD DEL AGUA IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES MEDIAS EN LAS BOCATOMAS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	201
FIGURA 51. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL A LA CALIDAD DEL AGUA IACAL EN CADA UNO DE LOS PUNTOS DE MONITOREO DE LA CAMPAÑA REALIZADA PARA LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA -ERA Y OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES SECAS	202
FIGURA 52. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL A LA CALIDAD DEL AGUA IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES SECAS PARA CADA UNO DE LOS PUNTOS DE MONITOREO AGRUPADOS POR UNIDADES HIDROGRÁFICAS.....	203
FIGURA 53. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL A LA CALIDAD DEL AGUA IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES SECAS EN LAS BOCATOMAS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	204
FIGURA 54. PORCENTAJE DE CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL A LA CALIDAD DEL AGUA IACAL EN CONDICIONES DE OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES SECAS EN LAS BOCATOMAS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	204
FIGURA 55. UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO PARA EL MONITOREO HIDROBIOLÓGICO EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	231
FIGURA 56. ESTACIONES DE MUESTREO DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO (A-L).	233
FIGURA 57. ESTACIONES DE MUESTREO DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO (M-Z).	234
FIGURA 58. ESTACIONES DE MUESTREO HIDROBIOLÓGICO EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE RÍO QUINDÍO, RÍO NAVARCO, Y RÍO SANTO DOMINGO.	236
FIGURA 59. ESTIMADORES DE RIQUEZA DE LOS GÉNEROS DEL PERIFITON REGISTRADOS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	241
FIGURA 60. DENSIDAD RELATIVA DE LAS CLASES DEL PERIFITON REGISTRADAS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	243
FIGURA 61. DENSIDAD RELATIVA DE LOS GÉNEROS DEL PERIFITON REGISTRADOS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	244
FIGURA 62. DENSIDAD RELATIVA Y NÚMERO DE GÉNEROS DEL PERIFITON REGISTRADOS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO UBICADAS SOBRE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	244
FIGURA 63. DIVERSIDAD DEL PERIFITON REGISTRADO EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO UBICADAS SOBRE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	246
FIGURA 64. ÍNDICE DE BRAY-CURTIS DEL PERIFITON REGISTRADO EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO UBICADAS SOBRE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	247
FIGURA 65. DENSIDAD RELATIVA Y NÚMERO DE GÉNEROS DEL PERIFITON COLECTADO EN DIFERENTES SUSTRATOS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO UBICADAS SOBRE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	248
FIGURA 66. DISTRIBUCIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA DE LOS SUSTRATOS EVALUADOS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO UBICADAS SOBRE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	250
FIGURA 67. DIAGRAMA DE ORDENACIÓN NMDS PARA LAS ESTACIONES DE MUESTREO UBICADAS SOBRE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	251
FIGURA 68. DIAGRAMA DE ORDENACIÓN ACC ENTRE LAS VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS Y LOS GÉNEROS DEL PERIFITON EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO UBICADAS SOBRE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	253
FIGURA 69. MÉTODO DE COLECTA DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS	256

FIGURA 70. CURVA DE ACUMULACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COLECTADOS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL QUINDÍO	258
FIGURA 71. ABUNDANCIA RELATIVA DE ÓRDENES REGISTRADOS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	261
FIGURA 72. ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS FAMILIAS REGISTRADAS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	263
FIGURA 73. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS GÉNEROS MÁS ABUNDANTES REGISTRADAS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	264
FIGURA 74. DIVERSIDAD DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADAS LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	266
FIGURA 75. ÍNDICE DE SIMILITUD DE BRAY-CURTIS REGISTRADAS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO	266
FIGURA 76. ABUNDANCIA Y RIQUEZA POR ESTACIONES EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO. ...	268
FIGURA 77. DIAGRAMA DE ORDENACIÓN NMDS PARA LAS ESTACIONES DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO	271
FIGURA 78. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL IBMWP/COL EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO EN LA PRIMER CAMPAÑA DE MUESTREO	275
FIGURA 79. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LAS VARIABLES FISCOQUÍMICAS Y LA ABUNDANCIA DE LOS TAXONES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LAS ESTACIONES EVALUADAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	278
FIGURA 80. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS ÓRDENES PRESENTES EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	290
FIGURA 81. ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS FAMILIAS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO. ...	291
FIGURA 82. ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS ESPECIES PRESENTES EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	292
FIGURA 83. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES REGISTRADAS EN 42 ESTACIONES DE MUESTREO COLECTADAS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	293
FIGURA 84. DIVERSIDAD ALFA (EN SERIES DE NÚMEROS DE HILL) DE LA ICTIOFAUNA REGISTRADA EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	294
FIGURA 85. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA RIQUEZA DE ESPECIES DE PECES EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO	295
FIGURA 86. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ABUNDANCIA DE ESPECIES DE PECES EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	296
FIGURA 87. ÍNDICE DE SIMILITUD DE BRAY-CURTIS DE LAS ESTACIONES EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	297
FIGURA 88. ESPECTRO TRÓFICO DE CETOPSORHAMIDIA BOQUILLAE EN DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	299
FIGURA 89. ESPECTRO TRÓFICO DE ASTROBLEPUS SP1 DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO. ...	300
FIGURA 90. ESPECTRO TRÓFICO DE TRICHOMYCTERUS CHAPMANI DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	301
FIGURA 91. ESPECTRO TRÓFICO DE ASTROBLEPUS GRIMALVÍ EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS	302
FIGURA 92. ESPECTRO TRÓFICO DE BRYCON HENNI DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	303

FIGURA 93. ESPECTRO TRÓFICO DE CARLASTYANAX AUROCAUDATUS DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	304
FIGURA 94. ESPECTRO TRÓFICO DE HEMIBRYCON BOQUIAE DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	305
FIGURA 95. ESPECTRO TRÓFICO DE CREAGRUTUS BREVIPINNIS DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	306
FIGURA 96. ESPECTRO TRÓFICO DE BRYCONAMERICUS CAUCANUS DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	307
FIGURA 97. ESPECTRO TRÓFICO DE ASTROBLEPUS GRIXALVÍ DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	308
FIGURA 98. ESPECTRO TRÓFICO DE HEMIBRYCON CAUCANUS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	309
FIGURA 99. ESPECTRO TRÓFICO DE IMPARFINIS USMAI EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO... 311	
FIGURA 100. FRECUENCIAS RELATIVAS DE LOS ÍTEMS EN CHAETOSTOMA CF FISHERI EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	312
FIGURA 101. FRECUENCIAS RELATIVAS DE LOS ÍTEMS EN POECILIA RETICULATA EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	313
FIGURA 102. DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DE LAS ESPECIES COLECTADAS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	315
FIGURA 103. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLAS PARA BRYCONAMERICUS CAUCANUS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	317
FIGURA 104. RELACIÓN LONGITUD – PESO PARA BRYCONAMERICUS CAUCANUS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	317
FIGURA 105. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLAS PARA ASTROBLEPUS CF CHAPMANI EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	318
FIGURA 106. RELACIÓN LONGITUD – PESO PARA ASTROBLEPUS CF CHAPMANI EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	318
FIGURA 107 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLAS PARA ASTROBLEPUS GRIXALVÍ EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	319
FIGURA 108. RELACIÓN LONGITUD – PESO PARA ASTROBLEPUS GRIXALVÍ EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	319
FIGURA 109. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLAS PARA ASTROBLEPUS SP1EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	320
FIGURA 110. RELACIÓN LONGITUD – PESO PARA ASTROBLEPUS SP1 EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	320
FIGURA 111. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLAS PARA ASTROBLEPUS SP2EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	321
FIGURA 112. RELACIÓN LONGITUD – PESO PARA ASTROBLEPUS SP2EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	321
FIGURA 113. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLAS PARA ASTROBLEPUS UNIFASCIATUS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	322

FIGURA 114. RELACIÓN LONGITUD – PESO PARA ASTROBLEPUS UNIFASCIATUS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	323
FIGURA 115. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLAS PARA BRYCON HENNI EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	323
FIGURA 116. RELACIÓN LONGITUD – PESO PARA BRYCON HENNIEN EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	324
FIGURA 117. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLAS PARA HEMIBRYCON CAUCANUS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	324
FIGURA 118. RELACIÓN LONGITUD – PESO PARA HEMIBRYCON CAUCANUS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	325
FIGURA 119. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLAS PARA CARLASTYANAX AUROCAUDATUS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	326
FIGURA 120. RELACIÓN LONGITUD – PESO PARA CARLASTYANAX AUROCAUDATUS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	326
FIGURA 121. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLAS PARA CETOPSORHAMDIS BOQUILLAE EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	327
FIGURA 122. RELACIÓN LONGITUD – PESO PARA CETOPSORHAMDIS BOQUILLAE EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	327
FIGURA 123. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLAS PARA CHAETOSTOMA CF FISCHERI EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	328
FIGURA 124. RELACIÓN LONGITUD – PESO PARA CHAETOSTOMA CF FISCHERI EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	328
FIGURA 125. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLAS PARA HEMIBRYCON BOQUIAE EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	329
FIGURA 126. RELACIÓN LONGITUD – PESO PARA HEMIBRYCON BOQUIAE EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	329
FIGURA 127. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLAS PARA IMPARFINIS USMAI EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	330
FIGURA 128. RELACIÓN LONGITUD – PESO PARA IMPARFINIS USMAI EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	330
FIGURA 129. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLAS PARA POECILIA RETICULATA EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	331
FIGURA 130. RELACIÓN LONGITUD – PESO PARA POECILIA RETICULATA EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	332
FIGURA 131. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLAS PARA TRICHOMYCTERUS CHAPMANI EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	332
FIGURA 132. RELACIÓN LONGITUD – PESO PARA TRICHOMYCTERUS CHAPMANI EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	333
FIGURA 133. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR SEXO EN LOS DIFERENTES ESTADIOS DE MADUREZ SEXUAL (EMS) DE HEMIBRYCON BOQUIAE EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	335
FIGURA 134. VALORES DEL ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS) DE HEMIBRYCON BOQUIAE, EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	336

FIGURA 135. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR SEXO EN LOS DIFERENTES ESTADIOS DE MADUREZ SEXUAL (EMS) DE HEMIBRYCONCAUCANUS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO	336
FIGURA 136. VALORES DEL ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS) DE HEMIBRYCON CAUCANUS, EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	337
FIGURA 137. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR SEXO EN LOS DIFERENTES ESTADIOS DE MADUREZ SEXUAL (EMS) DE BRYCON HENNIÉN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	337
FIGURA 138. VALORES DEL ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS) DE BRYCON HENNI, EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	338
FIGURA 139. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR SEXO EN LOS DIFERENTES ESTADIOS DE MADUREZ SEXUAL (EMS) DE ASTROBLEPUS GRIMALVI EN LAS CUENCAS ABASTECEDORAS EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	338
FIGURA 140. VALORES DEL ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS) DE ASTROBLEPUS GRIMALVI, EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	338
FIGURA 141. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR SEXO EN LOS DIFERENTES ESTADIOS DE MADUREZ SEXUAL (EMS) DE IMPARFINIS USMAI EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	339
FIGURA 142. VALORES DEL ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS) DE IMPARFINIS USMAI, EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	339
FIGURA 143. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR SEXO EN LOS DIFERENTES ESTADIOS DE MADUREZ SEXUAL (EMS) DE TRICHOMYCTERUS CHAPMANI EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	340
FIGURA 144. VALORES DEL ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS) DE TRICHOMYCTERUS CHAPMANI, EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	340
FIGURA 145. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR SEXO EN LOS DIFERENTES ESTADIOS DE MADUREZ SEXUAL (EMS) DE CETOPSORHAMDIS BOQUILLAE EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	341
FIGURA 146. VALORES DEL ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS) DE CETOPSORHAMDIS BOQUILLAE, EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	342
FIGURA 147. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR SEXO EN LOS DIFERENTES ESTADIOS DE MADUREZ SEXUAL (EMS) DE ASTROBLEPUS SP1 EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	342
FIGURA 148. VALORES DEL ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS) DE ASTROBLEPUS SP1, EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	343
FIGURA 149. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR SEXO EN LOS DIFERENTES ESTADIOS DE MADUREZ SEXUAL (EMS) DE ASTROBLEPUS SP2 EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	343
FIGURA 150. VALORES DEL ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS) DE ASTROBLEPUS SP2, EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	344
FIGURA 151. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR SEXO EN LOS DIFERENTES ESTADIOS DE MADUREZ SEXUAL (EMS) DE CARLASTYANAX AUROCAUDATUS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	344
FIGURA 152. VALORES DEL ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS) DE CARLASTYANAX AUROCAUDATUS, EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	345
FIGURA 153. TRIPLLOT DEL ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS, ESPECIES EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	348
FIGURA 154. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN BARRAGÁN (COD:'ESTACION_27').....	386
FIGURA 155. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN BREMEN (COD:'ESTACION_23').....	386

FIGURA 156. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN LA PICOTA (COD:'ESTACION_32')	386
FIGURA 157. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN LA PLAYA (COD:'ESTACION_24')	387
FIGURA 158. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN NAVARCO (COD:'ESTACION_22')	387
FIGURA 159. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN PLANADAS (COD:'ESTACION_33')	387
FIGURA 160. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN LA INDIA (COD:'ESTACION_43')	388
FIGURA 161. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN LA SIERRA (COD:'ESTACION_37')	388
FIGURA 162. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN CRQ (COD:'ESTACION_21')	388
FIGURA 163. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN VIVERO TEBAIDA (COD:'ESTACION_26')	389
FIGURA 164. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN LA MONTAÑA (COD:'ESTACION_30')	389
FIGURA 165. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN LA ESPAÑOLA (COD:'ESTACION_04')	389
FIGURA 166. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN BUENOS AIRES (COD:'ESTACION_40')	390
FIGURA 167. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN COCORA (COD:'ESTACION_44')	390
FIGURA 168. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN EL BOSQUE (COD:'ESTACION_31')	390
FIGURA 169. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN VIVERO MONTENEGRO (COD:'ESTACION_28')	391
FIGURA 170. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN ESTRELLA DE AGUA (COD:'ESTACION_35')	391
FIGURA 171. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN CENTRO GUADUA (COD:'ESTACION_07')	391
FIGURA 172. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN GIBRALTAR (COD:'ESTACION_25')	392
FIGURA 173. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN VILLADORA (COD:'ESTACION_41')	392
FIGURA 174. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN LA ALBANIA (COD:'ESTACION_36')	392
FIGURA 175. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN GOBERNACIÓN (COD:'ESTACION_34')	393
FIGURA 176. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN SAN RAFAEL (COD:'ESTACION_42')	393

FIGURA 177. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN EL TÚNEL O (COD:'ESTACION_39')	393
FIGURA 178. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN EL REPOSO (COD:'ESTACION_29')	394
FIGURA 179. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN EL CAIRO (COD:'ESTACION_45')	394
FIGURA 180. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN EL JARDÍN (COD:'ESTACION_18')	394
FIGURA 181. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN PEÑAS BLANCAS (COD:'ESTACION_61')	395
FIGURA 182. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN VIVERO GÉNOVA (COD:'ESTACION_46')	395
FIGURA 183. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN EL TAPIR (COD:'ESTACION_67')	395
FIGURA 184. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN Q. EL COFRE (COD:'ESTACION_62')	396
FIGURA 185. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN OBANDO [26100300]	396
FIGURA 186. DISTRIBUCIÓN DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN ALCAZAR EL [26100400]	396
FIGURA 187. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN ITALIA LA [26100790]	397
FIGURA 188. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN PALMASOLA [26100830]	397
FIGURA 189. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN BARRAGAN [26105140]	397
FIGURA 190. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN CAMELIA LA [26120120]	398
FIGURA 191. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN COROZAL [26120130]	398
FIGURA 192. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN ALCALA [26120150]	398
FIGURA 193. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN SALENTO [26120160]	399
FIGURA 194. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN PIJAO [26120170]	399
FIGURA 195. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN ALAMBRADO EL-ALERT [26120180]	399
FIGURA 196. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN APTO EL EDÉN [26125060]	400
FIGURA 197. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN ARMENIA [26125120]	400

FIGURA 198. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN CUMBARCO [26125130].....	400
FIGURA 199. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN SAN ISIDRO [26130180].....	401
FIGURA 200. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN MARACAY [26130220].....	401
FIGURA 201. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN PLAYA RICA [26130540].....	401
FIGURA 202. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN PEZ FRESCO [26130560].....	402
FIGURA 203. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN NUEVO LIBARE [26130570].....	402
FIGURA 204. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN APTO MATECANA [26135040].....	402
FIGURA 205. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN UNIV PEREIRA-UTP [26135080].....	403
FIGURA 206. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN DELICIAS LAS [21210130].....	403
FIGURA 207. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN PLAN EL [21210140].....	403
FIGURA 208. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN CASCADA LA [21210150].....	404
FIGURA 209. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN SILENCIO EL [21210260].....	404
FIGURA 210. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN PASO EL [21215050].....	404
FIGURA 211. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA ESTACIÓN CUCUANA HDA [21215130].....	405
FIGURA 212. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE TEMPERATURA MEDIA DIARIA EN LA ESTACIÓN LA ESPAÑOLA (ESTACION_04).....	405
FIGURA 213. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE TEMPERATURA MEDIA DIARIA EN LA ESTACIÓN CENTRO DE LA GUADUA (ESTACION_07).....	406
FIGURA 214. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE TEMPERATURA MEDIA DIARIA EN LA ESTACIÓN CRQ (ESTACION_21).....	406
FIGURA 215. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE TEMPERATURA MEDIA DIARIA EN LA ESTACIÓN NAVARCO (ESTACION_22).....	406
FIGURA 216. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE TEMPERATURA MEDIA DIARIA EN LA ESTACIÓN BREMEN (ESTACION_23).....	407
FIGURA 217. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE TEMPERATURA MEDIA DIARIA EN LA ESTACIÓN LA PLAYA (ESTACION_24).....	407
FIGURA 218. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE TEMPERATURA MEDIA DIARIA EN LA ESTACIÓN EL BOSQUE (ESTACION_31).....	407

FIGURA 219. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE TEMPERATURA MEDIA DIARIA EN LA ESTACIÓN ESTRELLA DE AGUA (ESTACION_35)	408
FIGURA 220. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE TEMPERATURA MEDIA DIARIA EN LA ESTACIÓN LA SIERRA (ESTACION_37)	408
FIGURA 221. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE TEMPERATURA MEDIA DIARIA EN LA ESTACIÓN EL CAIRO (ESTACION_45)	408
FIGURA 222. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE TEMPERATURA MEDIA DIARIA EN LA ESTACIÓN CUCUANA HDA (21215130)	409
FIGURA 223. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE TEMPERATURA MEDIA DIARIA EN LA ESTACIÓN BARRAGÁN (26105140)	409
FIGURA 224. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE TEMPERATURA MEDIA DIARIA EN LA ESTACIÓN AEROPUERTO EL EDÉN (2625060)	409
FIGURA 225. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE TEMPERATURA MEDIA DIARIA EN LA ESTACIÓN CUMBARCO (26125130)	410
FIGURA 226. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES DE TEMPERATURA MEDIA DIARIA EN LA ESTACIÓN AEROPUERTO MATECAÑA (26135040)	410
FIGURA 227. CALIBRACIÓN MODELO Y CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES RÍO QUINDÍO – EST. CALLE LARGA	412
FIGURA 228 CALIBRACIÓN MODELO Y CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES RÍO ROBLE – EST. LA ESPAÑOLA	413
FIGURA 229. CALIBRACIÓN MODELO Y CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES RÍO SAN JUAN – EST. SAN JUAN	414
FIGURA 230. CALIBRACIÓN MODELO Y CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES RÍO LEJOS – EST. RÍO LEJOS	416
FIGURA 231. CALIBRACIÓN MODELO Y CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES RÍO VERDE – EST. CENTRO DE LA GUADUA	417
FIGURA 232. CALIBRACIÓN MODELO Y CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES RÍO SANTODOMINGO – EST. LA BELLA	419

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. ESTACIONES METEOROLÓGICAS SELECCIONADAS PARA LA ERA.....	28
TABLA 2. ESTACIONES DE MONITOREO DE LA TEMPERATURA PARA EL ANÁLISIS DE OFERTA HÍDRICA	28
TABLA 3. DISCRETIZACIÓN EN UNIDADES HIDROGRÁFICAS A EFECTOS DE LA FORMULACIÓN DE INDICADORES DE OFERTA HÍDRICA EN LA ERA	30
TABLA 4. MORFOMETRÍA RÍO QUINDÍO / CUENCAS ABASTecedorAS MUNICIPIOS DE ARMENIA Y SALENTO	33
TABLA 5. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN EN HORAS RÍO QUINDÍO / CUENCAS ABASTecedorAS MUNICIPIOS DE ARMENIA Y SALENTO	34
TABLA 6. MORFOMETRÍA RÍO ROBLE / CUENCAS ABASTecedorAS MUNICIPIOS DE CIRCASIA Y MONTENEGRO	35
TABLA 7. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN EN HORAS RÍO ROBLE / CUENCAS ABASTecedorAS MUNICIPIOS DE CIRCASIA Y MONTENEGRO	35
TABLA 8. MORFOMETRÍA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO VERDE Y CUENCA ABASTecedorA MUNICIPIO DE CÓRDOBA	37
TABLA 9. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN EN HORAS RÍO VERDE / CUENCA ABASTecedorA MUNICIPIO DE CÓRDOBA.....	37
TABLA 10. MORFOMETRÍA RÍO GRIS / CUENCA ABASTecedorA MUNICIPIO DE GÉNOVA.....	39
TABLA 11. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN EN HORAS CUENCA ABASTecedorA MUNICIPIO DE GÉNOVA (RÍO GRIS), Y UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE LOS RÍOS ROJO Y SAN JUAN	39
TABLA 12. MORFOMETRÍA RÍO SANTO DOMINGO/ CUENCAS ABASTecedorAS MUNICIPIO DE CALARCÁ	40
TABLA 13. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN EN HORAS CUENCAS ABASTecedorAS MUNICIPIO DE CALARCÁ.....	41
TABLA 14. MORFOMETRÍA RÍO LEJOS/ CUENCAS ABASTecedorAS MUNICIPIO DE PIJAO	42
TABLA 15. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN EN HORAS CUENCAS ABASTecedorAS MUNICIPIO DE PIJAO	43
TABLA 16. MORFOMETRÍA DE CUENCAS ABASTecedorAS DE LOS MUNICIPIOS DE BUENAVISTA Y QUIMBAYA	44
TABLA 17. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN EN HORAS CUENCAS ABASTecedorAS MUNICIPIOS BUENAVISTA Y QUIMBAYA.....	44
TABLA 18. MORFOMETRÍA CUENCAS ABASTecedorAS MUNICIPIO DE FILANDIA	45
TABLA 19. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN EN HORAS CUENCAS ABASTecedorAS MUNICIPIO DE FILANDIA.....	46
TABLA 20. MORFOMETRÍA DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE LA QUEBRADA BUENAVISTA, RÍO ESPEJO Y QUEBRADA CRISTALES	47
TABLA 21. TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE LA QUEBRADA BUENAVISTA, RÍO ESPEJO Y QUEBRADA CRISTALES	47
TABLA 22. ÍNDICES MACROCLIMÁTICOS SELECCIONADOS PARA EL ANÁLISIS DE LAS TELECONEXIONES.....	58
TABLA 23. TEMPERATURA MEDIA EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	67
TABLA 24. ESTACIONES HIDROMÉTRICAS UTILIZADAS EN ESTE ESTUDIO	68
TABLA 25. CAUDALES REGISTRADOS EN LAS CORRIENTES UBICADAS EN LA ZONA DE ESTUDIO EN M ³ /S.....	69
TABLA 26. ANÁLISIS DE TENDENCIAS TEMPERATURA ZONA DE ESTUDIO (1985-2015)	71
TABLA 27. ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE PRECIPITACIONES EN LAS ESTACIONES SELECCIONADAS (1987-2015)	72
TABLA 28. ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE CAUDALES MEDIOS (1987-2001/2004/2006)	73
TABLA 29. ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE CAUDALES MÁXIMOS (1987-2001/2004/2006)	74
TABLA 30. ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE CAUDALES MÍNIMOS (1987-2001/2004/2006)	74
TABLA 31. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE ARIDEZ.....	105
TABLA 32. FACTOR DE DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE LA ETP EN LA ZONA DE ESTUDIO	106

TABLA 33. ÍNDICE DE ARIDEZ MENSUAL EN AÑO MEDIO PARA LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO	111
TABLA 34. ÍNDICE DE ARIDEZ MENSUAL EN AÑO SECO (2015/2016) PARA LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO	111
TABLA 35. ÍNDICE DE ARIDEZ MENSUAL EN AÑO HÚMEDO (2010/2011) PARA LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO	111
TABLA 36. ÍNDICE DE ARIDEZ MENSUAL EN AÑO MEDIO PARA LAS MICROCUENCAS ABASTecedorAS DE ACUEDUCTOS	112
TABLA 37. ÍNDICE DE ARIDEZ MENSUAL EN AÑO SECO (2015/2016) PARA LAS MICROCUENCAS ABASTecedorAS DE ACUEDUCTOS	113
TABLA 38. ÍNDICE DE ARIDEZ MENSUAL EN AÑO HÚMEDO (2010/2011) PARA LAS MICROCUENCAS ABASTecedorAS DE ACUEDUCTOS.....	114
TABLA 39. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA (IRH).....	115
TABLA 40. ÍNDICE DE REGULACIÓN Y RETENCIÓN HÍDRICA EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL QUINDÍO.....	116
TABLA 41. ÍNDICE DE REGULACIÓN Y RETENCIÓN HÍDRICA EN LAS MICROCUENCAS ABASTecedorAS DE ACUEDUCTOS DEL QUINDÍO	116
TABLA 42. CAUDAL CONCESIONADO POR TIPO DE USO EN JURISDICCIÓN DE CRQ (AÑO 2017)	118
TABLA 43. LÍNEA BASE DE POBLACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DOMÉSTICA ACTUAL Y PROYECTADA	123
TABLA 44. DEMANDA DOMÉSTICA URBANA EN EL ESCENARIO 2017	127
TABLA 45. DEMANDA DOMÉSTICA RURAL EN EL ESCENARIO 2017.....	127
TABLA 46. DEMANDA DOMÉSTICA URBANA EN EL ESCENARIO 2028	127
TABLA 47. DEMANDA DOMÉSTICA RURAL EN EL ESCENARIO 2028.....	128
TABLA 48. DEMANDA TOTAL PARA USO DOMÉSTICO POR MUNICIPIO EN LOS CUATRO ESCENARIOS.....	128
TABLA 49. FACTORES DE CULTIVO DE LA FAO APLICADOS EN EL CÁLCULO DE LA DEMANDA PARA USO AGRÍCOLA.....	129
TABLA 50. DEMANDA AGRÍCOLA MENSUAL EN L/S CALCULADA PARA LOS MUNICIPIOS DEL QUINDÍO (AÑO 2017).....	131
TABLA 51. MÓDULOS DE CONSUMO DE AGUA PROMEDIO POR ESPECIE	132
TABLA 52. DEMANDA PECUARIA POR MUNICIPIO EN EL QUINDÍO (AÑO 2017 Y PROYECCIÓN 2028).....	133
TABLA 53. MÓDULOS DE CONSUMO PARA USO PISCÍCOLA	135
TABLA 54. DEMANDA PARA USO PISCÍCOLA EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO (ESTIMADO PARA EL AÑO 2015)	135
TABLA 55. DEMANDA HÍDRICA PARA EL USO PISCÍCOLA POR MUNICIPIO	136
TABLA 56. DEMANDA HÍDRICA (L/s) PARA USO INDUSTRIAL EN JURISDICCIÓN DE CRQ PROYECTADA AL AÑO 2017 Y 2028	137
TABLA 57. DEMANDA HÍDRICA PARA USO ENERGÉTICO EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO	138
TABLA 58. DEMANDA HÍDRICA PARA USO EN RECREACIÓN Y DEPORTE	138
TABLA 59. DEMANDA HÍDRICA MENSUAL SECTORIAL Y TOTAL EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO QUINDÍO.....	144
TABLA 60. DEMANDA HÍDRICA MENSUAL SECTORIAL Y TOTAL EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO SANTO DOMINGO.....	145
TABLA 61. DEMANDA HÍDRICA MENSUAL SECTORIAL Y TOTAL EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO VERDE	145
TABLA 62. DEMANDA HÍDRICA MENSUAL SECTORIAL Y TOTAL EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO LEJOS	145
TABLA 63. DEMANDA HÍDRICA MENSUAL SECTORIAL Y TOTAL EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO ROJO.....	145
TABLA 64. DEMANDA HÍDRICA MENSUAL SECTORIAL Y TOTAL EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO GRIS.....	146
TABLA 65. DEMANDA HÍDRICA MENSUAL SECTORIAL Y TOTAL EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO SAN JUAN	146
TABLA 66. DEMANDA HÍDRICA MENSUAL SECTORIAL Y TOTAL EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	146
TABLA 67. DEMANDA HÍDRICA MENSUAL SECTORIAL Y TOTAL EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO ROBLE	146
TABLA 68. DEMANDA HÍDRICA MENSUAL SECTORIAL Y TOTAL EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO ESPEJO	147

TABLA 69. DEMANDA HÍDRICA MENSUAL SECTORIAL Y TOTAL EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA CRISTALES	147
TABLA 70. DEMANDA HÍDRICA MENSUAL SECTORIAL Y TOTAL EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA LA PICOTA	147
TABLA 71. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE USO DEL AGUA	148
TABLA 72. ÍNDICES DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	150
TABLA 73. ÍNDICES DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO EN LAS MICROCUENCAS ABASTecedorAS DE ACUEDUCTOS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	151
TABLA 74. ÍNDICES DE USO DEL AGUA PARA AÑO SECO DE REFERENCIA (2015/2016) EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	152
TABLA 75. ÍNDICES DE USO DEL AGUA PARA AÑO SECO DE REFERENCIA (2015/2016) EN LAS MICROCUENCAS ABASTecedorAS DE ACUEDUCTOS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	152
TABLA 76. CARACTERÍSTICAS DEL DÉFICIT DE SUMINISTRO A LAS DEMANDAS EN CUATRO ESCENARIOS ANALIZADOS EN EL RÍO QUINDÍO, PERIODO 1985 A 2017	154
TABLA 77. VARIABLES Y PESOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL ICA A NIVEL REGIONAL. FUENTE IDEAM (2013)	161
TABLA 78. DESCRIPTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA A PARTIR DEL ÁMBITO NUMÉRICO DEL ICA. FUENTE IDEAM (2010)	167
TABLA 79. DESCRIPTORES Y CATEGORÍAS DE PRESIÓN CLASIFICADOS DE ACUERDO CON LOS PERCENTILES ASIGNADOS A LAS CARGAS (TON/AÑO). FUENTE: ADAPTADO DE IDEAM (2010)	171
TABLA 80. CATEGORÍA DEL IACAL. FUENTE IDEAM (2010).....	171
TABLA 81. DESCRIPTORES Y CATEGORÍAS DE PRESIÓN DE ACUERDO CON PERCENTILES ASIGNADOS A CADA VARIABLE DEL IACAL EN T/AÑO/HM ³ . FUENTE: ADAPTADO DE IDEAM (2010)	172
TABLA 82. ICA EN PUNTO DE MONITOREO EN LA QUEBRADA BARROBLANCO	178
TABLA 83. ICA EN PUNTO DE MONITOREO EN LA QUEBRADA LACHAS Y EN LA QUEBRADA CHORROBOLILLOS	178
TABLA 84. ICA EN PUNTO DE MONITOREO EN LA QUEBRADA SAN JOSÉ (FILANDIA).....	179
TABLA 85. ICA EN PUNTOS DE MONITOREO EN EL RÍO ROBLE Y TRIBUTARIOS	180
TABLA 86. ICA EN PUNTOS DE MONITOREO EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y QUEBRADAS TRIBUTARIAS.....	182
TABLA 87. ICA EN PUNTO DE MONITOREO EN LA QUEBRADA AGUA LINDA AGUAS ABAJO DEL CASCO URBANO DE QUIMBAYA ...	183
TABLA 88. ICA EN PUNTOS DE MONITOREO EN EL RÍO ESPEJO Y TRIBUTARIOS	183
TABLA 89. ICA EN PUNTOS DE MONITOREO EN LA QUEBRADA CRISTALES Y TRIBUTARIOS.....	186
TABLA 90. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL ICA EN EL RÍO VERDE Y TRIBUTARIOS	187
TABLA 91. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL ICA EN EL RÍO QUINDÍO Y TRIBUTARIOS.....	188
TABLA 92. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL ICA EN LA QUEBRADA LA PICOTA.....	190
TABLA 93. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL ICA EN EL RÍO ROJO Y TRIBUTARIOS	191
TABLA 94. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL ICA EN EL RÍO LEJOS Y TRIBUTARIOS	192
TABLA 95. IACAL EN PUNTO DE MONITOREO EN LA QUEBRADA BARROBLANCO	205
TABLA 96. IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES MEDIAS EN PUNTO DE MONITOREO EN LA QUEBRADA BARROBLANCO	205
TABLA 97. IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES SECAS EN PUNTO DE MONITOREO EN LA QUEBRADA BARROBLANCO	205
TABLA 98. IACAL EN PUNTO DE MONITOREO EN LA QUEBRADA LACHAS Y EN LA QUEBRADA CHORROBOLILLOS	206
TABLA 99. IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES MEDIAS EN PUNTO DE MONITOREO EN LA QUEBRADA LACHAS Y EN LA QUEBRADA CHORROBOLILLOS	206
TABLA 100. IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES SECAS EN PUNTO DE MONITOREO EN LA QUEBRADA LACHAS Y EN LA QUEBRADA CHORROBOLILLOS	206

TABLA 101. IACAL EN PUNTO DE MONITOREO EN LA QUEBRADA SAN JOSÉ	207
TABLA 102. IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES MEDIAS EN PUNTO DE MONITOREO EN LA QUEBRADA SAN JOSÉ	207
TABLA 103. IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES SECAS EN PUNTO DE MONITOREO EN LA QUEBRADA SAN JOSÉ	207
TABLA 104. IACAL EN PUNTOS DE MONITOREO EN EL RÍO ROBLE Y TRIBUTARIOS	207
TABLA 105. IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES MEDIAS EN PUNTOS DE MONITOREO EN EL RÍO ROBLE Y TRIBUTARIOS	208
TABLA 106. IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES MEDIAS EN PUNTOS DE MONITOREO EN EL RÍO ROBLE Y TRIBUTARIOS	208
TABLA 107. IACAL EN PUNTOS DE MONITOREO EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y QUEBRADAS TRIBUTARIAS.....	209
TABLA 108. IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES MEDIAS EN PUNTOS DE MONITOREO EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y QUEBRADAS TRIBUTARIAS	209
TABLA 109. IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES SECAS EN PUNTOS DE MONITOREO EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y QUEBRADAS TRIBUTARIAS	210
TABLA 110. IACAL EN PUNTO DE MONITOREO EN LA QUEBRADA AGUA LINDA AGUAS ABAJO DEL CASCO URBANO DE QUIMBAYA	210
TABLA 111. IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES MEDIAS EN PUNTO DE MONITOREO EN LA QUEBRADA AGUA LINDA AGUAS ABAJO DEL CASCO URBANO DE QUIMBAYA.....	210
TABLA 112. IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES SECAS EN PUNTO DE MONITOREO EN LA QUEBRADA AGUA LINDA AGUAS ABAJO DEL CASCO URBANO DE QUIMBAYA.....	211
TABLA 113. IACAL EN PUNTOS DE MONITOREO EN EL RÍO ESPEJO Y TRIBUTARIOS	211
TABLA 114. IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES MEDIAS EN PUNTOS DE MONITOREO EN EL RÍO ESPEJO Y TRIBUTARIOS	212
TABLA 115. IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES SECAS EN PUNTOS DE MONITOREO EN EL RÍO ESPEJO Y TRIBUTARIOS	212
TABLA 116. IACAL EN PUNTOS DE MONITOREO EN LA QUEBRADA CRISTALES Y TRIBUTARIOS.....	213
TABLA 117. IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES MEDIAS EN PUNTOS DE MONITOREO EN LA QUEBRADA CRISTALES Y TRIBUTARIOS	213
TABLA 118. IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES SECAS EN PUNTOS DE MONITOREO EN LA QUEBRADA CRISTALES Y TRIBUTARIOS.....	213
TABLA 119. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL IACAL EN EL RÍO QUINDÍO Y TRIBUTARIOS.....	214
TABLA 120. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES MEDIAS EN EL RÍO QUINDÍO Y TRIBUTARIOS.....	215
TABLA 121. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES SECAS EN EL RÍO QUINDÍO Y TRIBUTARIOS.....	216
TABLA 122. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL IACAL EN LA QUEBRADA LA PICOTA.....	217
TABLA 123. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES MEDIAS EN LA QUEBRADA LA PICOTA	217
TABLA 124. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES SECAS EN LA QUEBRADA LA PICOTA	217
TABLA 125. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL IACAL EN EL RÍO ROJO Y TRIBUTARIOS.....	218

TABLA 126. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES MEDIAS EN EL RÍO ROJO Y TRIBUTARIOS	218
TABLA 127. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES SECAS EN EL RÍO ROJO Y TRIBUTARIOS	218
TABLA 128. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL IACAL EN EL RÍO LEJOS Y TRIBUTARIOS	219
TABLA 129. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES MEDIAS EN EL RÍO LEJOS Y TRIBUTARIOS	219
TABLA 130. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES SECAS EN EL RÍO LEJOS Y TRIBUTARIOS	220
TABLA 131. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	232
TABLA 132. RANGOS DE INTERPRETACIÓN DEL IDG EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	240
TABLA 133. COMPOSICIÓN TAXONÓMICA Y DENSIDAD DE GÉNEROS DEL PERIFITON REGISTRADOS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	242
TABLA 134. EFECTOS CONDICIONANTES DE LAS VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO UBICADAS SOBRE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	252
TABLA 135. VALORES DEL IDG EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	254
TABLA 136. VALORES DE DENSIDAD RELATIVA, RIQUEZA Y DIVERSIDAD PARA LOS DOS MUESTREOS REALIZADOS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	255
TABLA 137. COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	259
TABLA 138. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LOS GÉNEROS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COLECTADOS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL QUINDÍO.	269
TABLA 139. ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (BMWPCOL) DE LAS ESTACIONES DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	273
TABLA 140. COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES EN LAS ESTACIONES DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	288
TABLA 141. PORCENTAJES GRAVIMÉTRICO DE FRECUENCIA E ÍNDICE DE IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS DISTINTOS ÍTEMS ALIMENTICIOS DE CETOPSORHAMDIA BOQUILLAE DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO..	298
TABLA 142. PORCENTAJES GRAVIMÉTRICO DE FRECUENCIA E ÍNDICE DE IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS DISTINTOS ÍTEMS ALIMENTICIOS DE ASTROBLEPUS SP1 EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	299
TABLA 143. PORCENTAJES GRAVIMÉTRICO DE FRECUENCIA E ÍNDICE DE IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS DISTINTOS ÍTEMS ALIMENTICIOS DE TRICHOMYCTERUS CHAPMANI DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO. ..	300
TABLA 144. PORCENTAJES GRAVIMÉTRICO DE FRECUENCIA E ÍNDICE DE IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS DISTINTOS ÍTEMS ALIMENTICIOS DE ASTROBLEPUS GRIMALVÍ EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	301
TABLA 145. PORCENTAJES GRAVIMÉTRICO DE FRECUENCIA E ÍNDICE DE IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS DISTINTOS ÍTEMS ALIMENTICIOS DE BRYCON HENNI DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	302
TABLA 146. PORCENTAJES GRAVIMÉTRICO DE FRECUENCIA E ÍNDICE DE IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS DISTINTOS ÍTEMS ALIMENTICIOS DE CARLASTYANAX AUROCAUDATUS DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	304
TABLA 147. PORCENTAJES GRAVIMÉTRICO DE FRECUENCIA E ÍNDICE DE IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS DISTINTOS ÍTEMS ALIMENTICIOS DE HEMBRYCON BOQUIAE DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	305

TABLA 148. PORCENTAJES GRAVIMÉTRICO DE FRECUENCIA E ÍNDICE DE IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS DISTINTOS ÍTEMS ALIMENTICIOS DE CREAGRUTUS BREVIPINNIS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	306
TABLA 149. PORCENTAJES GRAVIMÉTRICO DE FRECUENCIA E ÍNDICE DE IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS DISTINTOS ÍTEMS ALIMENTICIOS DE BRYCONAMERICUS CAUCANUS DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO. .	307
TABLA 150. PORCENTAJES GRAVIMÉTRICO DE FRECUENCIA E ÍNDICE DE IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS DISTINTOS ÍTEMS ALIMENTICIOS DE ASTROBLEPUS GRIMALVÍ DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	308
TABLA 151. PORCENTAJES GRAVIMÉTRICO DE FRECUENCIA E ÍNDICE DE IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS DISTINTOS ÍTEMS ALIMENTICIOS DE HEMIBRYCON CAUCANUS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	309
TABLA 152. PORCENTAJES GRAVIMÉTRICO DE FRECUENCIA E ÍNDICE DE IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS DISTINTOS ÍTEMS ALIMENTICIOS DE IMPARFINIS USMAI EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	310
TABLA 153. PORCENTAJES GRAVIMÉTRICO DE FRECUENCIA RELATIVA DE LOS DISTINTOS ÍTEMS ALIMENTICIOS DE CHAETOSTOMA CF FISHERI EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	311
TABLA 154. PORCENTAJES GRAVIMÉTRICO DE FRECUENCIA RELATIVA DE LOS DISTINTOS ÍTEMS ALIMENTICIOS DE POECILIA RETICULATA EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	312
TABLA 155. LISTADO DE ÍTEMS ALIMENTICIOS PARA LAS ESPECIES ÍCTICAS DE MENOR ABUNDANCIA EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	313
TABLA 156. COMPARACIÓN RELACIÓN LONGITUD – PESO A NIVEL TEMPORAL EN LA FAUNA ÍCTICA EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	334
TABLA 157. COMPARACIÓN RELACIÓN IGS Y EMS A NIVEL TEMPORAL EN LA FAUNA ÍCTICA EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.....	346
TABLA 158. MATRIZ DE CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO	354
TABLA 159. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO EN AÑO MEDIO PARA LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS	355
TABLA 160. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO EN AÑO MEDIO PARA LAS MICROCUENCAS ABASTecedoras DE ACUEDUCTOS	356
TABLA 161. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO EN AÑO SECO PARA LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS	357
TABLA 162. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO EN AÑO SECO PARA LAS MICROCUENCAS ABASTecedoras DE ACUEDUCTOS	358
TABLA 163. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD FRENTE A EVENTOS TORRENCIALES	359
TABLA 164. CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD TORRENCIAL POR VARIABILIDAD DE CAUDALES	359
TABLA 165. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD A EVENTOS TORRENCIALES (IVET) EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL QUINDÍO....	360
TABLA 166. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD A EVENTOS TORRENCIALES (IVET) EN LAS MICROCUENCAS ABASTecedoras DE ACUEDUCTOS.....	360
TABLA 167. RESUMEN CALIBRACIÓN MODELO RÍO QUINDÍO – EST. CALLE LARGA.....	411
TABLA 168. RESUMEN CALIBRACIÓN MODELO RÍO ROBLE – EST. LA ESPAÑOLA.....	413
TABLA 169. RESUMEN CALIBRACIÓN MODELO RÍO SAN JUAN – EST. SAN JUAN	414
TABLA 170. RESUMEN CALIBRACIÓN MODELO RÍO LEJOS – EST. RÍO LEJOS.....	416
TABLA 171. RESUMEN CALIBRACIÓN MODELO RÍO VERDE – EST. CENTRO DE LA GUADUA	417
TABLA 172. RESUMEN CALIBRACIÓN MODELO RÍO SANTO DOMINGO – EST. LA BELLA	419

PRESENTACIÓN

La gestión integral del recurso hídrico como enfoque conceptual busca llevar a la práctica diferentes acciones coordinadas para alcanzar la sostenibilidad del agua a nivel territorial. Las Evaluaciones Regionales del Agua (ERA) se constituyen en una herramienta integradora de seguimiento y con capacidad para identificar las potencialidades de manejo del recurso hídrico, sus aspectos más vulnerables y los principales conflictos en los sistemas hidrológicos. En este contexto, las ERA se constituyen en un elemento de apoyo a la Autoridad Ambiental para la formulación de lineamientos de regulación y planificación del uso del agua en su correspondiente jurisdicción.

La naturaleza de la política nacional de recursos hídricos en Colombia tiene un fundamento ecosistémico y se estructura como una vía para la articulación de la gestión ambiental. Por ello, en la Evaluación Regional del Agua del Departamento del Quindío se involucra el estudio del ecosistema acuático como una dimensión relevante de análisis, se involucra la relación entre la oferta hídrica y la demanda sectorial del agua, y se discretiza el análisis de oferta, demanda y calidad en concordancia con la delimitación de subunidades de planificación hidrográfica utilizadas por la Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ) para la administración del recurso hídrico. Además, el estudio incluyó la evaluación de las principales fuentes abastecedoras de acueductos del departamento.

La ERA del departamento del Quindío soporta en información de los monitoreos históricos realizados por CRQ, bases de datos y expedientes de usuarios del recurso hídrico, información de las empresas prestadoras de servicios públicos del departamento, estudios realizados por la CRQ y otras entidades, y campañas de muestreo de cantidad y calidad del agua realizadas en el marco de la ejecución de la misma ERA, a través del desarrollo del convenio interadministrativo 038 de 2016 suscrito entre la CRQ y la Universidad del Tolima.

El análisis del estado, variabilidad y tendencia de la oferta, calidad y demanda del recurso hídrico fue elaborado a través de la implementación de modelos hidrológicos y estadísticos, los cuales sintetizan y generan información útil para describir el comportamiento de la disponibilidad superficial del agua en relación con la demanda y los riesgos asociados a su uso.

1 OFERTA HÍDRICA

1.1 Introducción

El estudio de la oferta hídrica en la ERA está orientado a determinar el régimen hidrológico, la variabilidad de los caudales y sus tendencias en las escalas mensual y anual para las unidades hidrográficas del departamento del Quindío. A efectos del análisis, el territorio del departamento del Quindío se discretizó en 43 áreas drenantes de las cuales 32 son fuentes abastecedoras de acueductos.

Los análisis se realizaron para condiciones hidrológicas medias, secas y húmedas, definidas de acuerdo con el estudio del efecto de variabilidad climática en el régimen pluviométrico e hidrológico de la región. De acuerdo con el preprocesamiento de la información hidrometeorológica se seleccionó el periodo de 33 años comprendido entre el 1 de enero de 1985 y el 31 de diciembre de 2017.

A través de modelos hidrológicos calibrados y funciones de transferencia se realizaron simulaciones de series de caudales medios diarios en cada unidad hidrográfica. Además de determinar la oferta hídrica natural, se realizó la estimación del caudal ambiental y la oferta hídrica disponible, así como el cálculo de indicadores hidrológicos a escala diaria.

1.2 Conceptos de Oferta Hídrica

La ERA fue elaborada en concordancia con los siguientes conceptos:

Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS): Hace referencia al caudal en régimen natural.

Oferta Hídrica Total Disponible (OHTD): es el caudal resultante de sustraer el caudal ambiental a la Oferta Hídrica Total Superficial.

Oferta Hídrica Regional Disponible (OHRD): Caudal resultante de sustraer y/o adicionar a la Oferta Hídrica Total Disponible los caudales de trasvase o retorno correspondientes a diferentes usos.

Caudal Ambiental: Régimen hidrológico necesario para mantener el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos.

Año hidrológico medio: hace referencia a los valores medios mensuales multianuales de la variable hidrológica considerada.

Año hidrológico seco: en esta ERA hace referencia a los valores medios mensuales la variable hidrológica para el año hidrológico 2015–2016, el cual es un evento seco histórico extremo de interés.

Año hidrológico húmedo: en esta ERA hace referencia a los valores medios mensuales la variable hidrológica para el año hidrológico 2010–2011, el cual es un evento húmedo histórico extremo de interés.

1.3 Información Hidrometeorológica y Unidades Hidrográficas

Para conocer el comportamiento espacial y temporal de la oferta hídrica de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío (Figura 1), se utilizó la información de las redes hidrometeorológicas del IDEAM y la CRQ con periodo de registros superiores a 30 años (Tabla 1).

Los criterios de preselección de las estaciones corresponden a la longitud de la muestra y el porcentaje de datos faltantes a nivel mensual y anual, los cuales son recomendados por la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2008). En este caso, para el preprocesamiento y preselección de información hidrometeorológica se analizó el periodo comprendido entre 1970 y 2017, que por criterios de consistencia y calidad de la información fue reducido al periodo de 1985 a 2017.

Se seleccionaron 21 estaciones de la red pluviométrica de la CRQ e IDEAM (Tabla 1) para el análisis de precipitación, considerando como máximo un 20% de datos faltantes a nivel mensual de las series diarias de precipitación y temperatura (Anexo 1). Para la caracterización de la temperatura se seleccionaron 4 estaciones de la red que cumplen los criterios descritos anteriormente (Tabla 2). La distribución espacial de las estaciones se presenta en la Figura 1.

Los registros históricos presentan datos faltantes, lo que genera discontinuidad para realizar el estudio de la oferta hídrica. Fue necesario estimar los datos

faltantes de lluvia y temperatura a escala diaria mediante el paquete RCLimTool del software estadístico R Project, específicamente se utilizó el algoritmo RMAWGEN, para completar los datos diarios, que luego fueron transformados a escala mensual, para el análisis hidroclimático de las variables de precipitación y temperatura media, y para el cálculo del índice de aridez. En el Anexo 1 se muestra la representación gráfica de las inspecciones visuales hechas a las series de las variables hidroclimáticas disponibles en la región.

Tabla 1. Estaciones meteorológicas seleccionadas para la ERA

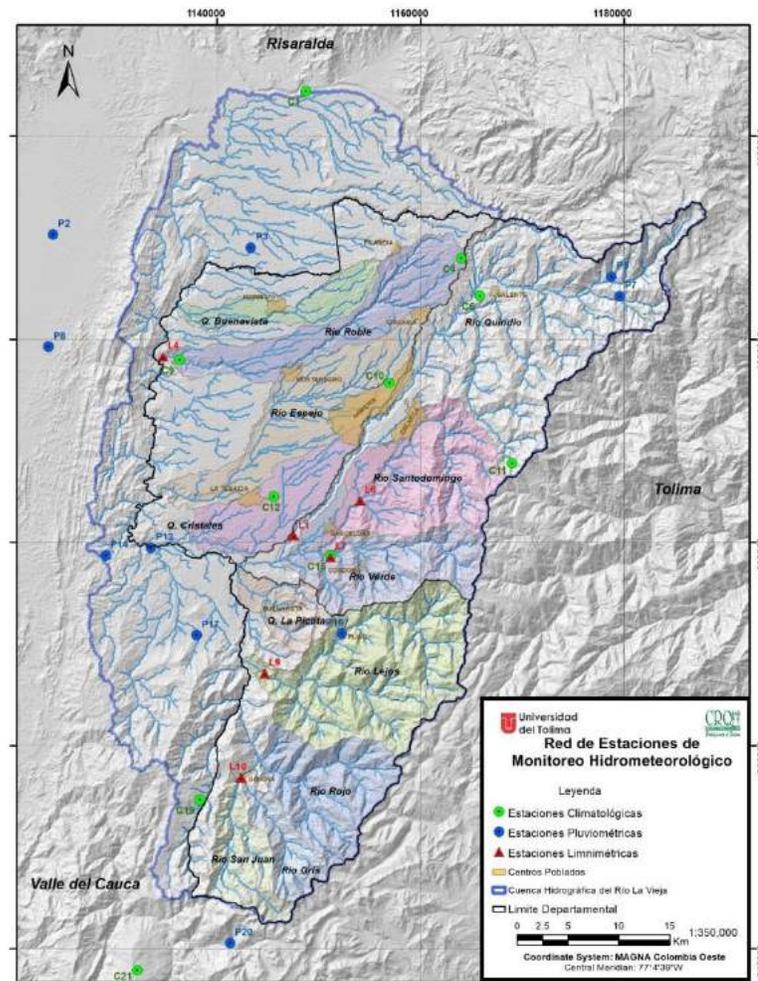
Número	Cod.	Entidad	Nombre	Altitud	X Magna O	Y Magna O
1	2613504 0	IDEAM	Apto Matecaña	1199	1148690,187	1024436,477
2	2610083 0	IDEAM	Palmasola	940	1123809,754	1010296,005
3	26120150	IDEAM	Alcalá	1261	1143272,67	1009008,19
4	CRQ-23	CRQ	Bremen	2040	1163951,859	1007964,281
5	CRQ-32	CRQ	Picota	2680	1178755,134	1006152,989
6	CRQ-24	CRQ	La Playa	1880	1165809,489	1004280,887
7	CRQ-30	CRQ	La Montaña	2860	1179561,22	1004218,876
8	2610030 0	IDEAM	Obando	986	1123364,774	999256,5046
9	CRQ-04	CRQ	La Española	995	1136284,726	997987,2101
10	CRQ-21	CRQ	CRQ	1550	1156885,341	995659,1778
11	CRQ-22	CRQ	Navarco	2860	1168989,308	987756,0156
12	2612506 0	IDEAM	Apto El Edén	1229	1145527,741	984484,4945
13	26120180	IDEAM	Alambrado El-Alert	171	1133441,794	979440,6461
14	26120130	IDEAM	Corozal	1178	1128992,965	978711,5671
15	CRQ-07	CRQ	Centro De La Guadua	1212	1151150,916	978656,8349
16	26120170	IDEAM	Pijao	1685	1152225,746	971005,0251
17	26120120	IDEAM	Camelia La	124	1137952,212	970848,3584
18	2610040 0	IDEAM	Alcázar El	17	1117533,34	968086,1242
19	26125130	IDEAM	Cumbarco	1749	1138252,83	954644,9707
20	2610079 0	IDEAM	Italia La	2809	1141230,574	940510,353
21	26105140	IDEAM	Barragán	332	1132096,044	937823,618

Tabla 2. Estaciones de monitoreo de la temperatura para el análisis de oferta hídrica

Número	Cod.	Entidad	Nombre	Altitud	X Magna O	Y Magna O
1	2613504 0	IDEAM	Apto Matecana	1199	1148690,187	1024436,477
12	2612506 0	IDEAM	Apto El Eden	1229	1145527,741	984484,494 5
19	26125130	IDEAM	Cumbarco	1749	1138252,83	954644,970 7
21	26105140	IDEAM	Barragan	332	1132096,044	937823,618

Así mismo, se empleó información de elevación digital con una resolución de 12.5 x 12.5 m, mapas de cobertura y usos del suelo a escala 1:10.000, el estudio de suelos del departamento del Quindío, la información espacial del SIG-Quindío administrada por CRQ y resultados de estudios hidrológicos recientes realizados por la CRQ y otras entidades. Dicha información fue útil para describir las características hidráulicas del suelo y su relación con la cobertura vegetal, lo cual junto a la información hidrometeorológica permitió la implementación del modelo hidrológico conceptual TETIS de forma agregada y distribuida.

Figura 1. Red hidrometeorológica de estaciones utilizadas en la ERA del departamento del Quindío



En el área de jurisdicción de la CRQ se estudiaron 11 unidades hidrográficas y 32 microcuencas abastecedoras de acueductos, las cuales están distribuidas en los 12 municipios del departamento del Quindío. La Figura 1 presenta la delimitación de dichas unidades hidrográficas, y la Tabla 3 presenta la estructura jerárquica a la que pertenecen.

Tabla 3. Discretización en unidades hidrográficas a efectos de la formulación de indicadores de oferta hídrica en la ERA

<i>Unidad de Manejo de Cuenca</i>	<i>Unidad Hidrográfica</i>	<i>Código Hidrográfico</i>	<i>Tipo</i>	<i>Microcuenca / Unidad Hidrográfica</i>
Río Quindío	Río Quindío	2612154020000	FA	Cruz Gorda
			FA	Cristalina
			FA	Bolivia
			FA	Río Quindío hasta bocatoma EPA
			FA	Corozal
			FA	Q Las Águilas
			FA	Q La Llorona
			FA	Río Quindío hasta aguas arriba estación de bombeo EPA
			FA	Río Quindío hasta aguas arriba Bocatoma La Tebaida
			UH	Río Quindío hasta aguas arriba confluencia con río Verde
Río Santo Domingo	Río Santo Domingo	2612154020702	FA	Río Santo Domingo hasta bocatoma Calarcá
			FA	El Salado
			FA	Q San Rafael hasta bocatoma San Rafael
			FA	El Naranjal
			FA	El Salado 2
Río Verde	Río Verde	2612154020700	UH	Río Santo Domingo hasta confluencia con río Verde
			FA	Q El Roble (Los Justos)
			UH	Río Verde hasta confluencia con el río Santo Domingo
Q La Picota	Q La Picota	2612154015000	FA	Q La Picota hasta Bocatoma Buenavista
			UH	Q La Picota hasta su confluencia con río Barragán
Río Lejos	Río Lejos	2612154015200	FA	Q La Cascada
			FA	Q Las Pizarras
		UH	Río Lejos hasta confluencia con río Barragán	
Río Rojo	Río Gris	261215401510101	FA	Río Gris hasta Bocatoma Génova
	Río San Juan	2612154015101	UH	Río San Juan hasta Aguas arriba centro poblado Génova
	Río Rojo	2612154015100	UH	Río Rojo Hasta aguas arriba de su confluencia con río San Juan

<i>Unidad de Manejo de Cuenca</i>	<i>Unidad Hidrográfica</i>	<i>Código Hidrográfico</i>	<i>Tipo</i>	<i>Microcuenca / Unidad Hidrográfica</i>
Río Roble	Río Roble	2612154090000	FA	Q El Bosque
			FA	Q La Marina
			FA	Río Roble desde hasta aguas arriba bocatoma Circasia (estación de bombeo)
			FA	Q La Arenosa
			FA	Q Cajones bocatoma circasia
			FA	Río Roble hasta aguas arriba bocatoma Montenegro
			FA	Q la Soledad
			FA	Q la Paloma hasta aguas arriba bocatoma
			FA	Q Las Lajas hasta aguas arriba bocatoma
			UH	Río Roble hasta aguas arriba confluencia río la Vieja
	Río Espejo	2612154060000	UH	Río Espejo desde su nacimiento hasta la confluencia con el río La Vieja
	Quebrada Cristales	2612154040000	UH	Q Cristales desde su nacimiento hasta la confluencia con el río La Vieja
Quebrada Buenavista	Quebrada Buenavista	2612154100000	FA	Q Buenavista desde su nacimiento hasta aguas arriba de la bocatoma de Quimbaya
			UH	Q Buenavista hasta la confluencia con el río La Vieja
	Quebrada Lachas	2612154157100	FA	Q Lachas
	Q Chorrob.	-	FA	Q Chorrobolillos
	Q Barrobl.	-	FA	Q Barroblanco

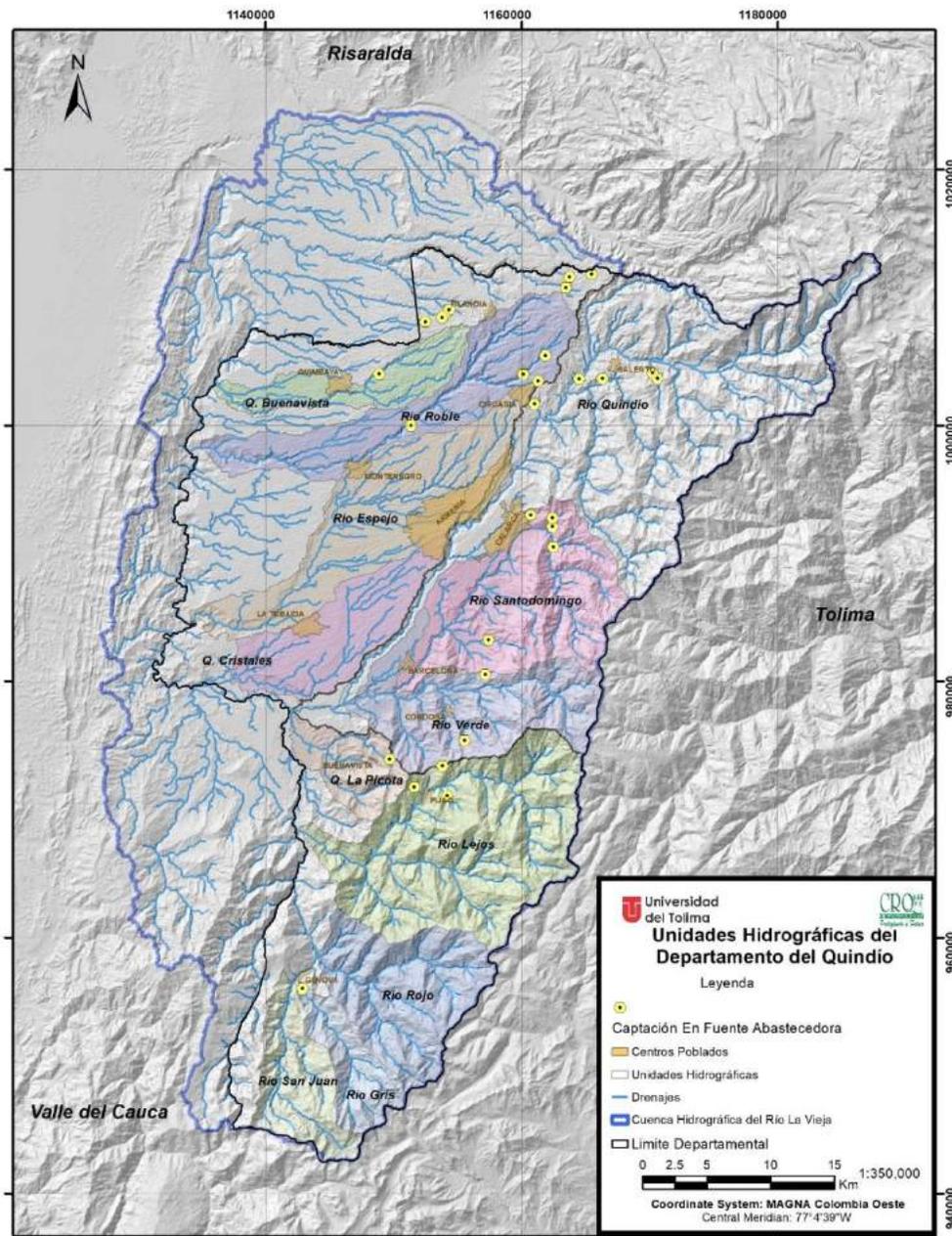
1.4 Morfometría de las Unidades Hidrográficas del departamento del Quindío

A partir de la información cartográfica oficial de la CRQ aportada para el desarrollo del estudio (Cartografía SIG-Quindío), modelos digitales del terreno, mapas de cobertura y uso, y cartografía de suelos a escala 1:25.000, se determinaron los parámetros morfométricos de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío. La información morfométrica corresponde al total de las unidades hidrográficas y fuentes abastecedoras de acueductos (Figura 2).

En términos generales, las áreas abastecedoras de recurso hídrico del departamento del Quindío corresponden a cuencas de montaña y piedemonte, su disponibilidad hídrica superficial está gobernada principalmente por el comportamiento de las precipitaciones, de manera que los caudales medios

presentan el comportamiento bimodal de la precipitación. A continuación, se presentan las principales características morfométricas y tiempos de concentración. Esto resulta útil para identificar aspectos relacionados con la torrencialidad de las corrientes y la identificación de la escala característica en cada una de las unidades hidrográficas.

Figura 2. Red hidrográfica departamento del Quindío



1.4.1 Unidades Hidrográficas abastecedoras de los municipios de Armenia, La Tebaida y Salento

En este caso los municipios de Armenia, La Tebaida y Salento son abastecidos por la unidad hidrográfica del Río Quindío. Dicha corriente suministra agua para el consumo humano para la cabecera urbana de Armenia y su captación se encuentra en la vereda El Agrado (Bocatoma EPA). Así mismo, se cuenta con una estación de bombeo para el municipio de Armenia en caso de ocurrencia de desastres o situaciones en las que la bocatoma principal no logre captar suficiente agua para la ciudad (Estación de Bombeo, Armenia).

En el sector de La María sobre el Río Quindío se encuentra la captación para el municipio de La Tebaida, aguas arriba de la entrega de aguas de la pequeña central hidroeléctrica denominada Bayona, la cual cuenta con una concesión de $2.7 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

Para el caso del Río Quindío en los puntos de captación de los municipios de Armenia y La Tebaida, la corriente presenta una torrencialidad baja a moderada y la unidad hidrográfica presenta una pendiente media del orden de 43 a 47%. El cauce principal presenta orden 7 y los sitios de captación tienen un orden 6, de manera que se trata de una cuenca bien drenada con presencia de escurrimiento superficial durante todo el año (Tabla 4). A su vez, el municipio de Salento cuenta con cuatro captaciones: (i) una sobre la quebrada Cruz Gorda, (ii) una sobre la quebrada Bolivia, (iii) una sobre la quebrada Cristalina y (iv) una sobre la quebrada Corozal. Las quebradas Bolivia y Cristalina presentan una alta torrencialidad en comparación con las otras microcuencas (Tabla 4). En la unidad hidrográfica del río Quindío existen dos captaciones para Circasia en las microcuencas Las Águilas y la Llorona, las cuales presentan un relieve mucho menos escarpado en comparación con Bolivia y Cristalina.

Tabla 4. Morfometría Río Quindío / cuencas abastecedoras municipios de Armenia y Salento

Parámetro	Símbolo	Río Quindío	Boc. EPA	Bombeo Armenia	La Tebaida	Bolivia	Cruz Gorda	Las Águilas	La Llorona	Corozal	Cristalina	Unidades
Área	A	687.204	197.4	341.464	356.582	0.382	4.040	0.775	1.068	0.153	0.162	Km ²
Perímetro	P	166.264	87.39	111.284	116.393	3.153	9.752	4.197	5.043	1.625	1.754	Km
Coefficiente Forma	Kf	0.207	0.316	0.350	0.270	0.239	0.281	0.319	0.285	0.437	0.321	Adim.
Coefficiente Compacidad	Kc	1.776	1.742	1.686	1.726	1.305	1.497	1.335	1.367	1.162	1.220	Adim.
Índice de Alargamiento	IA	4.825	3.167	2.860	3.708	4.185	3.558	3.131	3.508	2.289	3.117	Adim.
Índice asimétrico	Iasim	0.244	0.980	0.501	0.487	0.674	0.767	0.682	0.372	0.957	0.880	Adim.
Pendiente media cuenca	\bar{S}	39.440	47.72	44.24	43.81	43.696	39.22	20.284	19.189	40	53.471	%
Orden Cauce Ppal	Orden	7	6	6	6	2	4	2	2	2	2	Adim.
Densidad drenaje	Da	2.176	2.074	2.063	2.059	2.578	1.855	2.440	3.165	5.057	4.725	Km/Km ²
Longitud cauce Ppal	Lc	75.955	32.23	41.762	48.129	1.228	3.993	1.569	1.896	0.455	0.471	Km
Sinuosidad	Sm	1.327	1.337	1.370	1.350	1.139	1.165	1.184	1.349	1.079	1.119	Km/Km
Pendiente del cauce Ppal	\bar{S}_c	0.046	0.086	0.071	0.064	0.390	0.164	0.091	0.089	0.34	0.36	m/m

El tiempo de concentración para cada una de las áreas de drenaje se calculó mediante la aplicación de 24 métodos, cuyo valor adoptado se basa en descartar los valores extremos que distan del promedio de las metodologías aplicadas, tal como indica Vélez & Botero, (2010). Al final, se realiza el promedio de los valores obtenidos sin incluir los outliers (Tabla 5).

Tabla 5. Tiempo de concentración en horas Río Quindío / cuencas abastecedoras municipios de Armenia y Salento

Ecuación	R. Quindío	Bocatoma EPA	Bamboo Armenia	Bocatoma La Tebaida	Bolivia Bocatoma Salento	Cruz Gorda Bocatoma Salento	Las Águilas	La Llorona	Corozal	Cristalina
Kirpich	1.576	0.812	0.982	1.102	0.068	0.174	0.083	0.044	0.009	0.009
Guaire	14.324	8.701	9.863	10.841	1.530	3.055	1.730	1.079	0.358	0.387
Bureau EEUU	5.970	2.218	2.992	3.656	0.114	0.367	0.228	0.256	0.048	0.043
Benham	4.336	1.654	2.140	2.645	0.121	0.362	0.226	0.262	0.065	0.069
Temez	33.750	17.853	20.956	23.644	1.938	4.690	2.268	1.242	0.303	0.335
Passini	2.142	1.860	2.048	1.990	0.676	1.042	0.787	0.297	0.118	0.107
Pizarro	0.206	0.057	0.080	0.109	0.003	0.011	0.009	0.010	0.002	0.002
Branby-Williams	17.308	8.500	10.009	11.630	0.818	2.049	0.944	0.759	0.216	0.252
California Culvert Practice	4.307	1.643	2.126	2.627	0.120	0.360	0.225	0.260	0.064	0.068
ASC modificada	0.027	0.014	0.017	0.019	0.001	0.003	0.001	0.001	-	-
Clark	9.521	5.881	7.229	7.372	0.541	1.414	0.713	0.547	0.200	0.201
SCS	425.814	222.785	267.355	301.052	21.165	51.370	18.883	8.161	1.444	1.412
Federal Aviation Agency	4.747	3.120	3.460	4.688	0.917	1.637	1.014	0.461	0.163	0.173
George Rivero	17.994	7.831	9.791	11.388	0.390	1.262	0.485	0.619	0.192	0.23
Giandotti	3.906	2.564	2.832	3.077	0.619	1.101	0.680	0.276	0.078	0.081
Henderson y Wooding	6.731	4.016	4.657	5.093	0.579	1.208	0.679	0.415	0.118	0.117
Izzard	8.042	6.030	6.520	5.889	1.812	2.716	1.968	1.248	0.496	0.485
Johnstone Cross	128.391	83.486	94.449	101.769	16.618	30.688	18.988	12.598	4.409	4.380
Método Racional Generalizado	0.220	0.095	0.119	0.143	0.009	0.024	0.015	0.018	0.005	0.006
Morgali y Linsley	6.681	3.986	4.622	5.055	0.575	1.199	0.674	0.412	0.117	0.116
Pérez	0.065	0.017	0.025	0.033	0.001	0.002	0.001	0.002	-	-
Pilgrim y McDermott	9.097	5.663	6.974	7.090	0.521	1.351	0.690	0.779	0.373	0.381
Snyder	10.895	6.444	7.124	8.179	1.097	2.160	1.341	1.433	0.746	0.788
Promedio	31.133	17.184	20.277	22.569	2.184	4.706	2.288	1.356	0.414	0.419
Promedio sin outliers	7.077	3.902	4.636	5.247	0.436	0.935	0.686	0.497	0.167	0.173

Con respecto a la producción hídrica de la unidad hidrográfica del Río Quindío, su orientación (N-S) hace que se presente exposición de sus vertientes durante medio día a la insolación en cada caso. No obstante, aunque se trata de una cuenca con una red de drenaje bien irrigada, la permanencia de escurrimiento superficial en el cauce principal podría ser influenciado por la variación en la ocurrencia y cantidad de la precipitación, la tendencia de la temperatura y efectos del cambio de uso del suelo principalmente en la parte media-alta, en donde se presenta la mayor cantidad de lluvia y corresponde a la zona de recarga de la cuenca. Dichas variables podrían producir efectos combinados sobre el régimen de crecidas y el caudal base en la cuenca.

1.4.2 Unidades Hidrográficas abastecedoras de los municipios de Circasia y Montenegro

El Río Roble es la principal fuente de suministro de agua para Circasia y Montenegro, y presenta una torrencialidad baja. En este caso, la unidad hidrográfica tiene alta evapotranspiración debido a su orientación NE-W, de manera que la mayor parte del día se encuentra expuesta a la insolación en sus dos vertientes. El área aferente a las bocatomas presenta redes de drenaje bien drenadas en los sitios de captación de Circasia y Montenegro, las cuales se asocian a órdenes del cauce de 3 y 4 respectivamente, indicando permanencia de escurrimiento superficial durante todo el año (Tabla 6).

Por otra parte, el municipio de Circasia también se abastece de las quebradas: Cajones, La Arenosa, La Marina y El Bosque, las cuales hacen parte de la unidad hidrográfica del Río Roble. Dichas microcuencas presentan baja torrencialidad. Debido a que corresponden a cauces de orden 2, su disponibilidad hídrica superficial es potencialmente sensible a los efectos combinados de la variabilidad climática y cambios de uso del suelo. Así mismo, presentan tiempo de concentración menores de 1 hora, lo cual se relaciona con longitudes de cauce cortas (Tabla 7). De igual manera el municipio de Circasia se abastece del río Quindío, de una derivación en el sector Las Águilas, de Empresas Públicas de Armenia.

Tabla 6. Morfometría Río Roble / cuencas abastecedoras municipios de Circasia y Montenegro

Parámetro	Símbolo	Río Roble	Cajones	La Arenosa	La Marina	El Bosque	Roble Circasia	Roble Montenegro	Lajas Turin	La Soledad	Paloma	Unidades
Área	A	123.2	1.408	1.405	0.271	0.852	9.261	67.378	1.176	2.246	2.631	Km ²
Perímetro	P	81.74	5.586	6.785	2.515	4.734	16.302	42.997	9.132	10.141	10.978	Km
Coefficiente Forma	Kf	0.129	0.314	0.178	0.343	0.230	0.223	0.278	0.070	0.122	0.114	Adimensional
Coefficiente Compacidad	Kc	2.062	1.318	1.603	1.353	1.436	1.500	1.467	2.358	1.894	1.895	Adimensional
Índice Alargamiento	IA	7.748	3.191	5.618	2.915	4.343	4.483	3.600	14.300	8.194	8.799	Adimensional
Índice asimétrico	lasim	0.786	0.620	0.611	0.594	0.527	0.859	0.266	0.747	0.677	0.496	Adimensional
Pendiente media cuenca	\bar{s}	18.34	53.081	53.081	53.081	53.081	53.081	53.081	53.081	16.781	15.181	%
Orden Cauce Ppal	Orden	5	2	2	2	2	3	4	2	3	2	Adimensional
Densidad drenaje	Da	2.614	2.744	2.181	2.137	2.219	2.407	2.462	3.107	6.194	3.155	Km/Km ²
Longitud cauce Ppal	Lc	40.110	2.337	2.782	0.968	2.257	7.241	18.942	2.949	4.793	5.466	Km
Sinuosidad	Sm	1.318	1.264	1.148	1.162	1.423	1.198	1.240	1.134	1.154	1.168	Km/Km
Pendiente cauce Ppal	Sc	0.026	0.038	0.075	0.061	0.047	0.055	0.036	0.058	0.048	0.055	m/m

Tabla 7. Tiempo de concentración en horas Río Roble / cuencas abastecedoras municipios de Circasia y Montenegro

Ecuación	Río Roble	R. Roble Bocatoma Circasia	Cajones Bocatoma Circasia	LaArenosa Bocatoma Circasia	La Marina Bocatoma Circasia	El Bosque Bocatoma Circasia	R. Roble Bocatoma Montenegro	Lajas/Turin Bocatoma Montenegro	La Soledad	Paloma Bocatoma Montenegro
Kirpich	0.967	0.268	0.110	0.131	0.058	0.102	0.555	0.137	0.111	0.137

Ecuación	Río Roble	R. Roble Bocatoma Circasia	Cajones Bocatoma Circasia	La Arenosa Bocatoma Circasia	La Marina Bocatoma Circasia	El Bosque Bocatoma Circasia	R. Roble Bocatoma Montenegro	Lajas/Turín Bocatoma Montenegro	La Soledad	Paloma Bocatoma Montenegro
Guaire	9.910	4.011	2.037	2.479	1.246	1.857	6.713	3.118	2.039	3.118
Bureau EEUU	4.487	0.911	0.409	0.378	0.168	0.381	2.189	0.395	0.718	0.395
Benham	3.319	0.796	0.366	0.383	0.152	0.317	1.746	0.579	0.631	0.579
Temez	21.082	6.640	2.795	3.592	1.491	2.483	12.820	4.813	2.797	4.813
Passini	1.492	1.114	0.838	0.800	0.674	0.690	1.581	0.669	0.383	0.669
Pizarro	0.195	0.037	0.019	0.016	0.006	0.015	0.091	0.028	0.032	0.028
Branby-Williams	11.042	3.040	1.194	1.614	0.601	1.114	5.985	2.407	1.741	2.407
California Culvert Practice	3.297	0.791	0.363	0.380	0.151	0.315	1.734	0.575	0.627	0.575
ASC modificada	0.016	0.004	0.002	0.002	0.001	0.002	0.009	0.002	0.002	0.002
Clark	4.918	1.850	0.886	0.902	0.478	0.714	3.945	0.845	0.809	0.845
SCS	250.745	71.747	24.661	31.376	13.865	25.661	144.680	33.196	23.764	33.196
Federal Aviation Agency	3.485	2.053	1.157	1.375	0.770	1.060	3.156	1.669	0.824	1.669
George Rivero	9.667	2.019	0.660	0.880	0.279	0.603	4.872	1.286	1.365	1.286
Giandotti	2.871	1.375	0.768	0.928	0.519	0.689	2.101	1.128	0.540	1.128
Henderson y Wooding	4.599	1.694	0.846	0.967	0.511	0.799	2.986	1.005	0.853	1.005
Izzard	6.517	3.261	2.198	2.406	1.686	2.089	4.441	2.463	2.038	2.463
Johnstone Cross	93.466	40.668	22.797	25.480	14.983	21.748	65.216	26.313	22.958	26.313
Método Racional Generalizado	0.167	0.047	0.023	0.024	0.011	0.020	0.095	0.035	0.038	0.035
Morgali y Linsley	4.564	1.682	0.840	0.959	0.507	0.793	2.964	0.997	0.847	0.997
Pérez	0.049	0.007	0.003	0.003	0.001	0.002	0.021	0.005	0.005	0.005
Pilgrim y McDermott	4.734	1.771	0.866	0.865	0.463	0.715	3.764	0.808	1.034	0.808
Snyder	7.981	2.952	1.508	1.775	0.928	1.428	5.273	2.271	2.325	2.271
Promedio	19.547	6.467	2.841	3.379	1.719	2.765	12.041	3.685	2.890	3.685
Promedio sin outliers	4.822	1.397	0.695	0.764	0.391	0.626	2.674	0.867	0.931	0.867

Además de abastecerse del Río Roble, el municipio de Montenegro aprovecha recursos superficiales de las quebradas Lajas-Turín, Paloma y La Soledad, las cuales son corrientes de orden dos y al igual que las fuentes abastecedoras de Circasia, su respuesta hidrológica es potencialmente propensa a los efectos de la variabilidad climática y el cambio de uso del suelo. En este sentido es importante la implementación de programas que conduzcan a la conservación de la zona de dichas microcuencas, en aras de contribuir a proteger su producción hídrica.

Finalmente, las quebradas Lajas, Paloma y La Soledad presentan tiempos de concentración cortos, los cuales se relacionan con el orden de sus cauces (2), la pendiente del área aferente y pendiente del cauce. Por lo tanto, la disponibilidad hídrica puede estar fuertemente influenciada por las condiciones locales del clima y cambios en el uso del suelo.

1.4.3 Unidad Hidrográfica abastecedora del municipio de Córdoba

El municipio de Córdoba se abastece de la quebrada Los Justos que se encuentra dentro de la unidad hidrográfica del Río Verde. Los Justos corresponde a un área de drenaje con alta pendiente, un cauce corto al igual que su tiempo que concentración que es menor de una hora (Tabla 8 y Tabla 9). Su orientación E-W influye sobre las pérdidas por evapotranspiración de la cuenca

debido a la insolación de sus dos vertientes durante el día. Presenta un cauce de orden 2 que indica que la red de drenaje se encuentra poco desarrollada.

La quebrada Los Justos presenta una torrencialidad moderada, la cual se asocia con la pronunciada pendiente de la cuenca que es principalmente de montaña, lo cual define un cauce principal recto y de alta pendiente, lo cual influye sobre la magnitud de su tiempo de concentración corto (Tabla 9).

Tabla 8. Morfometría unidad hidrográfica Río Verde y cuenca abastecedora municipio de Córdoba

Parámetro	Símbolo	Río Verde	Los Justos	Unidades
Área	A	279.497	2.05	Km ²
Perímetro	P	78.318	6.821	Km
Coefficiente de Forma	Kf	0.489	0.359	Adimensional
Coefficiente Compacidad	Kc	1.312	1.334	Adimensional
Índice Alargamiento	IA	2.045	2.784	Adimensional
Índice asimétrico	I _{asim}	0.466	0.540	Adimensional
Pendiente media cuenca	\bar{S}	37.590	53.081	%
Orden Cauce Ppal	Orden	6	2	Adimensional
Densidad de drenaje	Da	2.278	2.150	Km/Km ²
Longitud cauce Ppal	Lc	42.268	2.432	Km
Sinuosidad	Sm	2.142	1.146	Km/Km
Pendiente cauce Ppal	\bar{S}_c	0.060	0.320	m/m

Tabla 9. Tiempo de concentración en horas Río Verde / cuenca abastecedora municipio de Córdoba

Ecuación	Río Verde	Q. Los Justos Bocatoma Córdoba
Kirpich	0.561	0.118
Guaire	5.416	2.253
Bureau EEUU	3.461	0.196
Benham	1.792	0.192
Temez	9.745	3.178
Passini	1.000	0.959
Pizarro	0.069	0.005
Branby-Williams	5.811	1.323
California Culvert Practice	1.780	0.191
ASC modificada	0.009	0.002
Clark	5.034	1.044
SCS	123.579	30.778
Federal Aviation Agency	1.849	1.269
George Rivero	7.597	0.750
Giandotti	1.182	0.856
Henderson y Wooding	3.010	0.892
Izzard	4.000	2.302
Johnstone Cross	65.648	23.834

Método Racional Generalizado	0.101	0.014
Morgali y Linsley	2.987	0.886
Pérez	0.020	0.001
Pilgrim y McDermott	6.463	0.998
Snyder	6.722	1.583
Promedio	11.210	3.201
Promedio sin outliers	3.533	0.880

Por otra parte, la unidad hidrográfica del Río Verde hace parte de la unidad hidrográfica del Río Quindío y presentan pendientes que la relacionan con la zona de piedemonte. Su cauce principal (hasta su confluencia con el río Quindío) presenta una sinuosidad moderada, principalmente en la zona baja de la cuenca. De acuerdo con los factores morfométricos de la cuenca (Tabla 9), tiene una susceptibilidad moderada a la torrencialidad.

Desde el punto de vista de la producción hídrica, el cauce principal es de orden 6, lo cual indica una red bien drenada y no tiende a acumular escorrentía superficial, de manera que presenta un tiempo de concentración de 3.5 horas. La orientación de la cuenca (E-W) indica altas pérdidas por evapotranspiración, debido a la exposición a la insolación de sus dos vertientes durante todo el día.

En el caso del Río Verde y la quebrada Los Justos es importante indicar que se trata de áreas de drenaje capaces de sostener escurrimiento superficial durante todo el año, sin embargo, su producción hídrica y respuesta hidrológica podría contribuir con el incremento de los picos de las crecidas o la disminución del caudal base, según la influencia específica de la variabilidad de la precipitación, temperatura y los cambios de uso del suelo.

1.4.4 Unidades Hidrográficas del municipio de Génova

El municipio de Génova se abastece del Río Gris, cuya área de drenaje es de alta pendiente, presenta un cauce largo respecto de su área y perímetro (Tabla 10). Su orientación SE-NW indica moderadas pérdidas por evapotranspiración por causa de la exposición a la insolación de cada vertiente durante medio día. La cuenca es predominantemente de montaña, con una red de drenaje aceptablemente irrigada. El cauce principal presenta una sinuosidad baja, indicador de un cauce relativamente recto. Dicho cauce presenta una pendiente alta, de manera que junto con la condición de pendiente de la cuenca definen un tiempo de concentración de 1.5 horas para el sitio de captación. Esto

se puede asociar con la alta torrencialidad de la corriente (Tabla 10 y Tabla 11).

Desde el punto de vista de la producción hídrica de la cuenca, el cauce principal es de orden 4, lo cual supone una red aceptablemente bien drenada. Su área de drenaje presenta escurrimiento superficial durante todo el año, sin embargo, su producción hídrica y respuesta hidrológica podría contribuir con el incremento de los picos de las crecidas o la disminución del caudal base, según la influencia específica de la variabilidad de la precipitación, temperatura y los cambios de uso del suelo en su parte alta y media. En este sentido, el régimen de crecidas y la magnitud de los caudales medios y mínimos estará influenciado por la ordenación del uso del suelo de la cuenca. En términos de morfometría, las unidades hidrográficas de los ríos Rojo y San Juan son comparables a la unidad hidrográfica del río Gris, presentan densidades de drenaje, pendiente media y coeficientes de forma y compacidad del mismo orden de magnitud.

Tabla 10. Morfometría Río Gris / cuenca abastecedora municipio de Génova

Parámetro	Símbolo	Bocatoma Génova	Río San Juan	Río Rojo	Unidades
Área	A	42.74	67.378	113.154	Km ²
Perímetro	P	34.881	42.997	50.661	Km
Coefficiente Forma	Kf	0.281	0.278	0.559	Adimensional
Coefficiente Compacidad	Kc	1.494	1.467	1.334	Adimensional
Índice Alargamiento	IA	3.555	3.600	1.790	Adimensional
Índice asimétrico	I _{asim}	0.532	0.266	0.812	Adimensional
Pendiente media cuenca	\bar{S}	53.994	53.081	50.039	%
Orden Cauce Ppal	Orden	4	4	5	Adimensional
Densidad drenaje	D _a	2.042	2.462	2.031	Km/Km ²
Longitud cauce Ppal	L _c	14.454	18.942	18.711	Km
Sinuosidad	S _m	1.207	1.240	2.678	Km/Km
Pendiente cauce Ppal	\bar{S}_c	0.163	0.119	0.128	m/m

Tabla 11. Tiempo de concentración en horas cuenca abastecedora municipio de Génova (río Gris), y Unidades Hidrográficas de los ríos Rojo y San Juan

Ecuación	R. Gris Génova	Río San Juan	Río Rojo
Kirpich	0.167	0.555	0.224
Guaire	2.712	6.713	3.174
Bureau EEUU	1.031	2.189	1.366
Benham	0.858	1.746	0.996
Temez	4.027	12.820	4.924
Passini	0.404	1.581	0.601
Pizarro	0.026	0.091	0.032
Branby-Williams	2.960	5.985	3.254
California Culvert Practice	0.852	1.734	0.989
ASC modificada	0.003	0.009	0.004
Clark	2.015	3.945	3.071
SCS	30.760	144.680	44.598

Ecuación	R. Gris Génova	Río San Juan	Río Rojo
Federal Aviation Agency	0.952	3.156	1.108
George Rivero	3.963	4.872	4.570
Giandotti	0.515	2.101	0.624
Henderson y Wooding	1.171	2.986	1.470
Izzard	2.006	4.441	2.368
Johnstone Cross	29.895	65.216	36.129
Método Racional Generalizado	0.053	0.095	0.061
Morgali y Linsley	1.162	2.964	1.459
Pérez	0.007	0.021	0.009
Pilgrim y McDermott	3.166	3.764	4.584
Snyder	4.606	5.273	4.863
Promedio	4.057	12.041	5.238
Promedio sin outliers	1.547	2.811	2.024

1.4.5 Unidades Hidrográficas abastecedoras del municipio de Calarcá

La cabecera municipal de Calarcá se abastece de la unidad hidrográfica del Río Santo Domingo, específicamente de su corriente principal y las quebradas: San Rafael, El Salado y El Naranjal, por su parte, el corregimiento de La Virginia (Calarcá) se abastece por la quebrada El Salado 2 en la parte alta de la cuenca del río Santo Domingo. La unidad hidrográfica del río Santo Domingo presenta una pendiente media del 37% y su cauce del 6.7%, con un tiempo de concentración de 2.8 horas. La cuenca se encuentra bien drenada y su producción hídrica depende del régimen de precipitaciones, y sus regímenes de caudales puede ser influenciado por la variabilidad climática y cambios en el uso del suelo en la parte alta de la cuenca (Tabla 12).

Tabla 12. Morfometría Río Santo Domingo/ cuencas abastecedoras municipio de Calarcá

Parámetro	Símbolo	Río Santo Domingo	Santo Domingo Boc.Calarcá	San Rafael	El Salado	El Naranjal	Unidades
Área	A	155.704	53.744	4.061	0.781	0.223	Km ²
Perímetro	P	61.350	33.506	9.256	3.472	1.935	Km
Coefficiente Forma	Kf	1.476	0.509	0.281	0.314	0.341	Adimensional
Coefficiente Compacidad	Kc	1.377	1.280	1.497	1.318	1.147	Adimensional
Índice Alargamiento	IA	1.355	1.963	3.558	3.191	2.931	Adimensional
Índice asimétrico	lasim	0.942	0.427	0.767	0.620	0.906	Adimensional
Pendiente media cuenca	\bar{S}	37.35	53.081	53.081	53.081	53.081	%
Orden Cauce Ppal	Orden	5	4	3	2	2	Adimensional
Densidad drenaje	Da	1.969	2.099	1.884	2.744	1.314	Km/Km ²
Longitud cauce Ppal	Lc	37.306	13.314	2.969	1.030	0.347	Km
Sinuosidad	Sm	2.375	1.370	1.165	1.264	1.134	Km/Km
Pendiente cauce Ppal	\overline{Sc}	0.067	0.139	0.210	0.177	0.211	m/m

Las quebradas El Salado, El Salado 2 y El Naranjal corresponden a cauces de orden 2, los cuales son predominantemente rectos y presentan alta torrencialidad con tiempos de concentración entre 0.7 y 0.3 horas. De forma similar, la microcuenca San Rafael presenta moderada-alta torrencialidad y su cauce principal es de orden 3. En general se trata de microcuencas de montaña y respuesta hidrológica rápida con tiempos de concentración cortos (Tabla 13).

Debido a que las microcuencas abastecedoras presentan áreas de drenaje pequeñas y se encuentran pobremente drenadas, su respuesta hidrológica está estrechamente relacionada con el comportamiento de la precipitación y los potenciales efectos del cambio de uso del suelo. En este sentido, es conveniente la implementación de programas de protección de las partes altas de estas microcuencas, lo cual podrá contribuir a la permanencia de los caudales superficiales.

Tabla 13. Tiempo de concentración en horas cuencas abastecedoras municipio de Calarcá

Ecuación	Río Santo Domingo	Santo Domingo Bocatoma Calarcá	San Rafael	El Salado	El Naranjal
Kirpich	0.729	0.407	0.174	0.110	0.026
Guaire	4.319	5.087	3.055	2.037	1.186
Bureau EEUU	3.040	1.011	0.367	0.409	0.032
Benham	0.685	0.750	0.362	0.366	0.085
Temez	7.298	8.995	4.690	2.795	1.401
Passini	1.734	1.602	1.042	0.838	0.660
Pizarro	0.019	0.023	0.011	0.019	0.002
Branby-Williams	3.188	3.958	2.049	1.194	0.560
California Culvert Practice	0.681	0.745	0.360	0.363	0.084
ASC modificada	0.012	0.007	0.003	0.002	0.000
Clark	4.806	3.547	1.414	0.886	0.445
SCS	177.429	106.960	51.370	24.661	5.539
Federal Aviation Agency	1.651	1.983	1.310	1.157	0.593
George Rivero	3.230	3.227	1.262	0.660	0.254
Giandotti	1.233	1.623	1.101	0.768	0.501
Henderson y Wooding	3.690	2.345	1.208	0.846	0.278
Izzard	5.228	4.455	3.168	2.198	1.409
Johnstone Cross	77.794	53.324	30.688	22.797	9.026
Método Racional Generalizado	0.044	0.047	0.024	0.023	0.007
Morgali y Linsley	3.662	2.328	1.199	0.840	0.276
Pérez	0.005	0.006	0.002	0.003	0.000
Pilgrim y McDermott	5.175	3.454	1.351	0.866	0.430
Snyder	5.141	3.803	2.160	1.508	0.871
Promedio	13.513	9.117	4.712	2.841	1.029
Promedio sin outliers	2.817	1.816	0.888	0.695	0.256

En este contexto, se ha reconocido que el cambio de uso del suelo es fuente de no estacionariedad (Strupczewski et al., 2001; Villarini, 2010, 2011), de manera que coberturas arbóreas contribuirán a la permanencia de los caudales

superficiales y la atenuación del tiempo de concentración según lo reportado por Alaoui et al. (2017); Peña et al. (2016); Eckhardt et al (2003); Hundecha & Bárdossy (2004); Nelson et al (2006); Stehr et al (2010); y Cunderlik et al (2011).

No obstante, el tipo de cobertura que se planifique en las áreas aferentes a las microcuencas abastecedoras tendrá que ser objeto de un análisis específico, el cual no hace parte de este estudio pero que podrá ser incluido para futuras investigaciones que lidere la CRQ en el departamento del Quindío.

1.4.6 Unidades Hidrográficas abastecedoras del municipio de Pijao

El municipio de Pijao es abastecido por las microcuencas de las quebradas Las Pizarras y La Cascada, las cuales son tributarios del Río Lejos. Las corrientes en el punto de captación para el acueducto presentan áreas aferentes de 5.83 y 0.911 Km² respectivamente, y cuentan con redes de drenaje pobremente irrigadas, ya que sus cauces principales son de orden 3 y 2 respectivamente (Tabla 14).

Tabla 14. Morfometría Río Lejos/ cuencas abastecedoras municipio de Pijao

Parámetro	Símbolo	Río Lejos	Pizarras	La Cascada	Unidades
Área	A	226.383	5.825	0.911	Km ²
Perímetro	P	74.432	9.847	4.097	Km
Coefficiente Forma	Kf	0.429	0.556	0.707	Adimensional
Coefficiente Compacidad	Kc	1.385	1.146	1.202	Adimensional
Índice Alargamiento	IA	2.331	1.800	1.415	Adimensional
Índice asimétrico	I _{asim}	0.488	0.543	0.385	Adimensional
Pendiente media cuenca	\bar{S}	49.551	43.31	48.61	%
Orden Cauce Ppal	Orden	6	3	2	Adimensional
Densidad drenaje	Da	2.015	2.188	1.548	Km/Km ²
Longitud cauce Ppal	Lc	35.593	3.184	1.104	Km
Sinuosidad	Sm	3.086	1.149	1.211	Km/Km
Pendiente cauce Ppal	\bar{S}_c	0.075	0.288	0.227	m/m

Los cauces de las corrientes abastecedoras son cortos y sus cuencas son principalmente de montaña, exhiben sinuosidad baja y alta torrencialidad. En este sentido Las Pizarras y La Cascada presentan tiempos de concentración coherentes de corrientes torrenciales con magnitudes de 1.07 y 0.56 horas, mientras que el Río Lejos presenta un tiempo de concentración de 3.35 horas (Tabla 15).

La cuenca del Río Lejos está orientada de Oriente a Occidente (E-W) lo que implica que sus dos vertientes se encuentran expuestas a la insolación durante todo el día. En este sentido, se presentan altas pérdidas por

evapotranspiración, considerando que las corrientes abastecedoras se asocian con áreas de drenaje pequeñas, resultan relevantes las acciones relacionadas con la conservación de las coberturas vegetales en la parte alta de las microcuencas, en aras de preservar la disponibilidad hídrica superficial. Así mismo, es importante que se analice la planeación en cuanto a cambio de uso del suelo en la cuenca, pues es probable que su evolución influya en la magnitud de los caudales mínimos o en la producción hídrica anual de la cuenca para satisfacer el consumo humano.

Tabla 15. Tiempo de concentración en horas cuencas abastecedoras municipio de Pijao

Ecuación	R. Lejos	Q. Pizarras	Q. La Cascada
Kirpich	0.635	0.145	0.063
Guaire	6.450	2.697	1.423
Bureau EEUU	2.813	0.246	0.106
Benham	1.696	0.251	0.110
Temez	12.181	3.999	1.768
Passini	1.318	1.225	0.912
Pizarro	0.064	0.006	0.003
Branby-Williams	6.517	1.614	0.674
California Culvert Practice	1.685	0.249	0.109
ASC modificada	0.011	0.002	0.001
Clark	5.278	1.560	0.756
SCS	156.616	35.054	13.328
Federal Aviation Agency	2.263	1.476	0.859
George Rivero	7.268	1.015	0.357
Giandotti	1.618	0.995	0.574
Henderson y Wooding	3.316	1.048	0.546
Izzard	4.717	2.515	1.737
Johnstone Cross	71.172	27.248	15.837
Método Racional Generalizado	0.096	0.018	0.008
Morgali y Linsley	3.291	1.040	0.542
Pérez	0.018	0.001	0.000
Pilgrim y McDermott	5.966	1.485	0.733
Snyder	6.616	1.969	0.961
Promedio	13.113	3.733	1.800
Promedio sin outliers	3.349	1.071	0.556

1.4.7 Unidades Hidrográficas abastecedoras de los municipios de Buenavista y Quimbaya

El municipio de Buenavista se abastece de la quebrada La Picota cuya área de drenaje al punto de captación del acueducto es de 1.6 Km². La microcuenca presenta una pendiente del 53% y es predominantemente de montaña, con un cauce principal corto de baja sinuosidad, la corriente es torrencial y presenta un tiempo de concentración de 0.79 horas (Tabla 16 y Tabla 17).

Tabla 16. Morfometría de cuencas abastecedoras de los municipios de Buenavista y Quimbaya

Parámetro	Símbolo	La Picota	La Picota Bocatoma Buenavista	Buenavista Bocatoma Quimbaya	Unidades
Área	A	42.586	1.603	13.658	Km ²
Perímetro	P	31.580	5.671	21.243	Km
Coefficiente de Forma	Kf	0.402	0.363	0.209	Adimensional
Coefficiente Compacidad	Kc	1.355	1.254	1.609	Adimensional
Índice de Alargamiento	IA	2.486	2.754	4.777	Adimensional
Índice asimétrico	I _{asim}	0.473	0.507	0.486	Adimensional
Pendiente media cuenca	\bar{S}	31.847	53.081	53.081	%
Orden Cauce Ppal	Orden	5	4	4	Adimensional
Densidad de drenaje	Da	2.121	2.295	2.831	Km/Km ²
Longitud cauce Ppal	Lc	14.273	2.281	9.653	Km
Sinuosidad	Sm	1.464	1.339	1.360	Km/Km
Pendiente del cauce Ppal	\bar{S}_C	0.057	0.211	0.046	m/m

La quebrada Buenavista abastece el municipio de Quimbaya cuya cuenca tiene un área definida al punto de captación del acueducto de la cabecera municipal de 13.66 Km². La cuenca es predominantemente de relieve ondulado, de torrencialidad baja a moderada (Tabla 16) y un tiempo de concentración de 1.97 horas (Tabla 17).

La cuenca de la quebrada Buenavista está orientada de occidente a oriente (W-E), de manera que sus dos vertientes se exponen durante todo el día a la insolación, con sus efectos sobre las pérdidas por evapotranspiración, por lo que su respuesta hidrológica es sensible a los cambios de cobertura.

Tabla 17. Tiempo de concentración en horas cuencas abastecedoras municipios Buenavista y Quimbaya

Ecuación	Quebrada La Picota	Quebrada La Picota Bocatoma Buenavista	Quebrada Buenavista Bocatoma Quimbaya
Kirpich	0.419	0.106	0.319
Guaire	4.989	1.992	4.418
Bureau EEUU	1.380	0.216	1.214
Benham	0.945	0.197	0.988
Temez	8.773	2.716	7.513
Passini	1.433	0.853	1.103
Pizarro	0.037	0.005	0.048
Branby-Williams	4.000	1.155	3.574
California Culvert Practice	0.939	0.195	0.981
ASC modificada	0.007	0.002	0.005
Clark	3.201	0.922	2.096
SCS	100.159	25.945	80.363
Federal Aviation Agency	1.940	1.130	2.203
George Rivero	3.224	0.661	2.536
Giandotti	1.570	0.743	1.444
Henderson y Wooding	2.396	0.819	1.937

Ecuación	Quebrada La Picota	Quebrada La Picota Bocatoma Buenavista	Quebrada Buenavista Bocatoma Quimbaya
Izzard	4.459	2.139	3.439
Johnstone Cross	54.292	22.197	45.481
Método Racional Generalizado	0.056	0.014	0.057
Morgali y Linsley	2.378	0.813	1.923
Pérez	0.009	0.001	0.010
Pilgrim y McDermott	3.162	0.909	2.052
Snyder	4.107	1.499	3.486
Promedio	8.864	2.836	7.269
Promedio sin outliers	2.271	0.785	1.970

1.4.8 Unidades Hidrográficas abastecedoras del municipio Filandia

El municipio de Filandia se abastece de las quebradas Barroblanco, Chorrobolillos y Lachas. Dichas corrientes presentan áreas de drenaje de 0.64, 1.84 y 1.57 Km² al punto de cierre en las estructuras de captación municipal, respectivamente (Tabla 18).

La unidad hidrográfica de Barroblanco cuenta con un cauce principal de orden 1 y presenta alta torrencialidad con un tiempo de concentración de 0.39 horas (Tabla 19), pese a que la cuenca tiene pendientes moderadas. Sin embargo, su torrencialidad está asociada a la pobre red de drenaje. En este sentido, es importante proyectar programas de protección de la parte alta de la cuenca en aras de conservar la disponibilidad hídrica superficial y la oferta hídrica para el consumo humano de Filandia.

Tabla 18. Morfometría cuencas abastecedoras municipio de Filandia

Parámetro	Símbolo	Barroblanco	Chorrobolillos	Lachas	Unidades
Área	A	0.635	1.841	1.567	Km ²
Perímetro	P	3.555	6.356	6.713	Km
Coefficiente Forma	K _f	0.556	0.457	0.297	Adimensional
Coefficiente Compacidad	K _c	1.250	1.312	1.502	Adimensional
Índice Alargamiento	I _A	1.798	2.188	3.361	Adimensional
Índice asimétrico	I _{asim}	0.784	1.069	0.913	Adimensional
Pendiente media cuenca	\bar{S}	12.840	53.081	53.081	%
Orden Cauce Ppal	Orden	1	2	2	Adimensional
Densidad drenaje	D _a	1.316	2.164	2.379	Km/Km ²
Longitud cauce Ppal	L _c	1.284	2.448	2.602	Km
Sinuosidad	S _m	1.294	1.439	1.373	Km/Km
Pendiente cauce Ppal	\bar{S}_c	0.072	0.034	0.057	m/m

Por otra parte, las quebradas Chorrobolillos y Lachas presentan redes de drenaje un poco más irrigadas que barroblanco, con cauces principales de orden

2 y torrencialidad moderada, siendo en ambos casos su tiempo de concentración de 0.68 horas (Tabla 19).

Chorrobolillos y Lachas están orientadas de oriente a occidente, lo cual implica grandes pérdidas por evapotranspiración y debido a la baja magnitud de sus áreas aferentes, la producción hídrica de las cuencas es potencialmente sensible a los efectos del cambio de uso del suelo, principalmente en la parte alta.

Dichos cambios podrían incrementar su torrencialidad o comprometer la presencia de escurrimiento superficial durante todo el año. Por lo tanto, es importante analizar la planificación del uso del suelo en la cuenca y su relación con la producción hídrica en escenarios de abastecimiento para el consumo humano.

Tabla 19. Tiempo de concentración en horas cuencas abastecedoras municipio de Filandia

Ecuación	Barroblanco	Chorrobolillos	Lachas
Kirpich	0.036	0.108	0.116
Guaire	0.809	1.897	2.084
Bureau EEUU	0.213	0.421	0.360
Benham	0.172	0.335	0.312
Temez	0.859	2.552	2.878
Passini	0.339	0.875	0.812
Pizarro	0.007	0.016	0.013
Branby-Williams	0.461	1.073	1.259
California Culvert Practice	0.171	0.332	0.310
ASC modificada	0.001	0.002	0.002
Clark	0.467	0.959	0.909
SCS	6.497	25.877	29.499
Federal Aviation Agency	0.369	1.078	1.171
George Rivero	0.333	0.626	0.720
Giandotti	0.229	0.700	0.767
Henderson y Wooding	0.351	0.836	0.880
Izzard	1.179	2.138	2.216
Johnstone Cross	10.951	22.584	23.562
Método Racional Generalizado	0.012	0.021	0.020
Morgali y Linsley	0.348	0.830	0.873
Pérez	0.001	0.002	0.002
Pilgrim y McDermott	0.639	0.958	0.901
Snyder	1.004	1.529	1.577
Promedio	1.106	2.859	3.098
Promedio sin outliers	0.393	0.684	0.688

1.4.9 Unidades Hidrográficas de río Espejo, Quebrada Cristales y Quebrada Buenavista

La quebrada Buenavista tiene un área drenante de 55.09 km² con una pendiente promedio del orden de 16% que le confiere un tiempo de concentración

promedio de 3.53 horas, su forma es alargada (oval oblonga) en sentido NE-SO con un coeficiente de compacidad de 1.61 (Tabla 20).

Desde su nacimiento, el área drenante del río Espejo y quebrada Cristales se localiza en el abanico del Quindío, por lo que sus pendientes medias son bajas (11.4 y 8.38 % respectivamente) en relación con su tamaño. De acuerdo con sus coeficientes de forma (Tabla 20), tienden a ser alargadas, y sus tiempos de concentración son altos (5.24 y 3.8 horas respectivamente, Tabla 21), por lo que no es esperable una respuesta hidrológica súbita frente a episodios de tormenta.

Tabla 20. Morfometría de las unidades hidrográficas de la quebrada Buenavista, río Espejo y quebrada Cristales

Parámetro	Símbolo	Q.	Río	Q.	Unidades
		Buenavista	Espejo	Cristales	
Área	A	55.096	155.818	87.508	Km ²
Perímetro	P	54.480	81.634	53.778	Km
Coefficiente Forma	Kf	0.209	0.148	0.208	Adimensional
Coefficiente Compacidad	Kc	1.609	1.831	1.610	Adimensional
Índice de Alargamiento	IA	4.777	6.755	4.798	Adimensional
Índice asimétrico	I _{asim}	0.486	0.954	0.412	Adimensional
Elevación media	Em	1407	1422	1244	m.s.n.m.
Pendiente media cuenca	\bar{S}	16.270	11.420	8.380	%
Orden Cauce Ppal	Orden	4	5	5	Adimensional
Densidad drenaje	Da	2.831	2.824	2.740	Km/Km ²
Longitud cauce Ppal	Lc	25.166	41.941	24.130	Km
Sinuosidad	Sm	1.361	1.310	1.521	Km/Km
Pendiente del cauce Ppal	\bar{S}_c	0.029	0.017	0.012	m/m

Tabla 21. Tiempos de concentración de las unidades hidrográficas de la quebrada Buenavista, río Espejo y quebrada Cristales

Ecuación	Q. Buenavista	Río Espejo	Q. Cristales
Kirpich	0.667	1.003	0.618
Guare	7.655	10.220	7.437
Bureau EEUU	2.889	5.373	3.644
Benham	2.257	3.994	3.017
Temez	15.160	21.929	14.611
Passini	1.292	1.592	1.421
Pizarro	0.124	0.271	0.221
Branby-Williams	7.826	11.339	7.364
California Culvert Practice	2.242	3.967	2.997
ASC modificada	0.011	0.017	0.010
Clark	3.587	5.391	4.194
SCS	168.755	240.590	141.963
Federal Aviation Agency	2.798	3.578	2.706
George Rivero	6.353	9.952	6.375
Giandotti	2.294	2.951	2.176
Henderson y Wooding	3.445	4.732	3.247
Izzard	5.524	6.627	5.245
Johnstone Cross	73.473	95.716	69.938
Método Racional Generalizado	0.119	0.194	0.149
Morgali y Linsley	3.419	4.697	3.223

Ecuación	Q. Buenavista	Río Espejo	Q. Cristales
Pérez	0.029	0.064	0.046
Pilgrim y McDermott	3.487	5.176	4.157
Snyder	6.074	6.988	5.755
Promedio	13.890	19.407	12.631
Promedio sin outliers	3.537	5.244	3.808

1.5 Modelación Hidrológica

Para describir el ciclo del agua en las cuencas que hacen parte de la ERA, se implementó el modelo hidrológico TETIS en sus versiones distribuida para la unidad hidrográfica del río Quindío y agregada para las unidades hidrográficas del río San Juan, río Lejos, río Espejo, río Roble, Quebrada Buenavista, y Quebrada Cristales. En todos los casos la simulación se realizó a escala diaria, sin embargo, dada la regular calidad de la información hidrométrica histórica a escala diaria, las calibraciones se realizaron en la escala mensual ya que se identificaron problemas de sobreestimación de los caudales diarios reportados en la mayoría de las estaciones limnimétricas, en contraste con los aforos históricos realizados.

Se parte de la hipótesis de que los niveles reportados en los limnímetros representan bien la señal de variabilidad hidrológica temporal, y los caudales asociados se encuentran sobreestimados por problemas de las curvas de gasto. A pesar de ello, la estrategia de modelación utilizada permitió representar la hidrología de las unidades hidrográficas, ya que los modelos ajustados con los datos de las series históricas diarias tienen un buen desempeño en representar el patrón de variabilidad temporal. El Anexo 2 presenta detalles de la implementación de modelos a escala diaria en las unidades hidrográficas estudiadas.

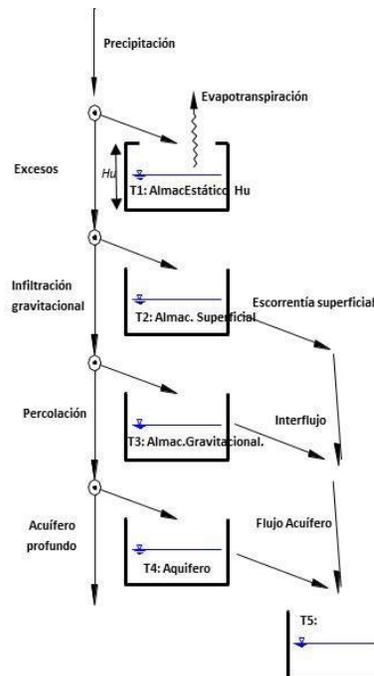
El modelo hidrológico seleccionado permite realizar simulación continua del ciclo hidrológico, en su conceptualización, cada tanque representa diferentes procesos hidrológicos que son descritos por reservorios lineales en los que se establecen niveles para definir el flujo. El Tanque T2, representa el almacenamiento superficial de agua, T3 el almacenamiento en la parte superior de suelo, T4 el almacenamiento en el acuífero, T1 el almacenamiento que representa la humedad del suelo bajo la capacidad de campo, la intercepción y el almacenamiento en depresiones. Para el caso de la evapotranspiración, solo corresponde a una salida del T1 (Francés et al. 2007). En la versión distribuida, la escorrentía superficial y el flujo subsuperficial son conducidos a los tanques T2 y T3 en las

celdas aguas abajo. En ambas versiones estos flujos drenan hacia el tanque T5. El flujo percolado se dirige a T4, a partir del cual se descarga el caudal base hacia el tanque T5 (Figura 3).

La modelación Hidrológica de la unidad hidrográfica del río Quindío se realizó con base en el modelo implementado en el marco de Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del río Quindío (CRQ y UT 2015) y para el resto de las unidades hidrográficas modeladas se aplicó el mismo procedimiento de estimación de parámetros. Para la calibración de los parámetros del modelo hidrológico se definió como función objetivo el índice de eficiencia NSE (Nash and Sutcliffe 1970). Su calibración se realizó tomando como referencia los caudales medios mensuales garantizando una representación adecuada de los periodos húmedos y secos a nivel intra-anual.

En los diferentes modelos que hacen parte del estudio se obtuvo un valor de la eficiencia NSE mayor de 0.7, de manera que los modelos implementados reproducen razonablemente los caudales medios mensuales en las unidades hidrográficas estudiadas. Lo anterior, basado en lo aceptado en la literatura, en donde se considera aceptable un índice de Nash - Sutcliffe superior a 0.5 (Moriasi et al. 2007).

Figura 3. Descripción conceptual del modelo hidrológico TETIS



Con el fin de implementar modelos hidrológicos con una mayor capacidad predictiva de los flujos de salida, se requiere una mayor cantidad y calidad de información que describa la magnitud y variabilidad espacial de las precipitaciones y caudales. Esto permitiría entender con mayor detalle y precisión los diferentes procesos hidrológicos, como ha sido discutido por hidrólogos de amplia experiencia en el tema (Beven et al., 1988; Franchini & Pacciani, 1991; Sieber & Uhlenbrook, 2005). Futuras modelaciones y simulaciones de los recursos hídricos administrados por CRQ, podrán avanzar conceptualmente y aportar mayor precisión en la medida que se fortalezca la cobertura y operación de la red hidrometeorológica.

Como se ha mencionado anteriormente, a pesar de estas limitaciones de información, el desempeño de los modelos fue satisfactorio para describir los caudales desde el alcance y objetivos de la Evaluación Regional del Agua. A continuación, la Figura 4 presenta el desempeño a escala mensual de los modelos de simulación implementados a escala diaria, demostrando su utilidad para realizar análisis de oferta hídrica.

Figura 4. Comparación de los caudales observados y simulados a escala mensual



1.6 Variabilidad Hidroclimática

La hidroclimatología de Colombia está influenciada por dos grandes zonas de alta actividad climatológica, la región Ciclónica en el océano Indico del sur del continente asiático y la región Monzónica del océano Pacífico central; estos fenómenos se trasladan hasta el continente americano y los efectos en la zona tropical generan comportamientos y oscilaciones en el comportamiento del clima

que intensifican o debilitan los eventos hidroclimáticos. Según Poveda, Álvarez, y Rueda (2011) El Niño/Oscilación del Sur por sus siglas en inglés ENSO, influencia fuertemente el comportamiento de la hidroclimatología colombiana por los comportamientos de los cambios en la presión y en las temperaturas superficiales del mar. Los principales fenómenos que describen el comportamiento de la variabilidad climática en la zona de estudio se describen a continuación.

1.6.1 Fenómenos climáticos de interés para el análisis

1. 6. 1. 1 Oscilación de Madden - Julian

Es un fenómeno que se genera por la alta tasa de evaporación de aguas oceánicas del Índico (Figura 5), consisten en el ascenso de masas columnares de vapor de agua que se propagan por el movimiento de la tierra y los vientos planetarios, el vapor de agua se condensa en la atmosfera por los cambios de temperatura atmosférica y caen en forma de precipitación en diferentes regiones tropicales del mundo. La oscilación se esparce entre 1 a 2 meses sobre la atmosfera planetaria y contribuye a abastecer de energía al fenómeno ENSO (Arenas, 2009).

1. 6. 1. 1 Circulación de Walker

Es un fenómeno resultante de la circulación de vientos superficiales que van del continente americano hasta las costas de Indonesia y Australia en forma de bucles (Figura 6); estos vientos saturados de vapor de agua en la fase caliente de la circulación producen el aumento de la precipitación a lo largo de todo el océano Pacífico central. Esta circulación regula el comportamiento del índice macroclimático del Índice de Oscilación del Sur o SOI. Según (Vecchi et al., 2006) esta circulación va a disminuir a futuro proporcionalmente con la cantidad de gases de efecto invernadero contenidos en la atmosfera planetaria.

Figura 5. Representación de la oscilación de Madden – Julian en el océano Índico, en azul en la fase fría y rojo en la fase caliente

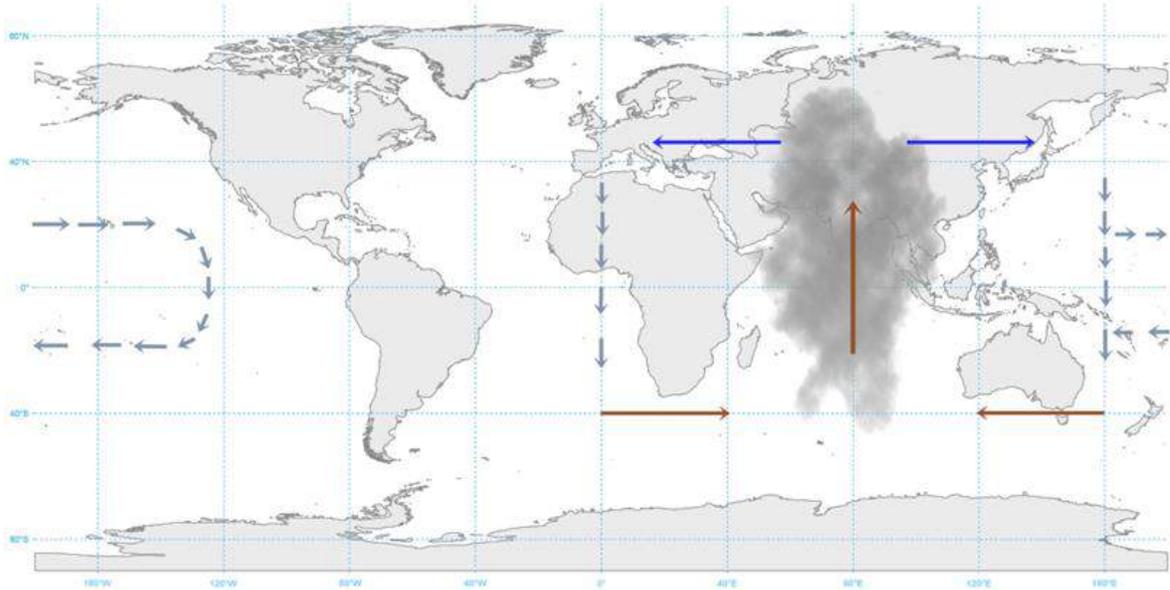
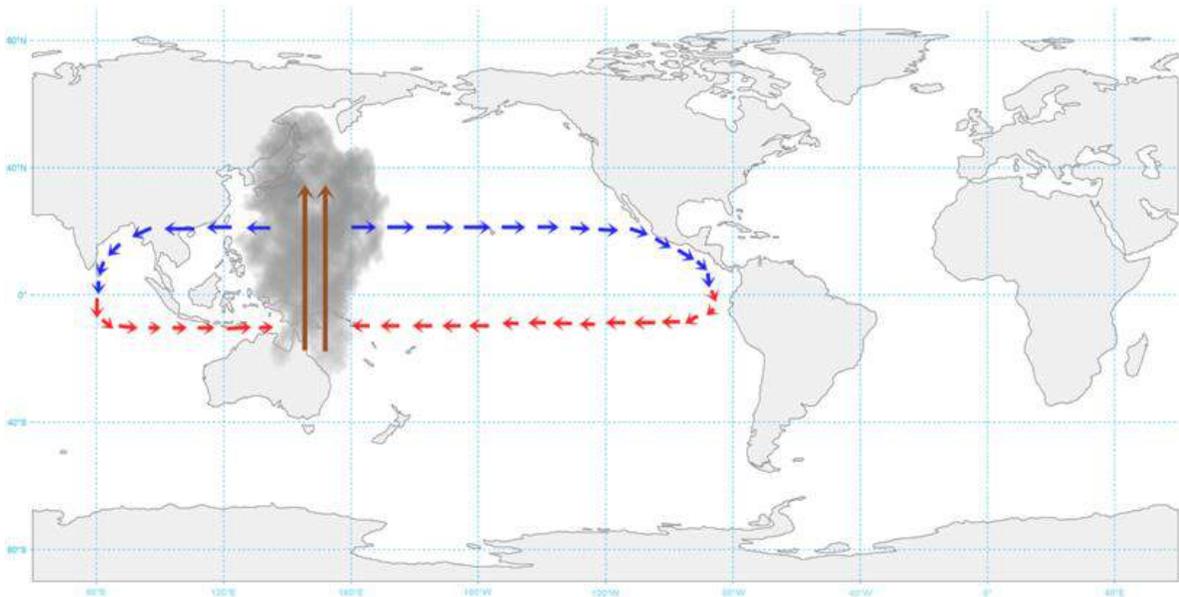


Figura 6. Representación de la circulación de Walker en el océano Pacífico central Índico, en azul en la fase fría y rojo en la fase caliente.

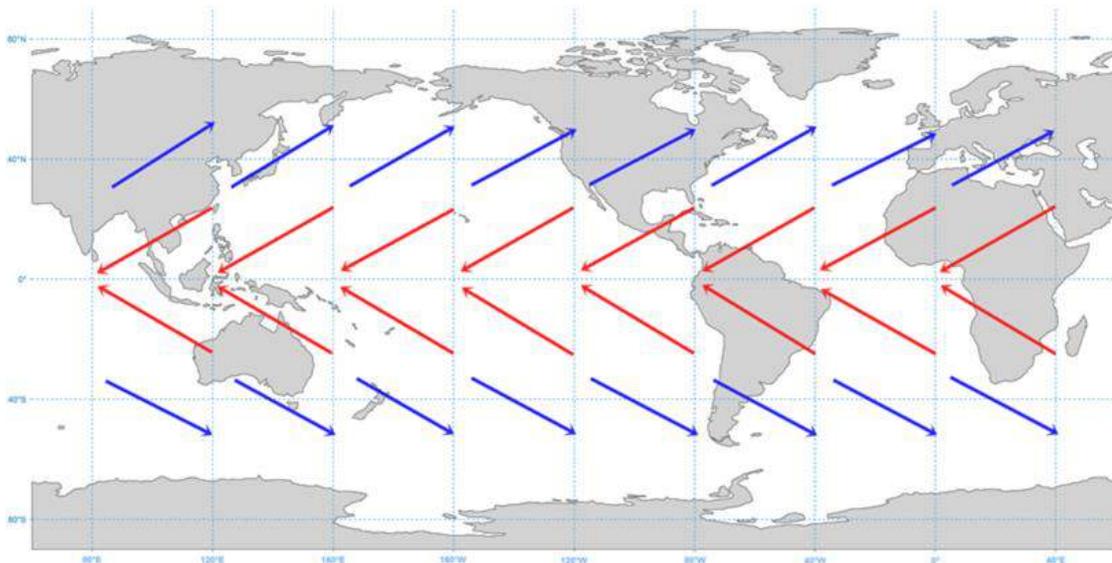


1. 6. 1. 2 Vientos Alisios

Corresponden al proceso atmosférico de gran influencia en el clima global, se originan en las zonas subtropicales, se direccionan y calientan en la zona

ecuatorial en sentido de oriente a occidente (Figura 7). Los vientos alisios regulan la actividad en la zona de convergencia intertropical del planeta, que se caracteriza por ser una región nubosa y de frecuentes precipitaciones. Los vientos alisios están regulados por la variación de la presión atmosférica del planeta, consiste en el desplazamiento y sustitución de vientos que regulan el movimiento de masas de aire cálido (movimiento hacia la zona tropical, o fase de calentamiento) definidos como vientos alisios, el mecanismo inverso (movimiento hacia las zonas subtropicales, o fase de enfriamiento) está definido como vientos contralisios (Arenas, 2009).

Figura 7. Representación de los vientos Alisios, en azul en la fase fría y rojo en la fase caliente.



1. 6. 1. 3 Zona de convergencia intertropical

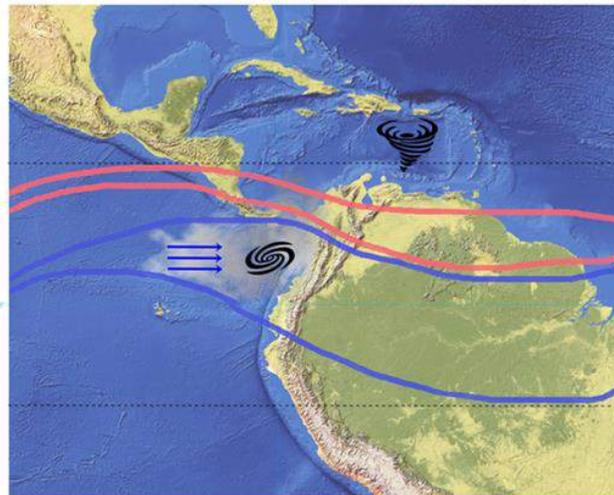
Es el fenómeno planetario fuertemente influenciado por los vientos alisios y contralisios que producen el movimiento ascendente vertical de las columnas de vapor de agua, el mecanismo hace que las masas de vapor de agua se propaguen en sentido al movimiento aparente del sol (de oriente a occidente) formando bandas que se esparcen por el planeta (Figura 8), esta región influye en el clima de Colombia definiendo el comportamiento Bimodal de la precipitación en el interior del país y unimodal de la región caribe (Arenas, 2009). Es un proceso atmosférico muy variable espacio – temporalmente, generalmente con 2 meses de rezago. La ZCIT está relacionada proporcionalmente con el fenómeno del Niño, siendo la fase de Julio influenciada por el verano Boreal y en enero

por el verano Austral (Jaramillo-Robledo & Chaves-Córdoba, 2000; Poveda, 2004).

1. 6. 1. 1 Complejos Convectivos de Mesoescala

Es un proceso localizado en la región tropical del norte de Colombia, se genera principalmente en escenarios de Fenómeno de la Niña (Arenas, 2009), consiste en la convección de nubes secas y húmedas por los cambios de presión y temperatura, forman tormentas tropicales y pueden aumentar a categoría de huracanes que tienden a desaparecer en pocos días (Figura 8). Estos movimientos generan ondas que se expanden en forma centrifuga que influye fuertemente en la precipitación y explican las anomalías que presentan los regímenes secos y húmedos de la hidroclimatología en Colombia (Arenas, 2009; Mejía et al., 1999; Poveda, 2004; Poveda et al., 2011).

Figura 8. Representación de los ZCIT, en rojo el verano Boreal y en azul el verano Austral. Al norte en la región Caribe la región de formación de sistemas de Complejos Convectivos de Mesoescala y el Chorro del Chocó en la región pacífica de Colombia.



1. 6. 1. 2 Chorro del Chocó

Este proceso está definido por las oscilaciones y circulaciones que se efectúan en el océano Pacífico, está caracterizado por el movimiento de grandes cantidades de humedad en sentido occidente a oriente que encuentra como barrera la cordillera occidental de los Andes colombianos e interactúa con los vientos alisios (Figura 8), generando grandes magnitudes y frecuencia de eventos atmosféricos de precipitación concentradas en el occidente de Colombia

(Arenas, 2009; Rueda & Poveda, 2006). El chorro del Chocó en los meses de septiembre a noviembre tiene los mayores efectos atmosféricos en la precipitación y se debilita entre febrero y marzo (Rueda & Poveda, 2006). Este proceso atmosférico está influenciado por el efecto del relieve; las tres cordilleras en los andes de Colombia hacen que se generen bucles que producen movimientos ascendentes y descendientes de las masas de aire cargadas de vapor de agua, reflejando procesos de evaporación y condensación del agua en significativas magnitudes (Mejía et al., 1999; Poveda et al., 2011; Rueda & Poveda, 2006).

1. 6. 1. 3 El Niño-Oscilación del Sur

El fenómeno ENSO es el resultado de la dinámica entre la presión de la atmosfera y la temperatura superficial del mar medidos en el océano pacifico entre Darwin – Australia y Tahití – Isla en la Polinesia Francesa aproximadamente; los comportamientos del ENSO generan los principales patrones de variabilidad de las variables hidroclimáticas (precipitación y la temperatura) que a su vez determinan la evaporación de las aguas oceánicas y la producción de escorrentía a nivel continental.

Este fenómeno para Colombia se refleja en dos fases hidroclimáticas llamados fase cálida del Niño y fase fría de la Niña; la fase cálida ocurre cuando la temperatura superficial del mar alcanza valores por debajo de lo normal, las tasas de evaporación disminuyen, la formación de nubes y precipitaciones disminuye, reflejando altas temperaturas y ausencia de precipitación o presencia de cortos eventos de precipitación en la superficie terrestre; por el contrario la fase fría corresponde cuando la temperatura superficial del mar alcanza valores por encima de lo normal, las tasas de evaporación aumentan, se forman grandes masas atmosféricas de vapor de agua y genera escenarios de grandes magnitudes de precipitación sobre gran parte del territorio Colombiano.

1.6.2 Relaciones de índices macroclimáticos con la climatología del departamento del Quindío

Las series mensuales de precipitación (P) y temperatura media (T) utilizadas en el análisis hidroclimático fueron procesadas a partir de las estaciones seleccionadas (Figura 1) de las redes de monitoreo del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y de la Corporación Autónoma

Regional del Quindío (CRQ), en el periodo entre enero de 1985 a diciembre del 2015.

El análisis de variabilidad en la ERA se efectuó con el fin de indagar y describir (i) las variaciones en el clima histórico, (ii) la relación entre los comportamientos hidroclimáticos y las teleconexiones con fenómenos macroclimáticos a escala global, y (iii) las tendencias de las series.

El objetivo de este análisis es determinar que fenómenos representados en índices macroclimáticos en el océano atlántico y pacífico principalmente, se relacionan con las series de precipitación y temperatura, con el fin de identificar las señales de correlación y tiempo de rezago, así como identificar la existencia de tendencias en las variables objeto de análisis. Contribuyendo así al monitoreo previsorio de la hidroclimatología de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

1. 6. 2. 1 Índices macroclimáticos

Los índices macroclimáticos (IM) corresponden a series temporales de anomalías climáticas a escala global, enfocados en la región de desarrollo del ENSO (El Niño Oscilación del Sur) y del océano Atlántico Tropical. Se consideraron 30 índices macroclimáticos para el análisis, los cuales están basados en la presión atmosférica, la temperatura superficial del mar y relaciones combinadas en índices multivariados.

Además de los índices con potencial asociación con el pacífico, se tuvieron en cuenta índices basados en el clima del atlántico como: Atlántico Tropical del Norte (NTA), Atlántico Ecuatorial (EA), Atlántico Tropical del Sur (STA) y el Índice del Caribe (CAR). En la Tabla 22 se presentan los índices incluidos en el estudio y en la Figura 9 su representación espacial a escala global.

La relación entre las series de datos de precipitación, temperatura media e índices macroclimáticos se evaluó a través de la cuantificación del grado de asociación lineal y no-lineal con correlaciones cruzadas de Pearson, Spearman y Kendall, las cuales fueron calculadas para los rezagos entre 0 y 12 meses. Este análisis se desarrolló con el fin de identificar la presencia de telecolecciones, a partir de la determinación de periodos mínimo y máximo de rezago que caracterizan el efecto del fenómeno ENSO en la hidroclimatología de la zona de estudio.

Tabla 22. Índices macroclimáticos seleccionados para el análisis de las teleconexiones

Índice	Nombre	Fuente
BEST	Bivariate ENSO Timeseries	https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/censo.data
EP/NP	East Pacific/North Pacific Oscillation	https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/epo.data
MEI	Multivariate ENSO Index	https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/mei.data
NAO	North Atlantic Oscillation	https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/nao.data
NINO 1+2	Extreme Eastern Tropical Pacific SST	https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/nina1.data
NINO 3	Eastern Tropical Pacific SST	https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/nina3.data
NINO 3.4	East Central Tropical Pacific SST	https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/nina34.data
NINO 4	Central Tropical Pacific SST	https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/nina4.data
ONI	Oceanic Nino Index	https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/oni.data
PDO	Pacific Decadal Oscillation	https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/pdo.data
QBO	Quasi-Biennial Oscillation	https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/qbo.data
SOI	Southern Oscillation Index	https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/soi.data
NPGO	North Pacific Gyre Oscillation	http://www.ocean3d.org/npgo/npgo.php
DMI	Dipole Mode Index	https://www.esrl.noaa.gov/psd/gcos_wgsp/Timeseries/Data/dmi.long.data
WeMO	Western Mediterranean Oscillation	http://www.ub.edu/gc/documents/Web_WeMOi.txt
AO	Arctic Oscillation	https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/ao.data
EA (1)	East Atlantic	ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/wd52dg/data/indices/ea_index.tim
EAWR	East Atlantic Western Russian	ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/wd52dg/data/indices/eawr_index.tim
SCAND	Scandinavian	ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/wd52dg/data/indices/scand_index.tim
AMOU	Atlantic Multidecadal Oscillation Unsmoothed	https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/amon.us.data
AMOs	Smoothed	https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/amon.sm.data
WP	Western Pacific	https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/wp.data
PNA	Pacific North American	https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/pna.data
MOIa	Mediterranean Oscillation Index Algiers y Cairo	https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/moi/moac.dat
MOIi	Israel y Gibraltar	https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/moi/moig.dat
EMI	El nino Modoki Index	http://www.jamstec.go.jp/frgc/research/d1/iod/DATA/emi.monthly.txt
NTA	North Tropical Atlantic Index	https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/NTA_ersst.data
EA (2)	Equatorial Atlantic Index	https://www.esrl.noaa.gov/psd/forecasts/sstlim/global/indices_global
STA	South Tropical Atlantic Index	https://www.esrl.noaa.gov/psd/forecasts/sstlim/global/indices_global
CAR	Caribbean Index	https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/CAR_ersst.data

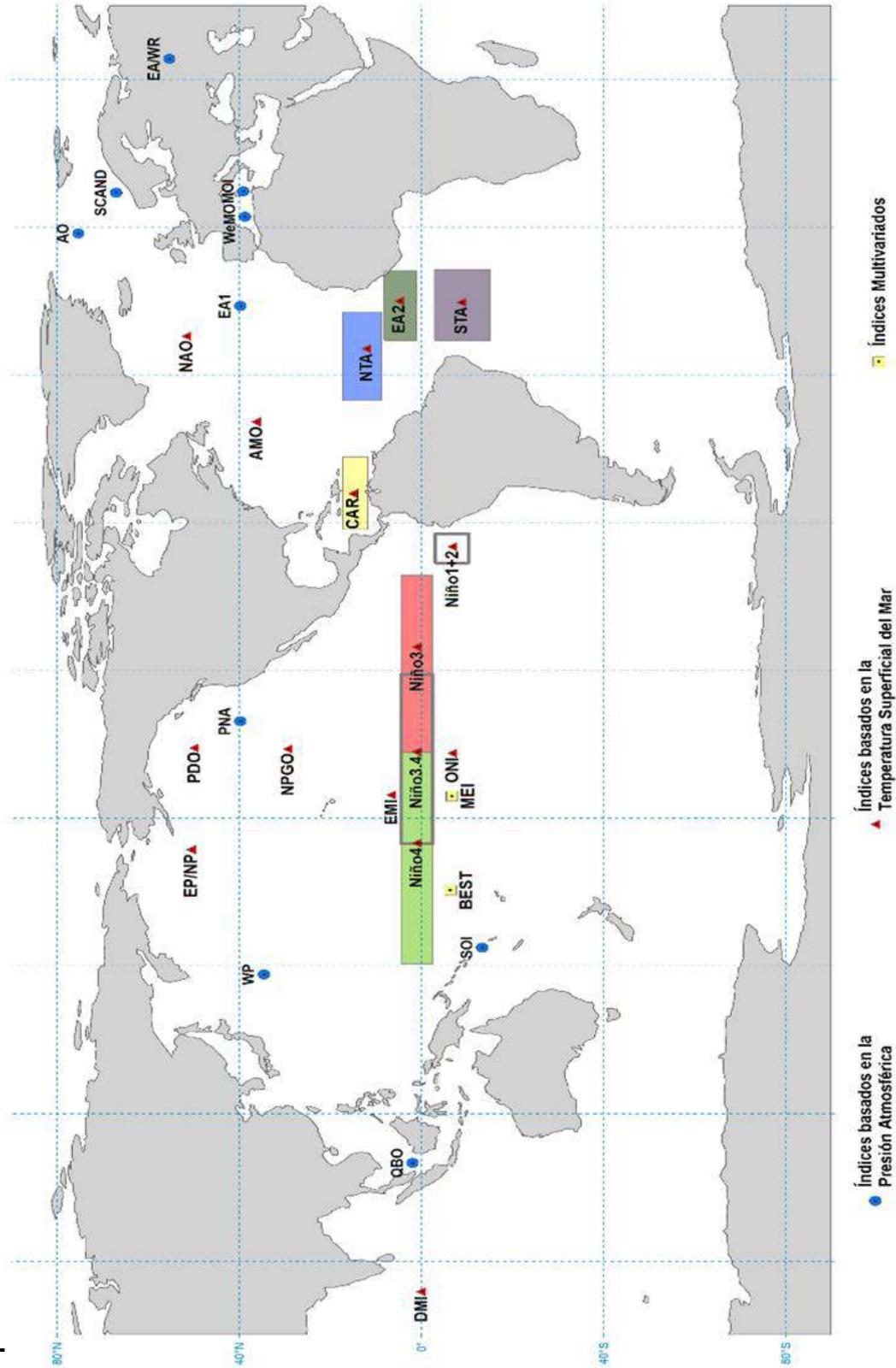


Figura 9. Localización espacial de los índices macroclimáticos bajo el análisis de teleconexiones

1. 6. 2. 2 Análisis de correlaciones

Dado el volumen de información generado, los resultados se resumen en el Anexo 3 para cada estación meteorológica, a continuación, se presenta una síntesis de los principales hallazgos, los cuales deberían ser tenidos en cuenta para la formulación de modelos de pronóstico hidroclimático en jurisdicción de la CRQ.

Las correlaciones más altas entre los índices macroclimáticos y la temperatura media en las estaciones estudiadas se presentan en los meses de agosto y diciembre, con valores en el rango entre 0.6 y 0.8, con rezagos entre 0 y 2 meses para el caso del mes de agosto, y rezagos entre 3 y 5 meses para diciembre. En ambos casos coincide la mayor correlación con los índices Niño 3, Niño 3.4, y MEI en dirección NS, es decir, al norte del departamento hay mayor teleconexión con Niño 3, en el centro del departamento con Niño 3.4, y al sur con MEI.

Un comportamiento similar se observa en los meses de enero, febrero y marzo, con rezagos de las máximas correlaciones entre 2 y 5 meses para enero, 1 y 2 meses para febrero y 1 y 7 meses para marzo. En los meses restantes las correlaciones máximas son mucho menores, del orden de 0.3 a 0.5, y ocurren con rezagos entre 1 y 2 meses, en casos aislados se encuentran rezagos de 8 y 7 meses.

Los meses de agosto y diciembre son los que presentan mayores correlaciones entre la precipitación y los índices macroclimáticos, con valores entre 0.49 y 0.73 para BEST, Niño 3, Niño 3.4, Niño 4 y ONI. La variabilidad de la precipitación en la zona de alta montaña se asocia mejor con Niño 3 y Niño 3.4, mientras que la zona de piedemonte y abanico se relacionan mejor con el BEST. Los rezagos asociados a las máximas correlaciones en agosto se encuentran en el rango entre 0 y 3 meses. Para el mes de diciembre, estos rezagos se encuentran entre 0 y 3 meses (a excepción de dos estaciones con rezagos de 5 y 7 meses).

La asociación entre los índices y la precipitación se debilita progresivamente a medida que transcurren los meses desde diciembre a mayo, el cual es el mes en el que se presenta la máxima correlación más baja, con valores entre 0.35 y 0.55 (a excepción de una estación con correlación de 0.65). Los meses de

junio y julio presentan una distribución de las máximas correlaciones similar a la encontrada para el mes de mayo. De septiembre a noviembre se mantienen igualmente bajas, en comparación a las encontradas para agosto y diciembre.

Los anteriores resultados destacan la sensibilidad de los sistemas hidrológicos del departamento del Quindío al impacto de cambios en el patrón de variabilidad climática global, especialmente en los meses que presentan las condiciones más extremas, periodo seco en agosto y periodo húmedo en diciembre.

Estos resultados comprueban que el impacto de la variabilidad macroclimática sobre la variabilidad de la precipitación y temperatura es diferencial en términos espaciales y temporales, ya que el relieve ejerce un control sistemático en la relación y mes a mes cambia el efecto de un índice determinado. Las mayores correlaciones del BEST y la precipitación en el mes de agosto se dan en la zona medial y distal del abanico del Quindío y hacia el valle del río la Vieja, y con rezagos de 2 meses (Figura 10). En contraste, las mayores correlaciones del BEST y la precipitación para el mes de diciembre se presentan hacia el noreste y suroeste del departamento, y con un rezago de 3 meses (Figura 10).

El índice NINO 3 tiene una alta correlación con la precipitación para el mes de diciembre en la parte media-alta de la unidad hidrográfica del río Quindío, la parte alta de la cuenca del río Roble, y la parte media-alta de la unidad hidrográfica del río Barragán, con valores entre 0.71 y 0.51 para rezagos entre 0 y 3 meses (Figura 11). Este índice tiene las correlaciones más bajas hacia el centro y oeste del departamento del Quindío en el mismo mes. Así mismo, no se registran asociaciones relevantes entre NINO 3 y la precipitación en el mes de agosto (Figura 11).

La relación de la precipitación con el ONI es alta hacia el norte y sur del departamento del Quindío para rezago de 3 meses en el mes de agosto (Figura 12), pero el ONI no registra altas correlaciones en el mes de diciembre (Figura 12).

Estos resultados permiten afirmar que, para el desarrollo de un modelo predictivo de series temporales de precipitación mensual o trimestral del mes de agosto, sería importante considerar el índice BEST para estaciones meteorológicas de la zona media del departamento y simultáneamente el ONI para las

estaciones ubicadas hacia el norte y sur. Mientras que, en el mes de diciembre, es preferible usar NINO 3.

En conclusión, es recomendable que la CRQ implemente modelos predictivos de eventos climáticos de sequías incluyendo índices macroclimáticos como variables predictivas, para evaluar de manera anticipada (con anticipación de 2 o 3 meses) la posible severidad, magnitud y duración de estos eventos, con el fin de implementar acciones de contingencia.

Figura 10. Representación espacial de la correlación cruzada de Pearson entre el índice BEST y la precipitación en el departamento del Quindío (1985–2015) con rezagos de 0 a 3 meses. La línea azul delimita la Unidad Hidrográfica del río La Vieja, y la línea negra el límite departamental. Las cuatro (4) sub-figuras de la izquierda corresponden al mes de agosto y las cuatro (4) sub-figuras de la derecha al mes de diciembre

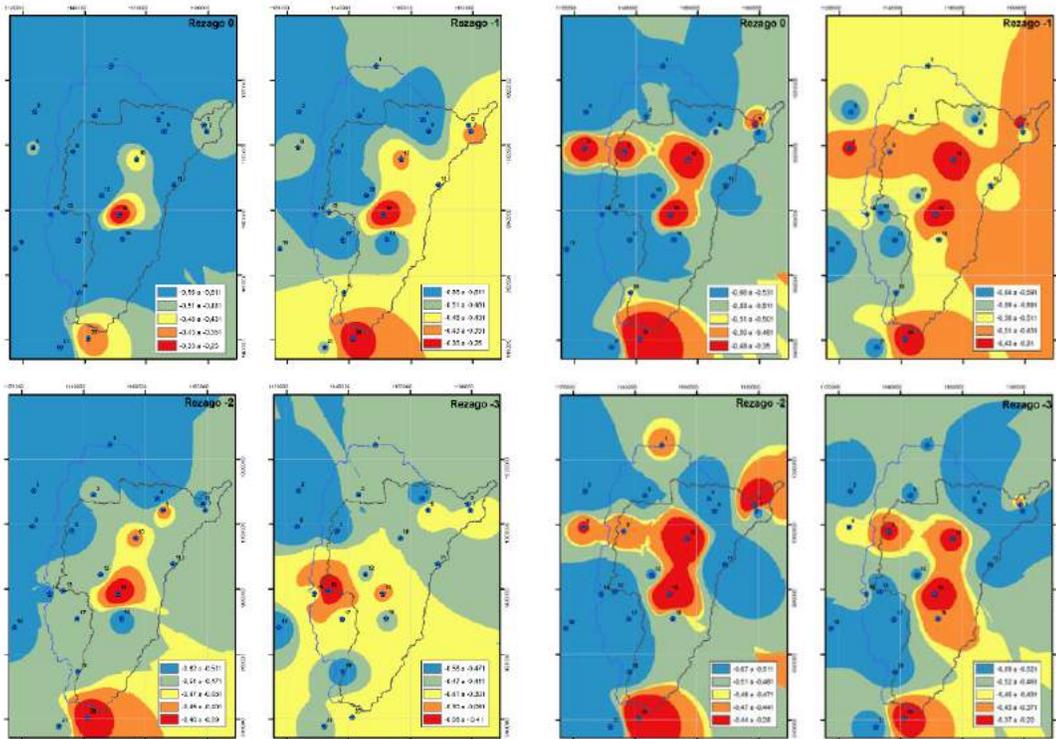


Figura 11. Representación espacial de la correlación cruzada de Pearson entre el índice NINO 3 y la precipitación en el departamento del Quindío (1985–2015) con rezagos de 0 a 3 meses. La línea azul delimita la Unidad Hidrográfica del río La Vieja, y la línea negra el límite departamental. Las cuatro (4) sub-figuras de la izquierda corresponden al mes de agosto y las cuatro (4) sub-figuras de la derecha al mes de diciembre

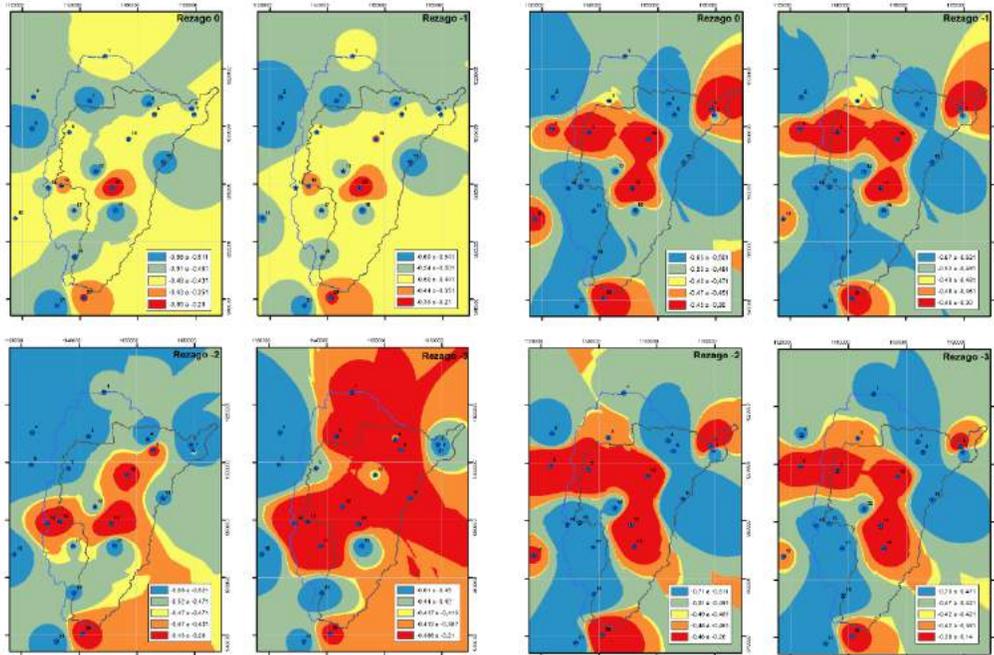
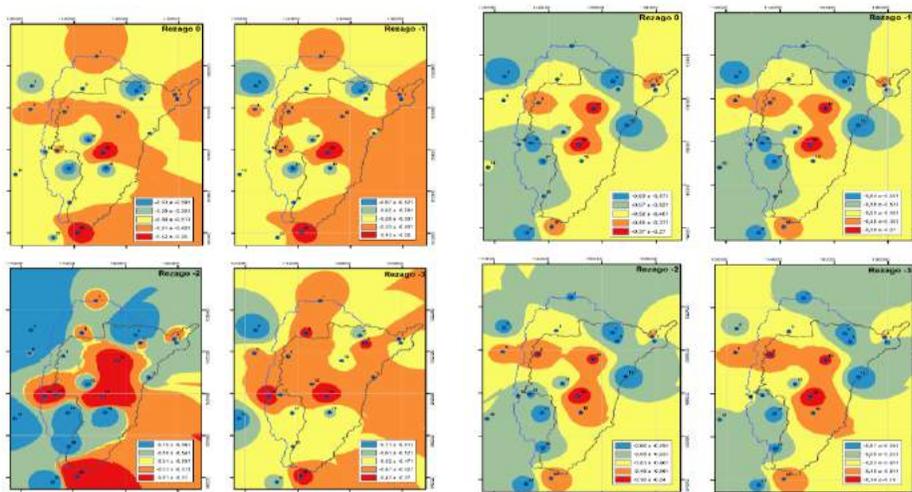


Figura 12. Representación espacial de la correlación cruzada de Pearson entre el índice ONI y la precipitación en el departamento del Quindío (1985–2015) con rezagos de 0 a 3 meses. La línea azul delimita la Unidad Hidrográfica del río La Vieja, y la línea negra el límite departamental. Las cuatro (4) sub-figuras de la izquierda corresponden al mes de agosto y las cuatro (4) sub-figuras de la derecha al mes de diciembre



1.6.3 Variabilidad y Análisis de Tendencia

1. 6. 3. 1 Variabilidad de la precipitación

Para determinar distribución espacial de la precipitación en el departamento del Quindío se implementó el método de la distancia inversa al cuadrado, el cual es adecuado para representar la distribución espacial y temporal de las lluvias en casos de baja densidad en la red de estaciones. El procedimiento se aplicó tal como indican Guerrero *et al.*, (2008) y Peña *et al.*, (2014), y se cita textualmente a continuación: El método consiste en determinar los pesos (importancia medida en área de influencia) de cada estación meteorológica ubicada en la cuenca. Una estación que se encuentre en el centroide de la cuenca tendrá un peso de 1 y según el inverso de su distancia al cuadrado con respecto al centroide se asignará el peso de las demás estaciones meteorológicas, de acuerdo a la ecuación (HEC, 2000):

$$W_x = \frac{\frac{1}{d_x^2}}{\frac{1}{d_x^2} + \frac{1}{d_y^2} + \frac{1}{d_z^2}}$$

Donde W_x : es el peso para la estación x . Los términos d_x , d_y , d_z : corresponden a la distancia de las estaciones x , y , z con respecto al centroide. De manera que calculados los pesos o influencias de las estaciones se determinó la precipitación en el nodo P_n , en función del tiempo como se describe en la ecuación:

$$P_n(t) = W_x P_x(t) + W_y P_y(t) + W_z P_z(t)$$

Finalmente, se trazaron líneas que unen puntos con igual precipitación, según los registros de cada estación meteorológica. El resultado obtenido son las isólinas las cuales representan la tendencia de las lluvias y regiones con igual cantidad de ocurrencia de lluvias. La precipitación media de cada cuenca se determinó mediante la aplicación de la ecuación:

$$P_m = \frac{\sum W_n P_n(t)}{\sum W_n}$$

Donde, P_m corresponde a la precipitación media de la cuenca; W_n es el peso asignado al nodo y el término P_n es la precipitación en el nodo. La generación de las isoyetas, mediante la aplicación del método del inverso de la distancia al cuadrado (Figura 14), se logró mediante la utilización de un Sistema de Información Geográfico (SIG). Una vez descrito el comportamiento de las precipitaciones diarias en la zona de estudio, se encontró que el óptimo pluviográfico se encuentra entre los 2500 y 1800 m.s.n.m (Figura 14). La distribución mensual de la lluvia en la zona de estudio es de tipo bimodal, con la ocurrencia de dos periodos húmedos (marzo–mayo y octubre–diciembre) y dos periodos con menor ocurrencia de lluvias (enero–febrero y junio–septiembre) (Figura 13). Los valores medios mensuales de lluvia llegan hasta 451.36 mm en octubre, los valores más bajos se registran en 60.0 mm en el mes de agosto.

Figura 13. Distribución temporal mensual de la precipitación en la zona de estudio

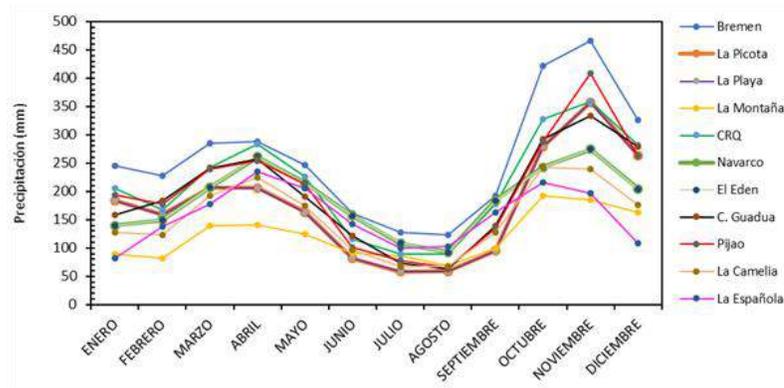
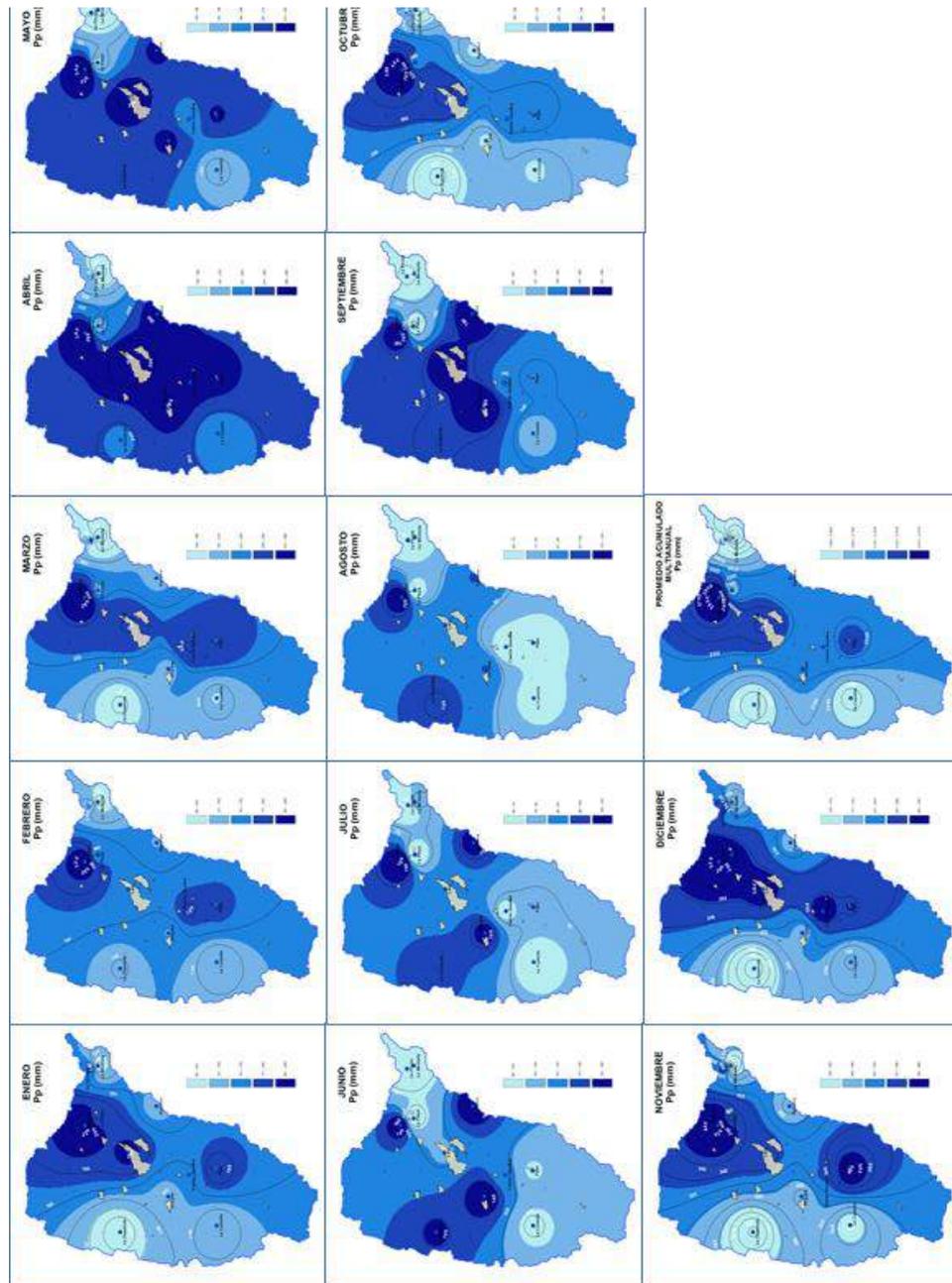


Figura 14. Distribución espacial de la precipitación en la zona de estudio



1. 6. 3. 2 Variabilidad de la temperatura

En la zona de estudio se presenta una temperatura media anual 18.8 °C que corresponden al rango de elevaciones entre los 1053 y 4799 m.s.n.m, a nivel mensual no hay variaciones significativas, pero si se identifica una variación con la elevación (Figura 15, Tabla 1). La temperatura media es inversamente proporcional con la altura y su escalamiento y relación con la evapotranspiración potencial, coinciden con lo reportado por Poveda et al. (2007a). Con dicha

relación fue posible determinar la temperatura en los puntos pluviométricos en donde no se disponía de series de temperatura.

Figura 15. Comportamiento diario y mensual de la temperatura en la zona de estudio

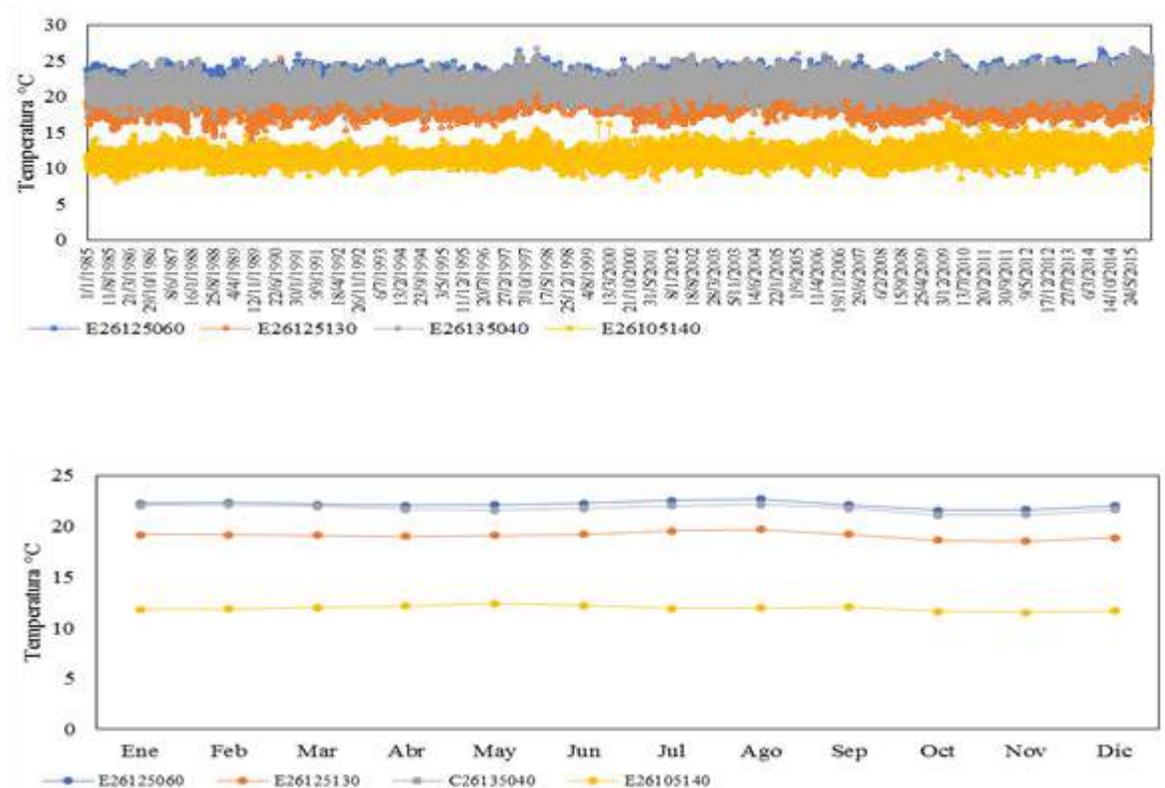


Tabla 23. Temperatura media en la zona de estudio

Estación	Estadístico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
El Edén E26125060	Media	22.3	22.4	22.2	22.0	22.1	22.3	22.6	22.7	22.1	21.6	21.6	22.0	22.2
	Desv. Std.	0.8	0.8	0.7	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.6	0.4
	Coef. Desv	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Varianza	0.7	0.7	0.4	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.2	0.3	0.4	0.2
	Kurtosis	-0.6	-0.1	0.1	-0.7	-0.2	-0.3	0.6	-0.2	1.0	-0.5	-0.2	0.6	1.2
Cumbarco E26125130	Media	19.16	19.16	19.09	19.02	19.09	19.20	19.53	19.70	19.23	18.61	18.51	18.84	19.12
	Desv. Std.	0.73	0.64	0.64	0.58	0.47	0.71	0.68	0.76	0.90	0.66	0.65	0.76	0.40
	Coef. Desv	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.03	0.04	0.05	0.04	0.03	0.04	0.02
	Varianza	0.54	0.41	0.41	0.34	0.22	0.50	0.46	0.57	0.81	0.44	0.42	0.58	0.16
Matecaña C26135040	Media	22.0	22.1	22.0	21.7	21.6	21.8	22.0	22.2	21.8	21.1	21.2	21.6	21.8
	Desv. Std.	0.9	0.9	0.7	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	0.5	0.5	0.7	0.4
	Coef. Desv	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Varianza	0.8	0.8	0.5	0.2	0.2	0.4	0.5	0.6	0.6	0.3	0.3	0.4	0.2

Barregán E26105140	Kurtosis	0.1	-0.7	-0.3	-1.3	-0.4	2.6	-0.2	0.6	0.6	-0.1	-0.8	0.9	1.0	
	Media	11.8	11.8	12.0	12.2	12.4	12.2	11.9	11.9	12.0	11.6	11.5	11.7	11.9	
	Desv. Std.	0.8	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.8	0.4
	Coef. Desv	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
	Varianza	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3	0.2	0.6	0.2
	Kurtosis	-0.5	3.3	1.0	-0.3	-1.0	-0.7	-0.5	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	0.5	2.1	-0.6

1. 6. 3. 3 Variabilidad de los caudales líquidos

De acuerdo con los registros de la CRQ, solo se dispone de series históricas de caudales diarios en los ríos Quindío, Roble, Santo Domingo, Río Verde, Río Lejos y Río Gris (Tabla 24, Figura 16). Según los registros históricos, el caudal medio mensual se distribuye de forma bimodal siguiendo el patrón de distribución de la lluvia mensual (Tabla 23). Lo cual es una referencia aproximada del tiempo de residencia promedio del agua en este sistema hidrológico.

Tabla 24. Estaciones hidrométricas utilizadas en este estudio

COD.	NOMBRE	FECHA INST	X Magna O	Y Magna O	Elevación
L1	Calle Larga	20/04/1987	1147524,364	980666,005	1110
L10	San Juan	20/04/1987	1142341,654	956816,562	1469
L4	La Española	15/01/1972	1134656,98	998281,4325	985
L7	Centro Guadua	09/06/1987	1151132,624	978543,4616	1174
L6	La Bella	17/04/1987	1154019,786	984094,1388	1244
L9	Río Lejos	28/06/1995	1144642,443	967082,1602	1204

Figura 16. Comportamiento de los caudales registrados por corriente hídrica

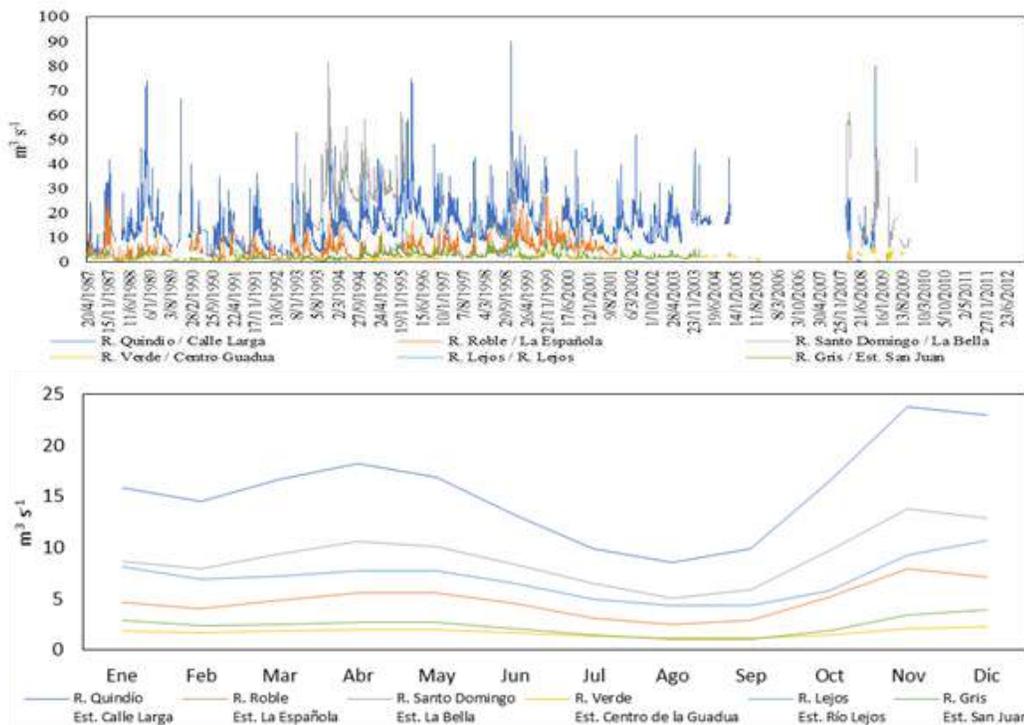


Tabla 25. Caudales registrados en las corrientes ubicadas en la zona de estudio en m3/s

Corriente	Estadístico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
R. Quindío Est. Calle Larga	Min	7.111	8.259	7.449	6.414	5.130	3.978	3.437	3.629	4.021	6.013	12.582	9.910	8.897
	Media	15.832	14.466	16.623	18.210	16.854	13.139	9.876	8.502	9.840	16.413	23.734	22.906	15.377
	Max	30.839	26.573	30.684	38.439	30.326	23.315	15.480	13.159	20.827	33.401	42.306	51.087	27.293
	Varianza	33.1	27.4	35.7	47.2	35.1	20.2	8.1	5.5	15.0	30.4	66.3	71.8	15.3
	Dsv Std	5.8	5.2	6.0	6.9	5.9	4.5	2.9	2.4	3.9	5.5	8.1	8.5	3.9
	Coef. Desv.	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3
	Kurtosis	0.1	-0.1	0.4	1.9	0.4	-0.1	0.3	-0.4	1.1	2.4	-0.2	3.5	2.2
R. Roble Est. La Española	Min	2.176	1.813	1.684	1.590	1.647	1.465	1.256	1.106	0.991	0.904	2.814	3.358	1.842
	Media	4.622	4.048	4.895	5.562	5.585	4.572	3.131	2.497	2.935	5.210	7.961	7.114	4.789
	Max	8.071	8.457	9.900	11.325	10.165	8.405	5.244	4.652	7.114	14.437	17.650	12.562	8.111
	Varianza	2.6	3.0	5.1	4.7	3.9	2.8	1.2	0.7	2.5	6.0	13.6	7.9	1.8
	Dsv Std	1.6	1.7	2.3	2.2	2.0	1.7	1.1	0.9	1.6	2.5	3.7	2.8	1.3
	Coef. Desv.	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3
	Kurtosis	-0.6	0.4	-0.1	0.3	0.8	0.4	-0.9	0.3	1.0	6.3	0.5	-0.7	0.6
R. Santo Domingo Est. La Bella	Min	3.351	3.426	3.259	4.931	4.214	4.611	3.579	2.813	3.100	5.153	8.051	7.590	6.121
	Media	8.621	7.938	9.414	10.650	10.140	8.369	6.509	5.086	5.831	9.675	13.756	12.813	8.954
	Max	16.646	13.945	16.340	20.244	19.696	16.418	14.333	8.870	9.957	16.411	20.263	22.973	14.291
	Varianza	9.7	10.2	12.2	13.1	9.4	6.1	4.3	2.0	3.3	6.7	12.4	16.2	2.6

	Dsv Std	3.1	3.2	3.5	3.6	3.1	2.5	2.1	1.4	1.8	2.6	3.5	4.0	1.6
	Coef. Desv.	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
	Kurtosis	0.5	-0.9	-0.5	0.9	2.7	2.9	6.2	0.3	-0.4	0.8	-0.8	0.3	3.3
R. Verde Est. Centro de la Guadua	Min	0.957	0.786	0.797	0.735	0.828	0.748	0.673	0.580	0.495	0.444	0.718	0.987	0.799
	Media	1.866	1.670	1.836	1.983	1.924	1.702	1.393	1.190	1.176	1.471	2.109	2.334	1.687
	Max	4.209	3.528	3.434	4.219	4.879	4.211	3.504	2.294	2.405	3.632	4.808	6.256	3.298
	Varianza	0.7	0.5	0.6	0.8	0.8	0.7	0.4	0.2	0.2	0.4	0.9	1.1	0.4
	Dsv Std	0.8	0.7	0.8	0.9	0.9	0.8	0.6	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	0.6
	Coef. Desv.	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4
	Kurtosis	2.3	0.3	-0.7	0.3	3.2	2.1	4.5	0.7	0.4	3.3	1.6	5.4	0.8
R. Lejos Est. Río Lejos	Min	3.896	3.293	3.346	0.574	0.605	0.610	0.571	0.598	0.607	0.712	4.004	3.195	2.345
	Media	8.114	6.910	7.175	7.696	7.722	6.454	4.962	4.289	4.294	5.768	9.275	10.705	6.826
	Max	14.402	11.972	12.997	18.091	19.851	12.268	9.476	6.723	7.848	12.281	20.376	25.892	13.638
	Varianza	8.9	6.5	7.0	10.5	11.7	6.8	2.7	1.6	1.9	4.7	15.8	23.1	4.1
	Dsv Std	3.0	2.6	2.6	3.2	3.4	2.6	1.7	1.2	1.4	2.2	4.0	4.8	2.0
	Coef. Desv.	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3
	Kurtosis	-0.6	-1.1	0.1	3.0	5.0	0.5	2.2	1.7	2.0	2.5	1.0	2.3	4.3
R. San Juan Est. San Juan	Min	0.711	0.701	0.531	1.115	0.821	0.639	0.651	0.399	0.433	0.806	1.342	0.795	1.194
	Media	2.874	2.392	2.489	2.742	2.687	2.105	1.419	1.022	1.092	1.919	3.429	3.951	2.304
	Max	5.645	5.022	4.906	6.311	7.451	4.508	3.318	1.960	2.309	4.826	7.446	9.288	4.900
	Varianza	1.8	1.3	1.2	1.2	1.5	1.0	0.4	0.2	0.2	0.8	2.3	4.1	0.5
	Dsv Std	1.3	1.1	1.1	1.1	1.2	1.0	0.6	0.5	0.5	0.9	1.5	2.0	0.7
	Coef. Desv.	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.3
	Kurtosis	-0.5	-0.5	-0.1	2.9	7.3	1.1	2.0	-0.5	0.1	3.0	0.2	0.4	4.7

1. 6. 3. 4 Análisis de tendencias: temperatura

Para identificar la existencia de tendencias monotónicas crecientes o decrecientes en las series anuales de precipitación, caudal y temperatura se aplicó el test de Mann-Kendall (MK) (Mann, 1945; Kendall, 1968), el cual asume como hipótesis nula la ausencia de una tendencia monotónica, y como hipótesis alternativa la presencia de una tendencia monotónica (Gilbert 1987).

El test Mann-Kendall cuya hipótesis alterna se basa en la prueba S, con una media cero se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sing}(x_i - x_j) \quad ; \quad \text{sing}(x_j - x_{jk}) = \begin{cases} +1 & \text{si } (x_i - x_j)S > 0 \\ 0 & \text{si } (x_i - x_j)S = 0 \\ -1 & \text{si } (x_i - x_j)S < 0 \end{cases}$$

donde x_j son los valores de la serie temporal y el tamaño de la serie es n . Cuando S es positivo, la serie presenta tendencia creciente. Caso contrario la tendencia es decreciente. Para el caso de series mayores de diez datos la varianza del estadístico S , se calcula como se presenta a continuación (Ramesh, 2013):

$$Var[S] = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18}$$

en donde n es el número de datos con el mismo valor y t_p es el número de grupos con valor p , siendo t la cantidad de datos con el mismo valor. Entonces, para una serie mayor de diez datos, la estandarización del test (ZMK) se calcula como describe la siguiente expresión:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & ; \text{ si } S > 0 \\ 0 & ; \text{ si } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & ; \text{ si } S < 0 \end{cases}$$

En este estudio se evaluó la tendencia de las series de temperatura, precipitación y caudal de las estaciones seleccionadas dentro de la zona de estudio. Particularmente, los registros de temperatura de la estación El Edén no presentan tendencia significativa en temperatura, mientras que las demás estaciones presentan tendencia creciente (Tabla 26), lo cual coincide con las proyecciones de cambio climático para el departamento del Quindío indicadas en la Tercera Comunicación de Cambio Climático (IDEAM et al., 2017).

Tabla 26. Análisis de tendencias temperatura zona de estudio (1985-2015)

Series	n	Test Z	Tendencia.	T	Tmin 99	Tmax 99	Tmin 95	Qmax 95	B	Bmin 99	Bmax 99	Bmin 95	Bmax 95
El Edén	31	0.38	N. Trend	0.003	0.027	0.017	0.022	0.009	22.23	22.46	21.86	22.38	22.03
Cumbarco	31	1.80	+	0.021	-0.011	0.051	0.004	0.042	18.68	19.12	18.38	19.04	18.42
Matecaña	31	2.35	+	0.020	0.002	0.047	0.003	0.041	21.41	21.68	21.03	21.61	21.11
Barragán	31	3.26	+	0.033	0.008	0.053	0.015	0.050	11.29	11.61	11.07	11.52	11.10

Según proyecciones climáticas de cambio climático (IDEAM et al., 2017) en el Quindío se espera incremento de la temperatura de 1.7 °C durante el periodo 2041–2070. De la misma manera se espera un incremento de 2.5 °C entre los años 2071–2100. Dichos incrementos tendrán un potencial efecto sobre la magnitud de la evapotranspiración y régimen de caudales en las cuencas hidrográficas.

1. 6. 3. 5 *Análisis de tendencias: precipitación*

De la misma manera que en el análisis de tendencias en temperatura, no se detectan tendencias significativas en precipitación en la estación El Edén. En la zona norte del departamento del Quindío no se detectan tendencias en la precipitación, particularmente en la zona de influencia de las estaciones Bremen, en la parte media y alta de la subcuenca del río Quindío se detectaron tendencias positivas significativa, mientras que en la parte alta de la unidad hidrográfica del río Navarco no se detectaron tendencias significativas en la serie. De igual forma, en la parte baja de la cuenca del Río Verde no se identifican tendencias en el comportamiento de la precipitación dentro de la zona de influencia de la estación Centro de la Guadua (Tabla 27).

Para las demás series de precipitación analizadas se detectó tendencia creciente en las precipitaciones, lo cual coincide con las proyecciones del IDEAM (2017) para el departamento del Quindío, en donde se esperan incrementos de la lluvia en: 24.28% en el periodo 2011–2040, 12.2% entre 2041–2071 y del 24.28% para 2071–2100. Dichos incrementos en la precipitación podrán generar efectos combinados con el incremento de la temperatura. Por lo tanto, es importante implementar modelos que conduzcan a describir el efecto del Cambio y la Variabilidad Climática sobre la disponibilidad del agua y el régimen de crecidas en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío, como contribución al conocimiento del riesgo asociado a fenómenos hidrometeorológicos.

Tabla 27. *Análisis de tendencias de precipitaciones en las estaciones seleccionadas (1987–2015)*

Series	n	Test Z	Tendencia	P	Pmin99	Pmax99	Pmin95	Pmax95	B	Bmin99	Bmax99	Bmin95	Bmax95
<i>Bremen</i>	29	1.50	N. Trend	37.725	– 16.682	92.698	– 8.935	75.199	2496.09	3269.08	1928.58	3198.94	2101.62
<i>Picota</i>	29	2.20	+	19.571	– 2.648	46.674	1.995	40.718	1131.31	1391.17	914.41	1322.13	951.25
<i>La Playa</i>	29	2.25	+	27.283	–3.155	64.513	4.358	52.191	1600.61	2052.75	1251.90	1917.51	1418.35

<i>La Montaña</i>	29	2.29	+	22.317	- 2.859	49.418	2.894	40.638	1139.00	1473.57	908.39	1370.00	972.02
<i>CRQ</i>	29	2.47	+	36.600	- 2.208	73.563	11.468	65.111	1935.90	2454.29	1616.87	2247.14	1686.65
<i>Navarco</i>	29	1.10	N. Trend	15.400	- 17.794	50.888	- 10.290	43.449	1734.90	2136.22	1198.25	1997.69	1283.37
<i>Apto El Edén</i>	29	1.54	N. Trend	20.422	- 12.351	55.025	-1.634	47.443	2039.35	2370.42	1545.72	2219.16	1652.29
<i>Centro Guadua</i>	29	1.37	N. Trend	13.038	- 8.445	46.926	-3.116	39.189	2090.14	2292.06	1814.18	2226.02	1876.92
<i>Pijao [26120170]</i>	29	1.98	+	27.091	- 12.914	70.300	0.595	57.398	1995.82	2456.03	1588.09	2350.82	1650.00
<i>La Camelia [26120120]</i>	29	2.16	+	24.292	- 2.824	56.989	1.885	47.532	1494.76	1793.48	1165.51	1718.1	1328.51
<i>La Española</i>	29	2.16	+	24.292	- 2.824	56.989	1.885	47.532	1494.8	1793.48	1165.51	1718.1	1328.51

1. 6. 3. 6 Análisis de tendencias de caudal

Para la detección de tendencias en las series de caudales máximos y medios de las estaciones limnigráficas ubicadas dentro de la zona de estudio, se aplicó la metodología presentada en la sección 1. 6. 3. 4.

Inicialmente se analizaron las series de caudales medios, y se identificó tendencia creciente en los registros de las estaciones Calle Larga, La Española y Centro de la Guadua, las cuales corresponden al monitoreo de los ríos Quindío, Roble y Verde respectivamente (Tabla 28). Sin embargo, no se detectó tendencia en la estación San Juan (Río San Juan, Génova).

Tabla 28. Análisis de tendencias de caudales medios (1987-2001/2004/2006)

Series	n	Test Z	Tendencia.	Q	Qmin 99	Qmax 99	Qmin 95	Qmax 95	B	Bmin 99	Bmax 99	Bmin 95	Bmax 95
Calle Larga	18	3.56	+	1.087	0.103	1.861	0.178	1.653	-1.76	1.20	-7.65	1.12	-6.71
La Española	15	2.18	+	0.164	- 0.055	0.455	0.025	0.348	3.25	4.75	1.69	4.27	2.17
C. Guadua	20	3.28	+	0.073	0.025	0.111	0.041	0.101	0.98	1.40	0.64	1.32	0.74
San Juan	18	1.14	N. Trend	0.054	- 0.079	0.189	- 0.052	0.127	1.91	2.91	0.69	2.62	1.42

En el régimen de caudales máximos, no se identifican tendencias en los caudales registrados en los ríos Quindío, Roble y San Juan. Sin embargo, se detectó tendencia creciente en el Río Verde. En este sentido, en la estación Centro de la Guadua no se identificó tendencia en el comportamiento de la precipitación, de manera que probablemente dicho comportamiento tenga potencial

relación con un cambio en el régimen de precipitación en la parte alta de la subcuenca del río Verde (la cual no está siendo monitoreada en la actualidad), o cambios en el uso del suelo u otras variables que no se relacionan con la variabilidad climática (Tabla 29).

Tabla 29. Análisis de tendencias de caudales máximos (1987-2001/2004/2006)

Series	n	Test Z	Tendencia.	Q	Qmin 99	Qmax 99	Qmin 95	Qmax 95	B	Bmin 99	Bmax 99	Bmin 95	Bmax 95		
Calle Larga	18	-0.15	N. Trend	-0.100	-	2.287	1.245	-1.800	0.881	47.81	71.44	36.50	67.54	39.38	
La Española	15	0.00	N. Trend	-	0.084	-1.219	1.116	-	0.862	0.849	17.52	26.25	9.04	22.69	10.10
C. Guadua	18	2.42	+	0.059	-	0.005	0.103	0.015	0.092	1.08	1.53	0.72	1.42	0.78	
San Juan	18	1.14	N. Trend	0.054	-	0.079	0.189	-	0.127	1.91	2.91	0.69	2.62	1.42	

Finalmente, se analizó la tendencia de los caudales mínimos y se identificó tendencia creciente para los ríos Quindío, Roble, Centro de la Guadua y San Juan (Tabla 30). Por lo tanto, este comportamiento podría estar relacionado con la tendencia creciente en la precipitación. Sin embargo, esto requiere un análisis específico, el cual puede ser objeto de futuras investigaciones en la zona de estudio.

Tabla 30. Análisis de tendencias de caudales mínimos (1987-2001/2004/2006)

Time series	n	Test Z	Tendencia	Q	Qmin9 9	Qmax9 9	Qmin9 5	Qmax9 5	B	Bmin9 9	Bmax99	Bmin9 5	Bmax95	
CalleLarga	18	2.42	+	0.39 9	-	0.039	0.831	0.103	0.731	3.76	8.01	-0.37	6.22	0.58
LaEspañola	15	2.18	+	0.147	-	0.058	0.247	0.048	0.222	0.3 0	2.35	-0.34	1.20	-0.10
C.Guadua	19	1.79	+	0.05 0	-	0.022	0.097	-	0.077	0.4 8	0.97	0.07	0.87	0.30
SanJuan	18	2.05	+	0.05 7	-	0.024	0.127	0.008	0.105	0.3 3	1.25	-0.29	0.82	-0.07

1.7 Oferta Hídrica de Unidades Hidrográficas y Microcuencas Abastecedoras

En la sección 1.6 se cuantificó la importancia de la relación entre la hidroclimatología de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío con

fenómenos macroclimáticos, específicamente se encontró una asociación significativa con índices macroclimáticos del ENSO. Esto implica definir la oferta media mensual en función de las tres fases de este fenómeno, por lo que se establecieron tres condiciones hidrológicas: Año medio, Año Seco y Año húmedo. El año medio corresponde a los caudales medios multianuales a nivel mensual, el año seco corresponde al episodio histórico de la fase cálida del ENSO más severo del que se tiene registro (Año hidrológico 2015/2016), y el año húmedo fue definido como un episodio extremo de la fase fría del ENSO (Año hidrológico 2010/2011). Las subsecciones 1. 7. 1. 1 a 1. 7. 1. 43 presentan los valores mensuales de oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) en las tres condiciones hidrológicas, para cada unidad hidrográfica analizada, y cada microcuenca abastecedora, definidas en la Tabla 3.

1.7.1 Oferta Hídrica Total Superficial y Disponible en Unidades Hidrográficas y Microcuencas Abastecedoras de Acueductos

La oferta hídrica total disponible se define como el resultado de sustraer el caudal ambiental a la oferta hídrica total superficial, esta última se obtuvo mediante simulaciones de caudales diarios en el periodo 1985 a 2017 a partir de la modelación hidrológica implementada en las unidades hidrográficas y microcuencas abastecedoras (sección 1.5).

En concordancia con el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2014), el caudal ambiental se define como el volumen de agua que garantizaría el uso para el funcionamiento y sostenimiento de los ecosistemas y la disponibilidad de un volumen de agua mínimo para usuarios dependientes de las fuentes hídricas asociadas a estos ecosistemas.

En Colombia se han alcanzado avances en el proceso de conceptualización del régimen de caudal ambiental; sin embargo, la aplicación de metodologías holísticas e integradoras requieren información de línea base que aún no está disponible en la mayoría de los casos, por ejemplo: (i) Definición de especies sensibles y curvas de preferencia de hábitat, (ii) límites de tolerancia de pérdida de hábitat de especies sensibles, (iii) efecto de la variabilidad hidroclimática en la disponibilidad de hábitat. Por ello, persiste el enfoque hidrológico en la normativa y en los instrumentos de evaluación y seguimiento al recurso hídrico.

Con el fin de mantener una coherencia metodológica, en la Evaluación Regional del Agua del Quindío se aplicó la metodología de estimación del caudal ambiental desarrollada en el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2014), este procedimiento es más restrictivo que la metodología propuesta en la resolución 865 de 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. En consecuencia, el caudal ambiental (CA) se estableció como el caudal característico Q85 de la curva de duración de caudales diarios, en cuencas y microcuencas con índice de regulación hídrica (IRH) mayor o igual a 0.70. Para unidades hidrográficas con IRH menor a 0.70, el caudal ambiental se definió como el caudal característico Q75 de la curva de duración de caudales diarios.

En la condición hidrológica de año medio, las unidades hidrográficas de los ríos Quindío, Santo Domingo, Verde y Quebrada la Picota, tienen rendimientos hídricos (RH) promedio mensual del orden de 23 l/s/km²; las unidades hidrográficas de los ríos Roble, Espejo, y Quebrada Buenavista tienen valores de rendimiento promedio más altos (del orden de 26 l/s/km²). Las unidades hidrográficas de los ríos Lejos, San Juan, y Rojo tienen los rendimientos hídricos más altos, del orden de 27 l/s/km², mientras que la Quebrada Cristales presenta el rendimiento hídrico promedio más bajo (10.23 l/s/km²). Los valores mínimos mensuales del rendimiento hídrico se reducen a valores entre 8.4 y 21.7 l/s/km² en las unidades hidrográficas estudiadas, y los máximos mensuales en promedio llegan a 35.64 l/s/km² y un valor modal de 44.2 l/s/km².

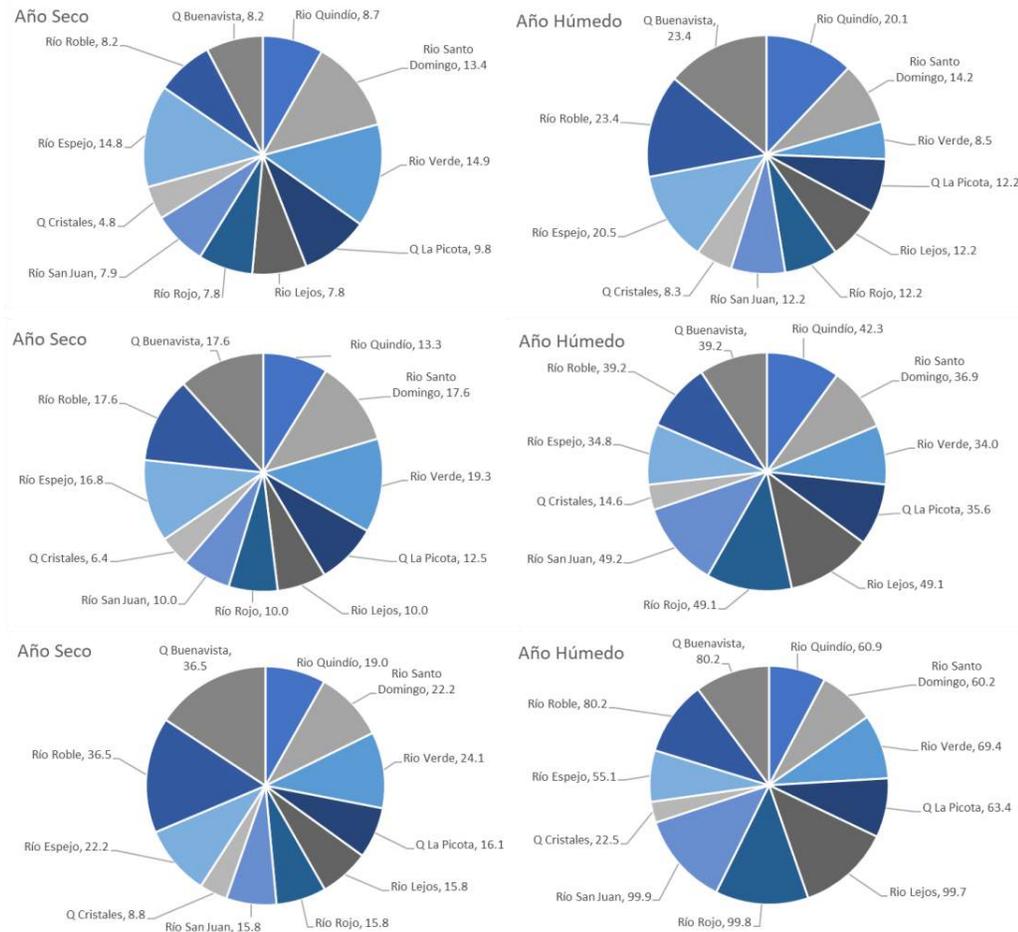
En la condición hidrológica de año seco de referencia (2015/2016), el rendimiento hídrico medio se reduce notablemente en comparación a la CH de año medio, ya que, hay una reducción promedia mensual de 10.3 l/s/km² en todo el departamento. En la Unidad de Manejo de Cuenca (UMC) del río Quindío, las unidades hidrográficas que presentan mayor reducción del rendimiento hídrico son las del Río Quindío y Quebrada la Picota (RH promedio de año seco de 13.3 y 12.5 l/s/km², respectivamente), mientras que la reducción es menor para las UH de los ríos Santo Domingo y Verde (RH promedio de año seco de 17.6 y 19.3 l/s/km², respectivamente). En esta UMC, los rendimientos máximos medios mensuales en año seco son de 19.02, 22.2, 24.1 y 16.1 l/s/km² para las UH de los ríos Quindío, Santo Domingo, Verde y Quebrada la Picota, y los mínimos medios mensuales son de 8.7, 13.4, 14.8 y 9.8 l/s/km², respectivamente.

La reducción de los rendimientos hídricos mensuales es similar para las UH del río Roble, río Espejo y Quebrada Buenavista (RH promedio de año seco de 16.8, 17.6, y 17.6 l/s/km², respectivamente). La mayor reducción en el rendimiento hídrico medio mensual ocurre en las UH de los ríos Lejos, Rojo y San Juan, cuyos valores para año seco son de 10.00, 10.02 y 10.03 l/s/km².

Los porcentajes de reducción del rendimiento hídrico promedio mensual entre año medio y año seco indican que las unidades hidrográficas de los ríos Quindío, Lejos, Rojo y San Juan son las más susceptibles a la alteración de la producción de escurrimiento con la fase cálida del fenómeno ENSO, ya que sus rendimientos hídricos (entre 10 y 13 l/s/km²) se reducen más que en el resto de unidades hidrográficas en año seco, en las cuales rondan los 17 a 19 l/s/km². Sin embargo, las unidades hidrográficas del río Roble y Quebrada Buenavista experimentan un alto descenso del rendimiento hídrico mínimo mensual en dicha condición hidrológica, que alcanza valores de 8.2 l/s/km² (Figura 17).

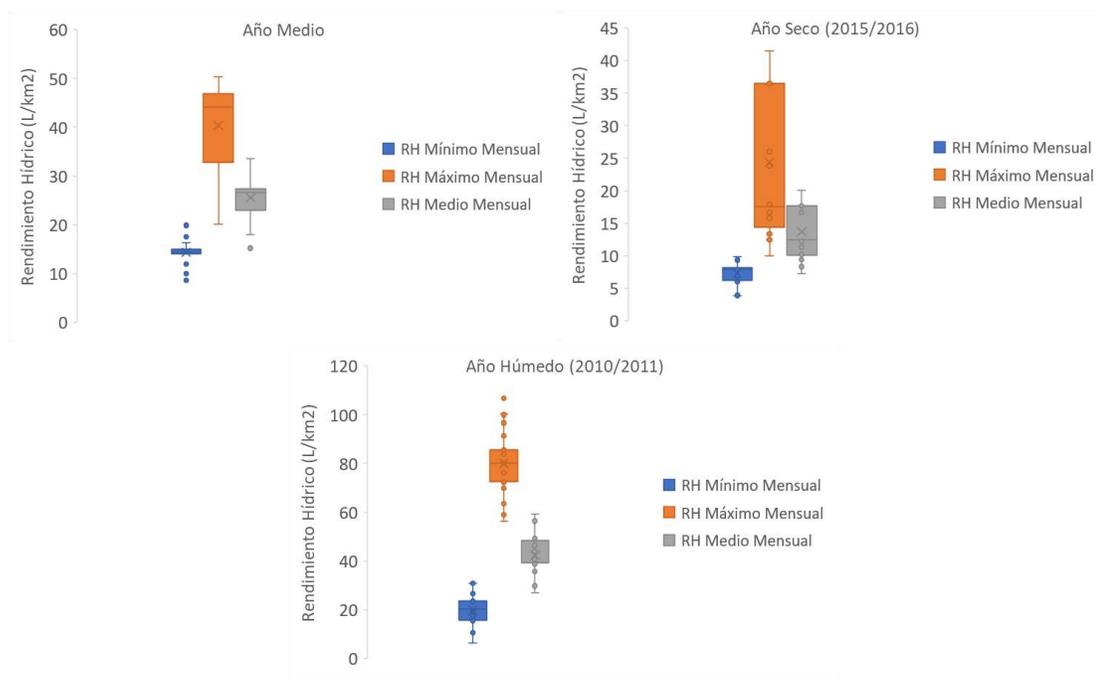
En la condición de año húmedo, las unidades hidrográficas que presentan mayores rangos de variación entre el rendimiento hídrico mínimo y máximo mensual son las del río Roble, río Lejos, río Rojo, río San Juan, Quebrada Buenavista y río Verde (Figura 17).

Figura 17. Rendimiento hídrico (l/s/km²) mínimo, máximo y medio mensual en las unidades hidrográficas del Quindío (Izquierda: año seco 2015/2016, Derecha: año húmedo 2010/2011)



En la condición hidrológica de año medio, las microcuencas y cuencas abastecedoras de acueductos tienen un rendimiento hídrico mensual promedio de 25.5 l/s/km² (Figura 18), con una variación intranual definida por el periodo más seco en julio-agosto-septiembre, y el más húmedo en noviembre-diciembre. El valor mínimo promedio de rendimiento hídrico mensual es de 14.3 l/s/km² y el máximo promedio mensual de 40.39 l/s/km². Para el caso del año seco de referencia, su rendimiento hídrico mensual promedio se reduce a 13.69 l/s/km² (Figura 18), con valores mínimos y máximos mensuales de 7.29 y 24.35 l/s/km². En el año húmedo, el rendimiento hídrico promedio mensual es de 42.36 l/s/km², y valores mínimos y máximos mensuales promedio de 19.7 y 79.97 l/s/km².

Figura 18. Diagramas de cajas de la distribución del rendimiento hídrico en las cuencas abastecedoras para las tres condiciones hidrológicas (año medio, seco y húmedo).



En promedio, los meses de julio y agosto presentan reducciones de un 75% del caudal medio mensual en condición hidrológica seca con respecto a la condición de año medio, mientras que septiembre y octubre tienen reducciones de un 66%, los meses de menor reducción del caudal medio mensual son febrero y diciembre con reducciones de un 50%. En año seco, se registra una reducción promedio anual del caudal de un 60% (

Figura 19, Figura 20), intensificando los problemas de déficit de suministro a las demandas de agua en las diferentes unidades hidrográficas.

Figura 19. Oferta Hídrica Total Superficial por Unidad Hidrográfica en año medio

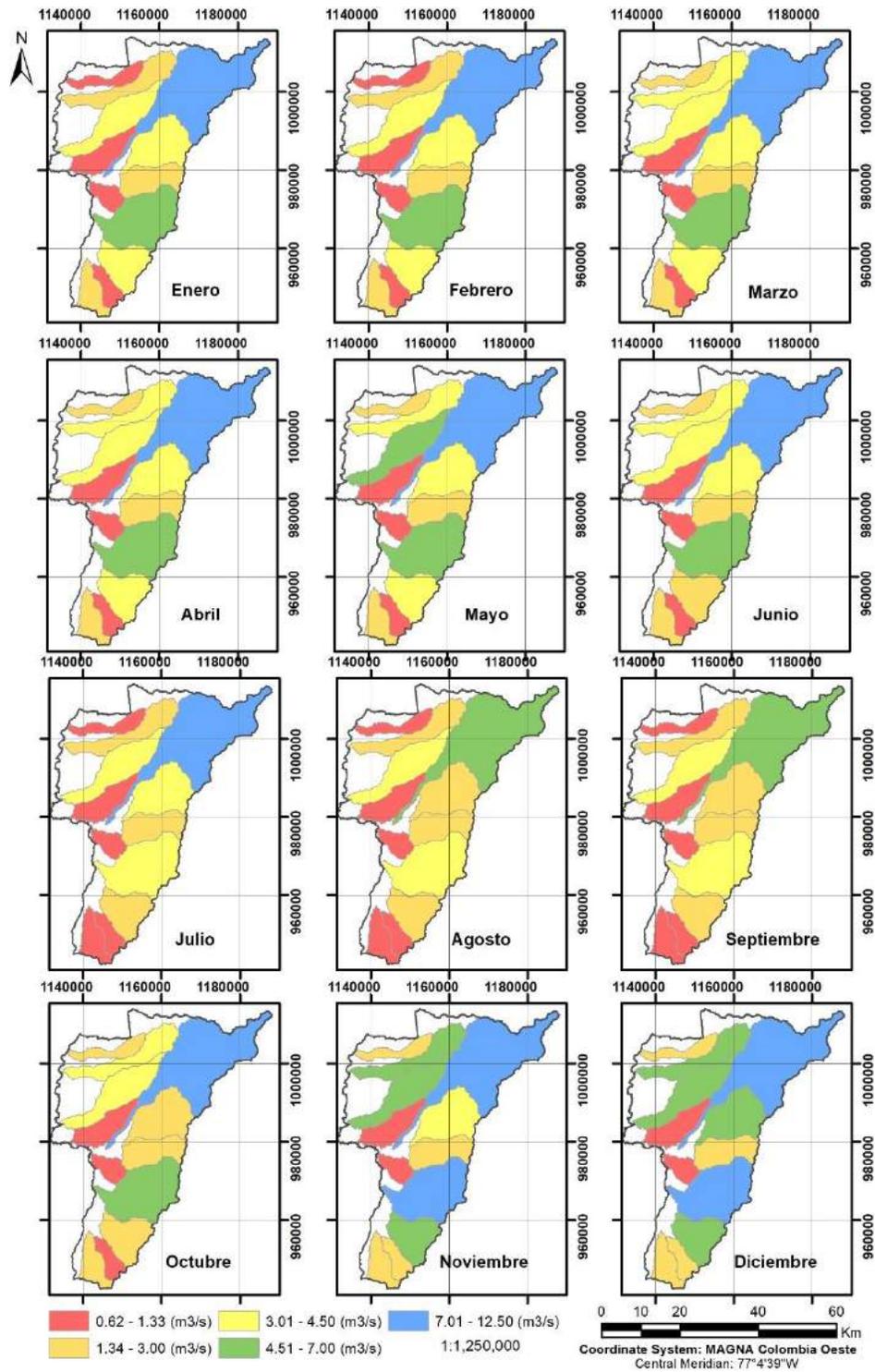
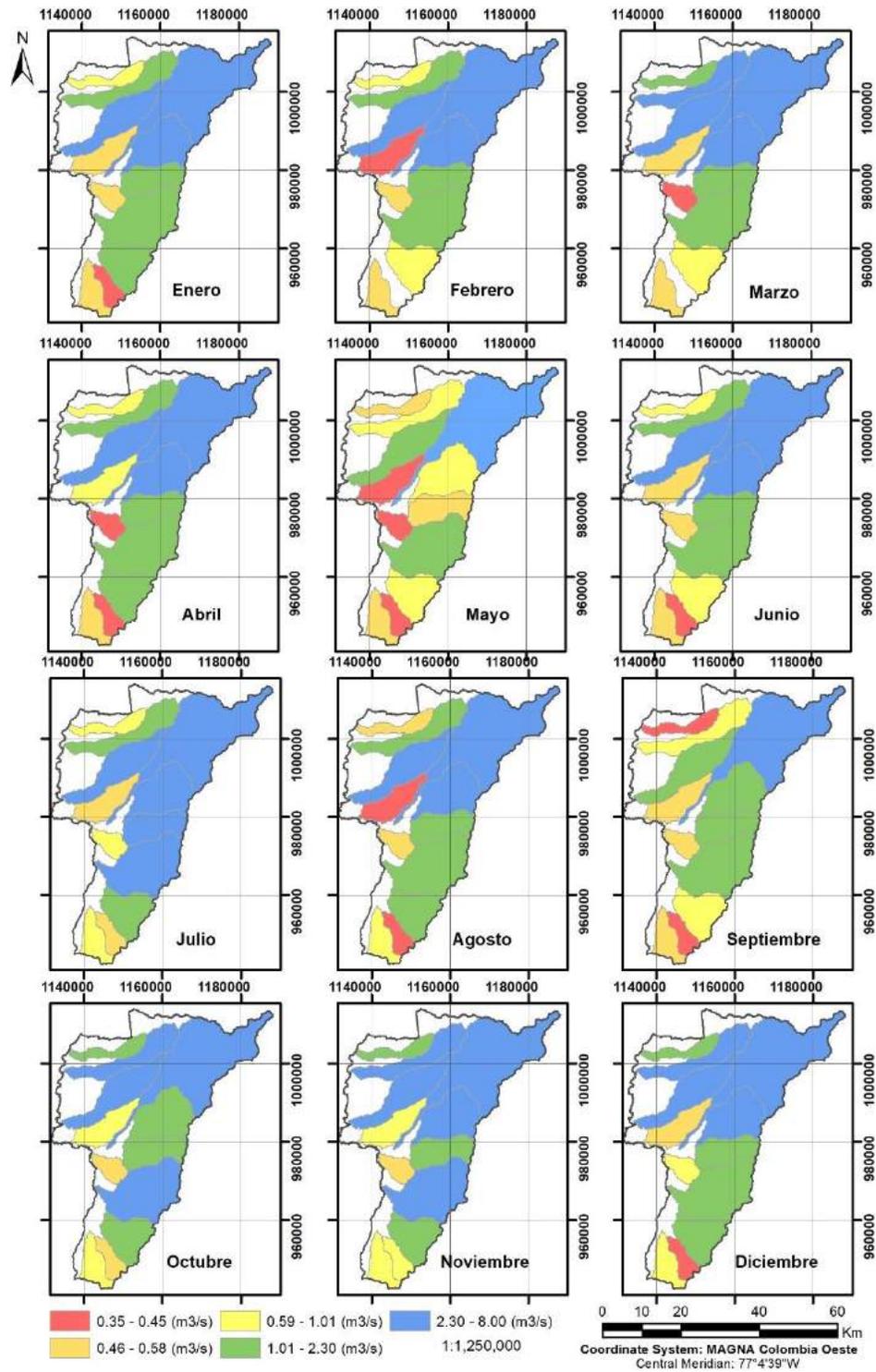


Figura 20. Oferta Hídrica Total Superficial por Unidad Hidrográfica en año seco (2015/2016)



1. 7. 1. 1 Unidad Hidrográfica del río Quindío

Unidad Hidrográfica	Año medio											
	Rio Quindío	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
OHTS (m3/s)	11.48	10.43	10.73	11.04	10.34	8.57	7.01	5.91	5.74	7.78	11.48	12.31
CA (m3/s)	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93
OHTD (m3/s)	6.55	5.50	5.80	6.11	5.41	3.63	2.08	0.98	0.81	2.84	6.54	7.38

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	5.02	3.96	3.46	4.45	6.93	7.53	5.79	4.83	5.57	6.19	5.61	3.90
CA	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93
OHTD	0.09	0.00	0.00	0.00	2.00	2.60	0.86	0.00	0.64	1.26	0.68	0.00

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	9.97	7.97	8.85	11.45	17.87	22.09	17.56	18.23	20.81	24.14	23.72	18.49
CA	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93
OHTD	5.04	3.0	3.92	6.52	12.94	17.16	12.63	13.30	15.87	19.20	18.79	13.55

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 2 Unidad Hidrográfica del río Santo Domingo

Unidad Hidrográfica	Año medio											
	Rio Santo Domingo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
OHTS (m3/s)	4.26	3.99	4.11	4.39	4.28	3.71	3.09	2.61	2.43	2.89	4.16	4.57
CA (m3/s)	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14
OHTD (m3/s)	2.12	1.85	1.97	2.25	2.14	1.57	0.95	0.47	0.28	0.75	2.02	2.43

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	2.98	2.41	2.09	2.26	3.17	3.46	2.67	2.34	2.57	3.31	3.30	2.38
CA	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14
OHTD	0.84	0.27	0.00	0.12	1.03	1.32	0.53	0.20	0.43	1.17	1.16	0.24

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	2.69	2.21	2.37	3.62	5.77	7.42	5.99	6.52	7.11	8.74	9.39	7.28
CA	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14
OHTD	0.55	0.07	0.23	1.47	3.63	5.28	3.84	4.38	4.97	6.59	7.25	5.14

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 3 Unidad Hidrográfica del río Verde

Unidad Hidrográfica	Año medio											
	Rio Verde	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
OHTS (m3/s)	2.64	2.52	2.57	2.74	2.79	2.52	2.06	1.66	1.39	1.46	2.34	2.80
CA (m3/s)	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
OHTD (m3/s)	1.46	1.34	1.39	1.55	1.61	1.34	0.88	0.48	0.21	0.28	1.15	1.62

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	2.46	1.97	1.60	1.52	2.20	2.27	2.08	1.69	1.67	2.01	2.37	1.79
CA	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
OHTD	1.28	0.79	0.42	0.34	1.01	1.09	0.90	0.50	0.48	0.83	1.19	0.61

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	1.27	1.00	0.87	1.28	2.94	4.32	3.79	3.85	4.61	5.54	7.09	5.17
CA	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
OHTD	0.09	0.0	0.00	0.09	1.76	3.14	2.61	2.67	3.42	4.36	5.91	3.99

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 4 Unidad Hidrográfica de la quebrada La Picota

Unidad Hidrográfica	Año medio											
	Q La Picota	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
OHTS (m3/s)	1.18	1.08	1.07	1.13	1.19	1.10	0.96	0.83	0.75	0.76	1.07	1.32
CA (m3/s)	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
OHTD (m3/s)	0.61	0.51	0.50	0.56	0.62	0.52	0.38	0.26	0.18	0.19	0.50	0.75

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	0.69	0.58	0.50	0.46	0.57	0.60	0.57	0.50	0.44	0.42	0.55	0.54
CA	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
OHTD	0.12	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	0.61	0.59	0.52	0.72	1.19	2.25	1.73	1.67	1.91	2.26	2.71	2.12
CA	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
OHTD	0.04	0.01	0.00	0.15	0.62	1.67	1.16	1.10	1.34	1.69	2.14	1.54

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 5 Unidad Hidrográfica del río Lejos

Unidad Hidrográfica	Año medio											
	Río Lejos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
OHTS (m ³ /s)	6.77	6.03	6.17	6.46	6.59	5.09	3.92	3.29	3.38	5.22	10.56	10.38
CA (m ³ /s)	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64
OHTD (m ³ /s)	4.13	3.39	3.53	3.82	3.96	2.45	1.29	0.66	0.75	2.59	7.92	7.74

Año Seco 2015–2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	2.69	2.29	1.86	2.38	3.57	2.29	2.06	1.84	1.77	2.04	2.44	1.93
CA	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64
OHTD	0.05	0.00	0.00	0.00	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Año Húmedo 2010–2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	3.68	4.15	2.76	5.79	13.03	18.90	8.03	9.68	13.84	20.70	22.54	10.01
CA	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64
OHTD	1.04	1.51	0.12	3.15	10.39	16.27	5.39	7.04	11.20	18.06	19.90	7.38

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 6 Unidad Hidrográfica del río Rojo

Unidad Hidrográfica	Año medio											
	Río Rojo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
OHTS (m ³ /s)	3.40	3.03	3.10	3.25	3.31	2.56	1.97	1.66	1.70	2.63	5.31	5.22
CA (m ³ /s)	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
OHTD (m ³ /s)	2.08	1.71	1.78	1.92	1.99	1.23	0.65	0.33	0.38	1.30	3.98	3.89

Año Seco 2015–2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	1.35	1.15	0.94	1.19	1.79	1.15	1.04	0.92	0.89	1.03	1.23	0.97
CA	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
OHTD	0.03	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Año Húmedo 2010–2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	1.85	2.08	1.39	2.91	6.55	9.50	4.04	4.87	6.96	10.40	11.33	5.04
CA	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
OHTD	0.52	0.76	0.06	1.58	5.22	8.18	2.71	3.54	5.63	9.08	10.00	3.71

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 7 Unidad Hidrográfica del río San Juan

Unidad Hidrográfica	Año medio												
	Río San Juan	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
OHTS (m ³ /s)		1.92	1.71	1.75	1.83	1.87	1.44	1.11	0.93	0.96	1.48	2.99	2.94
CA (m ³ /s)		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
OHTD (m ³ /s)		1.17	0.96	0.99	1.08	1.11	0.69	0.36	0.18	0.21	0.73	2.24	2.19

Año Seco 2015–2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	0.76	0.65	0.53	0.67	1.01	0.65	0.58	0.52	0.50	0.58	0.69	0.55
CA	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
OHTD	0.01	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Año Húmedo 2010–2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	1.04	1.17	0.78	1.64	3.69	5.35	2.27	2.74	3.92	5.86	6.38	2.84
CA	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
OHTD	0.29	0.42	0.0	0.89	2.94	4.60	1.52	1.99	3.16	5.11	5.63	2.09

3

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 8 Unidad Hidrográfica de la quebrada Cristales

Unidad Hidrográfica	Año medio												
	Q Cristales	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
OHTS (m ³ /s)		0.88	0.76	0.77	0.92	1.19	1.09	0.86	0.74	0.75	0.82	1.00	1.05
CA (m ³ /s)		0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
OHTD (m ³ /s)		0.40	0.28	0.29	0.45	0.71	0.61	0.38	0.26	0.27	0.34	0.52	0.57

Año Seco 2015–2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	0.46	0.42	0.58	0.70	0.64	0.57	0.48	0.42	0.47	0.77	0.64	0.55
CA	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
OHTD	0.00	0.00	0.10	0.23	0.16	0.09	0.00	0.00	0.00	0.30	0.16	0.07

Año Húmedo 2010–2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	0.78	0.73	0.96	0.87	1.95	1.98	1.37	1.14	1.35	1.36	1.37	1.59
CA	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
OHTD	0.30	0.25	0.48	0.39	1.47	1.50	0.89	0.67	0.87	0.89	0.89	1.11

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 9 Unidad Hidrográfica del río Espejo

Unidad Hidrográfica	Año medio											
	Río Espejo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
OHTS (m ³ /s)	4.07	3.69	3.88	4.43	4.86	4.26	3.60	3.38	3.52	3.82	4.80	4.77
CA (m ³ /s)	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72
OHTD (m ³ /s)	1.34	0.97	1.16	1.70	2.14	1.54	0.87	0.66	0.80	1.09	2.08	2.05

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	2.53	2.36	2.30	2.35	2.61	2.76	2.64	2.45	2.58	3.46	2.80	2.64
CA	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72
OHTD	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.73	0.07	0.00

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	3.29	3.20	4.23	4.83	8.59	6.91	4.76	4.63	6.01	6.55	6.15	6.02
CA	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72
OHTD	0.57	0.48	1.50	2.10	5.87	4.18	2.03	1.91	3.29	3.82	3.43	3.29

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 10 Unidad Hidrográfica del río Roble

Unidad Hidrográfica	Año medio											
	Río Roble	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
OHTS (m ³ /s)	2.95	2.67	3.29	3.78	3.72	3.06	2.09	1.77	2.20	3.74	5.46	4.68
CA (m ³ /s)	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41
OHTD (m ³ /s)	1.54	1.25	1.87	2.37	2.30	1.65	0.67	0.35	0.78	2.33	4.05	3.27

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	1.35	1.27	1.01	2.84	4.51	2.42	1.87	1.54	2.80	2.22	2.24	2.08
CA	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41
OHTD	0.00	0.00	0.00	1.43	3.09	1.01	0.45	0.13	1.39	0.81	0.82	0.66

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	3.18	3.01	2.89	4.79	9.91	8.97	4.37	3.11	4.34	5.60	4.08	3.93
CA	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41
OHTD	1.76	1.60	1.48	3.38	8.49	7.55	2.96	1.70	2.92	4.18	2.66	2.51

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 11 Unidad Hidrográfica de la quebrada Buenavista

Unidad Hidrográfica	Año medio												
	Q Buenavista	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
OHTS (m3/s)		1.32	1.19	1.47	1.69	1.66	1.37	0.93	0.79	0.98	1.67	2.44	2.09
CA (m3/s)		0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
OHTD (m3/s)		0.69	0.56	0.84	1.06	1.03	0.74	0.30	0.16	0.35	1.04	1.80	1.46

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	0.60	0.57	0.45	1.27	2.01	1.08	0.83	0.69	1.25	0.99	1.00	0.93
CA	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
OHTD	0.00	0.00	0.00	0.64	1.38	0.45	0.20	0.06	0.62	0.36	0.37	0.30

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	1.42	1.34	1.29	2.14	4.42	4.00	1.95	1.39	1.93	2.50	1.82	1.75
CA	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
OHTD	0.79	0.71	0.66	1.51	3.79	3.37	1.32	0.76	1.30	1.87	1.19	1.12

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 12 Microcuenca abastecedora Cruz Gorda

Fuente	Año medio												
	Cruz Gorda	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
OHTS (l/s)		112.67	91.58	93.09	101.14	103.86	86.78	71.38	57.65	57.18	90.79	191.91	160.74
CA (l/s)		39.96	39.96	39.96	39.96	39.96	39.96	39.96	39.96	39.96	39.96	39.96	39.96
OHTD (l/s)		72.72	51.62	53.13	61.18	63.91	46.83	31.43	17.70	17.23	50.84	151.96	120.79

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	56.5	45.8	35.5	27.9	67.4	56.3	37.5	30.7	29.8	47.0	38.6	31.1
CA	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
OHTD	16.6	5.9	0.0	0.0	27.4	16.3	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	79.1	76.3	70.6	96.2	242.1	331.6	165.4	159.9	242.8	338.6	283.1	167.7
CA	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
OHTD	39.1	36.3	30.6	56.3	202.1	291.7	125.5	119.9	202.9	298.6	243.1	127.7

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 13 Microcuenca abastecedora La Cristalina

Fuente Abastecedora	Año medio												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Cristalina													
OHTS (l/s)	5.13	4.28	4.11	4.49	4.63	4.03	3.36	2.65	2.63	3.64	7.64	7.48	
CA (l/s)	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	
OHTD (l/s)	3.23	2.38	2.21	2.59	2.73	2.13	1.46	0.75	0.73	1.74	5.74	5.58	

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	2.9	2.0	1.9	1.0	2.8	2.7	2.0	1.3	1.7	2.3	2.0	1.7
CA	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
OHTD	1.0	0.1	0.0	0.0	0.9	0.8	0.1	0.0	0.0	0.4	0.1	0.0

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	3.8	3.5	3.2	4.2	10.1	13.9	8.1	6.5	10.5	13.2	12.9	8.0
CA	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
OHTD	1.9	1.6	1.3	2.3	8.2	12.0	6.2	4.6	8.6	11.3	11.0	6.1

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 14 Microcuenca abastecedora Bolivia

Fuente Abastecedora	Año medio												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Bolivia													
OHTS (l/s)	12.03	10.03	9.69	10.60	10.95	9.58	7.81	6.36	6.07	8.57	17.97	17.70	
CA (l/s)	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	
OHTD (l/s)	7.55	5.55	5.21	6.12	6.47	5.10	3.33	1.88	1.59	4.09	13.49	13.22	

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	6.2	5.2	4.0	3.0	6.5	6.5	4.1	3.3	3.7	5.2	4.8	3.8
CA	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
OHTD	1.7	0.7	0.0	0.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.3	0.0

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	8.7	8.4	8.0	9.6	23.7	32.8	19.0	15.6	24.8	31.5	30.4	18.8
CA	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
OHTD	4.3	3.9	3.5	5.1	19.2	28.3	14.5	11.2	20.3	27.0	25.9	14.3

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 15 Microcuenca abastecedora Corozal

Fuente Abastecedora	Año medio												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Corozal													
OHTS (l/s)	4.85	4.04	3.87	4.25	4.37	3.83	3.14	2.52	2.50	3.46	7.22	7.10	
CA (l/s)	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	
OHTD (l/s)	3.05	2.24	2.07	2.45	2.57	2.03	1.35	0.72	0.70	1.66	5.42	5.30	

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	2.4	2.0	1.7	1.0	2.5	2.6	2.0	1.1	1.1	2.2	2.0	1.5
CA	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
OHTD	0.6	0.2	0.0	0.0	0.7	0.8	0.2	0.0	0.0	0.4	0.2	0.0

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	3.4	3.3	3.0	3.6	9.5	13.2	7.6	6.2	10.0	12.6	12.3	7.5
CA	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
OHTD	1.6	1.5	1.2	1.8	7.7	11.4	5.8	4.4	8.2	10.8	10.5	5.7

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 16 Microcuenca abastecedora Las Águilas

Fuente	Año medio												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Las Águilas													
OHTS (l/s)	31.56	28.48	27.67	28.39	28.39	25.68	20.87	16.99	15.38	17.67	31.64	36.22	
CA (l/s)	13.12	13.12	13.12	13.12	13.12	13.12	13.12	13.12	13.12	13.12	13.12	13.12	
OHTD (l/s)	18.44	15.35	14.54	15.26	15.26	12.55	7.75	3.86	2.26	4.55	18.52	23.10	

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	2.4	2.0	1.7	1.0	2.5	2.6	2.0	1.1	1.1	2.2	2.0	1.5
CA	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
OHTD	0.6	0.2	0.0	0.0	0.7	0.8	0.2	0.0	0.0	0.4	0.2	0.0

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	3.4	3.3	3.0	3.6	9.5	13.2	7.6	6.2	10.0	12.6	12.3	7.5
CA	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
OHTD	1.6	1.5	1.2	1.8	7.7	11.4	5.8	4.4	8.2	10.8	10.5	5.7

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 17 Microcuenca abastecedora La Llorona

Fuente	Año medio												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
La Llorona													
OHTS (l/s)	46.28	40.37	39.07	40.03	39.66	34.70	26.91	20.67	18.67	23.85	47.34	51.67	
CA (l/s)	15.77	15.77	15.77	15.77	15.77	15.77	15.77	15.77	15.77	15.77	15.77	15.77	
OHTD (l/s)	30.51	24.60	23.30	24.27	23.89	18.94	11.14	4.90	2.90	8.08	31.57	35.90	

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	13.6	9.6	6.9	6.4	17.6	25.7	27.8	21.8	19.7	23.1	22.0	18.7
CA	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8
OHTD	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	9.9	12.0	6.1	4.0	7.3	6.3	2.9

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	36.2	32.8	35.2	46.4	79.6	113.9	75.0	62.4	68.3	80.8	69.1	59.1
CA	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8
OHTD	20.4	17.1	19.4	30.6	63.9	98.2	59.2	46.6	52.6	65.0	53.4	43.3

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 18 Microcuenca abastecedora El Bosque

Fuente	Año medio												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
El Bosque													
OHTS (l/s)	20.35	18.39	22.65	26.06	25.63	21.12	14.39	12.18	15.16	25.80	37.64	32.28	
CA (l/s)	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	
OHTD (l/s)	10.61	8.65	12.90	16.31	15.89	11.37	4.64	2.43	5.41	16.06	27.89	22.53	

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	9.3	8.8	7.0	19.6	31.1	16.7	12.9	10.6	19.3	15.3	15.4	14.3
CA	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7
OHTD	0.0	0.0	0.0	9.8	21.3	6.9	3.1	0.9	9.6	5.6	5.7	4.6

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	21.9	20.8	19.9	33.0	68.3	61.8	30.1	21.5	29.9	38.6	28.1	27.1
CA	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7
OHTD	12.1	11.0	10.2	23.3	58.5	52.1	20.4	11.7	20.1	28.8	18.4	17.3

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 19 Microcuenca abastecedora La Marina

Fuente Abastecedora	Año medio												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
La Marina													
OHTS (l/s)	6.48	5.86	7.21	8.30	8.16	6.73	4.58	3.88	4.83	8.22	11.99	10.28	
CA (l/s)	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	
OHTD (l/s)	3.38	2.75	4.11	5.19	5.06	3.62	1.48	0.77	1.72	5.11	8.88	7.17	

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	3.0	2.8	2.2	6.2	9.9	5.3	4.1	3.4	6.2	4.9	4.9	4.6
CA	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
OHTD	0.0	0.0	0.0	3.1	6.8	2.2	1.0	0.3	3.1	1.8	1.8	1.5

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	7.0	6.6	6.3	10.5	21.8	19.7	9.6	6.8	9.5	12.3	9.0	8.6
CA	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
OHTD	3.9	3.5	3.2	7.4	18.6	16.6	6.5	3.7	6.4	9.2	5.8	5.5

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 20 Microcuenca abastecedora La Arenosa

Fuente	Año medio												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
La Arenosa													
OHTS (l/s)	33.58	30.35	37.38	43.00	42.30	34.85	23.75	20.09	25.01	42.58	62.11	53.26	
CA (l/s)	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	
OHTD (l/s)	17.50	14.27	21.29	26.92	26.21	18.77	7.66	4.01	8.93	26.49	46.03	37.17	

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	15.3	14.5	11.5	32.3	51.3	27.5	21.2	17.6	31.9	25.3	25.4	23.6
CA	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1
OHTD	0.0	0.0	0.0	16.2	35.2	11.5	5.1	1.5	15.8	9.2	9.4	7.5

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	36.1	34.3	32.9	54.5	112.7	102.0	49.7	35.4	49.3	63.7	46.4	44.7
CA	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1
OHTD	20.0	18.2	16.8	38.4	96.6	85.9	33.7	19.3	33.2	47.6	30.3	28.6

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 21 Microcuenca abastecedora Río Roble (Circasia)

Fuente	Año medio												
	Roble (Circasia)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
OHTS (l/s)		221.3	200.0	246.3	283.4	278.7	229.7	156.5	132.4	164.8	280.6	409.3	351.0
CA (l/s)		106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0
OHTD (l/s)		115.3	94.0	140.3	177.4	172.7	123.7	50.5	26.4	58.8	174.6	303.3	245.0

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	100.9	95.4	75.9	213.0	338.0	181.5	139.8	115.8	210.2	166.7	167.6	155.6
CA	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0
OHTD	0.0	0.0	0.0	107.0	232.0	75.5	33.8	9.8	104.2	60.7	61.6	49.6

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	238.0	226.0	216.7	359.3	742.7	672.3	327.8	233.4	325.0	419.5	305.6	294.5
CA	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0
OHTD	132.0	120.0	110.7	253.3	636.7	566.3	221.8	127.4	219.0	313.5	199.6	188.5

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 22 Microcuenca abastecedora Cajones (Circasia)

Fuente Abastecedora	Año medio												
	Cajones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
OHTS (l/s)		33.6	30.4	37.4	43.1	42.4	34.9	23.8	20.1	25.1	42.7	62.2	53.3
CA (l/s)		16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1
OHTD (l/s)		17.5	14.3	21.3	27.0	26.3	18.8	7.7	4.0	8.9	26.5	46.1	37.2

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	15.3	14.5	11.5	32.4	51.4	27.6	21.3	17.6	32.0	25.3	25.5	23.6
CA	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1
OHTD	0.0	0.0	0.0	16.3	35.3	11.5	5.1	1.5	15.8	9.2	9.4	7.5

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	36.2	34.3	32.9	54.6	112.9	102.2	49.8	35.5	49.4	63.8	46.5	44.8
CA	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1
OHTD	20.1	18.2	16.8	38.5	96.8	86.1	33.7	19.4	33.3	47.7	30.3	28.7

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 23 Microcuenca abastecedora Lachas

Fuente Abastecedora	Año medio											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Lachas												
OHTS (l/s)	37.5	33.8	41.7	48.0	47.2	38.9	26.5	22.4	27.9	47.5	69.3	59.4
CA (l/s)	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9
OHTD (l/s)	19.5	15.9	23.7	30.0	29.2	20.9	8.5	4.5	10.0	29.5	51.3	41.5

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	17.1	16.1	12.9	36.0	57.2	30.7	23.7	19.6	35.6	28.2	28.4	26.3
CA	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9
OHTD	0.0	0.0	0.0	18.1	39.3	12.8	5.7	1.7	17.6	10.3	10.4	8.4

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	40.3	38.2	36.7	60.8	125.7	113.8	55.5	39.5	55.0	71.0	51.7	49.8
CA	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9
OHTD	22.3	20.3	18.7	42.9	107.7	95.8	37.5	21.6	37.1	53.1	33.8	31.9

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 24 Microcuenca abastecedora Chorrobolillos

Fuente Abastecedora	Año medio											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chorrobolillos												
OHTS (l/s)	44.0	39.8	49.0	56.3	55.4	45.7	31.1	26.3	32.8	55.8	81.4	69.8
CA (l/s)	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1
OHTD (l/s)	22.9	18.7	27.9	35.3	34.3	24.6	10.0	5.3	11.7	34.7	60.3	48.7

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	20.1	19.0	15.1	42.3	67.2	36.1	27.8	23.0	41.8	33.1	33.3	30.9
CA	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1
OHTD	0.0	0.0	0.0	21.3	46.1	15.0	6.7	1.9	20.7	12.1	12.3	9.9

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	47.3	44.9	43.1	71.4	147.7	133.7	65.2	46.4	64.6	83.4	60.8	58.5
CA	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1
OHTD	26.2	23.8	22.0	50.4	126.6	112.6	44.1	25.3	43.5	62.3	39.7	37.5

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 25 Microcuenca abastecedora Barroblanco

Fuente Abastecedora	Año medio											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Barroblanco												
OHTS (l/s)	15.17	13.71	16.88	19.42	19.10	15.74	10.72	9.07	11.30	19.23	28.05	24.05
CA (l/s)	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26
OHTD (l/s)	7.90	6.44	9.62	12.16	11.84	8.47	3.46	1.81	4.03	11.96	20.79	16.79

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	6.9	6.5	5.2	14.6	23.2	12.4	9.6	7.9	14.4	11.4	11.5	10.7
CA	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
OHTD	0.0	0.0	0.0	7.3	15.9	5.2	2.3	0.7	7.1	4.2	4.2	3.4

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	16.3	15.5	14.8	24.6	50.9	46.1	22.5	16.0	22.3	28.7	20.9	20.2
CA	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
OHTD	9.0	8.2	7.6	17.4	43.6	38.8	15.2	8.7	15.0	21.5	13.7	12.9

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 26 Microcuenca abastecedora Buenavista (Quimbaya)

Fuente	Año medio											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Q Buenavista												
OHTS (l/s)	326.4	295.0	363.3	417.9	411.1	338.7	230.8	195.3	243.1	413.8	603.7	517.6
CA (l/s)	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4
OHTD (l/s)	170.1	138.6	206.9	261.6	254.7	182.4	74.5	38.9	86.7	257.5	447.3	361.3

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	148.9	140.7	112.0	314.1	498.5	267.7	206.2	170.7	310.0	245.8	247.2	229.4
CA	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4
OHTD	0.0	0.0	0.0	157.8	342.1	111.3	49.9	14.4	153.7	89.5	90.8	73.1

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	351.0	333.2	319.6	529.9	1095.3	991.5	483.5	344.2	479.4	618.7	450.7	434.3
CA	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4	156.4
OHTD	194.6	176.9	163.2	373.6	939.0	835.2	327.1	187.8	323.0	462.3	294.3	278.0

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 27 Microcuenca abastecedora Río Roble (Montenegro)

Fuente	Año medio												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Roble(Mtenegro)													
OHTS (l/s)	1610.3	1455.3	1792.2	2061.7	2028.1	1671.0	1138.7	963.5	1199.3	2041.5	2978.1	2553.6	
CA (l/s)	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	
OHTD (l/s)	839.1	684.1	1021.0	1290.5	1256.8	899.7	367.5	192.3	428.1	1270.3	2206.9	1782.4	
Año Seco 2015-2016													
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	
OHTS	734.4	694.0	552.5	1549.7	2459.3	1320.6	1017.4	842.2	1529.5	1212.8	1219.5	1131.9	
CA	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	
OHTD	0.0	0.0	0.0	778.5	1688.1	549.4	246.2	71.0	758.3	441.6	448.3	360.7	
Año Húmedo 2010-2011													
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	
OHTS	1731.6	1644.0	1576.6	2614.2	5403.6	4891.6	2385.2	1697.9	2364.9	3052.2	2223.4	2142.6	
CA	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	771.2	
OHTD	960.4	872.8	805.4	1843.0	4632.4	4120.4	1613.9	926.7	1593.7	2281.0	1452.2	1371.4	

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 28 Microcuenca abastecedora La Soledad

Fuente	Año medio												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
La Soledad													
OHTS (l/s)	53.70	48.53	59.77	68.75	67.63	55.72	37.97	32.13	39.99	68.08	99.31	85.15	
CA (l/s)	25.72	25.72	25.72	25.72	25.72	25.72	25.72	25.72	25.72	25.72	25.72	25.72	
OHTD (l/s)	27.98	22.81	34.05	43.04	41.91	30.00	12.25	6.41	14.28	42.36	73.59	59.44	
Año Seco 2015-2016													
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	
OHTS	24.5	23.1	18.4	51.7	82.0	44.0	33.9	28.1	51.0	40.4	40.7	37.7	
CA	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	
OHTD	0.0	0.0	0.0	26.0	56.3	18.3	8.2	2.4	25.3	14.7	15.0	12.0	
Año Húmedo 2010-2011													
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	
OHTS	57.7	54.8	52.6	87.2	180.2	163.1	79.5	56.6	78.9	101.8	74.1	71.4	
CA	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	
OHTD	32.0	29.1	26.9	61.5	154.5	137.4	53.8	30.9	53.1	76.1	48.4	45.7	

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 29 Microcuenca abastecedora La Paloma

Fuente	Año medio												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
La Paloma													
OHTS (l/s)	62.87	56.82	69.98	80.50	79.18	65.24	44.46	37.62	46.83	79.71	116.28	99.70	
CA (l/s)	30.11	30.11	30.11	30.11	30.11	30.11	30.11	30.11	30.11	30.11	30.11	30.11	
OHTD (l/s)	32.76	26.71	39.87	50.39	49.07	35.13	14.35	7.51	16.72	49.60	86.17	69.59	

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	28.7	27.1	21.6	60.5	96.0	51.6	39.7	32.9	59.7	47.4	47.6	44.2
CA	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1
OHTD	0.0	0.0	0.0	30.4	65.9	21.5	9.6	2.8	29.6	17.2	17.5	14.1

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	67.6	64.2	61.6	102.1	211.0	191.0	93.1	66.3	92.3	119.2	86.8	83.7
CA	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1
OHTD	37.5	34.1	31.4	72.0	180.9	160.9	63.0	36.2	62.2	89.1	56.7	53.5

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 30 Microcuenca abastecedora Las Lajas

Fuente	Año medio												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Las Lajas													
OHTS (l/s)	28.11	25.41	31.29	36.00	35.41	29.17	19.88	16.82	20.94	35.64	52.00	44.58	
CA (l/s)	13.46	13.46	13.46	13.46	13.46	13.46	13.46	13.46	13.46	13.46	13.46	13.46	
OHTD (l/s)	14.65	11.94	17.83	22.53	21.94	15.71	6.42	3.36	7.47	22.18	38.53	31.12	

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	12.8	12.1	9.6	27.1	42.9	23.1	17.8	14.7	26.7	21.2	21.3	19.8
CA	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
OHTD	0.0	0.0	0.0	13.6	29.5	9.6	4.3	1.2	13.2	7.7	7.8	6.3

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	30.2	28.7	27.5	45.6	94.3	85.4	41.6	29.6	41.3	53.3	38.8	37.4
CA	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
OHTD	16.8	15.2	14.1	32.2	80.9	71.9	28.2	16.2	27.8	39.8	25.4	23.9

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 31 Microcuenca abastecedora Río Quindío (Bocatoma EPA)

Fuente	Año medio												
	R Quindío	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
OHTS (l/s)		4538.6	4118.5	4152.2	4083.6	3864.0	3225.4	2638.0	2128.6	1970.3	2743.4	4193.3	4783.9
CA (l/s)		1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0
OHTD (l/s)		2936.6	2516.5	2550.2	2481.6	2262.0	1623.4	1036.0	526.6	368.3	1141.4	2591.3	3181.9
Año Seco 2015–2016													
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	
OHTS	1367.3	1058.5	836.5	1068.6	1946.9	1923.1	1960.4	1464.2	1572.7	1501.0	1396.4	1076.3	
CA	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	
OHTD	0.0	0.0	0.0	0.0	344.9	321.1	358.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Año Húmedo 2010–2011													
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	
OHTS	4523.6	3650.6	3528.7	4243.8	7294.7	9555.1	7660.7	7653.4	9267.1	10554.8	11090.4	8197.4	
CA	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	1602.0	
OHTD	2921.6	2048.6	1926.7	2641.8	5692.7	7953.1	6058.7	6051.4	7665.1	8952.8	9488.4	6595.4	

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 32 Cuenca abastecedora Río Quindío (Estación de Bombeo Armenia)

Fuente	Año medio												
	Quindío	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
OHTS (l/s)		8971.8	8195.9	8122.4	8079.2	7763.1	6643.6	5475.1	4488.3	4056.8	5324.1	8299.7	9373.6
CA (l/s)		3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5
OHTD (l/s)		5397.3	4621.4	4547.9	4504.7	4188.6	3069.1	1900.6	913.8	482.3	1749.6	4725.2	5799.1
Año Seco 2015–2016													
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	
OHTS	3706.0	2997.0	2449.2	2677.6	4563.3	4256.6	4416.4	3422.4	3568.8	3622.2	3387.5	2643.7	
CA	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	
OHTD	131.5	0.0	0.0	0.0	988.8	682.1	841.9	0.0	0.0	47.7	0.0	0.0	

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	7694.4	6428.3	6201.4	7830.6	13188.9	17472.4	14468.9	14325.5	16690.3	18905.1	20080.3	15449.9
CA	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5	3574.5
OHTD	4119.9	2853.8	2626.9	4256.1	9614.4	13897.9	10894.4	10751.0	13115.8	15330.6	16505.8	11875.4

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 33 Cuenca abastecedora río Santo Domingo

Fuente	Año medio												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
S. Domingo													
OHTS (l/s)	1045.6	943.7	907.1	909.3	936.7	854.8	688.4	552.6	467.2	533.8	917.1	1086.5	
CA (l/s)	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4	
OHTD (l/s)	646.2	544.3	507.7	509.9	537.3	455.4	289.0	153.2	67.8	134.4	517.7	687.1	

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	702.6	567.3	453.3	402.9	515.9	462.5	415.2	341.1	341.4	436.7	421.0	331.4
CA	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4
OHTD	303.2	167.9	53.9	3.5	116.5	63.1	15.8	0.0	0.0	37.3	21.6	0.0

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	491.0	397.0	347.3	539.3	1264.6	1822.1	1570.8	1529.7	1845.4	2302.9	3237.0	2130.7
CA	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4	399.4
OHTD	91.6	0.0	0.0	139.9	865.2	1422.7	1171.4	1130.3	1446.0	1903.5	2837.6	1731.3

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 34 Microcuenca abastecedora El Salado

Fuente Abastecedora	Año medio												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
El Salado													
OHTS (l/s)	23.58	20.51	19.20	19.71	20.18	17.99	14.23	10.79	9.54	11.21	23.24	25.71	
CA (l/s)	7.06	7.06	7.06	7.06	7.06	7.06	7.06	7.06	7.06	7.06	7.06	7.06	
OHTD (l/s)	16.52	13.45	12.14	12.65	13.12	10.93	7.16	3.73	2.48	4.15	16.18	18.65	

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	8.3	5.9	4.3	3.0	5.9	8.6	9.8	7.4	6.0	6.9	7.8	6.0
CA	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
OHTD	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	2.7	0.4	0.0	0.0	0.7	0.0

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	13.5	12.8	12.4	16.7	32.4	52.6	41.2	35.8	42.0	53.3	56.7	41.4
CA	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
OHTD	6.4	5.7	5.3	9.7	25.4	45.6	34.1	28.7	34.9	46.2	49.7	34.3

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 35 Microcuenca abastecedora San Rafael

Fuente	Año medio											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
OHTS (l/s)	114.68	104.20	98.32	100.80	103.57	95.33	78.86	63.98	56.88	61.63	111.35	128.53
CA (l/s)	42.23	42.23	42.23	42.23	42.23	42.23	42.23	42.23	42.23	42.23	42.23	42.23
OHTD (l/s)	72.46	61.98	56.10	58.57	61.34	53.10	36.64	21.75	14.65	19.41	69.12	86.31

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	51.5	40.4	31.3	24.7	33.6	44.2	48.7	39.8	33.8	36.8	40.3	33.3
CA	42.2	42.2	42.2	42.2	42.2	42.2	42.2	42.2	42.2	42.2	42.2	42.2
OHTD	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	65.9	64.9	63.0	78.7	147.7	237.1	195.6	174.4	203.1	253.0	283.5	216.3
CA	42.2	42.2	42.2	42.2	42.2	42.2	42.2	42.2	42.2	42.2	42.2	42.2
OHTD	23.7	22.7	20.8	36.5	105.4	194.9	153.4	132.2	160.9	210.8	241.2	174.1

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 36 Microcuenca abastecedora El Naranjal

Fuente	Año medio											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
OHTS (l/s)	23.92	20.81	19.47	20.01	20.47	18.23	14.43	10.95	9.68	11.38	23.57	26.10
CA (l/s)	7.16	7.16	7.16	7.16	7.16	7.16	7.16	7.16	7.16	7.16	7.16	7.16
OHTD (l/s)	16.76	13.65	12.30	12.84	13.30	11.07	7.26	3.79	2.51	4.21	16.40	18.94

Año Seco 2015-2016												
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	8.4	6.0	4.3	3.1	6.0	8.8	9.9	7.5	6.0	7.0	7.9	6.1
CA	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
OHTD	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	2.8	0.4	0.0	0.0	0.8	0.0

Año Húmedo 2010-2011												
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	13.6	13.0	12.5	17.0	32.9	53.4	41.7	36.3	42.6	54.0	57.5	42.0
CA	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
OHTD	6.5	5.8	5.3	9.8	25.7	46.2	34.5	29.1	35.4	46.8	50.4	34.9

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 37 Microcuenca abastecedora El Salado 2 (Corregimiento La Virginia)

Fuente Abastecedora	Año medio											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
El Salado 2												
OHTS (l/s)	14.29	12.43	11.65	11.96	12.21	10.90	8.61	6.55	5.82	6.80	14.11	15.53
CA (l/s)	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28
OHTD (l/s)	10.02	8.15	7.37	7.68	7.93	6.62	4.34	2.27	1.54	2.53	9.83	11.26

Año Seco 2015-2016												
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	5.0	3.6	2.6	2.0	3.6	5.3	6.0	4.5	3.7	4.2	4.7	3.6
CA	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
OHTD	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.7	0.2	0.0	0.0	0.5	0.0

Año Húmedo 2010-2011												
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	8.3	7.8	7.5	10.0	19.7	31.9	24.9	21.7	25.4	32.3	34.3	25.1
CA	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
OHTD	4.0	3.5	3.3	5.8	15.4	27.6	20.7	17.4	21.1	28.0	30.0	20.8

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 38 Cuenca abastecedora río Quindío (Aguas arriba de la Captación La Tebaida)

Fuente	Año medio											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Quindío												
OHTS (l/s)	9619.9	8784.1	8746.2	8750.6	8395.8	7170.4	5904.9	4858.2	4429.8	5796.3	8943.4	10065.0
CA (l/s)	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9

OHTD (l/s)	5703.0	4867.2	4829.3	4833.7	4478.9	3253.5	1988.0	941.3	512.9	1879.4	5026.5	6148.1
------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------	-------	--------	--------	--------

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	4012.4	3225.4	2656.6	2972.6	4967.3	4882.0	4824.3	3792.4	3989.0	4100.0	3841.0	2969.4
CA	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9
OHTD	95.5	0.0	0.0	0.0	1050.4	965.1	907.4	0.0	72.1	183.1	0.0	0.0

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	8188.4	6815.8	6743.8	8491.0	14162.2	18600.5	15442.9	15284.2	17784.7	20124.9	21150.0	16404.1
CA	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9	3916.9
OHTD	4271.5	2898.9	2826.9	4574.1	10245.3	14683.6	11526.0	11367.3	13867.8	16208.0	17233.1	12487.2

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 39 Microcuenca abastecedora El Roble (Los Justos - Córdoba)

Fuente	Año medio												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Q El Roble													
OHTS (l/s)	42.69	37.93	36.96	37.34	39.55	39.50	36.92	32.78	30.87	34.31	49.83	53.79	
CA (l/s)	25.78	25.78	25.78	25.78	25.78	25.78	25.78	25.78	25.78	25.78	25.78	25.78	
OHTD (l/s)	16.90	12.15	11.18	11.56	13.77	13.72	11.14	6.99	5.09	8.52	24.05	28.01	

Año Seco 2015-2016

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	35.5	33.2	29.4	26.1	25.3	22.8	20.1	17.9	16.2	17.9	17.4	15.5
CA	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8
OHTD	9.7	7.4	3.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Año Húmedo 2010-2011

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	24.1	23.2	22.0	21.8	33.3	77.3	52.3	48.4	67.6	107.2	156.0	97.1
CA	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8
OHTD	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	51.5	26.5	22.6	41.9	81.5	130.2	71.4

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 40 Microcuenca abastecedora Las Pizarras

Fuente	Año medio												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Las Pizarras													
OHTS (l/s)	175.54	156.36	159.85	167.41	170.89	131.93	101.72	85.43	87.76	135.44	273.78	269.08	
CA (l/s)	68.00	68.00	68.00	68.00	68.00	68.00	68.00	68.00	68.00	68.00	68.00	68.00	
OHTD (l/s)	107.55	88.37	91.86	99.41	102.90	63.93	33.73	17.44	19.76	67.44	205.79	201.09	

Año Seco 2015-2016												
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	69.7	59.3	48.2	61.6	92.4	59.3	53.5	47.7	45.9	52.9	63.3	50.0
CA	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0
OHTD	1.7	0.0	0.0	0.0	24.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Año Húmedo 2010-2011												
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	95.3	107.5	71.5	150.0	337.7	490.0	208.1	251.1	358.6	536.5	583.8	260.1
CA	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0
OHTD	27.3	39.5	3.5	82.0	269.7	422.0	140.1	183.1	290.7	468.5	515.8	192.1

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 41 Microcuenca abastecedora La Cascada

Fuente	Año medio											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Q La Cascada												
OHTS (l/s)	27.51	24.50	25.05	26.24	26.78	20.68	15.94	13.39	13.76	21.23	42.91	42.18
CA (l/s)	10.63	10.63	10.63	10.63	10.63	10.63	10.63	10.63	10.63	10.63	10.63	10.63
OHTD (l/s)	16.88	13.88	14.42	15.61	16.16	10.05	5.32	2.76	3.13	10.60	32.28	31.55

Año Seco 2015-2016												
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	10.9	9.3	7.6	9.7	14.5	9.3	8.4	7.5	7.2	8.3	9.9	7.8
CA	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
OHTD	0.3	0.0	0.0	0.0	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Año Húmedo 2010-2011												
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	14.9	16.9	11.2	23.5	52.9	76.8	32.6	39.4	56.2	84.1	91.5	40.8
CA	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
OHTD	4.3	6.2	0.6	12.9	42.3	66.2	22.0	28.7	45.6	73.5	80.8	30.2

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 42 Microcuenca abastecedora La Picota

Fuente	Año medio											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Q La Picota												
OHTS (l/s)	44.31	40.54	40.23	42.40	44.73	41.15	35.87	31.06	28.11	28.47	40.29	49.54
CA (l/s)	21.49	21.49	21.49	21.49	21.49	21.49	21.49	21.49	21.49	21.49	21.49	21.49
OHTD (l/s)	22.82	19.04	18.74	20.91	23.24	19.65	14.37	9.57	6.62	6.98	18.80	28.04

Año Seco 2015-2016												
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	25.9	21.9	18.7	17.4	21.4	22.3	21.5	18.9	16.3	15.7	20.7	20.1
CA	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5
OHTD	4.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Año Húmedo 2010-2011												
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	23.0	22.0	19.5	27.0	44.7	84.2	64.9	62.5	71.6	84.8	101.7	79.4
CA	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5
OHTD	1.5	0.5	0.0	5.5	23.2	62.7	43.4	41.0	50.1	63.3	80.2	57.9

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

1. 7. 1. 43 Cuenca abastecedora río Gris

Fuente	Año medio											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Río Gris												
OHTS (l/s)	1284.7	1144.4	1169.9	1225.2	1250.7	965.3	744.5	625.1	642.1	991.2	2003.7	1968.9
CA (l/s)	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1
OHTD (l/s)	785.6	645.3	670.8	726.1	751.6	466.2	245.4	126.0	143.0	492.1	1504.6	1469.8

Año Seco 2015-2016												
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	510.3	433.8	353.0	450.9	676.4	433.9	391.4	348.7	336.1	387.1	463.5	365.7
CA	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1
OHTD	11.2	0.0	0.0	0.0	177.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Año Húmedo 2010-2011												
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
OHTS	697.4	786.7	523.1	1097.6	2471.7	3586.2	1523.0	1837.1	2624.8	3926.6	4274.4	1901.6
CA	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1	499.1
OHTD	198.3	287.6	24.0	598.5	1972.6	3087.1	1023.9	1338.0	2125.7	3427.5	3775.3	1402.5

OHTS: Oferta hídrica total superficial; CA: Caudal ambiental; OHTD: Oferta hídrica total disponible

2 INDICADORES DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO NATURAL

2.1 Índices de Aridez

Según IDEAM (2013), cuantifica el grado de suficiencia o insuficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de la zona de estudio. Permite identificar las áreas con déficit o excedente de humedad, su determinación se realiza mediante la siguiente expresión:

$$IA = \frac{ETP - ETR}{ETP}$$

Donde,

IA es el índice de aridez (adimensional)

ETP es la evapotranspiración potencial en mm

ETR es la evapotranspiración real en mm

La Tabla 31 presenta la clasificación del índice.

Tabla 31. Categorías del índice de aridez

Límites de categorías	Categoría	Descripción
<0.15		Altos excedentes de agua
0.15 – 0.19		Excedentes de agua
0.2 – 0.29		Entre moderado y excedentes de agua
0.30 – 0.39		Moderado
0.40 – 0.49		Entre moderado y deficitario de agua
0.50 – 0.59		Deficitario de agua
>0.59		Altamente deficitario de agua

La ETP se calculó de acuerdo con la metodología propuesta por Jaramillo (2006) para la región andina de Colombia, en la cual se determina una relación exponencial de la evapotranspiración potencial anual y la elevación. La desagregación a escala mensual se realizó aplicando coeficientes de distribución mensual basado en cinco (5) estaciones de la región:

$$ETP_i = 4.21 * EXP(-0.0002 * A) * Fd_i$$

Donde,

ETP_i es la evapotranspiración potencial del mes i

A es la elevación en msnm

Fd_i es el factor de distribución mensual para el mes i según la Tabla 32

Tabla 32. Factor de distribución mensual de la ETP en la zona de estudio

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Fd	1.0188	0.9935	1.0959	0.9832	0.9614	0.9469	1.0451	1.1106	0.9973	0.9861	0.9148	0.9463

La evapotranspiración real se determinó a escala mensual para cada condición hidrológica (año medio, año seco 2015/2016 y año húmedo 2010/2011), a través de la metodología de BUDYKO (IDEAM, 2013):

$$ETR_i = \left\{ ETP_i \times P_i \times \tanh\left(\frac{P_i}{ETP_i}\right) \times \left[1 - \cosh\left(\frac{ETP_i}{P_i}\right) + \sinh\left(\frac{ETP_i}{P_i}\right) \right] \right\}^{1/2}$$

Donde,

ETR_i es la evapotranspiración real del mes i en mm

ETP_i es la evapotranspiración potencial del mes i en mm

P_i es la precipitación del mes i en mm

En año medio se presentan excedentes de agua en todo el departamento durante los meses de marzo, abril, mayo, octubre y noviembre; en diciembre, enero y febrero ocurren condiciones moderadas de humedad en la parte distal del abanico del Quindío, mientras que dicha condición se da en el valle del cocora y la zona del valle de Maravelez (confluencia río Quindío con río Barragán y Quebrada la Picota) durante los meses de junio y septiembre. En año medio, julio y agosto presentan tendencia al déficit de agua hacia el valle del cocora, la parte alta del río Roble y parte baja de la cuenca del río Quindío (Figura 21).

En año seco se presenta déficit de agua en más del 80% del departamento del Quindío durante el mes de agosto, mientras que en febrero, junio, julio y septiembre predomina una condición moderada tendiente a deficitaria, especialmente hacia el valle del cocora, la cuenca del río Roble y la parte baja de la cuenca del río Quindío. En enero ocurre una crítica condición de déficit de humedad en la parte baja de las unidades hidrográficas del río Roble, río Espejo y Quebrada Buenavista. En el resto de los meses predominan los excedentes de humedad en todo el departamento (Figura 22).

Durante año húmedo (Figura 23), en todos los meses del año predomina el exceso de humedad a excepción de los meses de enero y agosto, en los cuales se presentan déficit de humedad en la parte alta de la unidad hidrográfica del río Quindío (valle del cocora) y la parte baja de las Uidades Hidrológicas del río Roble, Espejo y Quebrada Buenavista (Figura 23), En la escala anual se observan excedentes de humedad en año medio y húmedo, y una condición moderada en año seco (Figura 25).

Figura 21. Índice de aridez mensual para condición hidrológica de año medio

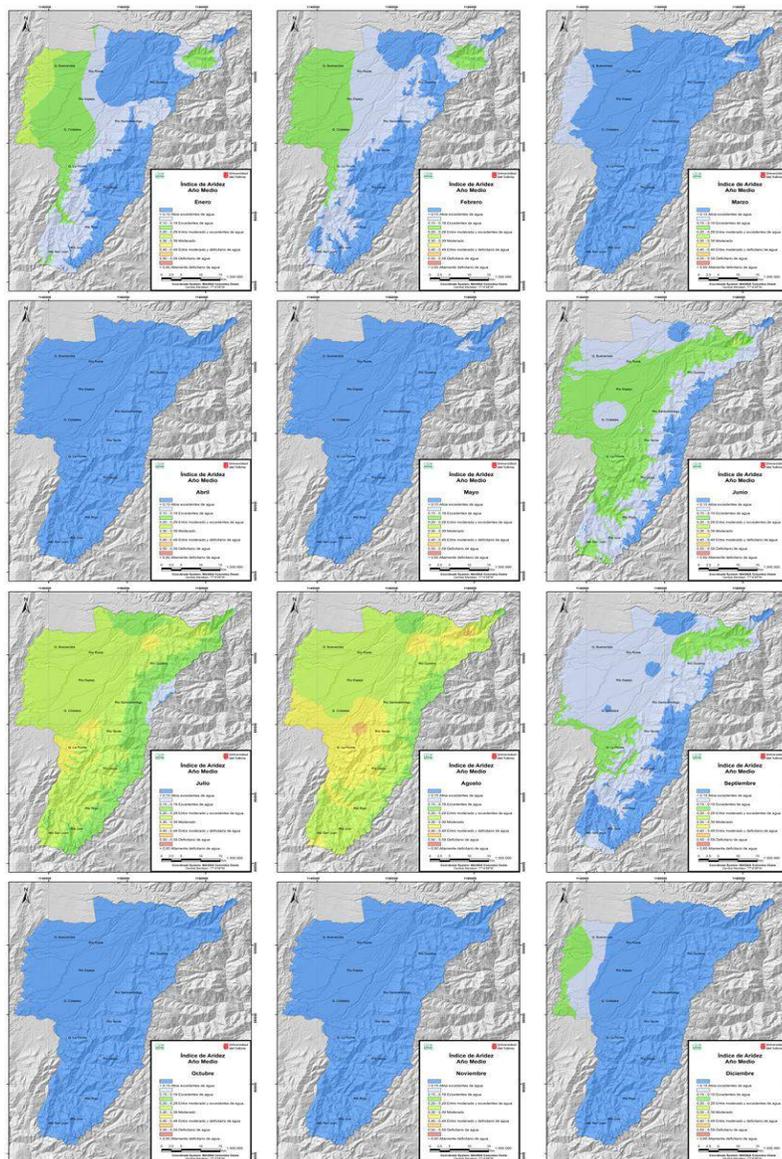


Figura 22. Índice de aridez mensual para condición hidrológica de año seco (2015/2016)

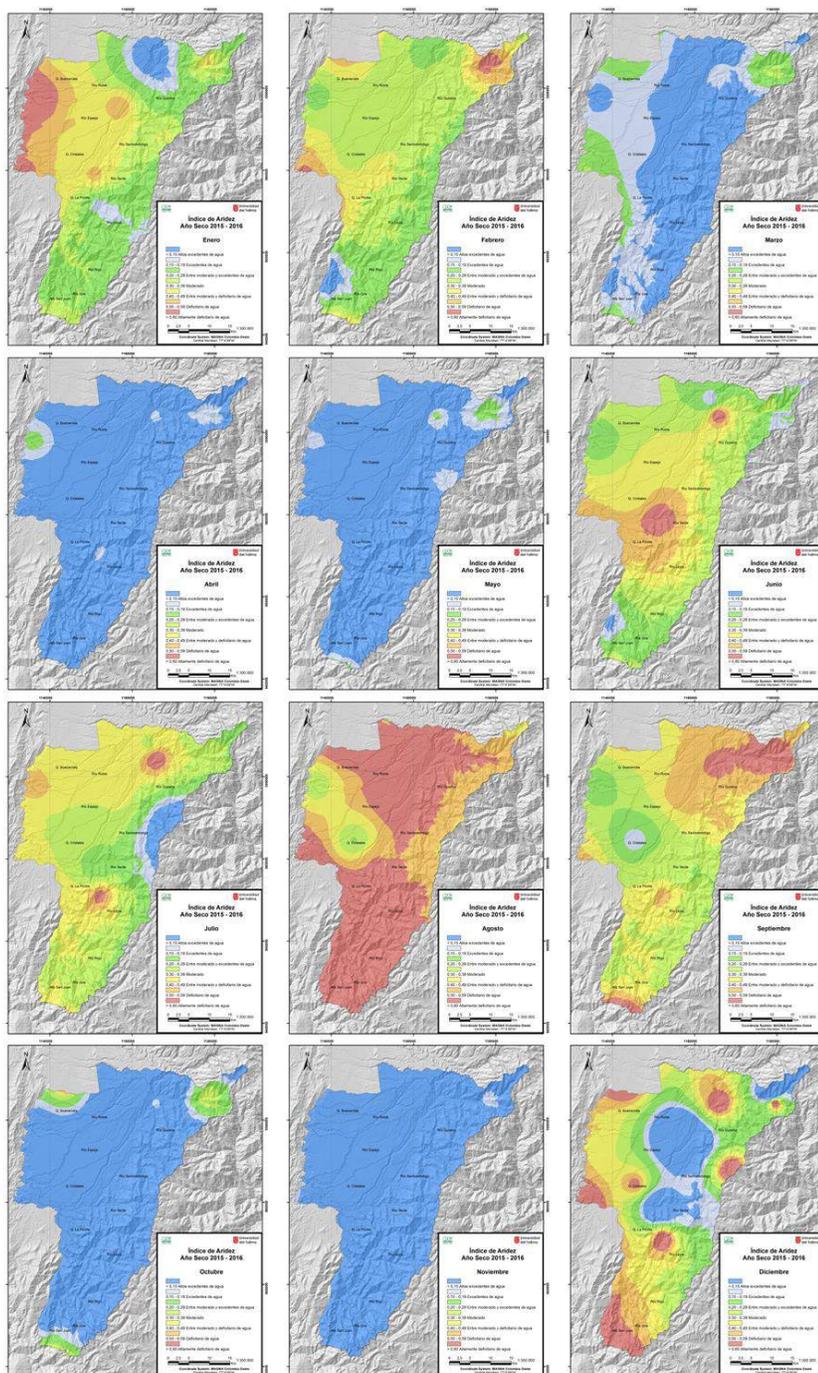


Figura 23. Índice de aridez mensual para la condición hidrológica de año húmedo (2010/2011)

Figura 24. Índice de aridez mensual para la condición hidrológica de año húmedo (2010/2011)

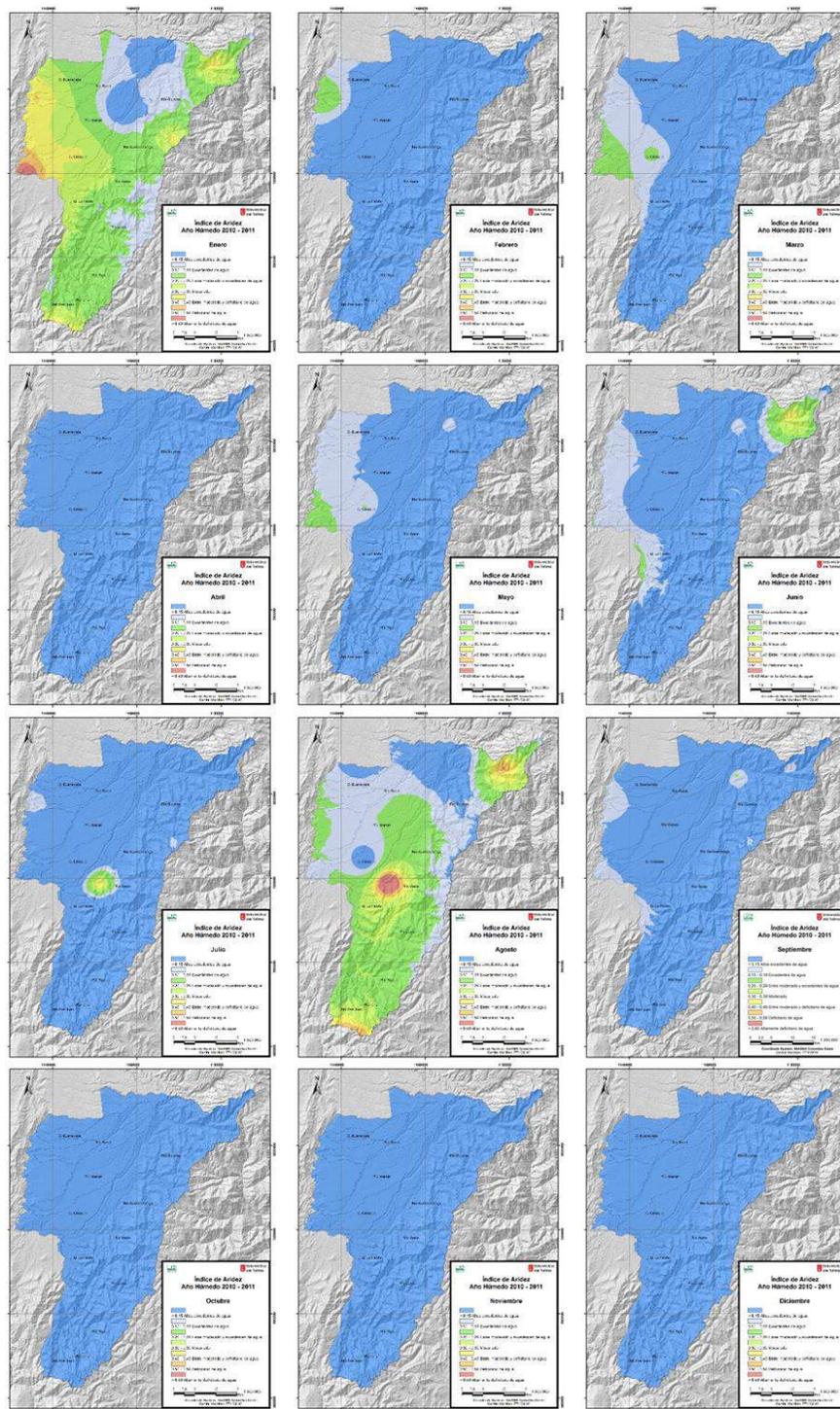
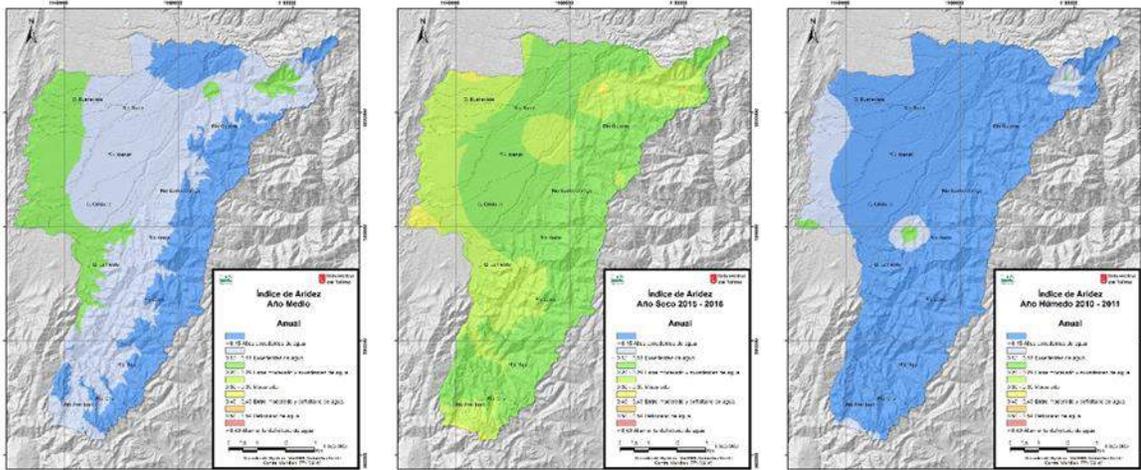


Figura 25. Índice de aridez anual para las tres condiciones hidrológicas (año medio, año seco, año húmedo)



2.1.1 Índices de aridez en unidades hidrográficas

En los meses de marzo, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre hay altos excedentes de humedad en todas las unidades hidrográficas (UH) para año medio (Tabla 33), en julio y agosto ocurre una condición moderada de aridez en todas las UH.

En el año seco de referencia (2015/2016), agosto presenta una condición crítica (altos déficit de agua) en las UH del río Quindío, Quebrada La Picota, Río Lejos, Río San Juan, Río Rojo, Río Espejo, y Quebrada Buenavista (Tabla 34), mientras que en las UH del río Santo Domingo, Río Verde y Río Roble ocurre déficit de humedad en dicho mes. Julio, septiembre, diciembre, enero, febrero y junio presentan una condición moderada de aridez para las UH de Quebrada La Picota, río Lejos, río Rojo, río Roble, río Espejo, Quebrada Cristales y Quebrada Buenavista, en estos meses la condición de humedad es moderada a deficitaria en las UH de los ríos Quindío y San Juan. El resto de los meses (octubre, noviembre, marzo, abril y mayo) hay excedentes de humedad en todas las unidades hidrográficas (Tabla 34).

En el año húmedo de referencia (2010/2011), se presentan condiciones moderadas de aridez en todas las unidades hidrográficas en el mes de enero (Tabla 35), dicha condición se presenta en agosto en las UH de río Quindío, río Santo Domingo, río Verde, Quebrada La Picota, río Lejos, río San Juan, y

río Rojo. En el resto de meses predomina en todas las unidades hidrográficas altos excedentes de humedad (Tabla 35).

Tabla 33. Índice de aridez mensual en año medio para las unidades hidrográficas del departamento del Quindío

Unidad Hidrográfica	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Rio Quindío	0.15	0.16	0.11	0.09	0.11	0.19	0.30	0.35	0.18	0.07	0.06	0.09
Rio Sto. Domingo	0.16	0.16	0.11	0.09	0.10	0.17	0.29	0.35	0.17	0.07	0.06	0.09
Rio Verde	0.14	0.13	0.10	0.08	0.09	0.17	0.31	0.38	0.16	0.07	0.05	0.08
Q. La Picota	0.18	0.17	0.12	0.09	0.12	0.23	0.39	0.45	0.20	0.09	0.07	0.11
Rio Lejos	0.13	0.13	0.09	0.08	0.09	0.18	0.31	0.37	0.15	0.07	0.05	0.08
Rio San Juan	0.17	0.15	0.11	0.09	0.09	0.18	0.30	0.36	0.15	0.07	0.06	0.11
Rio Rojo	0.15	0.14	0.10	0.08	0.09	0.17	0.29	0.34	0.14	0.07	0.06	0.09
Rio Roble	0.18	0.17	0.12	0.09	0.11	0.18	0.31	0.33	0.16	0.08	0.07	0.12
Rio Espejo	0.19	0.19	0.13	0.09	0.11	0.20	0.34	0.37	0.16	0.09	0.07	0.12
Q Cristales	0.22	0.20	0.14	0.09	0.12	0.19	0.34	0.39	0.17	0.10	0.08	0.14
Q Buenavista	0.22	0.20	0.13	0.10	0.11	0.18	0.32	0.34	0.17	0.09	0.08	0.14

Tabla 34. Índice de aridez mensual en año seco (2015/2016) para las unidades hidrográficas del departamento del Quindío

Unidad Hidrográfica	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Rio Quindío	0.35	0.60	0.56	0.13	0.08	0.30	0.27	0.38	0.16	0.12	0.14	0.34
Rio Sto. Domingo	0.23	0.60	0.41	0.09	0.07	0.20	0.38	0.34	0.11	0.10	0.11	0.44
Rio Verde	0.24	0.59	0.33	0.08	0.05	0.16	0.32	0.33	0.10	0.09	0.08	0.50
Q. La Picota	0.42	0.72	0.40	0.10	0.08	0.36	0.34	0.41	0.16	0.12	0.09	0.54
Rio Lejos	0.37	0.71	0.38	0.08	0.06	0.37	0.22	0.29	0.12	0.10	0.08	0.42
Rio San Juan	0.39	0.71	0.49	0.18	0.10	0.66	0.29	0.25	0.17	0.10	0.11	0.24
Rio Rojo	0.34	0.69	0.37	0.10	0.08	0.41	0.26	0.24	0.14	0.09	0.08	0.29
Rio Roble	0.43	0.59	0.44	0.10	0.07	0.32	0.37	0.31	0.14	0.12	0.11	0.31
Rio Espejo	0.40	0.62	0.39	0.10	0.08	0.23	0.47	0.36	0.16	0.10	0.10	0.43
Q Cristales	0.36	0.45	0.26	0.10	0.09	0.41	0.47	0.38	0.18	0.09	0.09	0.48
Q Buenavista	0.43	0.61	0.42	0.14	0.08	0.33	0.44	0.37	0.17	0.12	0.12	0.33

Tabla 35. Índice de aridez mensual en año húmedo (2010/2011) para las unidades hidrográficas del departamento del Quindío

Unidad Hidrográfica	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Rio Quindío	0.09	0.21	0.11	0.06	0.04	0.06	0.22	0.07	0.07	0.04	0.09	0.17
Rio Sto. Domingo	0.12	0.23	0.11	0.06	0.04	0.06	0.24	0.06	0.09	0.04	0.08	0.13
Rio Verde	0.14	0.34	0.11	0.05	0.04	0.05	0.23	0.06	0.09	0.04	0.08	0.12
Q. La Picota	0.11	0.31	0.14	0.06	0.05	0.06	0.29	0.07	0.13	0.05	0.11	0.16
Rio Lejos	0.08	0.24	0.11	0.05	0.04	0.05	0.20	0.05	0.09	0.04	0.07	0.12
Rio San Juan	0.09	0.36	0.12	0.07	0.05	0.07	0.29	0.06	0.09	0.04	0.08	0.12

Río Rojo	0.08	0.24	0.10	0.06	0.04	0.06	0.23	0.05	0.09	0.04	0.07	0.11
Río Roble	0.10	0.16	0.11	0.06	0.04	0.07	0.22	0.10	0.10	0.06	0.12	0.12
Río Espejo	0.09	0.19	0.10	0.07	0.05	0.07	0.26	0.09	0.12	0.05	0.14	0.14
Q Cristales	0.09	0.18	0.11	0.08	0.05	0.08	0.37	0.10	0.17	0.05	0.16	0.13
Q Buenavista	0.11	0.16	0.12	0.07	0.04	0.08	0.25	0.12	0.11	0.06	0.14	0.14

2.1.2 Índices de aridez en microcuencia abastecedora

En año medio, las fuentes abastecedoras de las Quebradas La Picota, La Cascada y Las Pizarras son las que tienen menor disponibilidad hídrica para las plantas en el mes de agosto, con índices de aridez moderado tendiente al déficit de humedad. En el resto de las microcuencias abastecedoras hay condiciones moderadas de aridez, mientras que en el resto de los meses hay excedentes de humedad en todas las microcuencias (Tabla 36).

Tabla 36. Índice de aridez mensual en año medio para las microcuencias abastecedoras de acueductos

Fuente Abastecedora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Cruz Gorda	0.13	0.15	0.11	0.09	0.11	0.19	0.32	0.37	0.19	0.07	0.05	0.09
Cristalina	0.13	0.15	0.11	0.09	0.11	0.21	0.34	0.38	0.20	0.07	0.05	0.09
Bolivia	0.12	0.14	0.11	0.09	0.11	0.21	0.34	0.38	0.20	0.07	0.05	0.08
Río Quindío (hasta bocatoma EPA)	0.16	0.17	0.12	0.10	0.12	0.19	0.29	0.37	0.19	0.07	0.06	0.10
Corozal	0.12	0.14	0.11	0.09	0.11	0.20	0.33	0.37	0.19	0.06	0.05	0.08
Las Águilas	0.12	0.14	0.11	0.09	0.11	0.20	0.33	0.36	0.18	0.07	0.05	0.08
La Llorona	0.12	0.14	0.11	0.09	0.11	0.20	0.34	0.37	0.19	0.07	0.05	0.08
Río Quindío hasta Estación Bombeo	0.13	0.15	0.11	0.09	0.11	0.21	0.35	0.38	0.19	0.07	0.06	0.09
Río Quindío (Bt. Tebaida)	0.13	0.16	0.11	0.08	0.10	0.20	0.33	0.35	0.16	0.07	0.06	0.08
Río Santo Domingo (hasta Bocatoma Calarcá)	0.16	0.15	0.11	0.08	0.09	0.15	0.22	0.29	0.16	0.07	0.06	0.09
El salado	0.13	0.15	0.11	0.08	0.10	0.18	0.29	0.33	0.15	0.07	0.06	0.08
san Rafael	0.14	0.16	0.11	0.08	0.10	0.17	0.28	0.33	0.16	0.07	0.06	0.09
El Naranjal	0.14	0.16	0.11	0.08	0.10	0.19	0.31	0.34	0.16	0.07	0.06	0.09
El Salado 2	0.15	0.15	0.11	0.08	0.10	0.17	0.27	0.33	0.16	0.07	0.06	0.09
Q El Roble (Los Justos)	0.13	0.12	0.09	0.08	0.09	0.18	0.33	0.40	0.16	0.07	0.05	0.08
Q La Picota (Bt. Buenavista)	0.13	0.13	0.10	0.08	0.10	0.22	0.37	0.44	0.18	0.07	0.05	0.08
La Cascada	0.12	0.12	0.10	0.08	0.10	0.22	0.37	0.44	0.18	0.07	0.05	0.08
Las Pizarras	0.11	0.11	0.09	0.07	0.09	0.20	0.33	0.40	0.16	0.07	0.05	0.07
Río Gris hasta Bocatoma Génova	0.16	0.14	0.11	0.08	0.09	0.17	0.28	0.34	0.14	0.07	0.06	0.10
El Bosque	0.10	0.11	0.09	0.08	0.09	0.17	0.28	0.31	0.15	0.06	0.05	0.07
La Marina	0.11	0.12	0.10	0.08	0.10	0.18	0.31	0.33	0.16	0.06	0.05	0.07
Roble Circasia	0.10	0.11	0.09	0.08	0.09	0.15	0.26	0.28	0.14	0.05	0.05	0.07
Arenosa	0.11	0.13	0.10	0.09	0.10	0.19	0.32	0.34	0.17	0.06	0.05	0.08
Cajones	0.11	0.13	0.11	0.09	0.11	0.20	0.33	0.36	0.18	0.06	0.05	0.08
Río Roble (Bt. Montenegro)	0.13	0.14	0.10	0.08	0.10	0.17	0.30	0.32	0.15	0.06	0.05	0.08
La Soledad	0.14	0.17	0.11	0.09	0.10	0.19	0.33	0.35	0.16	0.07	0.06	0.09
La Paloma	0.16	0.18	0.12	0.09	0.11	0.19	0.33	0.35	0.16	0.08	0.07	0.10
Las Lajas	0.15	0.17	0.12	0.09	0.11	0.19	0.33	0.35	0.16	0.08	0.06	0.09
Q Buenavista (Bt. Quimbaya)	0.17	0.17	0.12	0.09	0.10	0.18	0.31	0.33	0.16	0.08	0.07	0.10

Lachas	0.10	0.10	0.09	0.07	0.09	0.14	0.24	0.26	0.13	0.05	0.04	0.07
Chorrobolillos	0.09	0.10	0.08	0.07	0.08	0.13	0.23	0.25	0.12	0.05	0.04	0.06
Barroblanco	0.10	0.11	0.09	0.08	0.09	0.15	0.25	0.27	0.13	0.05	0.05	0.07

El año seco de referencia (2015/2016) revela la vulnerabilidad de las fuentes abastecedoras al déficit de humedad en los meses de agosto y septiembre (Tabla 37), condiciones moderadas en junio y julio, y una tendencia a altos excedentes de humedad en octubre, noviembre, marzo, abril y mayo. Diciembre presenta déficit de humedad en las fuentes abastecedoras de Pijao (Q. La Cascada y Q. Las Pizarras), Génova (río Gris), Circasia (Q. El Bosque, Q. La Marina, Río Roble, Q. La Arenosa, Q. Cajones) y Filandia (Q. Lachas, Q. Chorrobolillos, y Q. Barroblanco).

Tabla 37. Índice de aridez mensual en año seco (2015/2016) para las microcuencas abastecedoras de acueductos

Fuente Abastecedora	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Cruz Gorda	0.40	0.59	0.58	0.11	0.06	0.33	0.18	0.34	0.15	0.12	0.13	0.36
Cristalina	0.46	0.60	0.60	0.11	0.06	0.40	0.17	0.34	0.15	0.12	0.14	0.39
Bolivia	0.47	0.60	0.60	0.11	0.05	0.42	0.16	0.33	0.15	0.12	0.14	0.40
Río Quindío (hasta bocatoma EPA)	0.36	0.57	0.60	0.17	0.09	0.29	0.25	0.44	0.19	0.13	0.15	0.27
Corozal	0.45	0.59	0.59	0.11	0.05	0.40	0.16	0.32	0.14	0.12	0.13	0.40
Las Águilas	0.46	0.66	0.56	0.09	0.05	0.26	0.19	0.32	0.13	0.11	0.12	0.38
La Llorona	0.49	0.65	0.58	0.09	0.05	0.34	0.17	0.31	0.13	0.12	0.12	0.39
Río Quindío hasta Estación Bombeo	0.45	0.67	0.57	0.10	0.06	0.25	0.22	0.33	0.14	0.12	0.13	0.42
Río Quindío (Bt. Tebaida)	0.38	0.77	0.53	0.09	0.06	0.09	0.39	0.33	0.13	0.10	0.11	0.41
Río Santo Domingo (hasta Bocatoma Calarcá)	0.14	0.56	0.44	0.09	0.08	0.32	0.35	0.30	0.10	0.09	0.13	0.37
El salado	0.28	0.70	0.49	0.09	0.06	0.10	0.34	0.31	0.12	0.10	0.11	0.38
san Rafael	0.25	0.67	0.49	0.09	0.07	0.12	0.34	0.32	0.12	0.10	0.11	0.39
El Naranjal	0.30	0.72	0.50	0.09	0.07	0.09	0.38	0.33	0.12	0.10	0.11	0.40
El Salado 2	0.22	0.62	0.42	0.09	0.07	0.14	0.36	0.32	0.11	0.10	0.11	0.40
Q El Roble (Los Justos)	0.32	0.66	0.36	0.08	0.06	0.20	0.25	0.32	0.11	0.10	0.08	0.50
Q La Picota (Bt. Buenavista)	0.45	0.78	0.44	0.08	0.06	0.39	0.22	0.34	0.13	0.12	0.09	0.53
La Cascada	0.57	0.86	0.50	0.08	0.06	0.66	0.18	0.32	0.13	0.14	0.10	0.52
Las Pizarras	0.47	0.79	0.44	0.08	0.06	0.50	0.18	0.29	0.12	0.12	0.09	0.47
Río Gris hasta Bocatoma Génova	0.36	0.70	0.42	0.13	0.09	0.54	0.27	0.22	0.15	0.09	0.09	0.24
El Bosque	0.46	0.62	0.56	0.06	0.05	0.55	0.13	0.27	0.11	0.10	0.10	0.27
La Marina	0.48	0.63	0.57	0.07	0.05	0.52	0.14	0.28	0.11	0.11	0.10	0.31
Roble Circasia	0.42	0.63	0.53	0.06	0.04	0.51	0.13	0.26	0.10	0.10	0.09	0.23
Arenosa	0.48	0.64	0.57	0.08	0.05	0.41	0.16	0.30	0.12	0.11	0.11	0.34
Cajones	0.50	0.63	0.58	0.08	0.05	0.46	0.15	0.30	0.13	0.12	0.12	0.37
Río Roble (Bt. Montenegro)	0.42	0.65	0.51	0.08	0.06	0.28	0.23	0.31	0.12	0.10	0.10	0.30
La Soledad	0.41	0.73	0.49	0.10	0.07	0.09	0.39	0.34	0.14	0.10	0.11	0.39
La Paloma	0.41	0.69	0.46	0.10	0.07	0.11	0.41	0.36	0.15	0.11	0.11	0.39
Las Lajas	0.41	0.71	0.47	0.10	0.07	0.10	0.41	0.35	0.14	0.11	0.11	0.39
Q Buenavista (Bt. Quimbaya)	0.40	0.64	0.47	0.11	0.07	0.24	0.32	0.36	0.16	0.11	0.11	0.33
Lachas	0.39	0.61	0.51	0.06	0.04	0.50	0.13	0.25	0.09	0.09	0.08	0.20
Chorrobolillos	0.39	0.61	0.51	0.05	0.04	0.54	0.12	0.23	0.09	0.09	0.08	0.18
Barroblanco	0.39	0.61	0.51	0.06	0.04	0.48	0.13	0.25	0.10	0.09	0.08	0.21

En el año húmedo de referencia (2010/2011), la unidad hidrográfica del río Quindío hasta la bocatoma de Armenia presenta condición moderada de aridez en los meses de agosto, enero y junio (Tabla 38). En las microcuencas de las fuentes abastecedoras Q. El Roble (Los Justos), Q. La Picota (Bocatoma de Buenavista), Q. La Cascada, y río Gris ocurre una condición moderada de aridez, y en enero se presenta dicha condición en las microcuencas de río Santo Domingo hasta la bocatoma de Calarcá, Quebrada El Salado 2, Quebrada El Roble (Los Justos), Quebrada La Picota (Bocatoma de Buenavista) y río Gris (Bocatoma de Génova). En el resto de meses existe una tendencia a la ocurrencia de altos excedentes de humedad en todas las fuentes abastecedoras.

Tabla 38. Índice de aridez mensual en año húmedo (2010/2011) para las microcuencas abastecedoras de acueductos

Fuente Abastecedora	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Cruz Gorda	0.08	0.15	0.12	0.06	0.04	0.05	0.17	0.06	0.07	0.05	0.09	0.14
Cristalina	0.08	0.14	0.13	0.06	0.04	0.05	0.17	0.06	0.08	0.05	0.10	0.14
Bolivia	0.08	0.13	0.12	0.06	0.04	0.05	0.16	0.06	0.08	0.05	0.10	0.14
Río Quindío (hasta bocatoma EPA)	0.09	0.26	0.11	0.07	0.04	0.06	0.25	0.07	0.07	0.04	0.08	0.21
Corozal	0.08	0.13	0.12	0.05	0.04	0.05	0.16	0.06	0.07	0.05	0.10	0.13
Las Águilas	0.08	0.14	0.11	0.05	0.04	0.05	0.15	0.07	0.08	0.05	0.11	0.12
La Llorona	0.08	0.13	0.12	0.05	0.04	0.05	0.15	0.07	0.08	0.05	0.12	0.12
Río Quindío hasta Estación Bombeo	0.09	0.15	0.12	0.06	0.04	0.05	0.16	0.07	0.08	0.05	0.11	0.13
Río Quindío (Bt. Tebaida)	0.09	0.19	0.09	0.05	0.04	0.05	0.14	0.07	0.08	0.05	0.10	0.13
Río Santo Domingo (hasta Bocatoma Calarcá)	0.11	0.18	0.12	0.06	0.04	0.05	0.27	0.05	0.08	0.04	0.06	0.13
El salado	0.09	0.18	0.09	0.05	0.04	0.05	0.16	0.07	0.07	0.04	0.08	0.13
san Rafael	0.10	0.18	0.10	0.05	0.04	0.05	0.18	0.07	0.08	0.04	0.08	0.13
El Naranjal	0.09	0.19	0.09	0.05	0.04	0.06	0.16	0.07	0.08	0.04	0.09	0.13
El Salado 2	0.10	0.19	0.10	0.06	0.04	0.05	0.20	0.06	0.08	0.04	0.07	0.13
Q El Roble (Los Justos)	0.09	0.30	0.11	0.05	0.04	0.05	0.21	0.05	0.09	0.04	0.07	0.12
Q La Picota (Bt. Buenavista)	0.09	0.32	0.13	0.05	0.04	0.06	0.22	0.05	0.09	0.04	0.08	0.13
La Cascada	0.08	0.29	0.13	0.05	0.04	0.05	0.19	0.05	0.08	0.03	0.07	0.12
Las Pizarras	0.07	0.26	0.12	0.05	0.04	0.05	0.18	0.05	0.08	0.03	0.07	0.11
Río Gris hasta Bocatoma Génova	0.08	0.29	0.11	0.06	0.04	0.06	0.26	0.06	0.09	0.04	0.07	0.11
El Bosque	0.07	0.12	0.10	0.05	0.04	0.04	0.13	0.06	0.08	0.05	0.11	0.09
La Marina	0.07	0.12	0.11	0.05	0.04	0.05	0.13	0.06	0.08	0.05	0.11	0.10
Roble Circasia	0.06	0.12	0.09	0.05	0.04	0.04	0.12	0.06	0.07	0.05	0.10	0.08
Arenosa	0.08	0.13	0.11	0.05	0.04	0.05	0.14	0.07	0.08	0.05	0.11	0.11
Cajones	0.08	0.12	0.12	0.05	0.04	0.05	0.14	0.06	0.08	0.05	0.12	0.11
Río Roble (Bt. Montenegro)	0.08	0.15	0.10	0.05	0.04	0.05	0.15	0.07	0.08	0.05	0.11	0.11
La Soledad	0.09	0.19	0.09	0.06	0.04	0.06	0.15	0.08	0.08	0.05	0.11	0.13
La Paloma	0.10	0.18	0.10	0.06	0.04	0.06	0.18	0.09	0.09	0.05	0.12	0.14
Las Lajas	0.09	0.19	0.09	0.06	0.04	0.06	0.16	0.08	0.09	0.05	0.12	0.13
Q Buenavista (Bt. Quimbaya)	0.09	0.15	0.10	0.06	0.04	0.06	0.18	0.09	0.09	0.05	0.12	0.12
Lachas	0.06	0.11	0.08	0.05	0.03	0.04	0.12	0.06	0.07	0.05	0.09	0.08
Chorrobolillos	0.06	0.11	0.08	0.04	0.03	0.04	0.11	0.06	0.07	0.05	0.09	0.07
Barroblanco	0.06	0.12	0.09	0.05	0.03	0.04	0.12	0.06	0.07	0.05	0.10	0.08

2.2 Índices de Regulación y Retención Hídrica (IRH)

Según IDEAM (2013), este índice estima la capacidad de la cuenca para retener humedad, su cálculo se fundamenta en la curva de duración de caudales

diarios y toma valores entre cero (0) y uno (1). De acuerdo con IDEAM (2013), los valores más bajos representan menor ‘capacidad de regulación. El índice expresa la relación entre el área bajo la línea del caudal medio en la curva de duración de caudales diarios y el área bajo la curva de duración de caudales diarios. A continuación, se presenta su clasificación (Tabla 39).

Tabla 39. Categorías del índice de retención y regulación hídrica (IRH)

Límites de categorías	Categoría	Capacidad de retención y regulación
>0.85		Muy alta
0.75 – 0.85		Alta
0.65 – 0.75		Media
0.50 – 0.65		Baja
<0.50		Muy Baja

El índice se estimó a partir de las series diarias de caudales simulados en las diferentes unidades hidrográficas, no se utilizaron directamente las series de caudales diarias de las estaciones limnimétricas debido a su regular estado.

En general, las unidades hidrográficas (UH) del río Quindío, río Santo Domingo, río Verde y río Espejo tienen alta capacidad de retención y regulación hídrica la mayor parte del año (Tabla 40). En el caso de las UH de los ríos Quindío, Santo Domingo y Verde, se este comportamiento se explica por su alto porcentaje de cobertura vegetal (97.2, 97.6 y 98.1 % respectivamente), presencia de áreas de conservación y tipo de suelos, estas condiciones promueven el flujo subsuperficial y la recarga de acuíferos. En el caso de la UH del río Espejo, el tipo de relieve permite una mayor conexión hidráulica del cauce con los sistemas de flujo y almacenamiento subterráneo, que implican caudales medios menos variables en el tiempo, además, la cuenca recibe caudales de descarga de sistemas de colectores de aguas residuales de Armenia y Circasia, que se convierten en trasvases a efectos del balance hídrico.

En el resto de las unidades hidrográficas (quebrada La Picota, río Lejos, río Rojo, río San Juan, quebrada Cristales, río Roble, quebrada Buenavista) predomina una capacidad media de regulación hídrica (Tabla 40).

Tabla 40. Índice de regulación y retención hídrica en las unidades hidrográficas del Quindío

Unidad Hidrográfica	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Río Quindío	0.70	0.72	0.72	0.76	0.77	0.77	0.79	0.78	0.77	0.75	0.76	0.74
Río Santo Domingo	0.72	0.71	0.71	0.75	0.78	0.78	0.79	0.79	0.79	0.77	0.76	0.75
Río Verde	0.72	0.71	0.71	0.74	0.77	0.77	0.76	0.76	0.77	0.77	0.80	0.77
Quebrada La Picota	0.68	0.71	0.72	0.75	0.74	0.75	0.76	0.76	0.74	0.74	0.75	0.81
Río Lejos	0.70	0.67	0.69	0.74	0.73	0.75	0.78	0.80	0.72	0.62	0.65	0.76
Río Rojo	0.70	0.67	0.69	0.74	0.73	0.75	0.78	0.80	0.72	0.62	0.65	0.76
Río San Juan	0.70	0.67	0.69	0.74	0.73	0.75	0.78	0.80	0.72	0.62	0.65	0.76
Quebrada Cristales	0.71	0.74	0.73	0.75	0.71	0.73	0.77	0.78	0.76	0.77	0.75	0.71
Río Espejo	0.76	0.80	0.77	0.76	0.75	0.77	0.81	0.80	0.76	0.78	0.75	0.74
Río Roble	0.72	0.71	0.72	0.75	0.76	0.75	0.76	0.76	0.68	0.74	0.74	0.73
Quebrada Buenavista	0.72	0.71	0.72	0.75	0.76	0.75	0.76	0.76	0.68	0.74	0.74	0.73

En todas las cuencas abastecedoras de acueducto predomina una capacidad media de retención y regulación hídrica, lo cual es coherente con los resultados del Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2014) para la región, en el mes de agosto todas las fuentes abastecedoras presentan alta capacidad de retención y regulación hídrica (Tabla 41). Este resultado se debe a que en dicho mes no suelen presentarse episodios de crecidas ordinarias o extraordinarias, por lo que el caudal medio del mes tiende a ocurrir la mayor parte de días del mes, y esto resulta en que el área bajo la curva de la línea de caudal medio en la Curva de Duración de Caudales (CDC) es más próxima al área bajo la curva de la CDC del mes (interpretación extensible al mes de julio).

Tabla 41. Índice de regulación y retención hídrica en las microcuencas abastecedoras de acueductos del Quindío

Fuente Abastecedora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Cruz Gorda	0.71	0.72	0.71	0.72	0.72	0.74	0.75	0.76	0.67	0.61	0.67	0.69
Cristalina	0.71	0.72	0.71	0.73	0.73	0.75	0.76	0.77	0.69	0.63	0.68	0.70
Bolivia	0.71	0.72	0.71	0.73	0.73	0.75	0.76	0.77	0.69	0.63	0.68	0.70
Corozal	0.71	0.72	0.71	0.73	0.73	0.75	0.76	0.77	0.69	0.63	0.68	0.70
Las Águilas	0.70	0.74	0.72	0.76	0.79	0.80	0.81	0.80	0.76	0.74	0.74	0.71
La Llorona	0.72	0.75	0.73	0.76	0.79	0.80	0.81	0.79	0.73	0.70	0.70	0.70
El Bosque	0.72	0.71	0.72	0.75	0.76	0.75	0.76	0.76	0.68	0.74	0.74	0.73
La Marina	0.72	0.71	0.72	0.75	0.76	0.75	0.76	0.76	0.68	0.74	0.74	0.73
Arenosa	0.72	0.71	0.72	0.75	0.76	0.75	0.76	0.76	0.68	0.74	0.74	0.73
Roble Circasia	0.72	0.71	0.72	0.75	0.76	0.75	0.76	0.76	0.68	0.74	0.74	0.73
Cajones	0.72	0.71	0.72	0.75	0.76	0.75	0.76	0.76	0.68	0.74	0.74	0.73
Lachas	0.72	0.71	0.72	0.75	0.76	0.75	0.76	0.76	0.68	0.74	0.74	0.73
Chorrobolillos	0.72	0.71	0.72	0.75	0.76	0.75	0.76	0.76	0.68	0.74	0.74	0.73
Barroblanco	0.72	0.71	0.72	0.75	0.76	0.75	0.76	0.76	0.68	0.74	0.74	0.73
Q Buenavista (Bt. Quimbaya)	0.72	0.71	0.72	0.75	0.76	0.75	0.76	0.76	0.68	0.74	0.74	0.73

Río Roble (Bt. Montenegro)	0.72	0.71	0.72	0.75	0.76	0.75	0.76	0.76	0.68	0.74	0.74	0.73
La Soledad	0.72	0.71	0.72	0.75	0.76	0.75	0.76	0.76	0.68	0.74	0.74	0.73
La Paloma	0.72	0.71	0.72	0.75	0.76	0.75	0.76	0.76	0.68	0.74	0.74	0.73
Las Lajas	0.72	0.71	0.72	0.75	0.76	0.75	0.76	0.76	0.68	0.74	0.74	0.73
Río Quindío (bocatoma EPA)	0.73	0.73	0.72	0.74	0.76	0.75	0.76	0.75	0.75	0.73	0.75	0.76
Río Quindío (Estación Bombeo)	0.73	0.73	0.72	0.75	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.75	0.76	0.74
Río Santo Domingo (Bt. Calarcá)	0.71	0.71	0.73	0.77	0.79	0.78	0.79	0.79	0.80	0.77	0.77	0.74
El salado	0.70	0.72	0.72	0.73	0.76	0.77	0.77	0.76	0.72	0.68	0.67	0.68
San Rafael	0.70	0.71	0.71	0.72	0.75	0.76	0.77	0.77	0.75	0.72	0.70	0.67
El Naranjal	0.70	0.72	0.72	0.73	0.76	0.77	0.77	0.76	0.72	0.68	0.67	0.68
El Salado 2	0.70	0.72	0.72	0.73	0.76	0.77	0.77	0.76	0.72	0.68	0.66	0.68
Río Quindío (Bt. Tebaida)	0.73	0.73	0.72	0.76	0.77	0.77	0.78	0.78	0.78	0.76	0.76	0.74
Q El Roble (Los Justos)	0.73	0.72	0.70	0.72	0.73	0.75	0.76	0.77	0.76	0.76	0.75	0.71
Las Pizarras	0.70	0.67	0.69	0.74	0.73	0.75	0.78	0.80	0.72	0.62	0.65	0.66
La Cascada	0.70	0.67	0.69	0.74	0.73	0.75	0.78	0.80	0.72	0.62	0.65	0.66
Q La Picota (Bt. Buenavista)	0.68	0.71	0.72	0.75	0.74	0.75	0.75	0.76	0.74	0.74	0.75	0.68
Río Gris (Bt. Génova)	0.70	0.67	0.69	0.74	0.73	0.75	0.78	0.80	0.72	0.62	0.65	0.66

3 DEMANDA DE AGUA

3.1 Concesiones de agua por tipo de uso

La mayor proporción de agua demandada en el departamento del Quindío proviene de fuentes superficiales; lo cual se demuestra en la distribución de las concesiones realizadas por CRQ, un 99.25% (13680.48 l/s) de las concesiones registradas por la Autoridad Ambiental corresponden a fuentes superficiales y solo un 0.75% (103.11 l/s) provienen de fuentes subterráneas (Tabla 42, Figura 26). Esto implica que la mayor presión por el uso del recurso hídrico recae sobre las masas de agua superficiales.

El 81.26% (11117.00 l/s) del caudal superficial concesionado está destinado a la generación de energía. Para el uso doméstico se destina el 17.07% (2335.7 l/s) del recurso superficial concesionado. Otros usos como el piscícola, el recreacional y el agrícola tienen un 0.79% (108.9 l/s), un 0.15% (20.00 l/s) y un 0.25% (34.3 l/s) de las concesiones superficiales respectivamente. El uso agrícola no tiene requerimientos significativos de aguas superficiales y subterráneas, fundamentalmente porque no hay distritos de riego en el departamento, ya que la provisión de recursos hídricos para los cultivos se da principalmente por el aprovechamiento natural de la lluvia.

El 48.4% (49.9 l/s) de los recursos subterráneos concesionados se destinan al uso recreacional y deporte, mientras que para consumo humano se aprovechan 20.1 l/s de aguas subterráneas (Figura 26). Los usos industrial y agrícola tienen un 18.9% y 9.8% de las concesiones de aguas subterráneas, que equivalen a 19.6 y 10.1 l/s. Todas las concesiones se distribuyen principalmente en la zona media y baja de las unidades hidrográficas (Figura 27 y Figura 28).

Tabla 42. Caudal concesionado por tipo de uso en jurisdicción de CRQ (año 2017)

Tipo de Uso	Caudal (l/s)		
	Fuentes Superficiales	Fuentes Subterráneas	Superficial y Subterránea
Generación de Energía	11117.00	0.00	11117.00
Doméstico	2335.77	20.10	2355.87
Piscícola	108.88	0.72	109.60
Recreación y Deporte	20.00	49.92	69.92

Agrícola	34.33	10.13	44.46
Industrial	30.13	19.57	49.70
Pecuario	23.54	2.67	26.21
Sin Clasificación	9.78	0.00	9.78
Transporte de minerales y sustancias toxicas	1.05	0.00	1.05
Total	13680.48	103.11	13783.59

Figura 26. Distribución de las concesiones de agua por tipo de uso y tipo de fuente (2017)

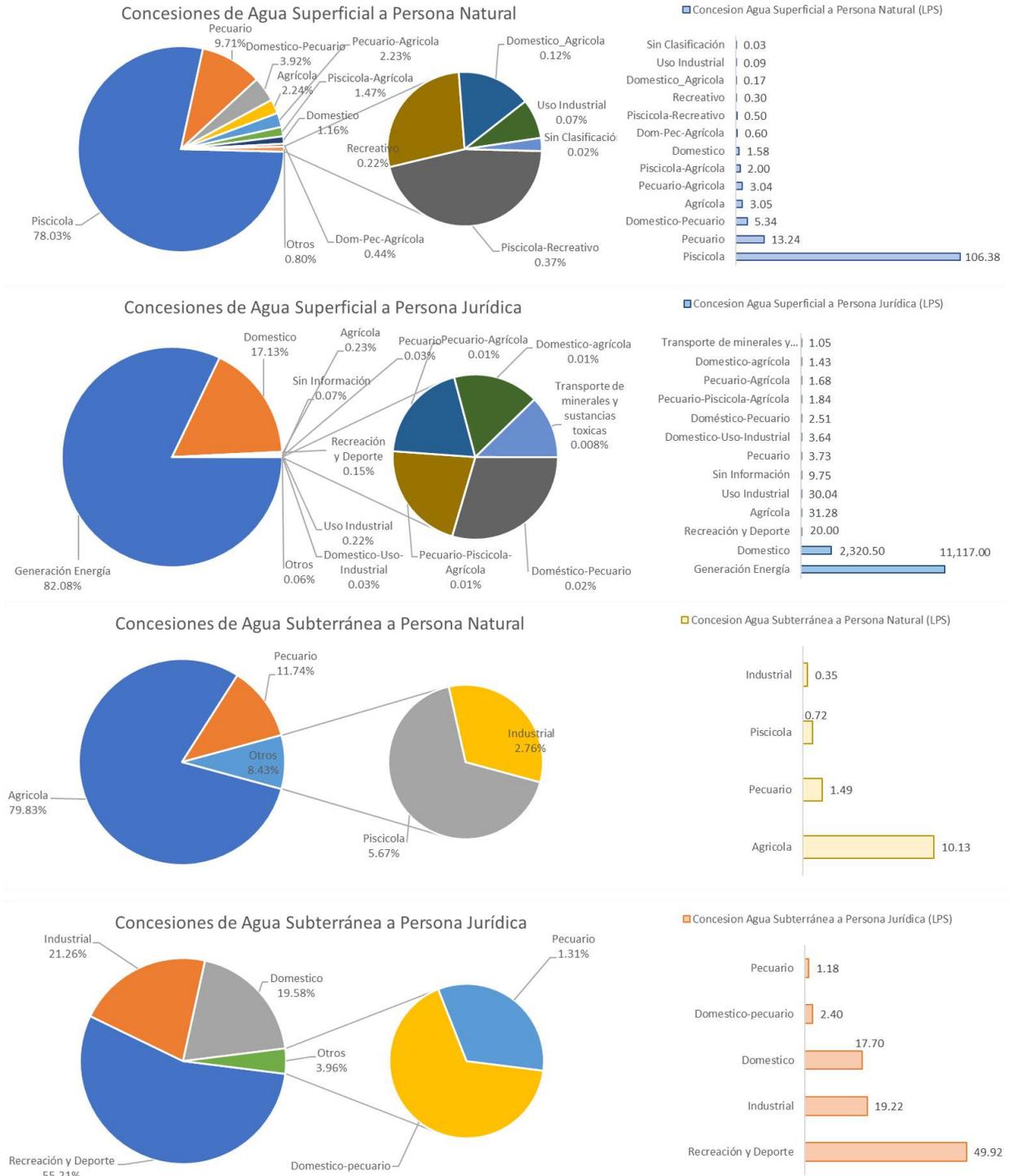


Figura 27. Distribución espacial de las concesiones de tipo doméstica y generación de energía (2017)

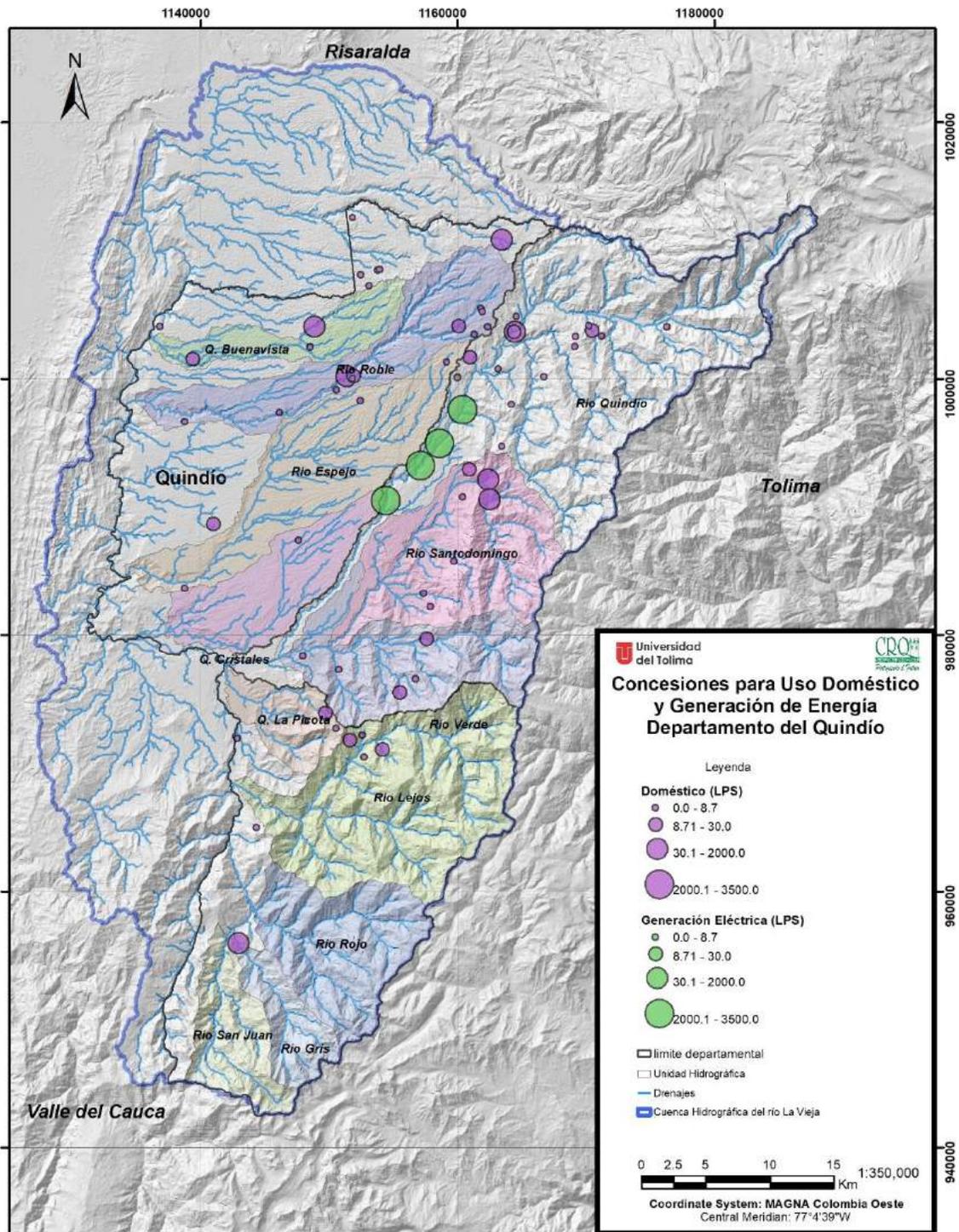
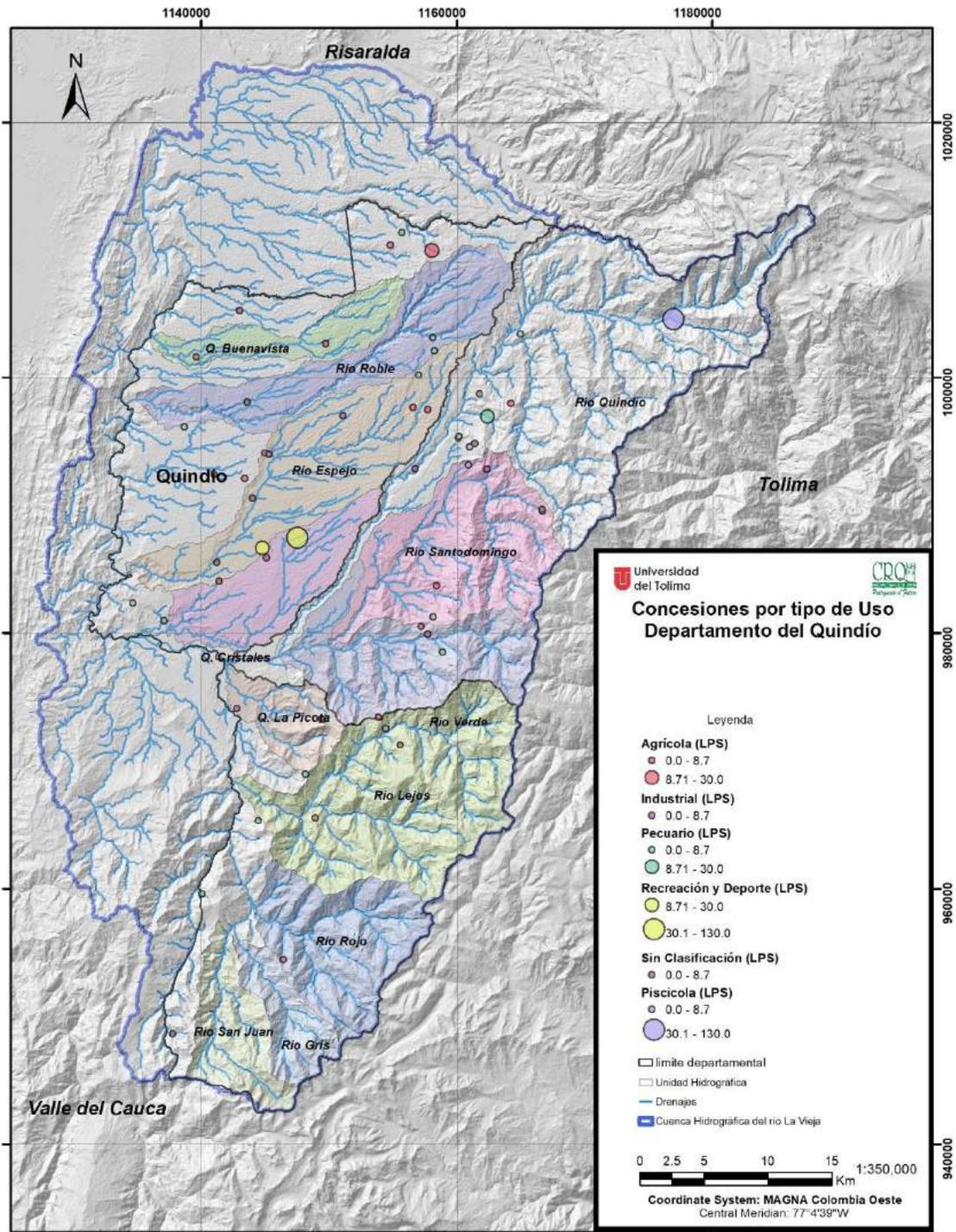


Figura 28. Distribución espacial de las concesiones de tipo agrícola, piscícola, pecuaria, industrial y sin clasificación (2017)



3.2 Demanda Hídrica Sectorial

3.2.1 Demandas para Uso Doméstico

El cálculo de la demanda hídrica del servicio de acueducto en los municipios de Armenia, Buenavista, Calarcá, Circasia, Córdoba, Filandia, Génova, La Tebaida, Montenegro, Pijao, Quimbaya y Salento se realizó según la metodología indicada por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (Colombia, 2010; Colombia, 2017). La demanda se calculó a partir de la dotación bruta y la población total por municipio, proyectada al año 2017 y 2028.

Para el análisis, se consultó la información demográfica y poblacional de los censos de población de los años 1985, 1993 y 2005, y la proyección oficial del año 2017 provenientes del Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE para estos municipios (Tabla 43). Además, se consultó la información de concesiones hídricas para los acueductos de los municipios e información sobre indicadores técnicos de los sistemas de distribución de agua potable reportados por la Superintendencia de Servicios Públicos.

Tabla 43. Línea base de población para la estimación de la demanda doméstica actual y proyectada

Municipio	Censo 1985			Censo 1993			Censo 2005			Proyección DANE 2017		
	Cabecera	Resto	Total	Cabecera	Resto	Total	Cabecera	Resto	Total	Cabecera	Resto	Total
Armenia	188222	7231	195453	216467	6817	223284	265020	7554	272574	291692	8020	299712
Buenavista	1199	2041	3240	1364	2764	4128	1173	1781	2954	1187	1598	2785
Calarcá	39520	14076	53596	44047	15095	59142	54639	16966	71605	60343	18040	78383
Circasia	11888	7192	19080	14414	6587	21001	19543	7162	26705	22980	7420	30400
Córdoba	2438	2621	5059	2799	2726	5525	2897	2341	5238	2997	2283	5280
Filandia	4030	7064	11094	4868	6466	11334	6313	6197	12510	7262	6260	13522
Génova	5076	4726	9802	5309	4333	9642	4756	4537	9293	3872	3755	7627
La Tebaida	16985	2628	19613	19353	2526	21879	29955	2793	32748	41515	2649	44164
Montenegro	23048	7455	30503	26148	6472	32620	31252	7462	38714	34100	7474	41574
Pijao	4422	3683	8105	4173	3598	7771	3686	2735	6421	3654	2386	6040
Quimbaya	21184	9284	30468	22563	9286	31849	26433	6495	32928	29407	5709	35116
Salento	2617	3578	6195	2848	3995	6843	3494	3507	7001	3810	3292	7102
Quindío	320629	71579	392208	364353	70665	435018	449161	69530	518691	502819	68886	571705

La proyección de la población para el año 2028 se realizó a través de los métodos de cálculo (Aritmético, Geométrico y Exponencial) propuestos por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (Colombia, 2010; Colombia, 2017):

Método Aritmético

Este método supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La población proyectada se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} * (T_f - T_{uc})$$

Donde:

P_f : Población (hab) proyectada para el año t

P_{uc} : Población (hab) del último año censado

P_{ci} : Población (hab) del censo inicial.

t_f : Año al cual se quiere proyectar

t_{ci} : Año del censo inicial

t_{uc} : Último año censado

Método Geométrico

Este método es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. La población proyectada se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_f = P_{uc} (1+r)^{T_f - T_{uc}}$$

Donde r es la tasa de crecimiento anual en forma decimal la cual se calcula así:

$$r = \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{1/m} - 1$$

Donde:

P_f : Población (hab) proyectada para el año t
 P_{uc} : Población (hab) del último año censado
 P_{ci} : Población (hab) del censo inicial.
 t_f : Año al cual se quiere proyectar
 t_{ci} : Año del censo inicial
 t_{uc} : Último año censado
 r: Tasa de crecimiento

Método Exponencial

La utilización de este método requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y poseen abundantes áreas de expansión, es un método que tiene más memoria de la tasa de crecimiento/decrecimiento en comparación con los dos anteriores. Su expresión es la siguiente:

$$P_f = P_{ci} \times e^{k \times (T_f - T_{ci})}$$

Donde k es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, así:

$$k = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$$

Donde:

P_f : Población (hab) proyectada para el año t
 P_{ci} : Población (hab) del censo inicial.
 t_f : Año al cual se quiere proyectar
 t_{ci} : Año del censo inicial
 P_{cp} : Población (hab) censo posterior
 P_{ca} : Población (hab) censo anterior
 t_{cp} : Año censo posterior
 t_{ca} : Año censo anterior

Las proyecciones de población para cada municipio del departamento del Quindío se obtuvieron a través del método que presentó mejor ajuste en relación al censo de 2005 y la proyección del DANE de 2017. En los dos casos de proyección (2017 y 2028) se adicionó el valor de población equivalente de “visitantes extranjeros no residentes”, Según el Ministerio de Comercio Industria y Turismo (CITUR, 2018), para el año 2017 corresponden a 14737 personas para el departamento del Quindío, que con una estancia promedio de 7 días equivalen a una población permanente de 282 habitantes.

Para estimar la demanda hídrica para el consumo humano en los municipios del departamento del Quindío, se asignó la demanda Neta a cada sistema tal como indica el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (Colombia, 2010; Colombia, 2017). Dentro del proceso, se indagó sobre el índice de agua no contabilizada (IANC) de cada acueducto según lo reportado por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2014, 2015a, 2015b), de manera que fuera posible considerar las pérdidas técnicas dentro del proceso de estimación de la demanda actual y su proyección, lo cual condujo al cálculo del caudal medio diario (Qmd), caudal máximo diario (QMD) y caudal máximo horario (QMH) tanto en las cabeceras municipales como en el sector rural de los municipios del Quindío.

La demanda doméstica se estimó para los siguientes escenarios de la condición actual (proyección de la población del DANE para el año 2017): (i) asumiendo el índice de agua no contabilizada (IANC) real del sistema de abastecimiento y (ii) asumiendo el IANC máximo permisible por la normativa vigente (Minvivienda, resolución 330 de 8 de junio de 2017). Adicionalmente, se consideraron dos escenarios futuros basado en la proyección de la población para el año 2028: (iii) asumiendo el IANC actual del sistema de abastecimiento y (iv) asumiendo el IANC máximo permisible por la normativa vigente. A continuación, se presentan los resultados de la estimación de la demanda doméstica (Tabla 44, Tabla 45, Tabla 46, Tabla 47 y Tabla 48).

Tabla 44. Demanda doméstica urbana en el escenario 2017

Municipio	Año de proyección	Población proyectada	Método de Proyección	Dotación neta (l/habitante/día)	pérdidas del sistema (IANC) (%)	Dotación bruta	Caudal medio diario (LPS)	Caudal máximo diario (LPS)	Caudal máximo horario (LPS)
Armenia	2017	291974.63	OFICIAL DANE	130	30	185.71	627.59	815.87	941.39
Buenavista	2017	1187.00	OFICIAL DANE	130	36	203.13	2.79	3.63	4.19
Calarcá	2017	60343.00	OFICIAL DANE	130	25	173.33	121.06	157.38	181.59
Circasia	2017	22980.00	OFICIAL DANE	130	37	206.35	54.88	71.35	82.32
Córdoba	2017	2997.00	OFICIAL DANE	130	30	185.71	6.44	8.37	9.66
Filandia	2017	7544.63	OFICIAL DANE	130	18	158.54	13.84	18.00	20.77
Génova	2017	3872.00	OFICIAL DANE	130	23	168.83	7.57	9.84	11.35
La Tebaida	2017	41515.00	OFICIAL DANE	130	38	209.68	100.75	130.97	151.12
Montenegro	2017	34382.63	OFICIAL DANE	130	38	209.68	83.44	108.47	125.16
Pijao	2017	3654.00	OFICIAL DANE	130	30	185.71	7.85	10.21	11.78
Quimbaya	2017	29689.63	OFICIAL DANE	130	29	183.10	62.92	81.79	94.38
Salento	2017	4092.63	OFICIAL DANE	130	33	194.03	9.19	11.95	13.79

Tabla 45. Demanda doméstica rural en el escenario 2017

Municipio	Año de proyección	Población proyectada	Método de Proyección	Dotación neta (l/habitante/día)	pérdidas del sistema (IANC) (%)	Dotación bruta	Caudal medio diario (LPS)	Caudal máximo diario (LPS)	Caudal máximo horario (LPS)
Armenia	2017	8020.00	OFICIAL DANE	130	30	185.71	17.24	22.41	25.86
Buenavista	2017	1598.00	OFICIAL DANE	130	36	203.13	3.76	4.88	5.64
Calarcá	2017	18040.00	OFICIAL DANE	130	25	173.33	36.19	47.05	54.29
Circasia	2017	7420.00	OFICIAL DANE	130	37	206.35	17.72	23.04	26.58
Córdoba	2017	2283.00	OFICIAL DANE	130	30	185.71	4.91	6.38	7.36
Filandia	2017	6260.00	OFICIAL DANE	130	18	158.54	11.49	14.93	17.23
Génova	2017	3755.00	OFICIAL DANE	130	23	168.83	7.34	9.54	11.01
La Tebaida	2017	2649.00	OFICIAL DANE	130	38	209.68	6.43	8.36	9.64
Montenegro	2017	7474.00	OFICIAL DANE	130	38	209.68	18.14	23.58	27.21
Pijao	2017	2386.00	OFICIAL DANE	130	30	185.71	5.13	6.67	7.69
Quimbaya	2017	5709.00	OFICIAL DANE	130	29	183.10	12.10	15.73	18.15
Salento	2017	3292.00	OFICIAL DANE	130	33	194.03	7.39	9.61	11.09

Tabla 46. Demanda doméstica urbana en el escenario 2028

Municipio	Año de proyección	Población proyectada	Método de Proyección	dotación neta (l/habitante/día)	pérdidas del sistema (IANC) (%)	dotación bruta	Caudal medio diario (LPS)	Caudal máximo diario (LPS)	Caudal máximo horario (LPS)
Armenia	2028	316423.96	ARITMETICO	130	30	185.71	680.14	884.19	1020.22
Buenavista	2028	1206.90	EXPONENCIAL	130	36	203.13	2.84	3.69	4.26
Calarcá	2028	69821.12	EXPONENCIAL	130	25	173.33	140.07	182.10	210.11
Circasia	2028	26130.58	ARITMETICO	130	37	206.35	62.41	81.13	93.61
Córdoba	2028	3260.19	EXPONENCIAL	130	30	185.71	7.01	9.11	10.51
Filandia	2028	8414.54	ARITMETICO	130	18	158.54	15.44	20.07	23.16
Génova	2028	3589.09	EXPONENCIAL	130	23	168.83	7.01	9.12	10.52
La Tebaida	2028	55649.73	EXPONENCIAL	130	38	209.68	135.05	175.57	202.58
Montenegro	2028	36993.29	ARITMETICO	130	38	209.68	89.78	116.71	134.66
Pijao	2028	3416.71	EXPONENCIAL	130	30	185.71	7.34	9.55	11.02
Quimbaya	2028	33104.19	EXPONENCIAL	130	29	183.10	70.15	91.20	105.23
Salento	2028	4611.55	EXPONENCIAL	130	33	194.03	10.36	13.46	15.53

Tabla 47. Demanda doméstica rural en el escenario 2028

Municipio	Año de proyección	Población proyectada	Método de Proyección	dotación neta (l/habitante/día)	pérdidas del sistema (IANC) (%)	dotación bruta	Caudal medio diario (LPS)	Caudal máximo diario (LPS)	Caudal máximo horario (LPS)
Armenia	2028	8203.61	EXPONENCIAL	130	30	185.71	17.63	22.92	26.45
Buenavista	2028	1553.20	EXPONENCIAL	130	36	203.13	3.65	4.75	5.48
Calarcá	2028	19669.79	EXPONENCIAL	130	25	173.33	39.46	51.30	59.19
Circasia	2028	7391.20	EXPONENCIAL	130	37	206.35	17.65	22.95	26.48
Córdoba	2028	2201.86	EXPONENCIAL	130	30	185.71	4.73	6.15	7.10
Filandia	2028	5952.11	EXPONENCIAL	130	18	158.54	10.92	14.20	16.38
Génova	2028	3454.06	EXPONENCIAL	130	23	168.83	6.75	8.77	10.12
La Tebaida	2028	2639.44	EXPONENCIAL	130	38	209.68	6.41	8.33	9.61
Montenegro	2028	7319.96	EXPONENCIAL	130	38	209.68	17.76	23.09	26.65
Pijao	2028	2082.16	EXPONENCIAL	130	30	185.71	4.48	5.82	6.71
Quimbaya	2028	4920.95	EXPONENCIAL	130	29	183.10	10.43	13.56	15.64
Salento	2028	3263.77	EXPONENCIAL	130	33	194.03	7.33	9.53	10.99

Tabla 48. Demanda total para uso doméstico por municipio en los cuatro escenarios

Municipio	IANC (%) Actual	Demanda (2017)	Demanda (2028)	IANC(%) Max res. 330-2017 MinVivienda	Demanda (2017)	Demanda (2028)
Armenia	30	644.83	697.78	25	601.84	651.26
Buenavista	36	6.55	6.49	25	5.59	5.54
Calarcá	25	157.25	179.53	25	157.25	179.53
Circasia	37	72.60	80.06	25	60.99	67.25
Córdoba	30	11.35	11.74	25	10.59	10.96
Filandia	18	25.33	26.36	18	25.33	26.36
Génova	23	14.90	13.76	23	14.90	13.76
La Tebaida	38	107.18	141.46	25	88.60	116.94
Montenegro	38	101.58	107.54	25	83.97	88.90
Pijao	30	12.98	11.82	25	12.12	11.03
Quimbaya	29	75.02	80.58	25	71.02	76.29
Salento	33	16.58	17.69	25	14.81	15.80

Es necesario que los municipios de Armenia, Buenavista, Circasia, Córdoba, La Tebaida, Montenegro, Pijao, Quimbaya y Salento realicen inversiones para reducir sus pérdidas en redes y alcanzar un IANC máximo del 25%, tal como lo indica el RAS (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2017), lo cual contribuirá a la sostenibilidad de la demanda hídrica en función de la variación de la potencial oferta en condiciones de variabilidad climática y el crecimiento poblacional proyectado. No obstante, los demás municipios deben monitorear sus pérdidas para lograr sostener o reducir el actual valor del IANC.

3.2.2 Demanda para Uso Agrícola

Se define como la sumatoria de la necesidad de riego de los cultivos, la cual se calcula como la diferencia entre la evapotranspiración del cultivo (ETc) y la precipitación neta (Pn). En los casos en que Pn es mayor a ETc, la necesidad de riego es cero. La precipitación neta se calculó mediante el método del Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos (FAO, 1992).

La cantidad de riego depende del estado fenológico del cultivo, del clima, y el tipo de suelo. En este estudio, la necesidad de riego se calculó mediante el método de factores de cultivo (Kc) de la FAO, en el que la evapotranspiración de referencia (ETP) se multiplica por un coeficiente que depende del estado de desarrollo del cultivo y del tipo de cultivo (Tabla 49). Los cultivos y áreas cultivadas por municipio se tomaron de las estadísticas reportadas en la última Evaluación Agropecuaria del Quindío (Anexo 6), y sus estados fenológicos más probables a nivel mensual se estimaron a partir de los calendarios de siembra reportados por el DANE para diferentes cultivos y la información regional de CENICAFÉ sobre la fenología del cultivo del café (CENICAFÉ, 2014).

Tabla 49. Factores de cultivo de la FAO aplicados en el cálculo de la demanda para uso agrícola

Cultivo	Tipo de Cultivo	kc	kc	kc
Café	Permanente	0.9	0.95	0.95
Aguacate	Permanente	0.6	0.85	0.75
Banano	Permanente	0.5	1.1	1
Cacao	Permanente	1	1.05	1.05
Caña	Permanente	0.75	1.25	0.75
Cítricos	Permanente	0.85	0.85	0.85
Granadilla	Permanente	0.7	1.2	0.9
Lulo	Permanente	0.6	1.1	0.7
Macadamia	Permanente	0.4	0.9	0.65
Plátano	Permanente	0.5	1.1	1
Yuca	Permanente	0.3	0.8	0.3
Piña	Permanente	0.5	0.3	0.3
Maracuyá	Permanente	0.7	1.2	0.9
Mora	Permanente	0.3	1.05	0.5
Papaya	Permanente	0.15	1	0.6
Aloe-vera	Permanente	0.3	0.3	0.3
Tomate árbol	Permanente	0.3	0.8	0.3
Pastos	Permanente	0.3	0.75	0.75
Frijol	Transitorio	0.5	1.05	0.9
Maíz	Transitorio	1.2	1.2	0.5

Tomate	Transitorio		0.6	1.15	0.7							
Tomate invernadero	Transitorio		0.6	1.15	0.7							
Tipo de cultivo	Etapas de desarrollo											
Permanente	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Transitorio	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

La demanda para cada municipio se calculó a nivel mensual a través de la siguiente expresión:

$$D_i = \left\{ \sum_{c=1}^n (kc_i \times ETP_i - Pn_i) \times Ac \right\} \times \frac{10000}{m_i \times 86400}$$

Donde,

D_i : demanda agrícola para el mes i (LPS)

kc_i es el coeficiente de cultivo para el cultivo c en el mes i

ETP_i : Evapotranspiración potencial mensual multianual (mm) en el mes i

Pn_i : Precipitación neta mensual multianual (mm) en el mes i

Ac : Área del cultivo c

m_i : número de días del mes i

El PIB del sector agrícola no ha tenido variaciones significativas en los últimos años (Figura 29), y no se espera un aumento general de las superficies cultivadas. Por lo que a corto y largo plazo no se esperan aumentos significativos de la demanda agrícola de agua, como se demostró anteriormente, la mayor parte de los requerimientos hídricos de los cultivos en la región se suplen por suministro pluvial. Sin embargo, es necesario realizar estudios específicos para cultivos recientemente promovidos por política pública, como el cultivo de Aguacate, el cual tiene proyección de consolidación en clústeres comerciales con fines de exportación.

En la actualidad, todos los municipios tienen los mayores déficits de humedad en los cultivos (requerimiento de riego) durante los meses de Julio y agosto (Tabla 50). Armenia, Quimbaya y Buenavista son los municipios que demandan más cantidad de agua en el mes de Julio, con caudales de 128.4, 154.6 y 97.6 l/s, respectivamente. En agosto, Quimbaya, Pijao, Calarcá, Génova y Armenia se destacan como los de mayor demanda en un rango entre 288.4 y 193.3 l/s. El departamento requiere 828.5 l/s para la dotación hídrica de los

cultivos en el mes de julio, y en el mes de agosto un caudal total de 1774 l/s. La mayor demanda media anual se presenta en Quimbaya, Calarcá, Armenia, Buenavista y Pijao (Figura 30), mientras que Salento y Filandia demandan las menores cantidades de agua para uso agrícola.

Figura 29. Variación anual del PIB a precios constantes del sector Agrícola en el Departamento del Quindío según el DANE

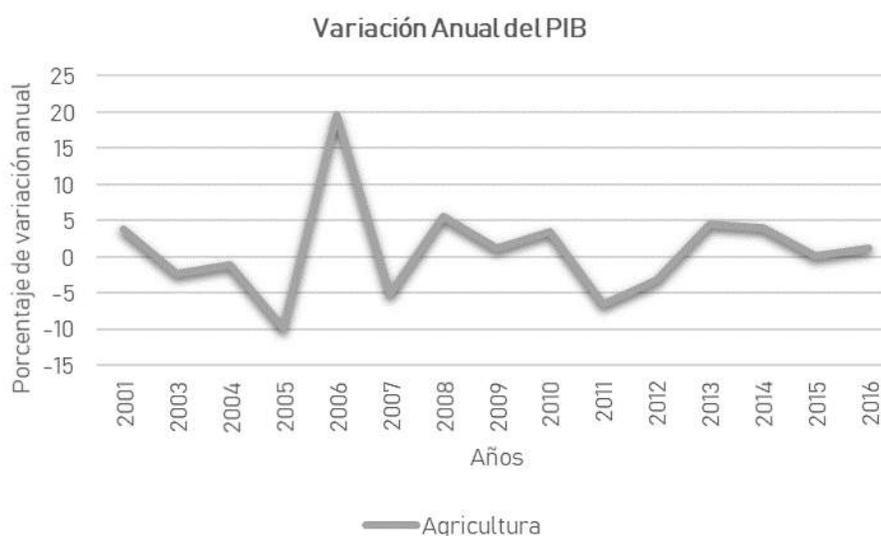
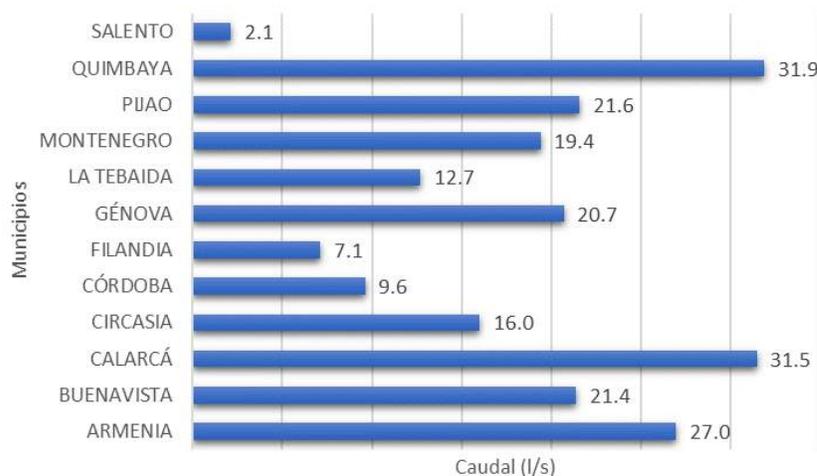


Tabla 50. Demanda Agrícola mensual en l/s calculada para los municipios del Quindío (Año 2017)

Municipio	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Armenia	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	128.4	193.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Buenavista	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	97.6	158.9	0.1	0.0	0.0	0.0
Calarcá	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	89.1	288.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Circasia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	79.6	112.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Córdoba	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.7	103.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Filandia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.6	59.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Génova	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.2	211.4	0.0	0.0	0.0	0.0
La tebaida	3.1	0.0	1.6	0.0	0.0	0.2	51.4	90.5	5.7	0.0	0.0	0.0
Montenegro	11.3	0.0	0.5	0.0	0.0	2.9	92.8	123.6	1.8	0.0	0.0	0.0
Pijao	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.4	201.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Quimbaya	15.1	0.0	0.7	0.0	0.0	1.6	154.6	207.2	3.4	0.0	0.0	0.0
Salento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	23.7	0.0	0.0	0.0	0.0

Figura 30. Demanda hídrica promedio anual para uso agrícola por municipio en el Quindío



3.2.3 Demanda para Uso pecuaria

Hace referencia a la cantidad de agua requerida para la cría, levante, engorde, beneficio y sacrificio de bovinos, porcinos, caprinos, ovinos y aves, así como la producción de huevos, leche, derivados lácteos, lanas, y pieles. En la ERA se estima su valor a partir del número de animales existente y proyectado. Dicho número de individuos es multiplicado por el promedio de agua usada por animal. A partir de una revisión de consumos promedios reportados por diferentes fuentes en la región (Anexo 4), se determinaron los módulos de consumo presentados en la Tabla 51, con base en los cuales se realizó el cálculo de la demanda pecuaria.

Tabla 51. Módulos de consumo de agua promedio por especie

Especie	Módulo de consumo	Unidades
Bovinos	86.4	l/día/animal
Porcinos	25.92	l/día/animal
Aves	0.2	l/día/ave
Ovinos	17.28	l/día/animal
Caprinos	15	l/día/animal
Equinos	43.2	l/día/animal
Bufalinos	86.4	l/día/animal

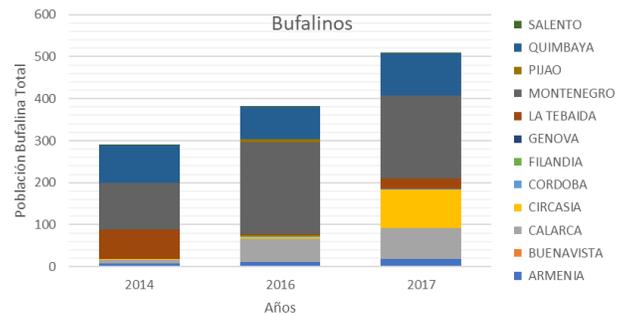
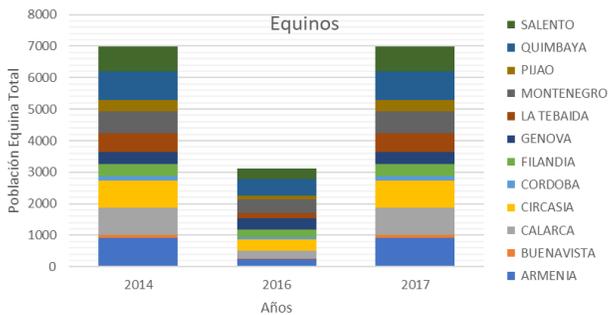
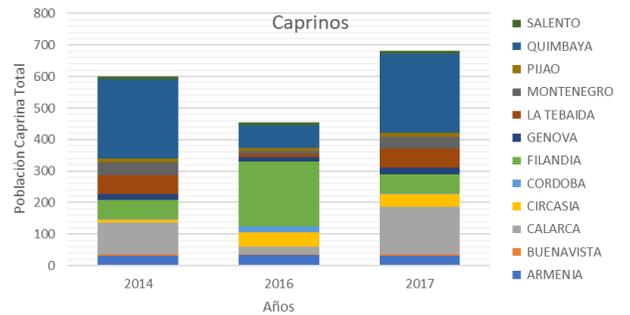
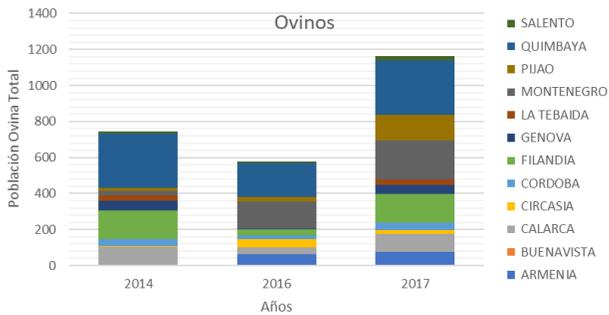
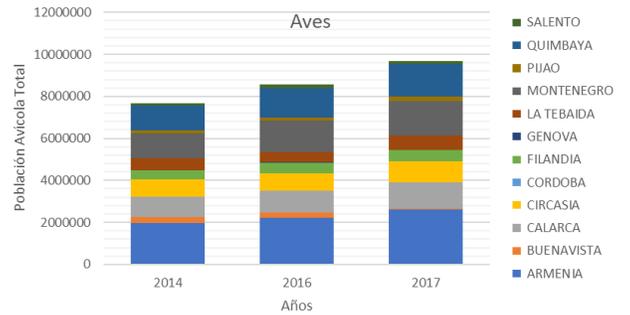
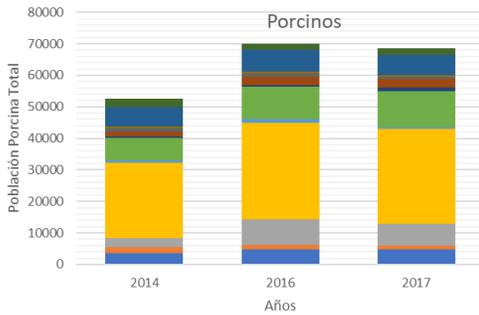
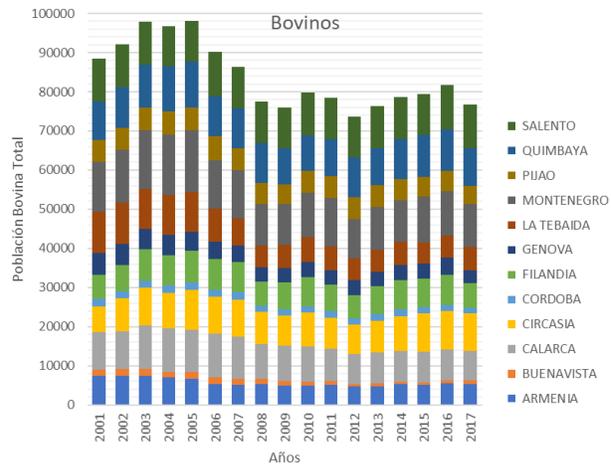
A partir de los inventarios y censos reportados por FEDEGAN y el ICA, y las Evaluaciones Agropecuarias del Quindío se estimó la población de las especies pecuarias para el año 2017 y proyectada al año 2028, dicha proyección se realizó utilizando las ecuaciones presentadas en la sección anterior y seleccionando el escenario más conservador. La

Figura 31 y el Anexo 5 presentan las poblaciones históricas, y la Tabla 52 sintetiza la demanda pecuaria aplicando los módulos de consumo indicados anteriormente.

Tabla 52. Demanda pecuaria por municipio en el Quindío (año 2017 y proyección 2028)

Municipio	Demanda Pecuaria (LPS)	
	2017	2028
ARMENIA	13.41	29.19
BUENAVISTA	1.36	4.06
CALARCA	12.97	15.58
CIRCASIA	21.42	27.59
CORDOBA	1.67	0.85
FILANDIA	11.20	12.72
GENOVA	4.05	2.90
LA TEBAIDA	8.58	14.32
ONTENEGRO	15.56	20.17
PIJAO	5.60	6.46
QUIMBAYA	15.58	19.15
SALENTO	12.75	14.94
Quindío	124.16	167.93

Figura 31. Poblaciones históricas de las especies de interés para la estimación de la demanda hídrica pecuaria en el departamento del Quindío



3.2.4 Demanda para Uso Piscícola

Se refiere a los requerimientos hídricos en actividades de reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies hidrobiológicas. La demanda piscícola se calculó con base en los inventarios y estadísticas de la última evaluación agropecuaria del departamento del Quindío (Gobernación del Quindío, 2015) y los módulos de consumo (Tabla 53) por especie piscícola de interés para la región, definidos por revisión de literatura y rendimientos de las concesiones otorgadas por CRQ para este tipo de uso.

Tabla 53. Módulos de consumo para uso piscícola

Especie	Cantidad	Unidades
Mojarra (Roja, Negra, y Carpa)	0.000125	l/s/individuo
Bocachico y Cachama	0.000125	l/s/individuo
Trucha	0.00317	l/s/individuo

Los municipios que tienen mayor demanda hídrica para este uso son Salento (66.46 l/s), Pijao (26.96 l/s), Calarcá (10.62 l/s) y Córdoba (9.79 l/s). De acuerdo con la indagación de inventarios piscícolas del departamento, se encontró que Armenia y Buenavista tienen aprovechamientos marginales de este tipo de sistemas productivos, por lo que no se consideraron sus valores de demanda. A continuación, la Tabla 54 presenta los valores de demanda para uso piscícola en el departamento.

Tabla 54. Demanda para uso piscícola en el departamento del Quindío (estimado para el año 2015)

Municipio	No. Animales			Demanda de agua (LPS)			TOTAL
	Mojarra (Roja, Negra y Carpa)	Bocachico y Cachama	Trucha	Mojarra (Roja, Negra y Carpa)	Bocachico y Cachama	Trucha	
Armenia	0	0	0	0	0	0	0
Buenavista	0	0	0	0	0	0	0
Calarcá	39104	285	1800	4.89	0.04	5.70	10.62
Circasia	4500	0	0	0.56	0.00	0.00	0.56
Córdoba	32150	600	1800	4.02	0.08	5.70	9.79
Filandia	16350	2450	0	2.04	0.31	0.00	2.35
Génova	6000	0	1000	0.75	0.00	3.17	3.92
La Tebaida	11000	0	0	1.38	0.00	0.00	1.38
Montenegro	6000	0	0	0.75	0.00	0.00	0.75

Pijao	10500	0	8100	1.31	0.00	25.65	26.96
Quimbaya	3570	0	0	0.45	0.00	0.00	0.45
Salento	25000	0	20000	3.13	0.00	63.33	66.46
Quindío	154174	3335	32700	19.27	0.42	103.55	123.24

De acuerdo con los registros históricos del PIB del sector “*Pesca, producción de peces en criaderos y granjas piscícolas; actividades de servicios relacionadas con la pesca*”, no se reportan cambios sensibles, que sugieren una estabilidad de la demanda a corto y largo plazo, por lo que se asume el mismo valor de demanda para los dos escenarios (Tabla 55).

Tabla 55. Demanda hídrica para el uso piscícola por municipio

Municipio	Demanda piscícola (LPS)	
	2017	2028
Armenia	0	0
Buenavista	0	0
Calarcá	10.62	10.62
Circasia	0.56	0.56
Córdoba	9.79	9.79
Filandia	2.35	2.35
Génova	3.92	3.92
La Tebaida	1.38	1.38
Montenegro	0.75	0.75
Pijao	26.96	26.96
Quimbaya	0.45	0.45
Salento	66.46	66.46
Quindío	123.24	123.24

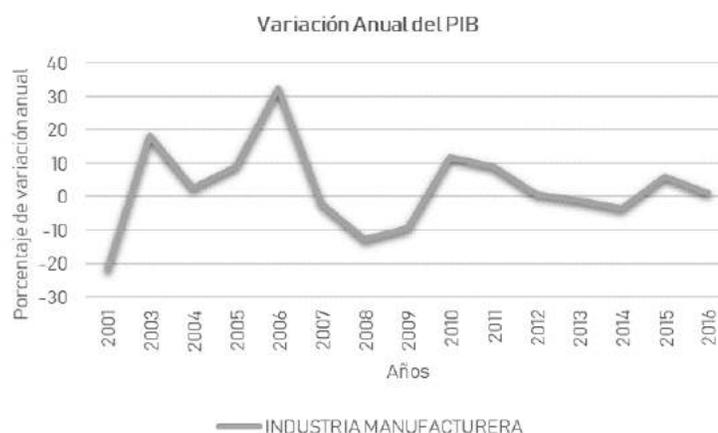
3.2.5 Demanda para Uso Industrial

La estimación de la demanda industrial se realizó a partir de la información reportada por CRQ en el Registro Único Ambiental del sector manufacturero y las concesiones para uso industrial vigentes en jurisdicción de CRQ, La proyección a los años 2017 y 2028 se realizó con base en la variación promedia anual del PIB de 1 año y 10 años respectivamente (Tabla 56).

Tabla 56. Demanda hídrica (l/s) para uso industrial en jurisdicción de CRQ proyectada al año 2017 y 2028

Municipio	Año 2017	Año 2028
Armenia	5.07	5.22
Calarcá	11.48	11.82
Córdoba	0.17	0.17
Montenegro	0.01	0.01
La Tebaida	8.27	8.51
Circasia	0.20	0.21
Total	25.21	25.95

Figura 32. Variación anual del PIB a precios constantes del sector Manufacturero según el DANE



3.2.6 Demanda para Uso Energético

La demanda hídrica del sector energético se considera en general como una tipología no consuntiva, sin embargo, se considera consuntiva en los casos en que el retorno después de su aprovechamiento se hace hacia otra fuente hídrica o hacia otro tramo diferente al estudiado. Por tal razón, es necesario tener en cuenta este aspecto en el cálculo de índices de presión por el uso del agua.

La determinación de la demanda energética para la Evaluación Regional del Agua se basó en las concesiones vigentes para este tipo de uso en jurisdicción de la CRQ, y su valor proyectado a 2028 se calculó asumiendo una tasa de crecimiento promedio de 1.6 de acuerdo con el PIB histórico del sector eléctrico del departamento del Quindío.

La demanda de agua para la generación de energía en el departamento se concentra en el subsector Hidroenergético con la operación de cuatro (4) pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH), las cuales se encuentran en la unidad hidrográfica del río Quindío en una distribución en serie a lo largo de su cauce principal. La demanda hídrica de cada una se estimó con base en los promedios de los caudales captados reportados a CRQ (Tabla 57).

Tabla 57. Demanda hídrica para uso energético en el departamento del Quindío

PCH	Demanda promedio (LPS)		Municipio	Unidad Hidrográfica
	2017	2028		
Campestre	746	757.94	Calarcá	Río Quindío
Bayona	886	900.18	Calarcá	Río Quindío
La Unión	907	921.51	Calarcá	Río Quindío
El Bosque	2664	2706.62	Armenia	Río Quindío

3.2.7 Demanda para Uso Recreativo y Deportivo

Se clasifica como múltiple y pertenece a los usos simultáneos del recurso hídrico, en la actualidad, no existen metodologías estandarizadas que permitan realizar una estimación precisa para el departamento del Quindío. Por lo que su determinación está sujeta a una alta incertidumbre, a pesar de ser un tipo de uso que aparentemente no tiene un nivel alto de presión para su dotación.

Como referencia de la demanda para recreación y deporte se optó por utilizar los valores de agua concesionados por CRQ y su proyección a 2028 se realizó aplicando una tasa de crecimiento de 4.8%, que equivale al promedio de los últimos diez años del sector Comercio (hoteles, restaurantes, bares y similares) en el departamento del Quindío (Tabla 58),

Tabla 58. Demanda hídrica para uso en recreación y deporte

Municipio	2017	2028
	Demanda (LPS)	
Armenia	49.92	52.32
La Tebaida	20.00	20.96

3.3 Demanda Total por Municipio

La mayor cantidad de agua demandada se presenta en Armenia y Calarcá (3404.2 y 2803.4 l/s, respectivamente), principalmente para uso hidroenergético y dotación para uso doméstico. En los municipios de Circasia, La Tebaida, Montenegro, y Quimbaya demandan entre 110.8 y 158.11 l/s, el 67% de esta demanda en promedio corresponde al uso doméstico. En Salento demandan 97.94 l/s, de los cuales, el 16.9% se requiere para uso doméstico y un 67.8% para uso piscícola (Figura 33, Figura 35).

En los municipios de Buenavista, Córdoba, Génova, y Pijao se demanda entre 29.3 y 67.1 l/s, cuyo 29.5% y 72.9% de su destinación es para uso agrícola. Filandia debe destinar a la dotación del uso doméstico el 55% de los 46.02 l/s de agua que se demanda (Figura 33).

El 72% de la demanda total en Pijao se requiere para satisfacer la demanda agrícola y piscícola, y Salento es el municipio con mayor demanda para uso piscícola (Figura 35). El municipio con mayor demanda pecuaria es Circasia con 21.42 l/s. por su parte, en Quimbaya y Calarcá se demanda la mayor cantidad de agua para uso agrícola del departamento (31.89 y 31.45 l/s, respectivamente, Figura 35).

Los municipios en los que se proyecta un mayor crecimiento en la demanda de agua son Armenia (incremento de 71.27 l/s), La Tebaida (incremento de 41.22 l/s) y Calarcá (incremento de 25.23 l/s), principalmente para uso doméstico (52.95 l/s, 22.28 l/s y 34.28 l/s, respectivamente) y en menor proporción para el uso pecuario. Por lo que es importante implementar planes de reducción de pérdidas de agua en los sistemas de distribución urbanos, especialmente en Armenia y La Tebaida, ya que actualmente tienen valores de IANC superiores a los permitidos por la normativa (IANC de 30 y 38 % respectivamente), será necesario prever fuentes o estrategias alternativas de suministro (Figura 34).

En los municipios de Circasia, Montenegro y Quimbaya se espera un incremento de la demanda hídrica en 13.63 l/s, 10.57 l/s y 9.13 l/s sobre su demanda actual. Cerca de un 60% de dicho incremento se proyecta para el uso doméstico urbano. En Buenavista, Filandia, y Salento se proyectan incrementos de la demanda en 2.6 l/s, 2.5 l/s y 3.3 l/s respectivamente, mientras que en

Córdoba, Génova y Pijao se esperan reducciones en la demanda hídrica del orden de 0.4 l/s, 2.3 l/s y 0.3 l/s respectivamente (Figura 34).

Figura 33. Demanda hídrica total por municipio. Año 2017. (eje y en escala logarítmica)

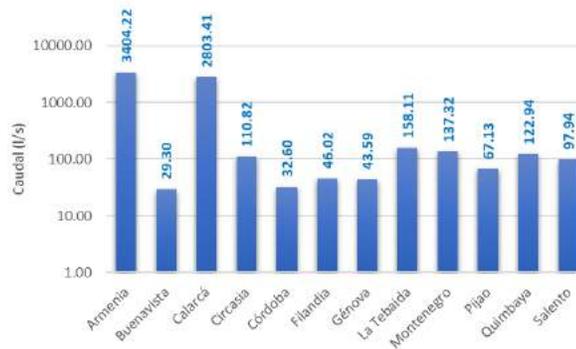


Figura 34. Demanda hídrica total por municipio. Proyección año 2028. (eje y en escala logarítmica)

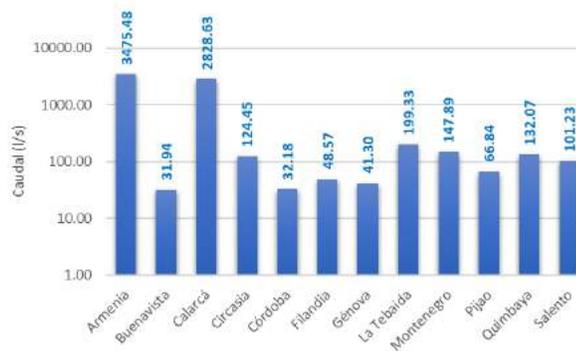
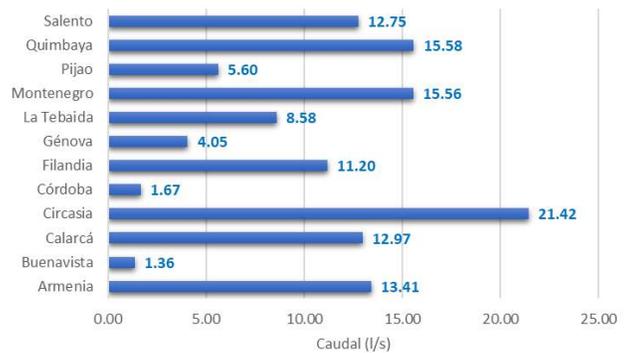
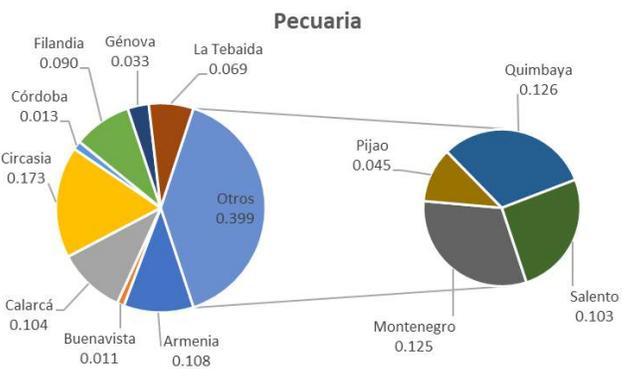
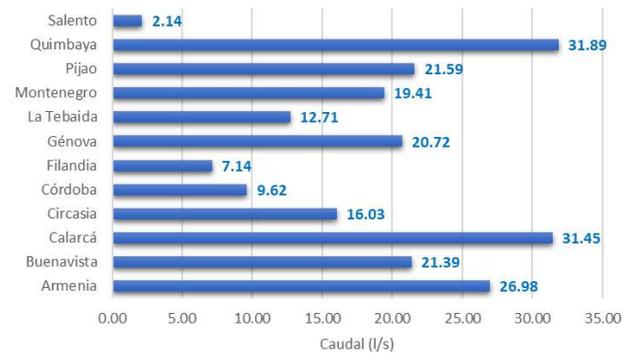
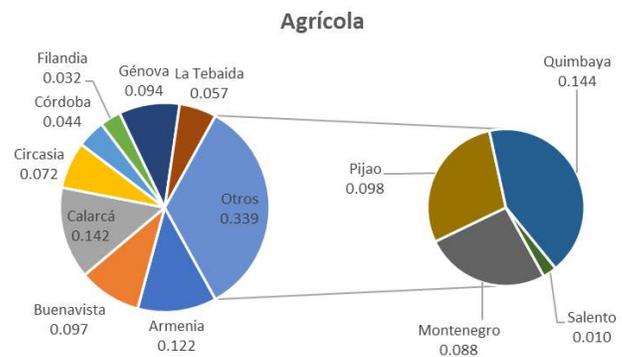
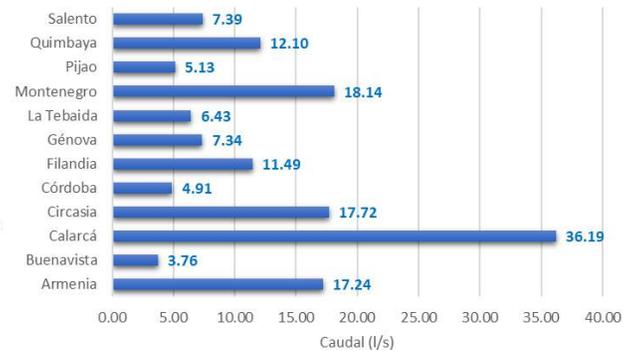
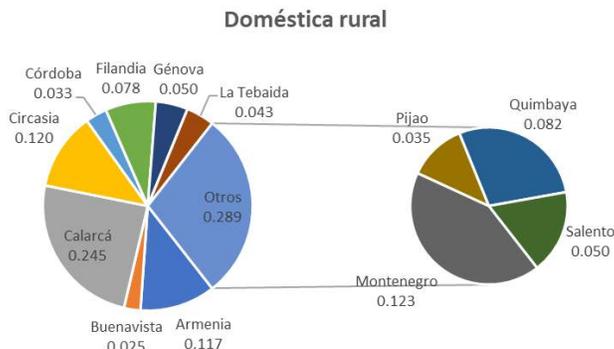
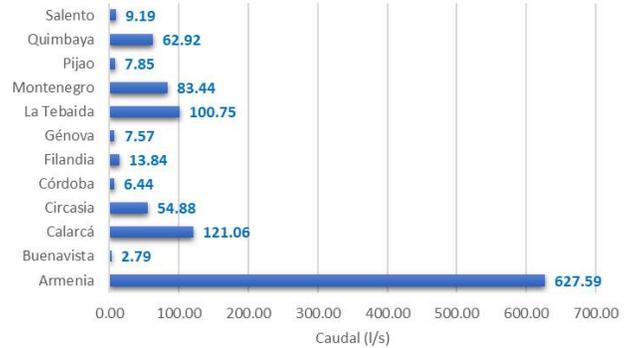
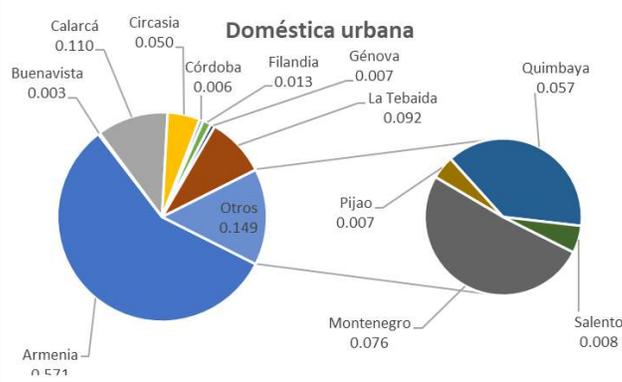
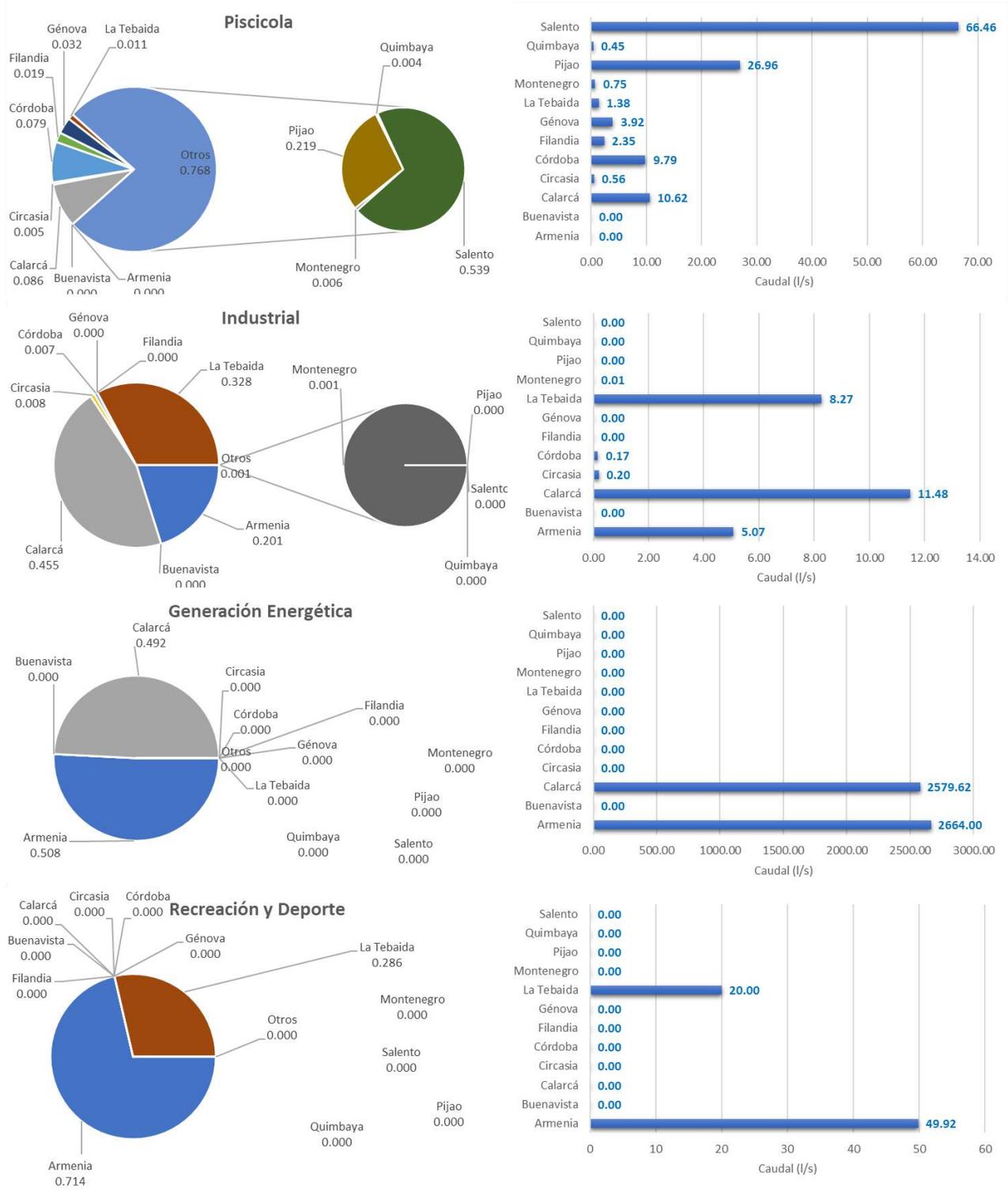


Figura 35. Demanda hídrica por tipo de uso en cada municipio del departamento del Quindío



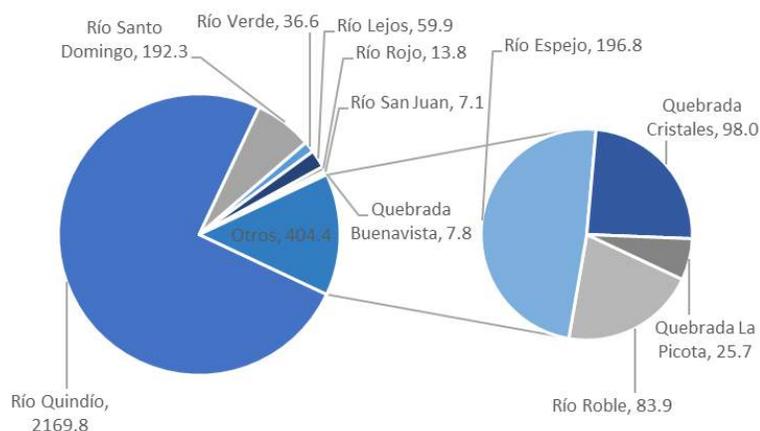
Demanda hídrica por tipo de uso en cada municipio del departamento del Quindío (Cont.)



3.4 Demanda Total en Unidades Hidrográficas y microcuencas abastecedoras de acueductos

La mayor cantidad de caudal demandado anual se presenta en la Unidad Hidrográfica (UH) del río Quindío (2169.8 l/s), la UH del río Santo Domingo (192.3 l/s), la UH del río Espejo (196.8 l/s), la UH de la quebrada Cristales (98 l/s) y la UH del río Roble (83.9 l/s). El resto de las unidades hidrográficas tienen caudales de demanda del orden de entre 59.9 l/s y 7.1 l/s (Figura 36).

Figura 36. Demanda Hídrica Total anual por Unidad Hidrográfica en l/s



Los mayores caudales de demanda en las cuencas abastecedoras se presentan en el río Quindío (Hasta la Bocatoma de Armenia, Hasta la Bocatoma de La Tebaida), río Santo Domingo (Hasta la Bocatoma de Calarcá), río Roble (Hasta la Bocatoma de Montenegro) y quebrada Buenavista (hasta la bocatoma de Quimbaya), los valores de caudal demandado presentados en la Figura 36 y Figura 37 incluyen todos los tipos de demanda que ocurren en el área drenante a la respectiva unidad hidrográfica y microcuenca.

Las demandas mensuales por unidad hidrográfica se presentan de la Tabla 60 a la Tabla 70.

Figura 37. Demanda Hídrica Total anual por microcuenca abastecedora de acueducto en l/s

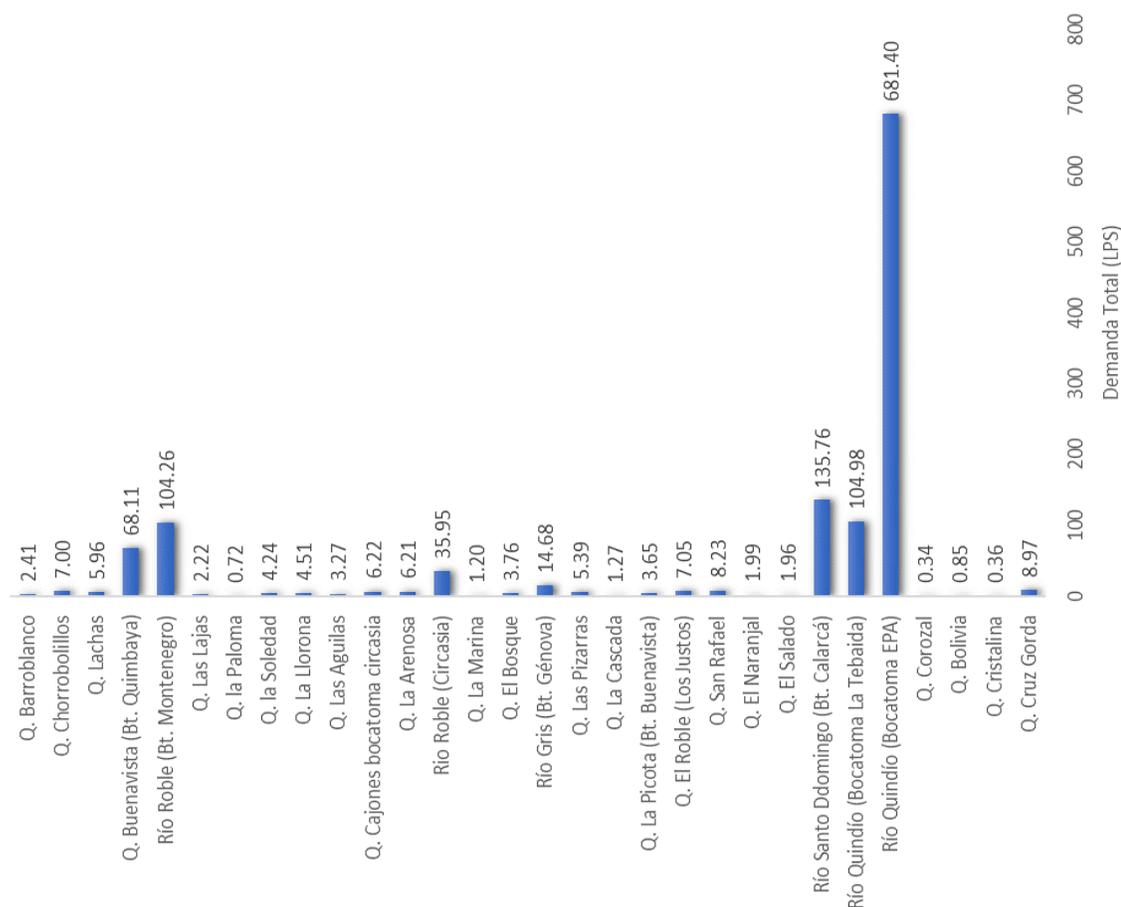


Tabla 59. Demanda hídrica mensual sectorial y total en la Unidad Hidrográfica del Río Quindío

Tipo de Demanda	Demanda Hídrica en la Unidad Hidrográfica del Río Quindío (l/s)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Doméstica Urbana Armenia	627.59	627.59	627.59	627.59	627.59	627.59	627.59	627.59	627.59	627.59	627.59	627.59
Doméstica Urbana Salento	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19
Doméstica Urbana La Tebaida	100.75	100.75	100.75	100.75	100.75	100.75	100.75	100.75	100.75	100.75	100.75	100.75
Doméstica Rural	14.82	14.82	14.82	14.82	14.82	14.82	14.82	14.82	14.82	14.82	14.82	14.82
Agrícola	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	29.50	89.08	0.00	0.00	0.00	0.00
Pecuaría	16.10	16.10	16.10	16.10	16.10	16.10	16.10	16.10	16.10	16.10	16.10	16.10
Piscícola	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59
Industrial	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33
Generación Eléctrica*	1321.6	1321.6	1321.6	1321.6	1321.6	1321.6	1321.6	1321.6	1321.6	1321.6	1321.6	1321.6
Recreación y Deporte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	2160.0	2159.9	2159.9	2159.9	2159.9	2160.1	2189.4	2249.0	2159.9	2159.9	2159.9	2159.9

* Promedio del caudal de las 4 PCH, ya que no se usan de manera simultánea y no compiten entre ellas, su efecto de presión de uso es similar sobre el río

Tabla 60. Demanda hídrica mensual sectorial y total en la Unidad Hidrográfica del Río Santo Domingo

Tipo de Demanda	Demanda Hídrica en la Unidad Hidrográfica del Río Santo Domingo (l/s)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Doméstica Urbana Calarcá	121.1	121.1	121.1	121.1	121.1	121.1	121.1	121.1	121.1	121.1	121.1	121.1
Doméstica Rural	25.09	25.09	25.09	25.09	25.09	25.09	25.09	25.09	25.09	25.09	25.09	25.09
Agrícola	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.73	199.9	0.01	0.00	0.00	0.00
Pecuaría	8.99	8.99	8.99	8.99	8.99	8.99	8.99	8.99	8.99	8.99	8.99	8.99
piscícola	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36
Industrial	7.96	7.96	7.96	7.96	7.96	7.96	7.96	7.96	7.96	7.96	7.96	7.96
Generación Eléctrica	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recreación y Deporte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	170.5	170.5	170.5	170.5	170.5	170.5	232.1	370.4	170.5	170.5	170.5	170.5

Tabla 61. Demanda hídrica mensual sectorial y total en la Unidad Hidrográfica del Río Verde

Tipo de Demanda	Demanda Hídrica en la Unidad Hidrográfica del Río Verde (l/s)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Doméstica Urbana Córdoba	6.44	6.44	6.44	6.44	6.44	6.44	6.44	6.44	6.44	6.44	6.44	6.44
Doméstica Rural	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36
Agrícola	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.77	126.15	0.02	0.00	0.00	0.00
Pecuaría	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92
piscícola	10.07	10.07	10.07	10.07	10.07	10.07	10.07	10.07	10.07	10.07	10.07	10.07
Industrial	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Generación Eléctrica	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recreación y Deporte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	23.95	23.95	23.95	23.95	23.95	23.95	49.72	150.10	23.97	23.95	23.95	23.95

Tabla 62. Demanda hídrica mensual sectorial y total en la Unidad Hidrográfica del Río Lejos

Tipo de Demanda	Demanda Hídrica en la Unidad Hidrográfica del Río Lejos (l/s)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Doméstica Urbana Pijao	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85
Doméstica Rural	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68
Agrícola	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.58	180.90	0.00	0.00	0.00	0.00
Pecuaría	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95
piscícola	23.18	23.18	23.18	23.18	23.18	23.18	23.18	23.18	23.18	23.18	23.18	23.18
Industrial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generación Eléctrica	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recreación y Deporte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	40.66	40.66	40.66	40.66	40.66	40.66	91.24	221.56	40.66	40.66	40.66	40.66

Tabla 63. Demanda hídrica mensual sectorial y total en la Unidad Hidrográfica del Río Rojo

Tipo de Demanda	Demanda Hídrica en la Unidad Hidrográfica del Río Rojo (l/s)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Doméstica Rural	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81
Agrícola	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.25	80.94	0.00	0.00	0.00	0.00
Pecuaría	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55
piscícola	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Industrial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generación Eléctrica	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recreación y Deporte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	5.86	5.86	5.86	5.86	5.86	5.86	20.11	86.80	5.86	5.86	5.86	5.86

Tabla 64. Demanda hídrica mensual sectorial y total en la Unidad Hidrográfica del Río Gris

Tipo de Demanda	Demanda Hídrica en la Unidad Hidrográfica del Río Gris (l/s)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Doméstica Urbana Génova	7.57	7.57	7.57	7.57	7.57	7.57	7.57	7.57	7.57	7.57	7.57	7.57
Doméstica Rural	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
Agrícola	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.39	30.64	0.00	0.00	0.00	0.00
Pecuaría	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55
piscícola	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Industrial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generación Eléctrica	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recreación y Deporte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.12	4.12	4.12	4.12	4.12	4.12	9.51	34.76	4.12	4.12	4.12	4.12

Tabla 65. Demanda hídrica mensual sectorial y total en la Unidad Hidrográfica del Río San Juan

Tipo de Demanda	Demanda Hídrica en la Unidad Hidrográfica del Río San Juan (l/s)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Doméstica Rural	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Agrícola	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.06	45.77	0.00	0.00	0.00	0.00
Pecuaría	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
piscícola	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Industrial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generación Eléctrica	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recreación y Deporte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	3.31	3.31	3.31	3.31	3.31	3.31	11.37	49.08	3.31	3.31	3.31	3.31

Tabla 66. Demanda hídrica mensual sectorial y total en la Unidad Hidrográfica de la Quebrada Buenavista

Tipo de Demanda	Demanda Hídrica en la Unidad Hidrográfica de la Quebrada Buenavista (l/s)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Doméstica Urbana Quimbaya	62.92	62.92	62.92	62.92	62.92	62.92	62.92	62.92	62.92	62.92	62.92	62.92
Doméstica Rural	5.48	5.48	5.48	5.48	5.48	5.48	5.48	5.48	5.48	5.48	5.48	5.48
Agrícola	3.24	0.00	0.15	0.00	0.00	0.34	39.82	59.24	0.72	0.00	0.00	0.00
Pecuaría	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15
piscícola	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
Industrial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generación Eléctrica	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recreación y Deporte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	78.48	75.23	75.39	75.23	75.23	75.58	115.06	134.48	75.96	75.23	75.23	75.23

Tabla 67. Demanda hídrica mensual sectorial y total en la Unidad Hidrográfica del Río Roble

Tipo de Demanda	Demanda Hídrica en la Unidad Hidrográfica del Río Roble (l/s)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Doméstica Urbana Circasia	54.88	54.88	54.88	54.88	54.88	54.88	54.88	54.88	54.88	54.88	54.88	54.88
Doméstica Urb. Montenegro	83.4	83.4	83.44	83.44	83.44	83.44	83.44	83.44	83.44	83.44	83.44	83.44
Doméstica Rural	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80
Agrícola	5.43	0.00	0.26	0.00	0.00	0.82	101.34	143.90	1.16	0.00	0.00	0.00
Pecuaría	19.55	19.55	19.55	19.55	19.55	19.55	19.55	19.55	19.55	19.55	19.55	19.55
piscícola	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Industrial	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Generación Eléctrica	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recreación y Deporte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	181.2	175.8	176.0	175.8	175.8	176.6	277.1	319.7	176.9	175.8	175.8	175.8

Tabla 68. Demanda hídrica mensual sectorial y total en la Unidad Hidrográfica del Río Espejo

Tipo de Demanda	Demanda Hídrica en la Unidad Hidrográfica del Río Espejo (l/s)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Doméstica Rural	22.67	22.67	22.67	22.67	22.67	22.67	22.67	22.67	22.67	22.67	22.67	22.67
Agrícola	3.80	0.00	0.41	0.00	0.00	1.42	134.33	197.14	1.48	0.00	0.00	0.00
Pecuaría	22.25	22.25	22.25	22.25	22.25	22.25	22.25	22.25	22.25	22.25	22.25	22.25
piscícola	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Industrial	4.14	4.14	4.14	4.14	4.14	4.14	4.14	4.14	4.14	4.14	4.14	4.14
Generación Eléctrica	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recreación y Deporte	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Total	73.57	69.76	70.18	69.76	69.76	71.18	204.09	266.90	71.24	69.76	69.76	69.76

Tabla 69. Demanda hídrica mensual sectorial y total en la Unidad Hidrográfica de la Quebrada Cristales

Tipo de Demanda	Demanda Hídrica en la Unidad Hidrográfica de la Quebrada Cristales (l/s)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Doméstica Rural	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60
Agrícola	1.89	0.00	0.78	0.00	0.00	0.50	73.26	116.77	2.83	0.00	0.00	0.00
Pecuaría	9.25	9.25	9.25	9.25	9.25	9.25	9.25	9.25	9.25	9.25	9.25	9.25
piscícola	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
Industrial	5.99	5.99	5.99	5.99	5.99	5.99	5.99	5.99	5.99	5.99	5.99	5.99
Generación Eléctrica	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recreación y Deporte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	27.41	25.52	26.30	25.52	25.52	26.02	98.78	142.29	28.34	25.52	25.52	25.52

Tabla 70. Demanda hídrica mensual sectorial y total en la Unidad Hidrográfica de la Quebrada La Picota

Tipo de Demanda	Demanda Hídrica en la Unidad Hidrográfica de la Quebrada La Picota (l/s)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Doméstica Urbana Buenavista	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79
Doméstica Rural	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01
Agrícola	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	66.28	117.95	0.09	0.00	0.00	0.00
Pecuaría	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
piscícola	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46
Industrial	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
Generación Eléctrica	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recreación y Deporte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	10.33	10.33	10.33	10.33	10.33	10.33	76.60	128.28	10.41	10.33	10.33	10.33

4 PRESIÓN POR EL USO DEL AGUA

4.1 Índices de uso del agua

Expresa la relación porcentual entre la demanda hídrica y la oferta hídrica regional disponible (OHRD), en la ERA se calculó mediante la siguiente expresión:

$$IUA_i = \frac{DH_i}{OHRD_i} \times 100$$

IUA_i es el índice de uso del agua para el mes i

DH_i es la demanda hídrica total para el mes i

$OHRD_i$ es la oferta hídrica regional disponible para el mes i

La presión por el uso del agua se categoriza de acuerdo a la Tabla 71.

Tabla 71. Categorías del índice de uso del agua

Límites de categorías	Categoría	Presión de la demanda con respecto a la oferta disponible
>50		Muy alta
20.01 – 50		Alta
10.01 – 20		Moderada
1 – 10		Baja
<1		No es significativa

Según IDEAM (2013), la Oferta Hídrica Regional Disponible (OHRD) hace referencia al volumen de agua que resulta de adicionar a la oferta hídrica regional aprovechable la demanda hídrica del tramo o subcuenca, lo cual es equivalente a la oferta hídrica total disponible (OHTD) menos/más las extracciones/retornos de agua en el contorno del tramo o subcuenca. La demanda hídrica total se refiere al volumen de agua extraída para los usos sectoriales con resolución mensual.

4.1.1 Índices de uso del agua en año medio

En la unidad hidrográfica del río Quindío se presenta la mayor presión por uso del agua en el departamento, ésta se clasifica como “muy alta” en los meses de junio a octubre, y de noviembre a mayo es “alta” (Tabla 72). Esta condición, que puede considerarse crítica, implica que se deben promover acciones específicas como:

- (i) fortalecimiento técnico e institucional de las entidades prestadoras del servicio de agua potable con el fin de realizar control de pérdidas en los sistemas de conducción y distribución del agua,
- (ii) realización de un censo de usuarios del recurso hídrico en la unidad hidrográfica del río Quindío, con el fin de ejercer mayor control en las captaciones de agua, así como implementar un plan de legalización de la totalidad de usuarios beneficiarios de recurso hídrico del río Quindío,
- (iii) aunar esfuerzos interinstitucionales entre entes territoriales y CRQ para intensificar y maximizar la efectividad de acciones de conservación y restauración de las áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico en la unidad hidrográfica del río Quindío
- (iv) avanzar en la revisión del estudio de reglamentación del río Quindío y sus tributarios, con el fin de redistribuir las cantidades de agua en concesión para optimizar el sistema.
- (v) fortalecer las acciones de vigilancia y control de las captaciones.

La unidad hidrográfica del río Santo Domingo presenta “muy alta” presión por el uso del agua en los meses de agosto y septiembre, y “alta” en julio y octubre (Tabla 72). Esto se debe fundamentalmente al aumento de la demanda para uso agrícola en este periodo seco del año en concomitancia con la reducción del caudal medio mensual. De acuerdo con el índice de agua no contabilizada reportada para Calarcá, su sistema de abastecimiento urbano cumple con la normatividad (valor de IANC igual o menor a 25%), por lo que los

esfuerzos para reducir la presión sobre la oferta deberán involucrar la ejecución de proyectos de ahorro y uso eficiente del agua.

En las unidades hidrográficas de los ríos Verde, Lejos, Rojo y San Juan la presión sobre la oferta es “alta” únicamente en el mes de agosto; de septiembre a julio es “baja” o “no significativa” (Tabla 72). Este resultado se debe fundamentalmente al aumento en la demanda agrícola en el periodo seco, ya que la demanda doméstica es baja en proporción a la oferta hídrica en estas unidades hidrográficas.

Las unidades hidrográficas del río Roble y quebrada Buenavista, tienen presión “muy alta” en el mes de agosto, y “alta” en los meses de julio y octubre, el resto del año es “baja” o “no significativa” (Tabla 72). Las presiones por el uso en estas unidades hidrográficas son mayores a las anteriores (Unidades Hidrográficas de los ríos Verde, Lejos, Rojo y San Juan), debido a que además de tener requerimientos para uso agrícola, la demanda doméstica es significativa (dotación urbana a Circasia–Montenegro y Quimbaya, respectivamente). En este caso, el desarrollo de planes para disminuir las pérdidas en los acueductos (IANC de 37%, 38% y 29% para Circasia, Montenegro y Quimbaya, respectivamente), el ahorro, reuso y uso eficiente del agua, son necesarios para reducir el nivel de presión.

En la unidad hidrográfica del río Espejo la presión de la demanda sobre la oferta hídrica es “alta” en julio y agosto, y el resto del año es “baja”. En el caso de las unidades hidrográficas de las quebradas Cristales y La Picota, agosto presenta una presión que alcanza a clasificarse como “muy alta”, y el resto del año tiende a ser “baja”.

Tabla 72. Índices de uso del agua para año medio en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío

Unidad Hidrográfica	Año medio											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Río Quindío	33.0	39.3	37.2	35.4	39.9	59.4	105.2	230.3	267.0	75.9	33.0	29.3
Río Santo Domingo	8.0	9.2	8.7	7.6	8.0	10.9	24.5	78.1	59.9	22.8	8.4	7.0
Río Verde	1.6	1.8	1.7	1.5	1.5	1.8	5.6	31.6	11.6	8.6	2.1	1.5
Río Lejos	1.0	1.2	1.2	1.1	1.0	1.7	7.1	33.7	5.4	1.6	0.5	0.5
Río Rojo	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	3.1	26.2	1.6	0.5	0.1	0.2
Río San Juan	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	3.2	27.1	1.6	0.5	0.1	0.2
Quebrada Buenavista	11.4	13.4	9.0	7.1	7.3	10.3	38.3	85.5	21.7	7.2	4.2	5.2
Río Roble	11.8	14.0	9.4	7.4	7.6	10.7	41.2	90.8	22.6	7.5	4.3	5.4
Río Espejo	5.5	7.2	6.1	4.1	3.3	4.6	23.4	40.5	8.9	6.4	3.4	3.4

Quebrada Cristales	6.8	9.2	9.2	5.7	3.6	4.3	26.0	54.6	10.3	7.5	4.9	4.5
Quebrada La Picota	1.7	2.0	2.1	1.9	1.7	2.0	20.0	50.3	5.9	5.5	2.1	1.4

De acuerdo con cálculos realizados para las microcuencas abastecedoras (Tabla 73), en todas ellas hay una presión “muy alta” en el mes de agosto, a excepción del río Gris en el cual se clasifica como “alta”. En todas las fuentes abastecedoras, las mayores presiones por uso del agua se dan entre julio y septiembre.

En algunas microcuencas abastecedoras se mantiene una presión “alta” la mayor parte del año (Tabla 73), como es el caso del río Quindío hasta la bocatoma de Armenia, el río Santo Domingo hasta la bocatoma de Calarcá, La Quebrada El Roble (hasta la bocatoma de Córdoba), las quebradas El Bosque, La Marina, La Arenosa, Cajones, Las Águilas y río Roble (bocatomas de Circasia), La quebrada Buenavista (hasta la bocatoma de Quimbaya), y las fuentes abastecedoras de Filandia (quebradas Lachas, Chorrobolillos y Barroblanco).

Tabla 73. Índices de uso del agua para año medio en las microcuencas abastecedoras de acueductos del departamento del Quindío

Fuente Abastecedora	Año medio											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Quebrada Cruz Gorda	12.2	17.2	16.7	14.5	13.9	18.9	29.2	55.3	51.5	17.4	5.8	7.3
Quebrada Cristalina	11.0	14.9	16.1	13.7	13.0	16.7	25.2	52.1	48.4	20.5	6.2	6.4
Quebrada Bolivia	11.1	15.1	16.1	13.7	13.0	16.5	26.1	49.3	52.7	20.5	6.2	6.3
Quebrada Corozal	11.0	15.0	16.3	13.8	13.1	16.6	25.9	51.8	47.9	20.3	6.2	6.4
Río Quindío (Bocatoma EPA)	23.0	26.9	26.5	27.3	29.9	41.7	66.7	136.7	183.7	59.3	26.1	21.3
Río Quindío (Estación de Bombeo EPA)	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.7	6.3	100.0	0.6	0.2	0.1
Río Quindío (Bocatoma La Tebaida)	2.5	3.2	3.2	3.2	3.6	6.3	27.7	100.0	100.0	36.2	3.0	2.3
Río Santo Domingo (Bocatoma Calarcá)	19.8	23.6	25.3	25.1	23.9	28.2	51.8	128.9	189.1	95.4	24.8	18.7
Quebrada El Salado	11.2	13.8	15.3	14.7	14.1	17.0	30.2	76.6	74.9	44.7	11.5	9.9
Quebrada El Naranjal	11.2	13.8	15.3	14.6	14.1	17.0	30.2	76.5	74.8	44.6	11.5	9.9
Quebrada San Rafael	11.0	12.9	14.3	13.7	13.1	15.2	26.3	63.4	60.7	44.3	11.6	9.2
Quebrada El Roble (Los Justos)	40.2	55.9	60.8	58.8	49.3	49.5	65.6	133.2	133.4	79.7	28.2	24.3
Quebrada La Picota (Bocatoma Buenavista)	13.5	16.1	16.4	14.7	13.2	15.6	38.7	78.4	46.5	44.0	16.3	11.0
Quebrada La Cascada	7.1	8.6	8.3	7.6	7.4	11.9	26.3	69.5	38.1	11.3	3.7	3.8
Quebrada Las Pizarras	4.6	5.5	5.3	4.9	4.8	7.7	18.4	54.8	24.8	7.3	2.4	2.4
Río Gris (Bocatoma Génova)	1.5	1.8	1.7	1.6	1.6	2.5	7.0	33.6	8.2	2.4	0.8	0.8
Quebrada El Bosque	34.5	41.8	28.0	22.2	22.8	31.9	92.9	189.6	67.0	22.5	13.0	16.1
Quebrada La Marina	34.5	41.8	28.0	22.2	22.8	31.9	92.9	189.6	67.0	22.5	13.0	16.1
Río Roble (Bombeo Circasia)	30.3	36.8	24.6	19.5	20.0	28.0	81.6	166.6	58.9	19.8	11.4	14.1
Quebrada La Arenosa	34.5	41.8	28.0	22.2	22.8	31.9	92.9	189.6	67.0	22.5	13.0	16.1
Quebrada Cajones (bocatoma circasia)	34.5	41.8	28.0	22.2	22.8	31.9	92.9	189.6	67.0	22.5	13.0	16.1
Quebrada Las Águilas	17.6	21.2	22.4	21.3	21.3	25.9	42.7	88.8	144.2	71.6	17.6	14.1
Quebrada La Llorona	14.7	18.2	19.2	18.5	18.8	23.7	41.0	96.3	154.4	55.4	14.2	12.5
Quebrada la Soledad	14.1	16.9	11.3	9.0	9.2	12.9	46.5	100.9	27.1	9.1	5.2	6.5
Quebrada la Paloma	2.3	2.9	1.8	1.4	1.5	2.1	11.2	106.5	5.2	1.4	0.8	1.0

Quebrada Las Lajas	14.1	16.9	11.3	9.0	9.2	12.9	46.5	100.9	27.1	9.1	5.2	6.5
Río Roble (Bocatoma Montenegro)	11.6	13.9	9.3	7.4	7.5	10.6	38.3	83.4	22.3	7.5	4.3	5.3
Quebrada Buenavista (Bocatoma Quimbaya)	39.3	47.6	31.9	25.2	25.9	36.2	101.9	207.1	76.3	25.6	14.7	18.3
Quebrada Lachas	29.8	35.9	24.1	19.0	19.6	27.4	80.1	165.5	57.6	19.3	11.1	13.8
Quebrada Chorrobolillos	29.8	35.9	24.1	19.0	19.6	27.4	80.1	165.5	57.6	19.3	11.1	13.8
Quebrada Barroblanco	29.8	35.9	24.1	19.0	19.6	27.4	80.1	165.5	57.6	19.3	11.1	13.8

4.1.2 Índices de uso del agua en año seco (año de referencia 2015/2016)

En la condición de año seco se presenta una presión “muy alta” en la mayoría de los meses en las unidades hidrográficas, a excepción de la cuenca del río Verde (Tabla 74). La unidad hidrográfica (UH) del río Quindío presenta dicha categoría del índice durante todos los meses del año. En las UH de río Lejos, río Rojo, río San Juan, quebrada La Picota y río Espejo hay once (11) meses del año con una presión “muy alta” de la demanda sobre la oferta hídrica.

En río Roble y quebrada Buenavista, las condiciones más críticas se evidencian de julio a septiembre y febrero (Tabla 74). En las microcuencas abastecedoras se observa una presión de uso que tiende a ser “muy alta” y “alta” en año seco de enero a octubre, en algunas fuentes abastecedoras se mantiene una alta presión incluso en noviembre y diciembre en este escenario extremo de sequía (año de referencia 2015/2016,

Tabla 75).

Tabla 74. Índices de uso del agua para año seco de referencia (2015/2016) en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío

Unidad Hidrográfica	Año Seco 2015-2016											
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Río Quindío	2574.0	100.1	100.1	100.1	108.1	83.1	252.1	100.1	339.8	171.3	319.2	100.1
Río Santo Domingo	27.6	135.1	100.1	140.1	16.6	12.9	32.0	85.0	39.8	14.6	14.7	70.1
Río Verde	3.9	18.9	5.7	7.1	2.4	2.2	2.7	4.8	4.9	2.9	2.0	3.9
Río Lejos	175.7	100.1	100.1	100.1	4.4	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1
Río Rojo	72.7	100.1	100.1	100.1	1.3	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1
Río San Juan	113.6	100.1	100.1	100.1	1.3	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1
Quebrada Buenavista	100.1	100.1	100.1	11.8	5.4	16.7	39.0	129.4	12.2	20.8	20.5	25.6
Río Roble	100.1	100.1	100.1	12.3	5.7	17.5	40.2	135.6	12.7	21.7	21.4	26.7
Río Espejo	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	207.0	100.1	100.1	100.1	9.5	96.2	100.1
Quebrada Cristales	100.1	100.1	27.8	11.3	15.6	27.4	100.1	100.1	100.1	8.6	15.6	39.0
Quebrada La Picota	65.9	1098.5	100.1	100.1	100.1	46.9	1103.9	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1

Tabla 75. Índices de uso del agua para año seco de referencia (2015/2016) en las microcuencas abastecedoras de acueductos del departamento del Quindío

Fuente Abastecedora	Año Seco 2015-2016											
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Quebrada Cruz Gorda	55.4	167.1	100.1	100.1	32.3	54.4	100.1	100.1	100.1	125.9	100.1	100.1
Quebrada Cristalina	36.7	392.4	1068.6	100.1	39.5	43.9	355.9	100.1	100.1	97.0	355.8	100.1
Quebrada Bolivia	50.7	136.2	100.1	100.1	41.6	42.6	100.1	100.1	100.1	122.6	258.8	100.1
Quebrada Corozal	62.7	185.3	100.1	100.1	45.9	43.1	168.1	100.1	100.1	77.7	168.1	100.1
Río Quindío (Bocatoma EPA)	100.1	100.1	100.1	100.1	196.1	210.7	188.8	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1
Río Quindío (Bombeo EPA)	100.1	100.1	100.1	100.1	2.0	100.1	3.9	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1
Río Quindío (Bt. La Tebaida)	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1
Río Sto. Domingo (Bt. Calarcá)	49.3	117.6	238.0	3659.5	110.1	203.2	813.7	100.1	100.1	343.9	592.5	100.1
Quebrada El Salado	181.0	100.1	100.1	100.1	100.1	119.6	68.4	527.5	100.1	100.1	260.5	100.1
Quebrada El Naranjal	184.2	100.1	100.1	100.1	100.1	116.8	67.9	531.2	100.1	100.1	243.6	100.1
Quebrada San Rafael	128.5	100.1	100.1	100.1	100.1	9677.0	166.8	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1
Q. El Roble (Los Justos)	75.3	125.2	186.0	2153.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1
Q. La Picota (Bt. Buenavista)	127.0	1829.5	100.1	100.1	100.1	401.9	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1
Quebrada La Cascada	457.9	100.1	100.1	100.1	30.9	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1
Quebrada Las Pizarras	355.1	100.1	100.1	100.1	20.0	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1
Río Gris (Bocatoma Génova)	152.4	100.1	100.1	100.1	6.6	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1
Quebrada El Bosque	100.1	100.1	100.1	36.8	17.0	52.1	117.4	403.0	37.8	64.8	63.8	79.4
Quebrada La Marina	100.1	100.1	100.1	36.8	17.0	52.1	117.4	403.0	37.8	64.8	63.8	79.4
Río Roble (Bombeo Circasia)	100.1	100.1	100.1	32.3	14.9	45.8	103.2	354.1	33.2	56.9	56.1	69.8
Quebrada La Arenosa	100.1	100.1	100.1	36.8	17.0	52.1	117.4	403.0	37.8	64.8	63.8	79.4
Q. Cajones (Bt. circasia)	100.1	100.1	100.1	36.8	17.0	52.1	117.4	403.0	37.8	64.8	63.8	79.4
Quebrada Las Águilas	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	84.0	61.1	134.0	264.4	94.5	124.3	459.0
Quebrada La Llorona	100.1	100.1	100.1	100.1	238.3	45.3	37.3	74.0	112.9	61.5	71.4	154.8
Quebrada la Soledad	100.1	100.1	100.1	14.8	6.8	21.0	48.1	162.7	15.3	26.2	25.8	32.2
Quebrada la Paloma	100.1	100.1	100.1	2.5	1.1	3.7	11.9	100.1	2.6	4.9	4.8	6.5
Quebrada Las Lajas	100.1	100.1	100.1	14.8	6.8	21.0	48.1	162.7	15.3	26.2	25.8	32.2
Río Roble (Bt. Montenegro)	100.1	100.1	100.1	12.2	5.6	17.3	39.6	134.5	12.5	21.5	21.2	26.4
Q. Buenavista (Bt. Quimbaya)	100.1	100.1	100.1	41.8	19.3	59.3	133.9	459.3	43.0	73.7	72.6	90.4
Quebrada Lachas	100.1	100.1	100.1	31.6	14.6	44.7	101.4	346.1	32.4	55.7	54.8	68.3
Quebrada Chorrobolillos	100.1	100.1	100.1	31.6	14.6	44.7	101.4	346.1	32.4	55.7	54.8	68.3
Quebrada Barroblanco	100.1	100.1	100.1	31.6	14.6	44.7	101.4	346.1	32.4	55.7	54.8	68.3

*Bt. significa 'Bocatoma'

4.2 Valoración del déficit de suministro a la demanda

Debido a que la cuenca drenante del río Quindío hasta la bocatoma de Armenia presenta un índice de uso del agua clasificado como de alta o muy alta presión durante todo el año medio, es necesario evaluar el estado de su déficit de suministro. Para ello se realizó el balance de volúmenes de agua ofertados y

demandados asumiendo cuatro escenarios, y considerando la oferta mensual calculada en la serie de caudales medios mensuales de enero de 1985 a diciembre de 2017.

El *escenario 1* implica la extracción de la demanda urbana para Armenia únicamente desde el sitio de captación en El Agrado y respetando el caudal ambiental estimado para el río Quindío en dicho punto.

El *escenario 2* corresponde al escenario 1 sin garantizar el caudal ambiental del río en dicho punto.

El *escenario 3* hace referencia a la extracción del caudal demandado para uso doméstico en Armenia desde el sitio de captación en El Agrado, y la reducción del déficit de suministro con bombeos desde el río Quindío en la estación de bombeo de EPA en Chagualá, con la restricción de respetar el caudal ambiental en ambos sitios de extracción.

El *escenario 4* se define como el escenario 3 sin garantizar la satisfacción del caudal ambiental en todos los meses de la serie de caudales.

En caso de cumplir con el escenario 1, se presenta déficit en la satisfacción de la demanda mensual en un 29.3% de los meses de la serie analizada (Figura 77), principalmente en años secos (1987, 1991, 1992, 1994, 1995, 1997, 1998, 2002, 2003, 2004, 2005, 2015, 2016). Este déficit se reduce ampliamente si no se hace la restricción a la extracción por la conservación del caudal ambiental en los meses de ocurrencia del déficit (escenario 2), en dicha situación, el porcentaje de meses con déficit se reduce a un 1%.

Otra alternativa evaluada implica el suministro de agua desde la estación de bombeo sobre el río Quindío durante los meses de ocurrencia de déficit en la satisfacción de la demanda (Escenario 3), y a su vez garantizando la conservación del caudal ambiental en ambos tramos. En tal condición, habría una reducción del déficit a un 27% de los meses. En caso de no restringir la dotación de la demanda por conservación del caudal ambiental (escenario 4), se presenta un déficit de 0% en la satisfacción a la demanda (Figura 77).

Tabla 76. Características del déficit de suministro a las demandas en cuatro escenarios analizados en el río Quindío, periodo 1985 a 2017

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Número de meses con déficit	116	4	107	0
Porcentaje de meses con déficit	29.29	1.01	27.02	0
Déficit máximo mensual (LPS)	719.88	268.55	719.88	0
Déficit mínimo mensual (LPS)	1.87	54.72	17.77	0
Déficit promedio mensual (LPS)	463.63	0.29	540.83	0

La satisfacción de la demanda hídrica en los tramos del río Quindío definidos por los escenarios anteriores, implica que, en promedio, durante un 27% de los meses se presenta una alta presión sobre la disponibilidad de hábitat para el ecosistema acuático, ya que el suministro a la demanda antrópica entra a competir con la disponibilidad de agua para sostener el ecosistema acuático. Por lo anterior, es recomendable revisar las reglas de asignación de caudal en el sistema de recursos hídricos del río Quindío, e implementar alternativas de utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas con el fin de reducir el impacto de la presión de la demanda sobre la oferta, especialmente en periodos secos.

5 CALIDAD DEL AGUA

5.1 Introducción

En este capítulo se presenta un contexto sobre los índices de calidad del agua en el marco de la Evaluación Regional del Agua, y en particular se abordan las generalidades y metodología para la estimación de los dos índices que se considerarán en el presente estudio: el Índice de Calidad del Agua – ICA y el Índice de Alteración Potencial a la Calidad de Agua – IACAL.

A partir de la campaña de monitoreo realizada en 130 sitios ha sido posible estimar el ICA de siete variables. 33 sitios muestreados corresponden a fuentes abastecedoras de acueductos, 87 a fuentes hídricas superficiales y 10 a vertimientos de interés, La ubicación espacial, descripción, y resultados de cada muestreo se presentan en el Anexo 7. El ICA de 7 variables se utilizó para análisis, ya que incluye una variable microbiológica y es el recomendado para la evaluación a nivel regional. Su estimación se realizó en todos los puntos de monitoreo (incluyendo las 33 fuentes abastecedoras y los 87 sitios muestreados sobre fuentes hídricas), su respectivo análisis se presenta agrupado por unidades hidrográficas. Igualmente, con base en el monitoreo se estimó el IACAL, proyectando a escala anual las concentraciones de las variables que se consideran para dicho índice. Los resultados se agruparon en doce unidades hidrográficas para los dos índices, siendo las conclusiones y recomendaciones específicas consideradas igualmente para cada una de ellas.

5.2 Índices de Calidad del Agua en el marco de las Evaluaciones Regionales del Agua

El uso de indicadores en la gestión ambiental ha demostrado ser una potente herramienta para la toma de decisiones políticas y han sido recomendados por instituciones internacionales (e.g. WWAP, 2003; Vrba et al., 2007; UNDESA, 2007; OECD, 2017), instituciones gubernamentales (MMA, 2006; MARM, 2008; Magrama, 2013; European Union, 2015), organizaciones no gubernamentales (WWF, 2010), y una amplia literatura científica (e.g. Sandoval-Solis et al., 2011; Juwana et al., 2012; Bolcárová y Kološta, 2015; Pires et al., 2017; Allain et al., 2018). Los indicadores deben representar los atributos que son

considerados como relevantes por los tomadores de decisión y no necesariamente por una audiencia especializada (Klug y Knoch, 2014).

De acuerdo con la OECD (1993), los indicadores ambientales tienen dos funciones principales: i) reducir el número de mediciones y los parámetros que normalmente se requieran para hacer una representación exacta de una condición, y ii) simplificar el proceso de comunicación de los resultados de la medición.

De acuerdo con lo establecido por el IDEAM (2013), *“la evaluación regional se soporta en el marco conceptual y el análisis integral de la situación actual y tendencias del comportamiento de la oferta hídrica, demanda de agua, calidad de agua, amenaza y vulnerabilidad de las fuentes hídricas y el recurso. Esta dinámica debe ser expresada con un sistema de indicadores hídricos regionales coherente con la funcionalidad del sistema, asequible y pertinente para la toma de decisiones”*.

Los indicadores planteados por el IDEAM (2013), vistos de manera integral, contribuyen al conocimiento sobre la situación actual (natural y alterada por acciones antrópicas) y las posibles tendencias del recurso hídrico en unidades hidrográficas básicas en cada una de las jurisdicciones de las Autoridades Ambientales competentes en la implementación de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (MAVDT, 2010). En las Evaluaciones Regionales del Agua se mantienen los seis indicadores del Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2010) con sus respectivos ajustes metodológicos por la escala de trabajo.

En el Estudio Nacional del Agua - ENA 2010 (IDEAM, 2010, se plantearon los seis índices mencionados, dos de ellos reflejando las condiciones naturales del agua (Índice de Aridez (IA) e Índice de Regulación Hídrica (IRH)), y los otros cuatro reflejando el grado de alteración antrópica (Índice de Uso del Agua (IUA), Índice de Afectación Potencial a la Calidad del Agua (IACAL), Índice de Vulnerabilidad Hídrica al desabastecimiento (IVH) y el Índice de Calidad del Agua (ICA)). Los índices relacionados con la calidad (ICA e IACAL) son los de interés en el presente capítulo.

Con los dos índices de interés (ICA e IACAL) el objeto es determinar el estado de la calidad de agua en las unidades hidrográficas determinadas en el Departamento del Quindío, así como los posibles escenarios de alteración

potencial de la calidad del agua por las presiones de las actividades socioeconómicas que en dichas unidades de análisis se están desarrollando. Además, se realiza una evaluación del estado de calidad del agua en 33 fuentes abastecedoras de acueductos.

Desde el ICA se obtiene un estimativo de la calidad del agua a partir de una categorización numérica sobre la base de los monitoreos realizados reflejando los resultados en categorías cualitativas de muy mala, mala, regular, aceptable y buena. Las estimaciones pueden ser precisadas mediante herramientas como la modelación de la calidad del agua, obteniendo un mayor entendimiento de la capacidad de asimilación del cuerpo de agua de interés, así como las afectaciones que a lo largo de la red de drenaje están imponiendo los vertimientos de los diferentes sectores usuarios. Sin embargo, lo anterior implica un desarrollo técnico más detallado objeto de otros instrumentos como los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico – PORH (Minambiente, 2014).

Desde el IACAL se identifica un nivel de alteración potencial (baja, moderada, media-alta, alta y muy alta) desde las presiones de cargas contaminantes generadas por los diferentes sectores socioeconómicos y que son vertidas en los cuerpos de agua de la unidad hidrográfica de análisis. Dicha identificación depende fundamentalmente de la información disponible para obtener las cargas presuntivas para cada sector socioeconómico o desde la proyección de información observada mediante monitoreos.

Los resultados de estos dos Índices, llevados al análisis integrado con el resto de información generada en las otras dimensiones de la gestión del recurso hídrico en el marco de las evaluaciones regionales del agua, soportarán las acciones que se deben plantear en caso de identificar tramos y/o corrientes con problemas de calidad; lo que significa un primer paso para la toma de decisiones sobre la priorización de aquellos cuerpos de agua que requieren la formulación o ajuste de un Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico – PORH, o acciones más específicas como la reglamentación del uso de las aguas o la reglamentación de vertimientos.

La evaluación de la calidad del agua debe considerar las circunstancias particulares de la jurisdicción en términos de información existente para las unidades hidrográficas de análisis. Estas evaluaciones deben cumplir con un mínimo inicial bajo los siguientes criterios (IDEAM, 2013):

- Deben orientarse a cubrir el 100% del territorio de la jurisdicción mediante un proceso sistemático de planificación, gestión y generación de información.
- Hacer un análisis de la información y de las fuentes de información existentes y definir estrategias para mejorarla.
- Aplicar los protocolos existentes y los que reglamente el MADS junto con el IDEAM, que incluya aspectos como:
 - ❖ Documentar el proceso metodológico.
 - ❖ Utilizar técnicas universalmente aceptadas para levantar información donde haya vacíos, utilizando instrumentos de georreferenciación.
 - ❖ Realizar consultas a los sectores pertinentes para reconocer procesos productivos consumidores de agua y la opinión de expertos sobre el volumen de consumo en el sector.

La información requerida para la representación espacial de las condiciones de calidad de agua corresponde a datos puntuales, como son las estaciones de monitoreo y los puntos de vertimientos y a datos lineales correspondientes a los tramos de la red hídrica que tienen definidos objetivos de calidad. Estos insumos se pueden obtener del Sistema de Información del Recurso Hídrico –SIRH (IDEAM, 2013), información que es reportada por cada una de las Autoridades Ambientales Regionales.

5.2.1 Índice de Calidad de Agua - ICA

5.2.1.1 Generalidades

Las condiciones de calidad del agua están en función de diferentes características hidromorfológicas, físico-químicas, biológicas y ecológicas, así como de la capacidad de asimilación del cuerpo de agua para los diferentes tipos de contaminantes que recibe a lo largo de la red de drenaje.

El índice de calidad del agua (ICA) es un indicativo de las condiciones de calidad física, química y biológica de los cuerpos de agua. El indicador permite identificar 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 representativas (IDEAM, 2010). Para el ENA 2010, se utilizaron las variables representativas de los principales tipos de contaminación: para materia orgánica, DQO; material en suspensión, sólidos suspendidos totales, SST; y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, PSOD; para mineralización, conductividad eléctrica del agua; y para acidez o alcalinidad, el pH del agua (IDEAM, 2010). Para las Evaluaciones Regionales del Agua (IDEAM, 2013), se añaden dos variables más (N total/P total; coliformes fecales) a las cinco ya establecidas en el ENA 2010 (Oxígeno disuelto, OD; Sólidos en suspensión, SST; Demanda química de oxígeno, DQO; Conductividad eléctrica, C.E.; pH total)

El Índice de calidad del agua es el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de un cuerpo de agua, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de seis o siete variables, registradas en una estación de monitoreo j en el tiempo t (IDEAM, 2013). En tal sentido, el ICA es una expresión agregada y simplificada, sumatoria aritmética equiponderada de varias variables. Para el nivel regional, conforme a IDEAM (2013), se propone calcular el ICA con 7 variables (con inclusión de parámetros representativos de contaminación por agroquímicos y de un parámetro microbiológico), pero la fórmula de cálculo es la misma contemplada en el ENA 2010 (IDEAM, 2010).

En el Anexo 8 se resume la ficha metodológica del ICA, a partir de la información del ENA 2010 (IDEAM, 2010) y el documento de IDEAM (2013) para las Evaluaciones regionales del agua.

5. 2. 1. 2 Metodología

El Índice de Calidad de Agua - ICA posibilita la evaluación de los constituyentes o variables que afectan la calidad del agua, y permite comunicar y representar la calidad en los cuerpos de agua mediante una expresión agregada y simplificada. Para el nivel regional se propone calcular el ICA con 7 variables, incluyendo la relación de nitrógeno/fósforo, así como los coliformes fecales. Los siguientes pasos resumen la aplicación de la metodología propuesta por el IDEAM teniendo como soporte IDEAM (2010) e IDEAM (2013).

Paso 1. Pesos de importancia para las variables

De acuerdo con IDEAM (2010), la ponderación de las variables físicas, químicas y microbiológicas puede variar en función de la relevancia para análisis específicos de condiciones de calidad de Aguas y el número de variables consideradas. A escala regional se tendrán en cuenta 7 variables de acuerdo con IDEAM (2013), siendo los pesos de importancia los que se contemplan en la última columna de la Tabla 77. Las columnas tercera y cuarta corresponden con los pesos ponderados para el cálculo numérico del ICA con 5 y 6 variables respectivamente.

Tabla 77. Variables y pesos para la estimación del ICA a nivel regional. Fuente IDEAM (2013)

Variable	Unidad	Peso	Peso	Peso
<i>Oxígeno disuelto</i>	<i>% saturación</i>	<i>0.2</i>	<i>0.17</i>	<i>0.16</i>
<i>Sólidos en suspensión</i>	<i>mg/l</i>	<i>0.2</i>	<i>0.17</i>	<i>0.14</i>
<i>Demanda química de oxígeno - DQO</i>	<i>mg/l</i>	<i>0.2</i>	<i>0.17</i>	<i>0.14</i>
<i>Conductividad eléctrica</i>	<i>µS/cm</i>	<i>0.2</i>	<i>0.17</i>	<i>0.14</i>
<i>pH</i>	<i>Unidades de pH</i>	<i>0.2</i>	<i>0.17</i>	<i>0.14</i>
<i>Relación N total/P total</i>	<i>(mg/l) / (mg/l)</i>		<i>0.15</i>	<i>0.14</i>
<i>Coliformes fecales</i>	<i>UFC/100 ml*</i>			<i>0.14</i>

*Si bien en IDEAM (2013) se asignan como unidades de los coliforme fecales las UFC/100 ml, el subíndice de los coliformes fecales se expresa en NMP/100ml

Paso 2: Construcción de “relaciones funcionales” o “curvas funcionales” (ecuaciones)

De acuerdo con IDEAM (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*”.

Las curvas funcionales o ecuaciones para cada parámetro se entienden como subíndices, los cuales se utilizan para transformar las variables a una escala adimensional, ya que éstas se expresan en diferentes unidades ($\mu\text{S}/\text{cm}$, mg/L , porcentaje, unidades, etc.), para permitir su posterior agregación. A continuación,

se muestran las ecuaciones de referencia para cada una de las 7 variables involucradas en el cálculo del ICA a nivel regional.

Oxígeno disuelto (OD)

El oxígeno gaseoso disuelto en el agua es vital para la existencia de la mayoría de biota acuática. La concentración de oxígeno disuelto (DO) es un indicador de la calidad ecológica del agua, y condiciona la presencia o ausencia de biota en el ecosistema acuático.

Las unidades de oxígeno, si se utilizan métodos como el de luminiscencia son en mg O₂/L. Para su expresión en porcentaje de saturación, simplemente es dividir tales unidades en 100% del valor de oxígeno disuelto para el agua (a la misma temperatura y presión del aire).

Cuando no se cuenta con la información del porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto (%Sat OD), o cuando se quiera corroborar la información suministrada por el laboratorio, el %Sat OD se podrá obtener con el siguiente procedimiento de acuerdo con (IDEAM y CIH-UP, 2007):

Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto PS_{OD} :

$$PS_{OD} = \frac{O_x * 100}{C_p}$$

Donde,

O_x : Es el oxígeno disuelto medido en campo (mg/L) asociado a la elevación, caudal y capacidad de reoxigenación.

C_p : Es la concentración de equilibrio de oxígeno (mg/L), a la presión no estándar, es decir, oxígeno de saturación, igual a la siguiente expresión:

$$C_p = C^* * P * \left[\frac{\left(1 - \frac{P_W}{P}\right) * (1 - \theta P)}{(1 - P_W) * (1 - \theta)} \right]$$

Donde:

C^* = concentración de equilibrio de oxígeno (mg/L), a la presión estándar de 1 atmósfera

P = presión no estándar (atmósferas)

P_w = presión parcial de vapor de agua (atmósferas)

θ = Factor de corrección de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) a condiciones estándar.

El cálculo de la concentración de equilibrio de oxígeno sigue la siguiente expresión:

$$\ln(C^*) = -139.3441 + \frac{157570.1}{TE} - \frac{66423080}{TE^2} + \frac{12438000000}{TE^3} - \frac{862194900000}{TE^4}$$

Donde:

TE: Temperatura ($^{\circ}\text{K}$)

TE = T + 273.15

Para condiciones no estándar de presión, la presión está relacionada con la altitud (A) y es igual a:

$$P = 1.0001629e^{-0.00012125*A}$$

y la presión parcial de vapor de agua:

$$\ln(P_w) = 11.8571 - \frac{3840.7}{TE} - \frac{216961}{TE^2}$$

El factor de corrección de temperatura:

$$\theta = 0.000975 - 0.00001426T + 0.00000006436T^2$$

Para calcular el Subíndice del porcentaje de saturación de oxígeno se aplica la siguiente ecuación:

$$I_{\%sat\ OD} = 1 - (1 - 0.01 * \% \text{ saturación de OD})$$

En los casos que el porcentaje de saturación de OD sea mayor a 100%, se utiliza la siguiente ecuación:

$$I_{\%sat\ OD} = 1 - (1 - 0.01 * \% \text{ saturación de OD} - 1)$$

Sólidos suspendidos totales (SST)

La presencia de sólidos en suspensión en los cuerpos de agua puede deberse a condiciones naturales propias de los procesos del ciclo de sedimentos o puede deberse a la ocurrencia de alteraciones de dicho ciclo por procesos erosivos inducidos, extracción o disposición de materiales, vertimientos industriales, entre otros. Esta variable tiene una relación directa con la turbiedad. El subíndice de calidad para sólidos suspendidos se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación (Ramírez y Viña, 1998):

$$I_{SST} = 1 - (-0.02 + 0.003 \times SST \text{ mg/L})$$

$$\text{Si } SST \leq 4.5, \text{ entonces } I_{SST} = 1$$

$$\text{Si } SST \geq 320, \text{ entonces } I_{SST} = 0$$

Demanda química de oxígeno (DQO):

Esta variable refleja la presencia de sustancias químicas susceptibles de ser oxidadas a condiciones fuertemente ácidas y alta temperatura, como la materia orgánica, ya sea biodegradable o no, y la materia inorgánica. El subíndice para DQO se estima siguiendo las siguientes expresiones:

$$\text{Si } DQO \leq 20, \text{ entonces } I_{DQO} = 0.91$$

$$\text{Si } 20 < DQO \leq 25, \text{ entonces } I_{DQO} = 0.71$$

$$\text{Si } 25 < DQO \leq 40, \text{ entonces } I_{DQO} = 0.51$$

$$\text{Si } 40 < DQO \leq 80, \text{ entonces } I_{DQO} = 0.26$$

$$\text{Si } DQO > 80, \text{ entonces } I_{DQO} = 0.125$$

Conductividad eléctrica (C.E.):

Esta variable refleja la mineralización, presencia de sales, conjugando cationes y aniones disueltos. Incrementos en la misma pueden darse por vertimientos domésticos de grandes asentamientos humano, tratamiento químico de aguas, vertimientos de corredores industriales, empleo de fertilizantes en la actividad agrícola, influencia volcánica o por la composición natural del suelo (IDEAM, 2010). El subíndice para C.E. se estima siguiendo la siguiente ecuación:

$$I_{C.E} = 1 - 10^{(-3.26 + 1.34 \log_{10} C.E)}$$

Si $I_{C.E} < 0$, entonces $I_{C.E} = 0$

Nitrógeno total/Fósforo total (NT/PT)

Esta variable refleja niveles de intervención antrópica que pueden estar degradando el ecosistema acuático, expresada como una forma de aplicar el concepto de saprobiedad. Es decir, la posibilidad de la fuente de asimilar carga orgánica. La fórmula para calcular el subíndice de calidad para NT/PT es:

Si $NT/PT \geq 15$, entonces $I_{N/P} = 0.80$

Si $10 < NT/PT < 15$, entonces $I_{N/P} = 0.60$

Si $5 < NT/PT \leq 10$, entonces $I_{N/P} = 0.35$

Si $NT/PT \leq 5$, entonces $I_{N/P} = 0.15$

pH

El pH es un indicador de la acidez o alcalinidad del agua. Valores extremos de acidez pueden afectar la biota acuática. El subíndice se puede estimar de acuerdo con Cude (2001) como sigue:

Si $pH < 4$ entonces $I_{pH} = 0.10$

Si pH está entre 4 y 7 inclusive, entonces $I_{pH} = 0.02628419 \times e^{(pH \cdot 0.520025)}$

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

Si pH está entre 8.1 y 11 entonces $I_{pH} = 1 \times e^{((pH-8) - 0.5187742)}$

Si pH es $>$ a 11.1 $I_{pH} = 0.10$

Coliformes Fecales

Las coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en el suelo y seres vivos (aves silvestres y heces fecales de seres de sangre caliente). Su presencia puede ser un reflejo de aguas contaminadas por aguas residuales o presencia de desechos en descomposición. Generalmente, las

coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos de fondo de los cuerpos de agua (Munn, 2004).

El grupo de bacterias coliformes totales comprende todos los bacilos Gramnegativos aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados, que fermentan la lactosa con producción de gas en un lapso máximo de 48 h. a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Este grupo está conformado por 4 géneros principalmente: Enterobacter, Escherichia, Citrobacter y Klebsiella. El grupo de coliformes fecales, está constituido por bacterias Gramnegativas capaces de fermentar la lactosa con producción de gas a las 48h. de incubación a $44.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$. Este grupo no incluye una especie determinada, sin embargo, la más prominente es Escherichia coli. El subíndice para las coliformes fecales es extraído de Cude (2001) como sigue:

Si $\text{CF} < 50/100 \text{ mL}$ entonces $\text{ICF} = 0.98$

Si $50/100 \text{ mL} \leq \text{CF} < 1600/100 \text{ mL}$ entonces $\text{ICF} = 0.98 \times e^{((\text{CF}-50) \times -9.917754\text{E}-4)}$

Si $\text{FC} \geq 1600/100 \text{ mL}$ entonces $\text{ICF} = 0.10$

Paso 3: Calculo numérico del ICA

Para calcular el ICA se utiliza una suma lineal ponderada de los subíndices (I_i) de cada una de las variables. Estas agregaciones ponderadas se expresan matemáticamente de la siguiente manera:

Donde,

$$\text{ICA}_{njt} = \left(\sum_{i=1}^n W_i \cdot I_{ikjt} \right)$$

ICA_{njt} Es el Índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua j en el tiempo t, evaluado con base en n variables.

W_i Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i.

I_{ikjt} Es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j , registrado durante la medición realizada en el trimestre k , del período de tiempo t .

n Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 7 a nivel regional

La solución de la anterior sumatoria es como sigue:

$$ICA_{njt} = (W_i \% \text{ satOD} \cdot I_{\% \text{ satOD}}) + (W_i \text{ SST} \cdot I_{\text{SST}}) + (W_i \text{ DQO} \cdot I_{\text{DQO}}) + (W_i \text{ C.E} \cdot I_{\text{C.E}}) + (W_i \text{ N/P} \cdot I_{\text{N/P}}) + (W_i \text{ pH} \cdot I_{\text{pH}}) + (W_i \text{ I.C.F} \cdot I_{\text{I.C.F}})$$

Paso 4. Asignación de descriptores de calidad desde el ICA

De acuerdo con IDEAM (2010), el ICA conlleva a una clasificación descriptiva de la calidad del agua en cinco categorías (buena, aceptable, regular, mala o muy mala), para simplificar la información de la tendencia de la calidad (deterioro o recuperación). El resultado del ICA se relaciona con las categorías que se presentan en la Tabla 78, las cuales se representan gráficamente en una escala de colores determinada.

Tabla 78. Descriptores de la calidad del agua a partir del ámbito numérico del ICA. Fuente IDEAM (2010)

Descriptores	Ámbito 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

5.2.2 Índice de Alteración potencial a la Calidad del Agua – IACAL

5.2.2.1 Generalidades

De acuerdo con IDEAM (2010), la aplicación del Índice de Alteración Potencial a la Calidad de Agua – IACAL se hace principalmente a partir de

información secundaria y presuntiva, puesto que no se cuenta con información de primera mano (monitoreos de calidad de agua) para todo el país. Por tal razón surge la necesidad de estimar el IACAL, con la finalidad de obtener un referente de la presión de los sistemas hídricos dada la carga de contaminante a la que pueden estar sometidos, la cual se ve reflejada en la determinación de las amenazas potenciales por alteración de la calidad en las unidades de análisis (IDEAM, 2013). Este índice se puede generar a escala municipal en centros urbanos y agregar para unidades hidrográficas de análisis de acuerdo con la zonificación establecida por la Autoridad Ambiental competente, la cual está armonizada con la zonificación hidrográfica nacional (IDEAM, 2013b; Minambiente, 2013).

Las cargas contaminantes son el insumo principal para la estimación del IACAL, y éstas se puede derivar a partir de inventarios consistentes en la aplicación de factores de vertimiento de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1993). Se puede utilizar información tal como:

- Población en cabeceras municipales (proyección del DANE actual)
- Actividades económicas industriales priorizadas para la unidad de análisis.
- Programas de tasas retributivas y de control de vertimientos de las AA
- Caracterizaciones de unidades productivas
- PSMV de las PTAR Municipales y centros poblados.

El índice fue diseñado para estimar, con información secundaria, la afectación potencial del agua por las presiones de actividades socioeconómicas debido a deficiencias de información de monitoreos de vertimientos de aguas residuales o a la dificultad de las Autoridades Ambientales para el seguimiento de la totalidad de los mismos mediante contra-muestreos. Por ello, este indicador suele estimarse con información secundaria (factores de vertimiento) el cual puede irse complementado y mejorando con información primaria que se vaya construyendo sistemáticamente. Una limitante en la estimación con información secundaria es la disponibilidad de datos desde los sectores productivos por su cobertura espacial y temporal, así como incluso de su accesibilidad.

Pese a estas limitaciones, el IACAL presenta un reflejo de la amenaza a la calidad del agua por la presión de los sectores productivos de la unidad hidrográfica en estudio. La misma estará reflejando el potencial efecto de vertimientos sin previo tratamiento o por cargas contaminantes con deficientes tratamientos.

5. 2. 2. 2 Metodología

En función de la información disponible desde monitoreos de la calidad del agua, para las variables involucradas en el análisis, es posible realizar la estimación del IACAL directamente desde los datos observados. La limitante es que se extrapolan las observaciones propias de un momento en particular para todo el año. Tal hipótesis no refleja la forma en la que los diferentes sectores usuarios están entregando los vertimientos a lo largo del año, la cual no suele ser constante. Igualmente, tal aproximación es una caracterización de un momento particular en que la capacidad de asimilación del cuerpo de agua es altamente dependiente de las condiciones hidrológicas de dicho momento. En la medida en que se tengan datos sistemáticos, dicho sesgo podrá reducirse hasta obtener el comportamiento promedio del índice reflejando con ello las condiciones más probables de alteración potencial de la calidad del agua.

De manera alternativa, el índice fue diseñado principalmente cuando no se cuenta con información primaria y debe calcularse de manera presuntiva desde diferentes sectores representativos que aportan cargas contaminantes a los cuerpos de agua. En IDEAM (2010) se encuentra el desarrollo de este índice, el cual fue modificado para su aplicación a nivel regional en las ERA (IDEAM, 2013). Con la aplicación de esta metodología se determina la amenaza potencial en relación con las presiones por contaminación a escala municipal o en unidades hidrográficas de análisis. Por ejemplo, desde el ENA 2010 (IDEAM, 2010) y ENA 2014 (IDEAM, 2015) la estimación del IACAL para la subzona hidrográfica del río La Vieja (a la cual fluyen los cuerpos de agua objeto de la presente evaluación) se encuentra en una categoría de muy alta (Figura 38).



Figura 38. IACAL con categoría muy alta para toda la subzona hidrográfica del río La Vieja (polígono con líneas diagonales es la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Quindío - CRQ). Fuente: IDEAM (2010).

La anterior figura muestra que para el río La Vieja, el IACAL tiene una alteración potencial de la calidad muy alta. Sin embargo, a nivel regional es necesario identificar el IACAL para unidades hidrográficas de niveles subsiguientes, lo cual permita discernir en qué áreas de drenaje es donde se están ejerciendo las mayores presiones a la calidad del agua. En particular, si se tienen puntos de monitoreo con una adecuada representatividad espacial dentro de las unidades hidrográficas de análisis es posible inferir cual es la actividad socioeconómica con mayor presión sobre la calidad del agua considerando información de las bases de datos de vertimientos puntuales (ej. expedientes de concesión de permisos de vertimiento), Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV), así como información secundaria auxiliar como los mapas de usos y coberturas de la tierra. Lo anterior sirve para comparar con los descriptores y categorías asignadas a cada variable del índice (DBO, DBO-DQO, SST, NT, PT), como se muestra en la Tabla 79, los cuales fueron obtenidos desde el meta-análisis realizado en el Estudio Nacional del Agua 2010 (IDEAM, 2010).

Tabla 79. Descriptores y categorías de presión clasificados de acuerdo con los percentiles asignados a las cargas (ton/año). Fuente: adaptado de IDEAM (2010)

Descriptores y categorías de presión	Percentiles ajustados	Percentiles DBO t/año	Percentiles DQO-DBO t/año	Percentiles SST t/año	Percentiles NT t/año	Percentiles PT t/año
Baja (1)	65	<157.5	<147.5	<272.5	<19.5	<4.5
Moderada (2)	75	≥157.5<252.5	≥147.5<227.5	≥272.5<434.5	≥19<31.5	≥4.5<9.5
Media (3)	85	≥252.5<473.5	≥227.5<465.5	≥434.5<739.5	≥31<54.5	≥9.5<15.5
Alta (4)	95	≥473.5<1834.5	≥465.5<2287.5	≥739.5<3025.5	≥54<290.5	≥15.5<66.5
Muy Alta (5)	>95.5	≥1834.5	≥2287.5	≥3025.5	≥290.5	≥66.5

Asignando el respectivo valor numérico a cada una de las variables de acuerdo con la categoría y descriptor, en función los rangos asignados en la Tabla 79, la clasificación final propuesta para el análisis del IACAL es el promedio de las categorías siguiendo la expresión (IDEAM, 2010):

$$IACAL = \frac{NT + PT + SST + DBO + (DQO - DBO)}{5}$$

De acuerdo con la anterior expresión, el IACAL tendrá un valor numérico el cual tiene asociada una categoría de acuerdo con la Tabla 80.

Tabla 80. Categoría del IACAL. Fuente IDEAM (2010)

Categoría	Valor
Baja	1
Moderada	2
Media Alta	3
Alta	4
Muy Alta	5

Como una forma de expresar la capacidad de autodepuración del cuerpo de agua, el IACAL puede estimarse considerando el cociente entre las cargas contaminantes a escala anual con la oferta hídrica total para año medio y año seco. Para la asignación del valor numérico del IACAL se utilizan entonces las categorías y descriptores que se presentan en la Tabla 81 para cada variable, cuyos percentiles también fueron obtenidos de un metaanálisis nacional para el ENA 2010 (IDEAM, 2010). Finalmente, el IACAL se categoriza utilizando el promedio de las cinco variables con la expresión mencionada anteriormente y la Tabla 80.

Tabla 81. Descriptores y categorías de presión de acuerdo con percentiles asignados a cada variable del IACAL en t/año/Hm³. Fuente: Adaptado de IDEAM (2010)

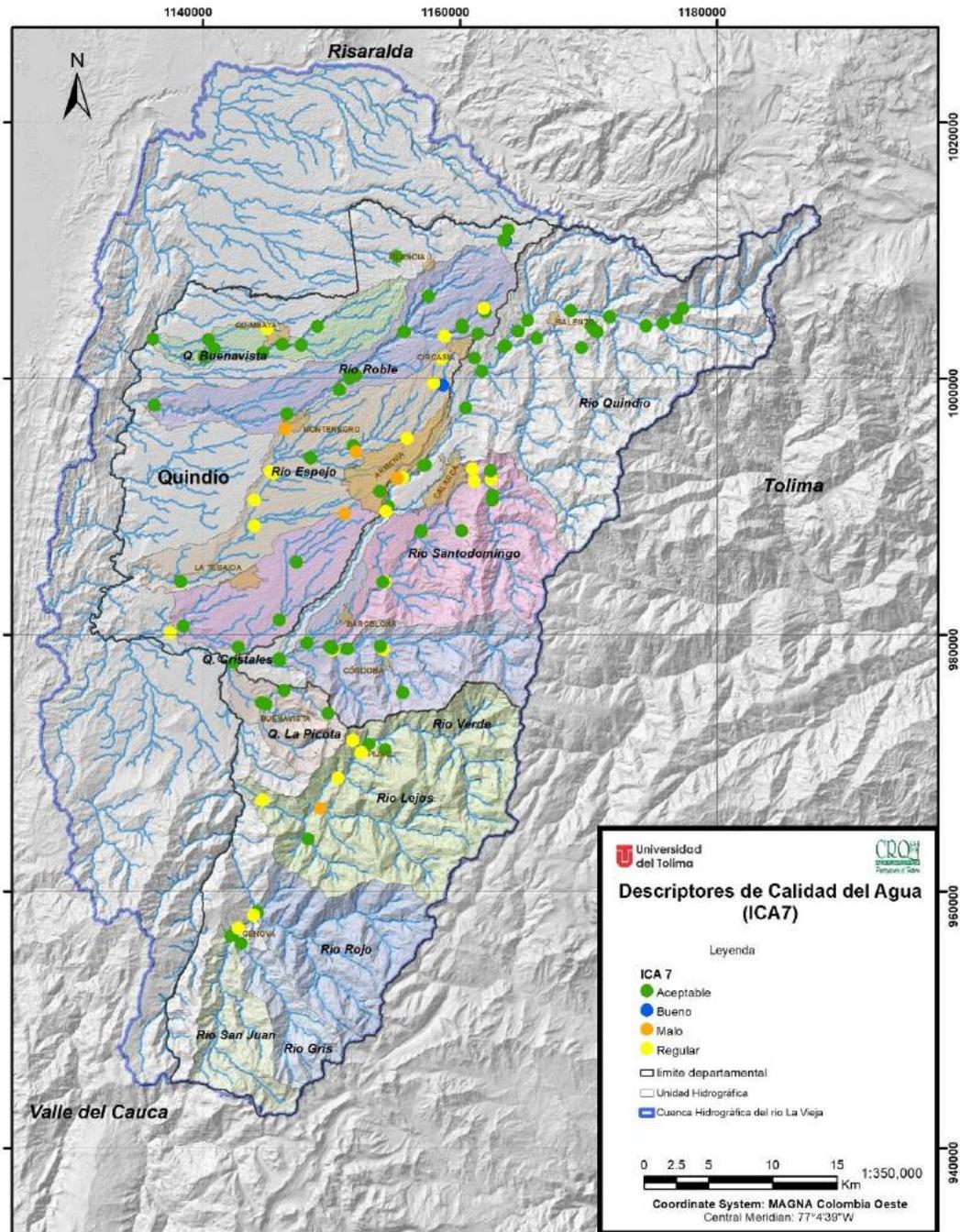
Descriptores y categorías de presión	Percentiles DBO t/año/Hm³	Percentiles DQO-DBO t/año/Hm³	Percentiles SST t/año/Hm³	Percentiles NT t/año/Hm³	Percentiles PT t/año/Hm³
Baja (1)	<0.135	<0.135	<0.35	<0.025	<0.0045
Moderada (2)	≥0.135<0.395	≥0.135<0.355	≥0.35<0.75	≥0.025<0.055	≥0.0045<0.0135
Media (3)	≥0.395<1.205	≥0.355<1.165	≥0.75<1.85	≥0.055<0.135	≥0.0135<0.0355
Alta (4)	≥1.205<4.855	≥1.165<6.775	≥1.85<7.65	≥0.135<0.555	≥0.0355<0.1345
Muy Alta (5)	≥4.855	≥6.775	≥7.65	≥0.555	≥0.1345

A partir de la aplicación del anterior cociente de carga contaminante y oferta hídrica anual en condición media y seca, y su posterior agregación con el IACAL, se obtiene una aproximación a la probabilidad de afectación por cargas contaminantes en una unidad hidrográfica considerando la capacidad de asimilación del cuerpo de agua. En tal sentido, a menor valor del IACAL, menor posibilidad de ocurrencia de un escenario de alteración de la calidad.

5.3 Estimación del Índice de Calidad del Agua – ICA

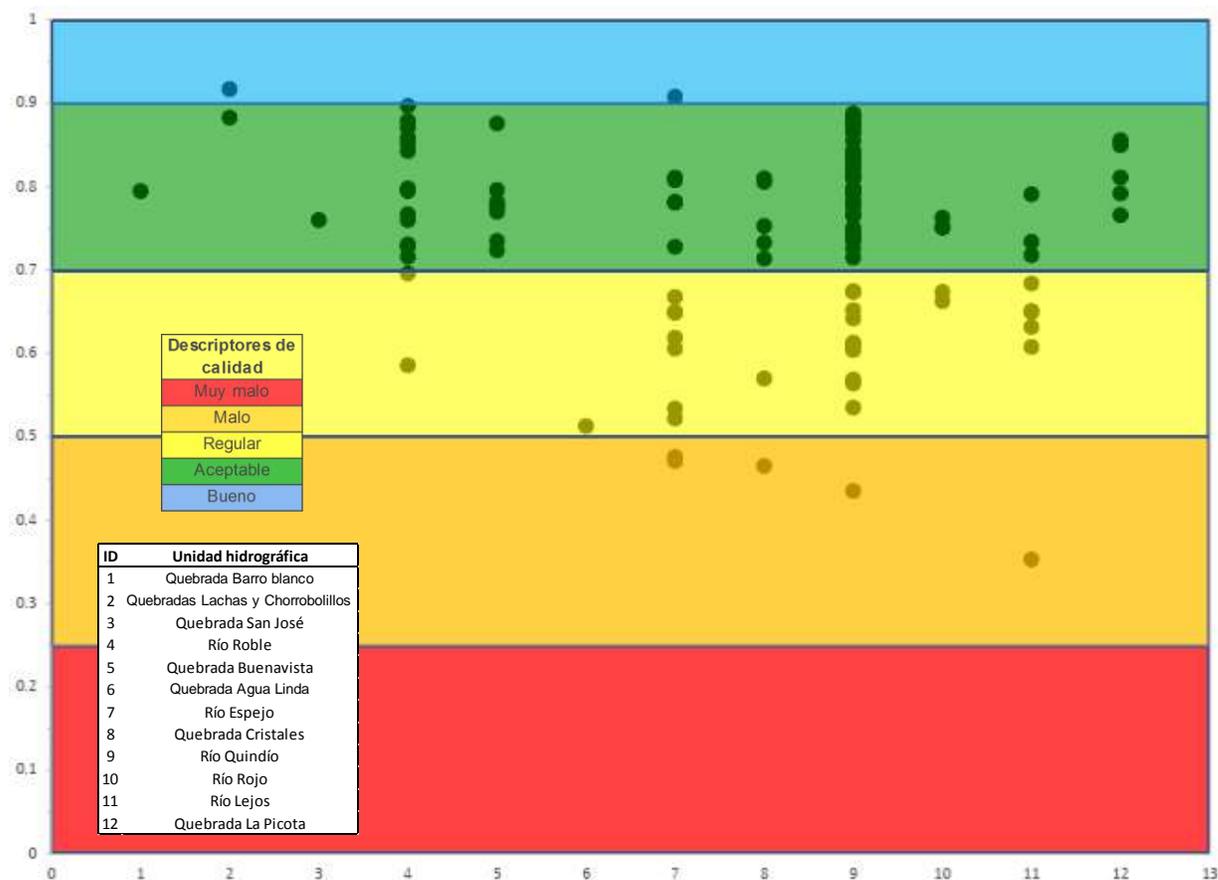
Para la estimación del ICA se ha tenido como información primaria el resultado de la campaña de monitoreo realizada (Anexo 7). En el Anexo 8 se encuentra la memoria de cálculo siguiendo la metodología desarrollada en el numeral 5. 2. 1. 2. Los resultados encontrados, para el ICA con 7 variables como lo sugiere IDEAM (2013) para las Evaluaciones Regionales del Agua, se han agrupado por unidades hidrográficas en las cuales se han realizado los monitoreos de los cuerpos de agua, de acuerdo a como éstos drenan al Río La Vieja desde la parte nor-oriental hasta la parte sur-occidental dentro de la jurisdicción de la CRQ. Una visión general de los resultados encontrados se presenta en la Figura 39.

Figura 39. Descriptores de calidad del agua desde el ICA de 7 variables calculados en cada uno de los puntos de monitoreo de la campaña realizada para la Evaluación Regional del Agua - ERA.



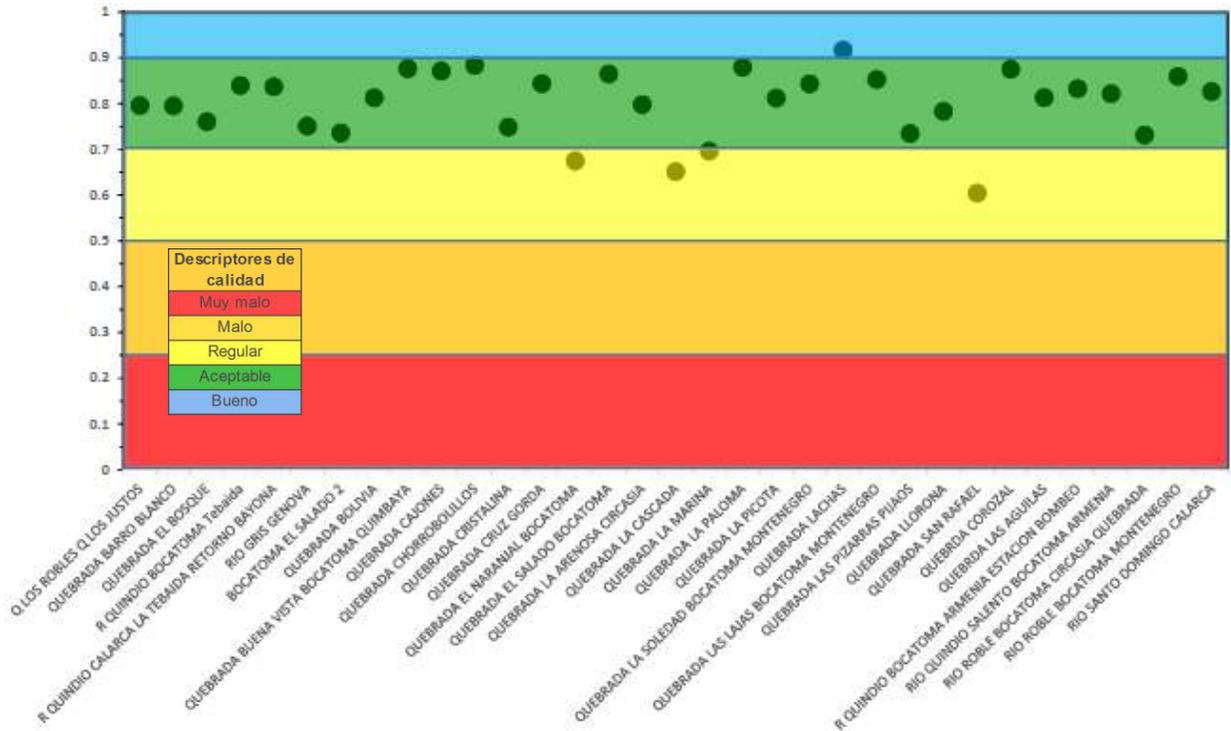
Los sitios monitoreados donde se calculó el ICA con 7 variables, agrupados en las 12 unidades hidrográficas (Figura 40) muestran patrones consistentes que se analizan cada uno en los siguientes apartados.

Figura 40. Descriptores de calidad del agua desde el ICA de 7 variables en los sitios de monitoreo agrupados por unidades hidrográficas



De los sitios monitoreados donde se calculó el ICA con 7 variables, se ha extraído la muestra de puntos correspondientes a bocatomas como se aprecia en la Figura 41. Sólo una bocatoma tiene una condición de calidad buena, 28 bocatomas una calidad aceptable, y 4 presentan calidad regular (San Rafael y El Naranjal en el municipio de Calarcá, La Cascada en el municipio de Pijao y La Marina en el municipio de Circasia).

Figura 41. Descriptores de calidad del agua desde el ICA de 7 en las 33 bocatomas donde se tenía información



Para las 33 bocatomas se comprobaron los criterios de calidad admisibles para la destinación de agua para consumo humano y doméstico, las cuales para su potabilización deben ser o tratamiento convencional (artículo 2.2.3.3.9.3.) o con desinfección (artículo 2.2.3.3.9.4.) de acuerdo con el Decreto 1076 de 2015. Los cuales, son el referente que existe a falta de otras disposiciones normativas en Colombia. En el primer caso (solo tratamiento convencional), el criterio de Coliformes Fecales debe ser hasta 2000 NMP/100mL y el de Coliformes Totales debe ser hasta 20000 NMP/100mL. Se han graficado los valores encontrados de los dos criterios y de las observaciones del mismo para las 33 bocatomas (Figura 42) y se ha encontrado que 5 de ellas no cumplen (bocatomas ubicadas en las quebradas San Rafael, La Cascada, La Marina, Barro Blanco y La Soledad para abastecimiento a los municipios de Calarcá, Pijao, Circasia, Filandia y Montenegro respectivamente) ya que los sobrepasan. Teniendo en cuenta lo anterior, su tratamiento no debe ser solo convencional. Para el segundo caso (solo desinfección), el criterio de Coliformes Totales es más restrictivo de hasta 1000 NMP/100mL. Graficando los valores observados en el monitoreo de las 33 bocatomas, 27 de éstas no cumplen con el criterio (82%). En tal sentido solo las bocatomas del río Santo Domingo, El Salado, El Salado 2, quebradas Lachas, Bolivia y Cruz gorda cumplirían con el criterio para la respectiva designación (Figura 43).

Figura 42. Criterio de Coliformes Fecales y Coliformes Totales admisible para la asignación de agua para consumo humano y doméstico en el que la potabilización puede ser con tratamiento convencional (líneas horizontales en color naranja y azul respectivamente). Fuente: Desde datos del monitoreo ERA 2017 en 33 bocatoma. Valores en NMP/100ml.

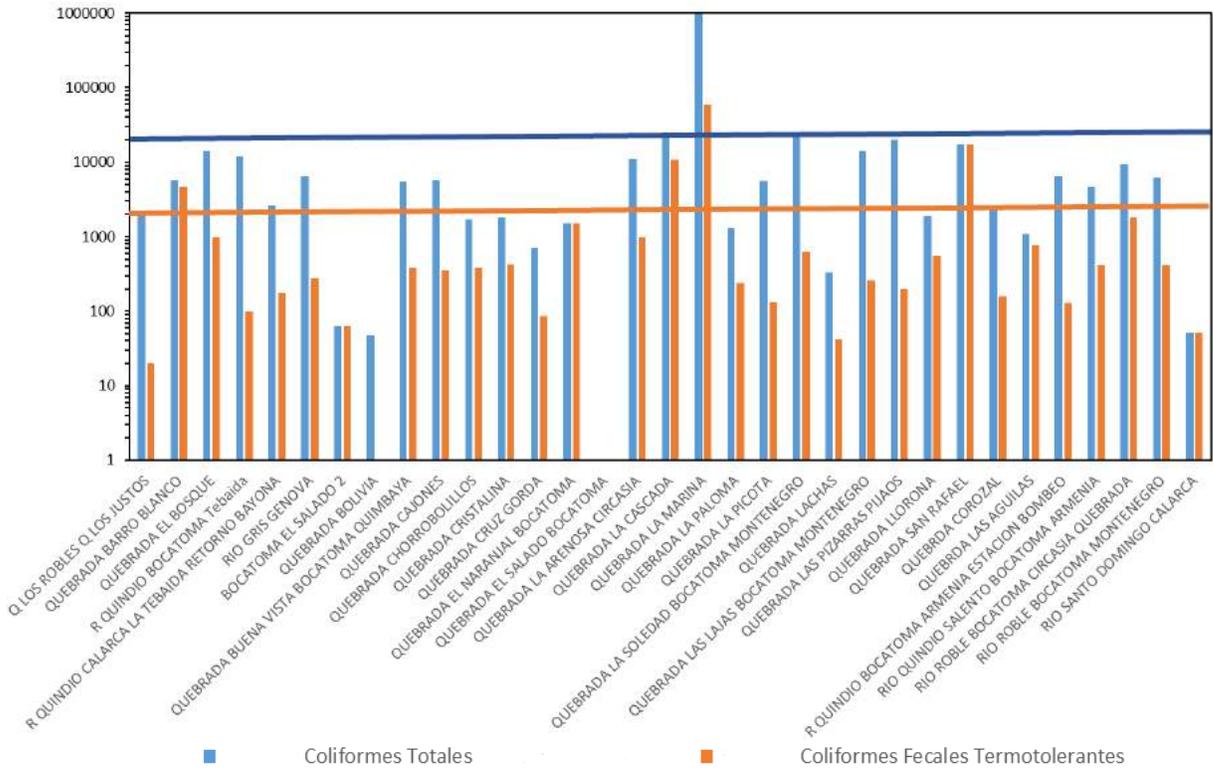
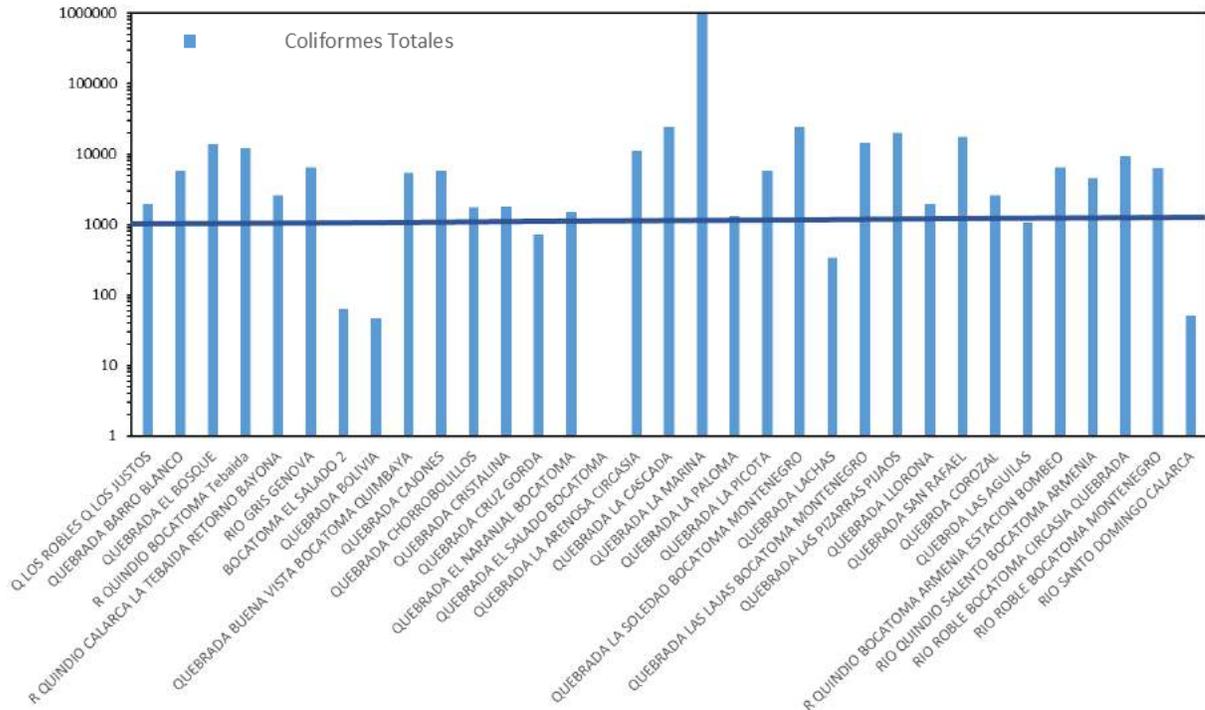


Figura 43. Criterio de Coliformes Totales admisibles para la asignación de agua para consumo humano y doméstico en el que la potabilización puede ser con solo desinfección. Fuente: Desde datos del monitoreo ERA 2017 en 33 bocatoma. Valores en NMP/100ml.



5.3.1 Quebrada Barroblanco

La quebrada Barroblanco drena en jurisdicción del municipio de Filandia antes de su centro urbano. El punto de monitoreo está localizado en una de las bocatoma de agua para consumo humano. Los resultados de la estimación del ICA (Tabla 82) muestran una calidad del agua “Aceptable” siendo la principal presión altas concentraciones de coliformes fecales cuyo valor refleja la existencia de vertimientos de aguas residuales ya sea domésticas o de actividades ganaderas aguas arriba del punto de monitoreo. Revisando el mapa de coberturas y usos de la tierra hasta el punto de monitoreo se encontró que el 67% del área drenante es de “pastos limpios” lo cual soporta la hipótesis sobre el posible principal factor de presión en dicha área: la ganadería.

Tabla 82. ICA en punto de monitoreo en la quebrada Barroblanco

$I_{C.F}$	$I_{C.E}$	I_{DQO}	$I_{N/P}$	I_{OD}	I_{pH}	I_{SST}	Valor cuantitativo del ICA	Descriptor de calidad
0.100	0.954	0.910	0.800	0.801	1.000	1.000	0.795	Aceptable

5.3.2 Quebradas Lachas y Chorrobolillos

La quebrada Lachas y la quebrada Chorrobolillos drenan también en jurisdicción del municipio de Filandia antes de su centro urbano y también son bocatomas de agua para consumo humano. Los resultados de la estimación del ICA (Tabla 83) muestra una calidad del agua “Buena” y “Aceptable” respectivamente. En la quebrada Lachas la presión que existe parece estar relacionada con cultivos por el valor del subíndice que relaciona nitrógeno y fósforo. Desde el mapa de coberturas y usos de la tierra se identificó que existe menos de 1% de áreas cultivadas, pero existe un 27% de área ocupada por una plantación forestal, siendo esta última quizá la principal actividad que ejerce presión en el área drenante de la quebrada hasta el punto de monitoreo. En la quebrada Chorrobolillos existen aportes de coliformes fecales, así como en menor medida de nitrógeno y fósforo, reflejando como principal presión posiblemente la ganadería (existe un 60% de coberturas de pasto) y en menor medida algún cultivo no identificado en el mapa de coberturas y usos de la tierra.

Tabla 83. ICA en punto de monitoreo en la quebrada Lachas y en la quebrada Chorrobolillos

Punto de monitoreo	$I_{C.F}$	$I_{C.E}$	I_{DQO}	$I_{N/P}$	I_{OD}	I_{pH}	I_{SST}	Valor cuantitativo del ICA	Descriptor de calidad
Q Lachas	0.980	0.951	0.910	0.800	0.811	0.979	1.000	0.917	Bueno
Q Chorrobolillos	0.704	0.948	0.910	0.800	0.828	1.000	1.000	0.883	Aceptable

5.3.3 Quebrada San José (Filandia)

La quebrada San José drena en jurisdicción del municipio de Filandia después de su centro urbano. Los resultados de la estimación del ICA (Tabla 84) muestra una calidad del agua “Aceptable”.

Tabla 84. ICA en punto de monitoreo en la quebrada San José (Filandia)

I _{C.F}	I _{C.E}	I _{DQO}	I _{N/P}	I _{OD}	I _{pH}	I _{SST}	Valor cuantitativo del ICA	Descriptor de calidad
0.100	0.875	0.710	0.800	0.824	1.000	1.000	0.760	Aceptable

Como principal presión se encuentra una alta concentración de coliformes fecales muy probablemente por el vertimiento de las aguas residuales domésticas del municipio de Filandia. El subíndice de DQO también está reflejando tal efecto, pero sin ser concluyente si adicionalmente existen aportes industriales (no se encontraron áreas industriales identificadas en el mapa de coberturas y usos de la tierra).

5.3.4 Río Roble

El río Roble discurre por varios municipios convirtiéndose en su límite administrativo. La parte alta del río Roble tiene un área de drenaje que discurre por los municipios de Filandia y Circasia, en la parte media entre los municipios de Circasia y Quimbaya, y en la parte baja en los municipios de Montenegro y Quimbaya. Entre los municipios de Filandia y Circasia se han localizado puntos de monitoreo en la quebrada Portachuelos agua abajo del centro urbano del municipio de Filandia y en la confluencia con el río Roble; en jurisdicción del municipio de Circasia las quebradas (donde hay bocatoma de agua para consumo humano) La Marina, El Bosque, La Arenosa, Cajones, bocatoma de Circasia, La Soledad, La Paloma y Las Lajas y en el río Roble en la bocatoma de Montenegro (todas en jurisdicción del municipio de Circasia). Entre la jurisdicción de los municipios de Montenegro y Quimbaya se localizaron dos puntos de monitoreo (Puente Montenegro-Quimbaya y La Española) y se monitorearon dos vertimientos (Pablo VI y La Isabela).

En la Tabla 85 se presentan los resultados de la estimación del ICA para los puntos de monitoreo del río Roble y tributarios. De acuerdo con los resultados, la calidad del agua en el río Roble se encuentra dentro de la categoría “Aceptable”, salvo dos puntos de monitoreo en la que se encuentra en la categoría de “Regular” (quebrada La Marina y el río Roble antes de la llegada de la quebrada Cajones). En el caso de la quebrada Cajones, la principal presión es por materia orgánica ya que los subíndices de coliformes fecales y DQO se encuentra en valores muy bajos; lo anterior puede ser debido a aportes de actividades pecuarias (cerca de un 59% de la cobertura de la tierra aguas arriba son pastos) o a lo mejor por aguas residuales domésticas del municipio de Circasia (su centro urbano está bastante cerca de la quebrada). Es de resaltar que la quebrada La Marina es una bocatoma de agua para consumo humano donde los valores de los subíndices de coliforme fecales y de DQO muestran que hay efectos en la calidad por efecto de aportes de materia orgánica al parecer por actividades pecuarias aguas arriba ya que de acuerdo con el mapa de usos y coberturas de la tierra un 75% del área drenante hasta este punto son pastos.

La bocatoma de Circasia en río Roble también tiene valores muy bajos del subíndice de coliformes fecales así como en menor medida los puntos de las bocatomas en las quebradas La Arenosa, El Bosque y la Soledad; los porcentajes de cobertura de pastos en el área aguas arriba de dichos puntos de monitoreo son 58%, 53%, 64%, 40% respectivamente indicando una posible afectación por actividades pecuarias; en el caso de la quebrada La Soledad parece que la presión adicionalmente podría venir de cultivos de café ya que un 39% de la cobertura aguas arriba es para este uso agrícola.

Tabla 85. ICA en puntos de monitoreo en el río Roble y tributarios

Punto de monitoreo	Ic.F	Ic.E	IdQO	INP	IOD	I _{pH}	ISST	Valor cuantitativo del ICA	Descriptor de calidad
Quebrada La Marina	0.100	0.915	0.260	0.800	0.783	1.000	1.000	0.696	Regular
Quebrada El Bosque	0.394	0.878	0.510	0.800	0.743	1.000	1.000	0.760	Aceptable
Río Roble Bt. Circasia Quebrada	0.100	0.903	0.510	0.800	0.810	1.000	0.984	0.731	Aceptable
Quebrada La Arenosa Circasia	0.394	0.910	0.710	0.800	0.817	1.000	0.950	0.798	Aceptable
Río Roble Quebrada Cajones	0.100	0.328	0.260	0.600	0.802	1.000	0.978	0.586	Regular
Quebrada Cajones	0.731	0.890	0.910	0.800	0.777	1.000	1.000	0.871	Aceptable
Q Portachuelo a. ab. cp Filandia	0.845	0.915	0.910	0.800	0.818	1.000	1.000	0.897	Aceptable

R Roble a. ar. Confluencia Portachuelo	0.100	0.878	0.510	0.800	0.822	1.000	0.974	0.728	Aceptable
Rio Roble Quebrada Portachuelo	0.348	0.889	0.710	0.800	0.818	1.000	1.000	0.795	Aceptable
Q. La Soledad Bocatoma Montenegro	0.548	0.899	0.910	0.800	0.825	0.921	1.000	0.843	Aceptable
Rio Roble Bocatoma Montenegro	0.686	0.856	0.910	0.800	0.822	1.000	0.947	0.859	Aceptable
Quebrada La Paloma	0.813	0.859	0.910	0.800	0.787	1.000	1.000	0.879	Aceptable
Quebrada Las Lajas Bocatoma Montenegro	0.799	0.883	0.710	0.800	0.785	1.000	1.000	0.852	Aceptable
Rio Roble Puente Montenegro Quimbaya	0.100	0.849	0.510	0.800	0.793	1.000	0.953	0.716	Aceptable
Rio Roble La Española	0.269	0.790	0.910	0.800	0.822	0.772	1.000	0.767	Aceptable

5.3.5 Quebrada Buenavista

La quebrada Buenavista y su área de drenaje se encuentran en su mayoría en jurisdicción del municipio de Quimbaya, excepto la parte alta de la misma que está en jurisdicción del municipio de Filandia. Se han localizado puntos de monitoreo a lo largo de la quebrada Buenavista y sus principales quebradas tributarias (La Silenciosa, Belén y Mina Rica) así como se monitorearon tres puntos de vertimiento en la cabecera municipal de Quimbaya.

Los descriptores de calidad son en todos los puntos monitoreados son “Aceptables” (Tabla 86). En el caso de la bocatoma de agua para el municipio de Quimbaya en la quebrada Buenavista, los valores de los subíndices de coliformes fecales y la relación nitrógeno total/fósforo total llaman la atención sobre una ligera afectación por aportes de materia orgánica y compuestos asociados a la producción agrícola. En efecto, las coberturas y usos de la tierra del área de drenaje aguas arriba del punto de monitoreo reflejan posibles afectaciones por actividades pecuarias (45% de cobertura de pastos) y agrícolas (33% de cultivos de café, 1.6% de Banano, 1.1% de Aguacate y 2.3% de otros).

El valor bajo del subíndice de coliforme fecales en la quebrada Buenavista aguas abajo del municipio de Quimbaya refleja la afectación de las aguas residuales domésticas de dicho municipio. En general en todos los puntos monitoreados se encuentran valores bajos del subíndice de coliformes fecales lo cual está reflejando condiciones de calidad afectados por aportes importantes de materia orgánica.

Para la quebrada Buenavista aguas abajo del municipio de Quimbaya refleja la afectación de las aguas residuales domésticas de dicho municipio. En los otros

puntos puede ser probablemente por actividades pecuarias o agrícolas ya que en las coberturas y usos de la tierra aguas arriba de todos los puntos tienen importante peso las coberturas de pastos, café, banano, aguacate y otros cultivos. El subíndice de conductividad eléctrica también confirma la anterior hipótesis.

Tabla 86. ICA en puntos de monitoreo en la quebrada Buenavista y quebradas tributarias

Punto de monitoreo	I _{c.F}	I _{c.E}	I _{DQO}	I _{N/P}	I _{OD}	I _{pH}	I _{SST}	Valor cuantitativo del ICA	Descriptor de calidad
Quebrada Buenavista Bocatoma Quimbaya	0.709	0.891	0.910	0.800	0.830	1.000	1.000	0.876	Aceptable
Quebrada Armenia Buenavista	0.293	0.851	0.710	0.800	0.813	1.000	1.000	0.782	Aceptable
Q Buenavista aguas arriba vertimiento Carmelitas	0.379	0.854	0.510	0.800	0.933	0.945	1.000	0.778	Aceptable
Quebrada Buenavista aguas arriba Quimbaya	0.100	0.822	0.910	0.800	0.760	1.000	1.000	0.770	Aceptable
Quebrada Mina Rica	0.306	0.513	0.910	0.800	0.636	0.991	1.000	0.735	Aceptable
Quebrada Belén	0.221	0.677	0.710	0.800	0.695	1.000	0.972	0.724	Aceptable
Quebrada La Silenciosa	0.407	0.634	0.910	0.800	0.718	1.000	0.972	0.776	Aceptable
Q Buenavista aguas arriba Confluencia Río La Vieja	0.388	0.707	0.910	0.800	0.825	0.941	1.000	0.796	Aceptable

5.3.6 Quebrada Agua Linda

La quebrada Agua Linda drena en jurisdicción del municipio de Quimbaya y parte de ella transita por su casco urbano, estando el punto de monitoreo ubicado después del mismo. En la Tabla 87 se presentan los resultados de la estimación del ICA el cual refleja una calidad del agua “Regular”. Los subíndices de coliformes fecales, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto muestran una clara afectación por aportes de materia orgánica. El subíndice de nitrógeno total y fósforo total muestran también una afectación por compuestos probablemente derivados de las actividades agrícolas en las cuales tiene un peso importante el café y en menor medida el banano y aguacate.

Tabla 87. ICA en punto de monitoreo en la quebrada Agua Linda aguas abajo del casco urbano de Quimbaya

Ic.F	Ic.E	Idqo	I _{NP}	I _{OD}	I _{pH}	I _{SST}	Valor cuantitativo del ICA	Descriptor de calidad
0.100	0.000	0.710	0.350	0.441	1.000	1.000	0.513	Regular

5.3.7 Río Espejo

El río Espejo transita desde aguas arriba hacia aguas abajo por jurisdicción de los municipios de Circasia, Armenia, Montenegro y La Tebaida. Los resultados del cálculo numérico del ICA se encuentran en la Tabla 88.

Tabla 88. ICA en puntos de monitoreo en el río Espejo y tributarios

Punto de monitoreo	Ic.F	Ic.E	Idqo	I _{NP}	I _{OD}	I _{pH}	I _{SST}	Valor cuantitativo del ICA	Descriptor de calidad
Quebrada Yeguas	0.100	0.379	0.260	0.350	0.758	1.000	0.863	0.534	Regular
Q Hojas Anchas Aguas Arriba Quebrada La Roca	0.676	0.272	0.510	0.150	0.743	1.000	0.963	0.619	Regular
Quebrada La Roca	0.980	0.868	0.910	0.800	0.810	1.000	1.000	0.908	Bueno
Q Hojas Anchas Aguas Abajo Q Santa Helena	0.100	0.436	0.260	0.150	0.686	1.000	1.000	0.522	Regular
Q Hojas Anchas Aguas Arriba Q Zanjón Hondo	0.882	0.780	0.510	0.800	0.765	1.000	0.927	0.808	Aceptable
Quebrada Zanjón Hondo	0.100	0.000	0.125	0.350	0.740	1.000	0.945	0.471	Malo
Río Espejo aguas arriba confluencia Q Armenia	0.791	0.643	0.910	0.800	0.715	1.000	0.828	0.811	Aceptable
Quebrada Armenia	0.835	0.623	0.510	0.800	0.718	1.000	1.000	0.782	Aceptable
Q Cajones Aguas Abajo Centro Poblado Montenegro	0.100	0.428	0.260	0.150	0.402	1.000	1.000	0.476	Malo
R Espejo Aguas Arriba Confluencia Q Carmelita	0.375	0.506	0.910	0.350	0.581	1.000	0.963	0.668	Regular
Quebrada Carmelita	0.850	0.178	0.125	0.800	0.602	1.000	1.000	0.650	Regular
Río Espejo Pueblo-Tapado	0.100	0.498	0.710	0.600	0.443	0.951	0.968	0.606	Regular
Q El Reposo	0.933	0.498	0.910	0.800	0.443	0.951	0.981	0.781	Aceptable
Quebrada La Argelia	0.100	0.523	0.910	0.350	0.698	1.000	0.953	0.649	Regular
Río Espejo Aguas Arriba Confluencia La Vieja	0.765	0.585	0.710	0.350	0.752	0.986	0.948	0.728	Aceptable

La quebrada Yeguas tiene un descriptor de calidad “Regular” reflejo de las aguas residuales que recibe del centro urbano del municipio de Circasia, así como probablemente actividades agropecuarias. Los subíndices de coliformes fecales, conductividad eléctrica y DQO muestran afectación principalmente por materia orgánica, y en menor medida otra presión es por productos agroquímicos (el área de drenaje hasta ese punto tiene coberturas de pastos 39%, cultivos de café 16% y 25% de territorio artificializado). Aguas abajo, la quebrada Hojas Anchas también tiene un descriptor de calidad “Regular” siendo la mayor presión ejercida al parecer actividades agropecuarias ya que los subíndices de Conductividad eléctrica y la relación Nitrógeno total y Fósforo total tienen valores bajos y valores medios el de coliformes fecales (en este punto el área de drenaje tiene coberturas de pastos en un 55% y cultivo de café 16%). La quebrada La Roca se encuentra en la categoría de calidad “Buena” indicando que no existen presiones significativas a la calidad actualmente.

La quebrada Hojas Anchas aguas abajo de la confluencia de la quebrada Santa Helena y pasando por un borde de la ciudad de Armenia tiene un descriptor de calidad “Regular” siendo los subíndices de coliformes fecales y DQO indicadores de afectación principalmente por materia orgánica, así como alta presión también es por productos agroquímicos, actividades industriales y mineras (el área de drenaje hasta ese punto tiene coberturas de pastos 39%, cultivos de café 18%, 14% de territorio artificializado y 1% de áreas industriales). Aguas abajo, la quebrada Hojas Anchas antes de la entrada de la quebrada Zanjón Hondo se recupera hasta la categoría de “Aceptable” probablemente por el efecto de la entrada de caudales de las cinco quebradas tributarias que le llegan por el margen derecho. Por el contrario la quebrada Zanjón Hondo tiene un descriptor de calidad “Malo” al parecer por altas concentraciones de materia orgánica y compuestos de agroquímicos por los valores de los subíndices de conductividad eléctrica, coliformes fecales, DQO y la relación Nitrógeno total y Fósforo total (el área de drenaje hasta ese punto tiene 32% del territorio artificializado –drena por parte de la ciudad de Armenia– y coberturas de pastos 26%, cultivos de café 13%, banano 10%, y 3% de otros cultivos). El río Espejo aguas arriba de la confluencia con la quebrada armenia se encuentra dentro de la categoría de calidad “Aceptable”. La quebrada Armenia igualmente tiene un descriptor “Aceptable”.

Por otra parte, la quebrada Cajones aguas abajo del centro urbano del municipio de Montenegro tiene un descriptor de calidad “Malo” como un reflejo de la carga contaminante de las aguas residuales domésticas del mismo municipio (los subíndices de coliformes fecales, DQO, conductividad eléctrica tienen valores bajos) así como probablemente por el efecto de actividades agrícolas principalmente del café el cual tiene un 44% de cobertura del total del área de drenaje y el banano un 9%. Aguas abajo ya luego de la entrada de la quebrada Cajones al río Espejo y antes de la confluencia con la quebrada Carmelita, el río tiene un descriptor de calidad “Regular” evidenciándose una afectación por efecto probablemente de dicha quebrada. Por el margen izquierdo, la quebrada Carmelita tiene un descriptor de calidad “Regular” por presión principalmente de materia orgánica (los subíndices de DQO y conductividad eléctrica son bajos) al parecer por actividades agrícolas (el área de drenaje a este punto de monitoreo tiene un 66% de coberturas para cultivos de banano y 11% para otros cultivos no identificados). Aguas abajo el río Espejo sigue en el descriptor de “Regular” siendo la principal presión los coliformes fecales. Por el margen izquierdo están las quebradas El Reposo y La Argelia con descriptores de calidad del agua “Aceptable” y “Regular” respectivamente. En la quebrada el reposo la principal presión viene por los cultivos de banano que ocupan el 62% del área de drenaje y en menor medida el café con un 13% (los subíndices de conductividad hidráulica y oxígeno disuelto tienen valores medios a bajos indicando aportes de materia orgánica y probablemente agroquímicos). En la quebrada La Argelia la principal presión viene por coliformes fecales y agroquímicos ya que los subíndices respectivos relacionados tienen valores bajos (para el área de drenaje hasta este punto un 60% de las coberturas son para cultivos de banano, 17% para café y 15% para otros cultivos, así como 2% de territorio artificializado y 1% para la industria). Finalmente, antes de la desembocadura al río La Vieja, el río Espejo se recupera hasta la categoría de “Aceptable”, siendo la principal presión los aportes de carga contaminante por actividades agrícolas de acuerdo con los valores bajos del subíndice de la relación Nitrógeno total y Fósforo total.

5.3.8 Quebrada Cristales

La quebrada Cristales nace en jurisdicción del municipio de Armenia y discurre aguas abajo por el municipio de La Tebaida. Los resultados del cálculo del ICA se encuentran en la Tabla 89.

La quebrada Cristales en su parte alta que discurre por el municipio de Armenia tiene un descriptor de calidad “Aceptable” en el punto de monitoreo denominado Bodega, que de acuerdo con los subíndices la mayor presión podría venir de un vertimiento industrial no identificado. Aguas abajo del municipio y del punto de vertimiento “Don Pollo”, la quebrada Cristales pasa a un descriptor de calidad “Malo” donde los subíndices muestran presiones por cargas contaminantes de origen doméstico, agropecuario e industriales (en este punto el área de drenaje tiene la influencia del municipio de Armenia y el vertimiento “Don Pollo”, hay una cobertura de pastos de 45%, algunos cultivos de banano 4%, café 2%, aguacate 1%, e influencia de un área industrial que suma un 3% del área).

Aguas abajo por el margen izquierdo se encuentra la quebrada Los Ángeles Marmato, la cual en el punto monitoreado tiene un descriptor de calidad “Aceptable”, el mismo que tiene la quebrada Cristales aguas abajo en el punto de monitoreo denominado Villa Sonia. La quebrada Cristales en el punto Hacienda Maravelez tiene un descriptor de calidad “Aceptable” pero el subíndice de coliformes fecales se encuentra alto, siendo el de mayor presión.

Tabla 89. ICA en puntos de monitoreo en la quebrada Cristales y tributarios

Punto de monitoreo	Ic.F	Ic.E	Ibqo	I _{NP}	I _{OD}	I _{pH}	I _{SST}	Valor cuantitativo del ICA	Descriptor de calidad
Quebrada Cristales Bodega	0.980	0.408	0.710	0.800	0.751	1.000	1.000	0.806	Aceptable
Q Cristales aguas abajo Parque Recreativo	0.100	0.341	0.260	0.150	0.452	0.951	1.000	0.465	Malo
Quebrada Los Ángeles Marmato	0.980	0.766	0.510	0.800	0.871	0.907	0.828	0.810	Aceptable
Quebrada Cristales Villa Sonia	0.709	0.721	0.710	0.600	0.797	1.000	0.726	0.753	Aceptable
Quebrada Cristales Hacienda Maravelez	0.293	0.726	0.910	0.600	0.767	1.000	0.693	0.714	Aceptable
Quebrada La Jaramilla	0.557	0.206	0.910	0.800	0.667	1.000	1.000	0.733	Aceptable
Quebrada Cristales Pisamal	0.100	0.500	0.510	0.350	0.641	1.000	0.881	0.570	Regular

Aguas abajo está la quebrada La Jaramilla, la cual drena desde el municipio de La Tebaida y en el punto monitoreo arroja un descriptor de calidad “Aceptable” pero el subíndice de conductividad eléctrica es bajo indicando posibles afectaciones por contaminantes de origen agrícola, doméstico e industrial

(el área de drenaje tiene coberturas de cultivos no identificados de un 35% del área total, 12% de banano, 3% de café, 11% de áreas artificializadas y 1% de área industrial).

Antes de su llegada al río La Vieja, la quebrada Cristales en el punto de monitoreo denominado Pisamal tiene un descriptor de calidad “Regular”, donde las mayores presiones vienen posiblemente por materia orgánica y contaminantes de origen agropecuario (los subíndices de coliformes fecales y la relación Nitrógeno total y Fósforo total son bajos); en este punto el área de drenaje tiene un 31% de áreas para cultivos de banano, 17% para café, 11% para cultivos no identificados y 20% de coberturas de pastos).

5.3.9 Río Quindío

El río Quindío y sus tributarios monitoreados discurren por la jurisdicción de varios municipios (Salento, Armenia, Calarcá, Córdoba, Buenavista, La Tebaida). Los resultados del cálculo del ICA para el río Verde, tributario del Quindío, se encuentran en la Tabla 90.

Tabla 90. Resultados de la estimación del ICA en el río Verde y tributarios

Punto de monitoreo	Ic.F	Ic.E	Id.QO	In/P	Iod	I _{pH}	IsST	Valor cuantitativo del ICA	Descriptor de calidad
Rio Santo Domingo Calarcá	0.978	0.230	0.910	0.800	0.859	1.000	1.000	0.826	Aceptable
Quebrada La Gata	0.912	0.000	0.710	0.800	0.823	1.000	1.000	0.751	Aceptable
Quebrada El Oso	0.825	0.384	0.710	0.800	0.826	1.000	1.000	0.793	Aceptable
Quebrada El Salado Bocatoma	0.980	0.567	0.910	0.800	0.803	1.000	1.000	0.865	Aceptable
Quebrada San Rafael Bocatoma	0.100	0.097	0.510	0.800	0.801	0.892	1.000	0.604	Regular
Quebrada El Naranjal Bocatoma	0.233	0.164	0.710	0.800	0.797	1.000	1.000	0.674	Regular
Q Naranjal Confluencia R Santo Domingo	0.100	0.000	0.910	0.150	0.641	1.000	0.926	0.535	Regular
Rio Santo Domingo San Rafael	0.306	0.220	0.510	0.800	0.854	0.772	1.000	0.642	Regular
Bocatoma El Salado 2	0.967	0.000	0.910	0.800	0.669	0.813	1.000	0.736	Aceptable
Quebrada Las Marías	0.610	0.174	0.910	0.800	0.702	1.000	1.000	0.741	Aceptable
R Santo Domingo aguas arriba conf. Q Las Marías	0.892	0.178	0.710	0.800	0.807	1.000	0.977	0.767	Aceptable
Quebrada Negra	0.774	0.230	0.260	0.800	0.837	0.800	1.000	0.675	Regular

R Santo Domingo aguas arriba Q. Negra	0.100	0.159	0.510	0.800	0.807	0.888	1.000	0.613	Regular
Quebrada La Pitala	0.892	0.706	0.510	0.800	0.832	0.930	1.000	0.810	Aceptable
Q Los Robles Q Los Justos	0.980	0.553	0.510	0.800	0.817	0.906	1.000	0.796	Aceptable
Q La Española	0.100	0.444	0.510	0.150	0.755	1.000	1.000	0.569	Regular
Q La Siberia	0.690	0.463	0.510	0.800	0.849	0.860	1.000	0.741	Aceptable
R Verde aguas arriba Centro de La Guadua	0.980	0.402	0.510	0.800	0.820	0.834	1.000	0.765	Aceptable
Q Sardineros (R Verde)	0.859	0.000	0.260	0.800	0.843	0.772	1.000	0.652	Regular
R Verde Aguas Arriba Confluencia con R Santo Domingo	0.980	0.266	0.510	0.800	0.852	0.736	1.000	0.737	Aceptable
R Santo Domingo Aguas Arriba Conf. R Verde	0.957	0.178	0.910	0.800	0.858	0.752	1.000	0.781	Aceptable
Q La Congala R Verde	0.460	0.470	0.910	0.600	0.652	1.000	1.000	0.726	Aceptable
R Verde aguas arriba confluencia R Quindío	0.980	0.266	0.910	0.800	0.839	0.883	1.000	0.812	Aceptable

Los resultados del cálculo del ICA para el río Quindío y tributarios (exceptuando el río Verde y sus tributarios) se presentan en la Tabla 91.

Tabla 91. Resultados de la estimación del ICA en el río Quindío y tributarios

Punto de monitoreo	I _{c.F}	I _{c.E}	I _{DQO}	I _{N/P}	I _{OD}	I _{pH}	I _{SST}	Valor cuantitativo del ICA	Descriptor de calidad
Quebrada Cárdenas	0.929	0.294	0.910	0.800	0.781	1.000	1.000	0.816	Aceptable
Río Quindío aguas arriba La Truchera	0.873	0.833	0.910	0.800	0.812	1.000	1.000	0.888	Aceptable
Río Quindío aguas abajo La Truchera	0.868	0.828	0.910	0.800	0.806	1.000	0.983	0.883	Aceptable
Río Quindío aguas abajo confluencia con Q Cárdenas	0.908	0.702	0.910	0.800	0.820	1.000	1.000	0.876	Aceptable
Río Quindío - El Escobal	0.844	0.697	0.910	0.800	0.825	1.000	1.000	0.867	Aceptable
Q Cruz Gorda	0.946	0.439	0.910	0.800	0.814	1.000	1.000	0.844	Aceptable
Q Cristalina	0.675	0.470	0.510	0.800	0.824	1.000	0.948	0.748	Aceptable
Q Bolivia	0.980	0.499	0.710	0.800	0.802	1.000	0.897	0.812	Aceptable
Río Quindío Final Valle Del Cocora	0.911	0.712	0.710	0.800	0.854	1.000	1.000	0.855	Aceptable
Q Corozal	0.878	0.764	0.910	0.800	0.786	1.000	1.000	0.875	Aceptable

Quebrada Baquíá	0.805	0.880	0.910	0.800	0.827	0.985	1.000	0.885	Acceptable
Río Quindío Salento	0.685	0.732	0.710	0.800	0.834	1.000	0.987	0.821	Acceptable
Bocatoma Armenia									
R Quindío aguas arriba de confluencia R Navarco	0.365	0.698	0.910	0.800	0.819	1.000	1.000	0.799	Acceptable
Río Boqueron	0.786	0.415	0.910	0.800	0.777	1.000	1.000	0.812	Acceptable
Río Navarco	0.878	0.535	0.510	0.800	0.810	1.000	1.000	0.791	Acceptable
Q Llorona	0.594	0.773	0.510	0.800	0.799	1.000	1.000	0.783	Acceptable
Q Las Águilas	0.488	0.831	0.910	0.800	0.830	1.000	0.831	0.813	Acceptable
R Quindío Aguas Arriba Q Cusumbo	0.480	0.648	0.910	0.800	0.815	0.916	1.000	0.796	Acceptable
R Quindío Bocatoma Armenia Estación Bombeo	0.908	0.660	0.910	0.800	0.869	0.706	0.968	0.832	Acceptable
R Quindío aguas arriba Captación La Tebaida	0.891	0.641	0.910	0.800	0.781	0.804	1.000	0.831	Acceptable
R Quindío Bocatoma Tebaida	0.934	0.624	0.910	0.800	0.839	0.772	1.000	0.840	Acceptable
R Quindío Captación La Tebaida en Ret. Bayona	0.862	0.612	0.910	0.800	0.823	0.851	1.000	0.837	Acceptable
R Quindío Aguas Arriba Q El Pescador	0.715	0.131	0.710	0.800	0.655	1.000	1.000	0.715	Acceptable
Q La Florida	0.100	0.206	0.510	0.350	0.763	1.000	0.989	0.564	Regular
Q San Nicolás El Cafetero	0.100	0.000	0.125	0.150	0.640	1.000	1.000	0.435	Malo
Q El Pescador	0.701	0.220	0.510	0.150	0.688	1.000	1.000	0.611	Regular
R Quindío aguas arriba de confluencia con R Verde	0.980	0.339	0.910	0.800	0.791	0.883	1.000	0.814	Acceptable
Río Quindío aguas arriba de confluencia con río Barragán	0.980	0.466	0.510	0.800	0.798	1.000	0.875	0.776	Acceptable

El río Verde antes de su desembocadura al río Quindío se encuentra con un descriptor de calidad “Aceptable”. Sin embargo, la calidad del mismo tiene variaciones desde su cabecera, viniendo las principales presiones desde sus tributarios. En cabecera, las bocatoma para consumo humano tienen condiciones de calidad “Aceptables” en el río Santo Domingo Calarcá, la quebrada El Salado y el Salado 2, mientras las bocatoma de las quebradas San Rafael y El Naranjal se encuentran en la condición de “Regular”. En estos dos últimos casos el subíndice de coliformes fecales es bajo indicando alteraciones por carga orgánica ya sea de aguas residuales domésticas o actividades pecuarias (el área de drenaje de la quebrada San Rafael al punto de monitoreo tiene una cobertura de pastos en un 44%, mientras en el caso de la quebrada El Naranjal un 37%).

El río Santo Domingo antes y después de la confluencia de la quebrada Las Marías tiene un descriptor de calidad “Aceptable”, sin embargo, después de la

llegada de la quebrada Negra pasa al descriptor “Regular”. Lo anterior debido al efecto de la quebrada Negra la cual está en la misma condición “Regular” debido probablemente a presión por compuestos químicos dados los valores de los subíndices de conductividad eléctrica y DQO (en el área de drenaje al punto de monitoreo las coberturas son del 28% pastos, 20% para cultivos de café, 9% para cultivos de banano, 5% en otros tipos de cultivos).

La bocatoma en la quebrada Los Robles (quebrada Los Justos) se encuentra con un descriptor de calidad “Aceptable”.

En el río Quindío todas las bocatomas (Salento, Estación Bombeo, Tebaida, Calarcá La Tebaida retorno Bayona) tienen el descriptor de calidad “Aceptable”. En general, tanto el río Quindío como sus quebradas tributarias tienen el descriptor de calidad “Aceptable”, salvo las quebradas La Florida y El Pescador que tienen el de “Regular” y la quebrada San Nicolás El Cafetero que la tiene en “Malo”. En el caso de las quebradas La Florida y San Nicolás la principal presión viene por coliformes fecales, y en los tres casos la contaminación por compuestos químicos se hace evidente de acuerdo con los valores de conductividad eléctrica, la relación Nitrógeno total/Fósforo total y DQO. Finalmente, el río Quindío antes de su desembocadura al río Barragán tiene un descriptor de calidad “Aceptable”.

5.3.10 Quebrada La Picota

La quebrada La Picota tiene área de drenaje en los municipios de Pijao, Buenavista y Calarcá. Los resultados del cálculo del ICA se encuentran en la Tabla 92.

Tabla 92. Resultados de la estimación del ICA en la quebrada La Picota

Punto de monitoreo	I _{c,F}	I _{c,E}	I _{DQO}	I _{N/P}	I _{OD}	I _{pH}	I _{SST}	Valor cuantitativo del ICA	Descriptor de calidad
Quebrada La Picota	0.903	0.678	0.710	0.800	0.806	0.784	1.000	0.811	Aceptable
Q Picota aguas arriba conf. Q Los Juanes	0.947	0.520	0.910	0.800	0.783	1.000	1.000	0.850	Aceptable
Q. Los Juanes Afluente Q. La Picota	0.878	0.503	0.510	0.800	0.844	1.000	1.000	0.792	Aceptable
Q. La Picota aguas abajo Centro Poblado Buena Vista	0.516	0.522	0.910	0.800	0.794	0.817	1.000	0.766	Aceptable
Q La Picota A arriba conf. R Barragán	0.967	0.544	0.910	0.800	0.871	0.897	1.000	0.856	Aceptable

Los resultados muestran que la quebrada a lo largo de su recorrido (junto con su tributaria la quebrada Los Juanes) tienen un descriptor de calidad “Aceptable”, sin embargo, en el punto de monitoreo aguas abajo del centro poblado Buenavista los subíndices de coliformes fecales y conductividad eléctrica muestran una afectación por aportes de aguas residuales domésticas.

5.3.11 Río Rojo

El río Rojo y sus tributarios (ríos Gris y San Juan) discurren por la jurisdicción del municipio de Génova, pasando por su casco urbano. Los resultados del cálculo del ICA se presentan en la Tabla 93.

Tabla 93. Resultados de la estimación del ICA en el río Rojo y tributarios

Punto de monitoreo	I _{c.F}	I _{c.E}	I _{DQO}	I _{NP}	I _{OD}	I _{pH}	I _{sST}	Valor cuantitativo del ICA	Descriptor de calidad
Río Gris Génova	0.784	0.136	0.910	0.800	0.822	0.792	1.000	0.751	Aceptable
Río San Juan	0.247	0.707	0.910	0.800	0.827	0.838	1.000	0.763	Aceptable
Río San Juan Aguas Abajo Vertimiento Polideportivo	0.100	0.150	0.910	0.800	0.824	0.834	1.000	0.663	Regular
Río San Juan Aguas Arriba Confluencia con Río Rojo	0.100	0.474	0.510	0.800	0.812	1.000	1.000	0.674	Regular
Río Rojo Aguas Arriba Confluencia río San Juan	0.710	0.435	0.710	0.800	0.776	0.830	1.000	0.752	Aceptable

El punto denominado Río Gris Génova es una bocatoma de agua para consumo humano; el descriptor de calidad en este punto es “Aceptable” pero el subíndice de conductividad eléctrica está indicando que existe alguna presión de algún sector socioeconómico aguas arriba; en este punto el área de drenaje tiene coberturas en su mayoría de bosques y vegetación con apenas un 14% de pastos, 4% de café y menos del 1% de banano.

El río San Juan en el primer punto de monitoreo, poco antes de pasar por el borde occidental del casco urbano del municipio de Génova, tiene un descriptor de calidad “Aceptable”, sin embargo, el subíndice de coliformes fecales indica presión por aguas residuales domésticas o alguna actividad pecuaria (el área de drenaje a este punto tiene un 24% de coberturas de pastos).

El río San Juan aguas abajo del vertimiento Polideportivo en el paso por el municipio de Génova tiene un descriptor de calidad “Regular”, donde los subíndices de coliformes fecales y conductividad eléctrica reflejan una afectación principalmente por aguas residuales domésticas. El otro punto de monitoreo del río San Juan está aguas arriba de la confluencia con el río Rojo, siendo igualmente el descriptor de calidad “Regular” con principal presión las aguas residuales domésticas. Finalmente, el río Rojo, antes de recibir al río San Juan, tiene un descriptor de calidad “Aceptable” en el que alguna presión podría venir de actividades pecuarias (el área de drenaje a este punto tiene 33% de coberturas de pastos).

5.3.12 Río Lejos

El río Lejos tiene gran parte de su área de drenaje en el municipio de Pijao, salvo en la parte baja en la cual el cuerpo de agua es límite administrativo con el municipio de Génova. En la Tabla 94 se presentan los resultados del cálculo del ICA.

Tabla 94. Resultados de la estimación del ICA en el río Lejos y tributarios

Punto de monitoreo	Ic.F	Ic.E	I _{DQO}	I _{NP}	I _{OD}	I _{pH}	I _{SST}	Valor cuantitativo del ICA	Descriptor de calidad
Quebrada Las Pizarras	0.845	0.655	0.125	0.800	0.777	0.930	1.000	0.734	Aceptable
Río Lejos aguas abajo de Quebrada Pizarras	0.786	0.220	0.910	0.800	0.814	1.000	1.000	0.791	Aceptable
Quebrada La Cascada	0.100	0.691	0.125	0.800	0.819	1.000	1.000	0.651	Regular
Quebrada El Ingles	0.665	0.482	0.260	0.600	0.790	1.000	0.978	0.684	Regular
Río Lejos aguas abajo de Pijao	0.100	0.188	0.510	0.800	0.823	0.974	1.000	0.632	Regular
Río Lejos aguas arriba de confluencia con Río Azul	0.100	0.202	0.510	0.800	0.836	0.780	1.000	0.608	Regular
Río Azul aguas arriba de confluencia con R. Lejos	0.100	0.000	0.260	0.350	0.821	0.874	0.000	0.353	Malo
Quebrada La Maizena	0.317	0.474	0.710	0.800	0.840	0.865	1.000	0.718	Aceptable
Río Lejos aguas arriba de confluencia con Río Barragán	0.565	0.126	0.910	0.350	0.825	0.800	0.950	0.650	Regular

La quebrada Las Pizarras es fuente abastecedora para consumo humano, por ello el punto de monitoreo es en la bocatoma; el descriptor de calidad es “Aceptable”, pero el subíndice de DQO muestra alguna alteración que podría

provenir de actividades agropecuarias (el área de drenaje en este punto tiene una cobertura de pastos en un 23% y 12% en plantación forestal). Aguas abajo el Río Lejos tiene un descriptor de calidad “Aceptable”, sin embargo, el subíndice de conductividad eléctrica llama la atención sobre una posible presión de también por actividades agropecuarias (del total del área de drenaje, 34% es pastos, 2% de plantación forestal, y 1% de cultivos varios).

La quebrada La Cascada es también fuente abastecedora para consumo humano. En el punto de monitoreo en la respectiva bocatoma el descriptor de calidad es “Regular”, siendo evidente la afectación por aportaciones de materia orgánica, y en particular la afectación por coliformes fecales probablemente por actividades pecuarias ya que la cobertura predominante del área de drenaje es pastos con un 70% del total. De la misma manera, aguas abajo la quebrada El Inglés tiene un descriptor de calidad “Regular”, en el que se aprecian afectaciones mayoritariamente por aportes de materia orgánica y en menor medida de productos agroquímicos (del total del área de drenaje hasta este punto, el 65% son pastos, 4% café y 3% otros cultivos).

El río Lejos en dos puntos de monitoreo, uno aguas abajo de su paso por el municipio de Pijao, y el otro, aguas arriba de la confluencia del río Azul, muestran condiciones de calidad “Regular”. Se evidencia en ambos casos que la principal presión es por materia orgánica, y en particular por coliformes fecales probablemente por el vertimiento de aguas residuales domésticas.

El río Azul, antes de la confluencia con el río Lejos, muestra una condición de calidad “Mala”. Hay afectaciones por materia orgánica y sustancias químicas. Los porcentajes de coberturas con mayor participación del total del área de drenaje son 34% pastos, 7% plantación forestal y 5% café. La quebrada La Maizena, otra que tributa al río Lejos por su margen izquierda, tiene un descriptor de calidad “Aceptable”, siendo su principal presión aportes de materia orgánica probablemente por actividades agropecuarias (del total del área de drenaje, 38% son coberturas de pastos y 5% café).

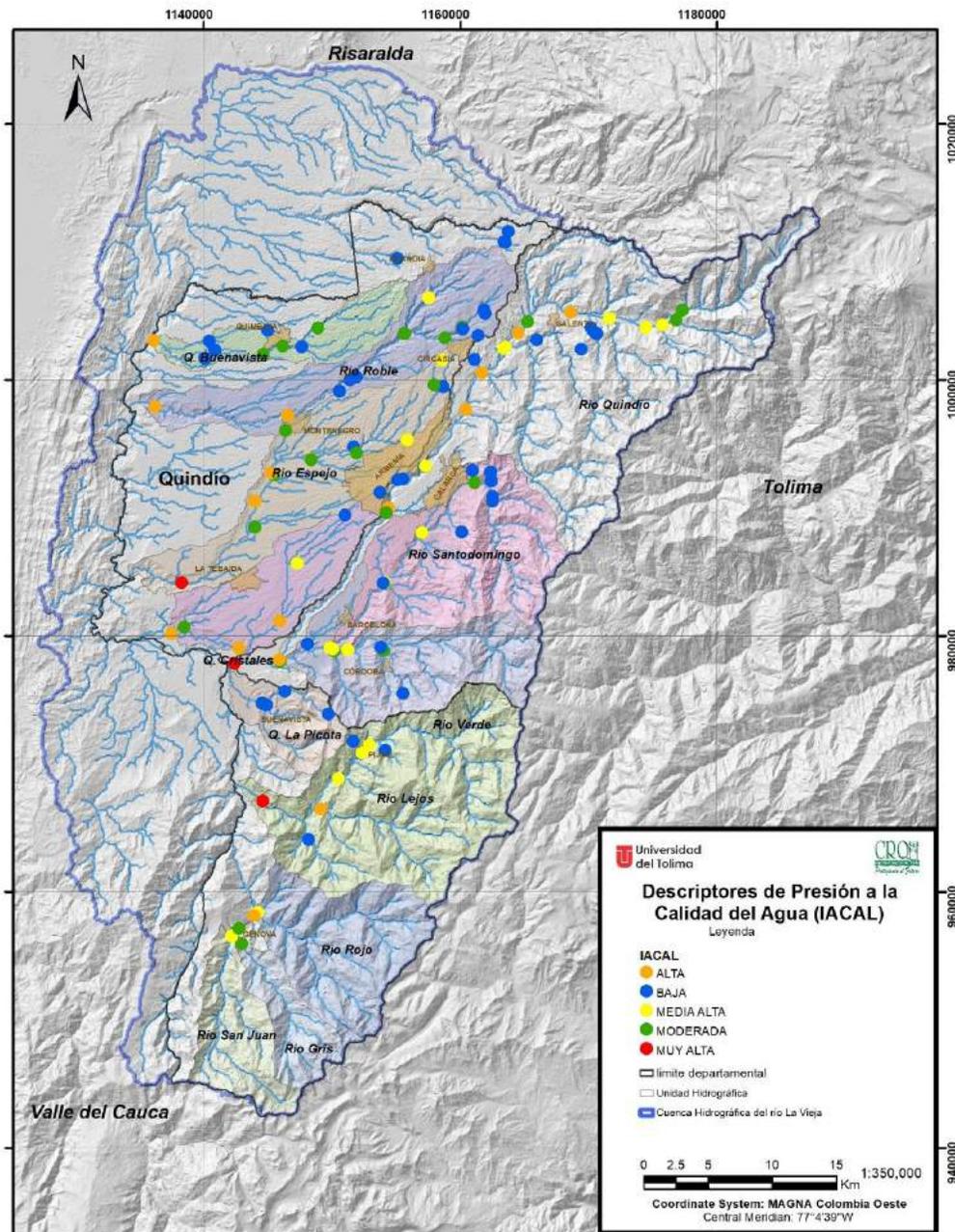
Finalmente, el río Lejos antes de su desembocadura al río Barragán sigue manteniendo una condición de calidad “Regular”. En este punto se evidencia que la mayor presión puede venir de actividades agrícolas por los valores bajos de los subíndices de conductividad eléctrica y la relación Nitrógeno total y Fósforo

total. Las coberturas con mayor participación del total del área de drenaje son pastos con un 35%, café 7%, plantación forestal 4%, y otros cultivos 2%,

5.4 Estimación del Índice de Alteración Potencial a la Calidad del Agua - IACAL

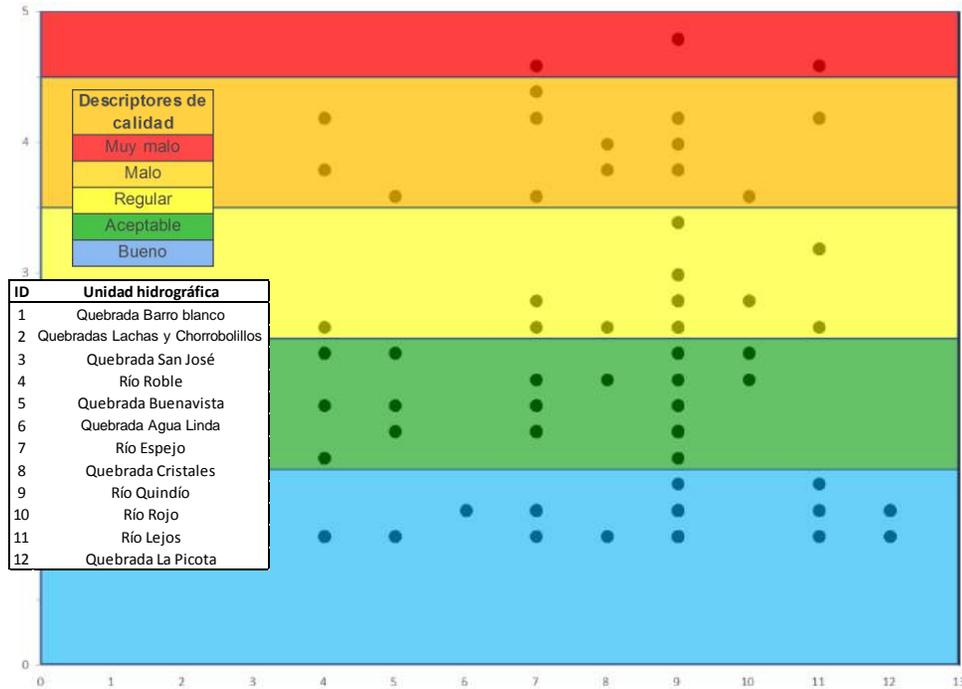
Para la estimación del IACAL se ha tenido como información primaria el resultado de la campaña de monitoreo realizada en el marco de la elaboración de la ERA (Anexo 7), de los cuales se cuenta con la información requerida de las seis variables involucradas en el cálculo, así como los monitoreos de caudal obtenidos en el mismo momento de la toma de muestras. Con dichos datos se realizó la conversión a cargas contaminantes a escala anual. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 44 y la memoria de cálculo se encuentra en el Anexo 9.

Figura 44. Categorías del índice de alteración potencial a la calidad del agua IACAL en cada uno de los puntos de monitoreo de la campaña realizada para la Evaluación Regional del Agua -ERA.



En la Figura 45 se presentan las categorías del índice de alteración potencial a la calidad del agua IACAL para cada uno de los puntos de monitoreo agrupados por unidades hidrográficas.

Figura 45. Categorías del índice de alteración potencial a la calidad del agua IACAL para cada uno de los puntos de monitoreo agrupados por unidades hidrográficas



Del total de sitios muestreados se extrajo el grupo de puntos pertenecientes a bocatomas de agua para consumo humano. En la Figura 46 se presentan los resultados para las bocatomas. Allí se evidencia que existen tres bocatomas que tienen un grado alto de potencialidad para la alteración de su calidad, principalmente por efecto de cargas contaminantes de diverso origen. En el caso de la bocatoma en el río Quindío Estación de Bombeo, las principales causas podrían ser por causa de sólidos suspendidos o Nitrógeno total, y en menor grado por DBO y DQO. En el caso de la bocatoma de Armenia en el río Quindío en Salento, las posibles causas podrían ser por Nitrógeno total, y DBO y DQO. En el caso del río Roble en la bocatoma del municipio de Montenegro, el posible origen podría ser por sólidos suspendidos, Nitrógeno total, Fósforo total, así como DBO y DQO.

En la Figura 47 se presenta el porcentaje de las bocatomas que se encuentra en cada una de las categorías del IACAL, encontrando para las condiciones actuales de carga y capacidad de asimilación derivadas del monitoreo lo siguiente: el 78% de las bocatomas está en la categoría de “Baja” posibilidad de presentarse condiciones de alteración de la calidad del agua por las variables consideradas, mientras hay 13% en categoría “Moderada”, y 9% en “Alta”.

Figura 46. Categorías del índice de alteración potencial a la calidad del agua IACAL calculado en las bocatomas de agua para consumo humano

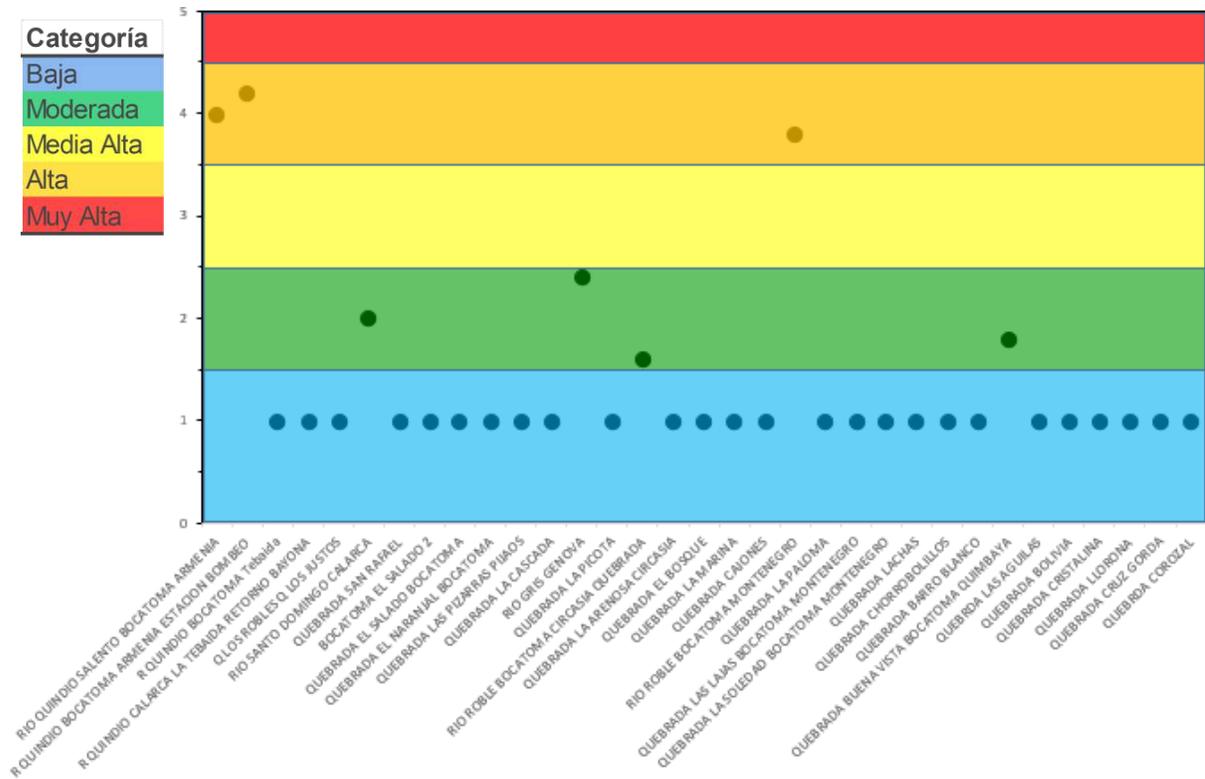
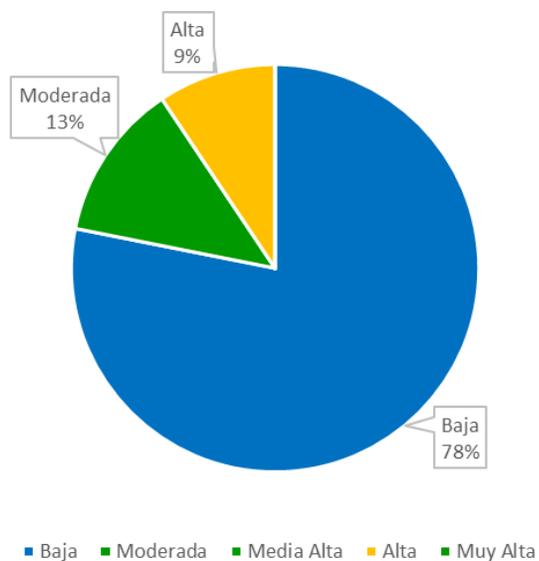
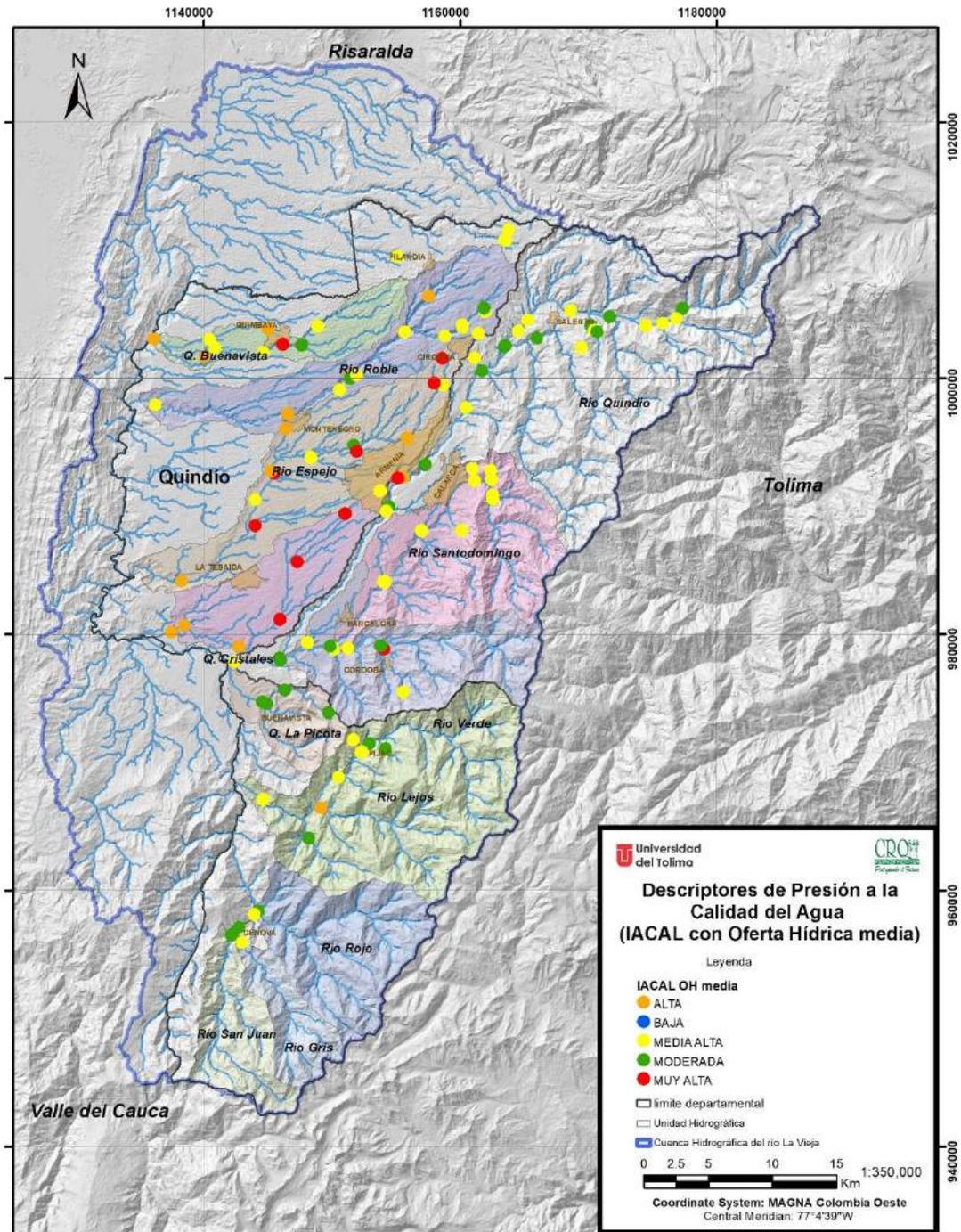


Figura 47. Porcentajes de categorías del índice de alteración potencial a la calidad del agua IACAL calculado para el total de las bocatomas de agua para consumo humano



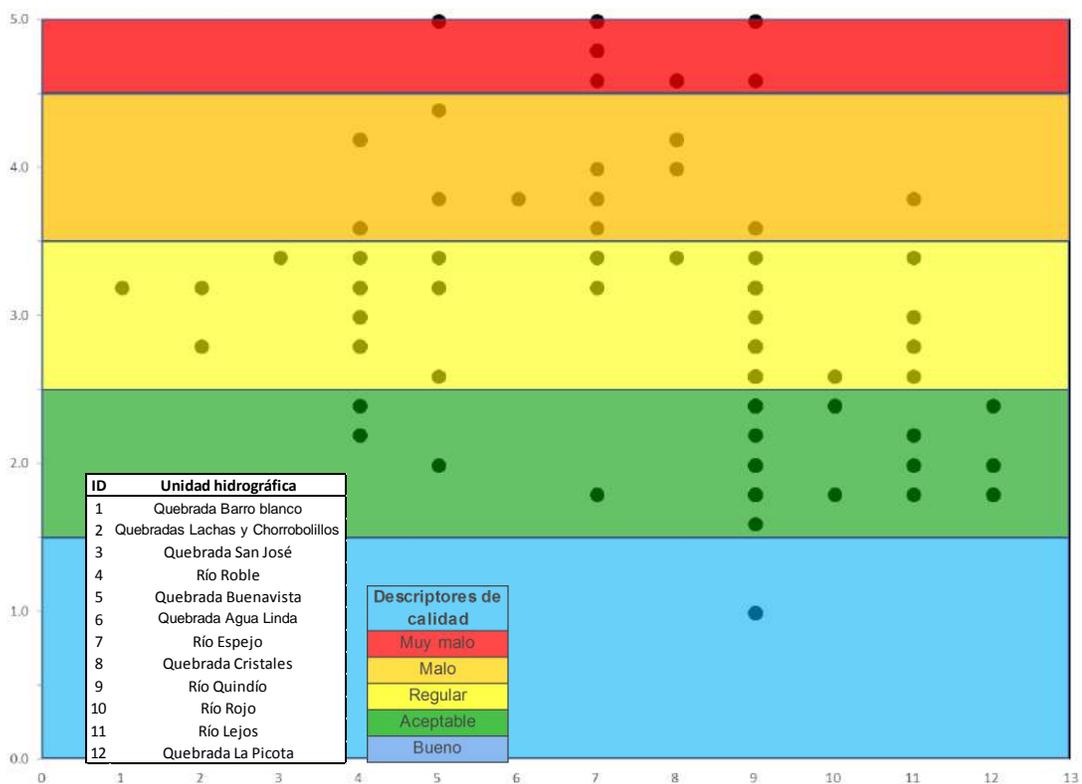
para cada condición encontrando variaciones significativas en los posibles efectos de cargas contaminantes. En la Figura 48 se presenta el IACAL calculado para las cargas contaminantes actuales y la capacidad de asimilación de los cuerpos de agua en condiciones de oferta hídrica total en condiciones medias.

Figura 48. Categorías del índice de alteración potencial a la calidad del agua IACAL en cada uno de los puntos de monitoreo de la campaña realizada para la Evaluación Regional del Agua -ERA y oferta hídrica total en condiciones medias



En la Figura 49 se presentan los resultados del IACAL, para condiciones de oferta hídrica total en condiciones medias, los cuales se han agrupado por unidades hidrográficas de análisis (las mismas analizadas para el ICA). De dicha muestra, se extrajeron las bocatomas y los resultados se presentan en la Figura 50 con el respectivo porcentaje de cada categoría respecto del total de punto estimados (Figura 51).

Figura 49. Categorías del índice de alteración potencial a la calidad del agua IACAL para cada uno de los puntos de monitoreo agrupados por unidades hidrográficas



En la Figura 52 se presenta el IACAL calculado para las cargas contaminantes actuales y la capacidad de asimilación de los cuerpos de agua en condiciones de oferta hídrica total en condiciones secas. En la Figura 53 se presentan los resultados del IACAL, para condiciones de oferta hídrica total en condiciones secas, los cuales se han agrupado por unidades hidrográficas de análisis (las mismas analizadas para el ICA). De dicha muestra, se extrajeron

las bocatomas y los resultados se presentan en la Figura 54 con el respectivo porcentaje de cada categoría respecto del total de punto estimados (Figura 55).

Figura 50. Categorías del índice de alteración potencial a la calidad del agua IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias en las bocatomas de agua para consumo humano

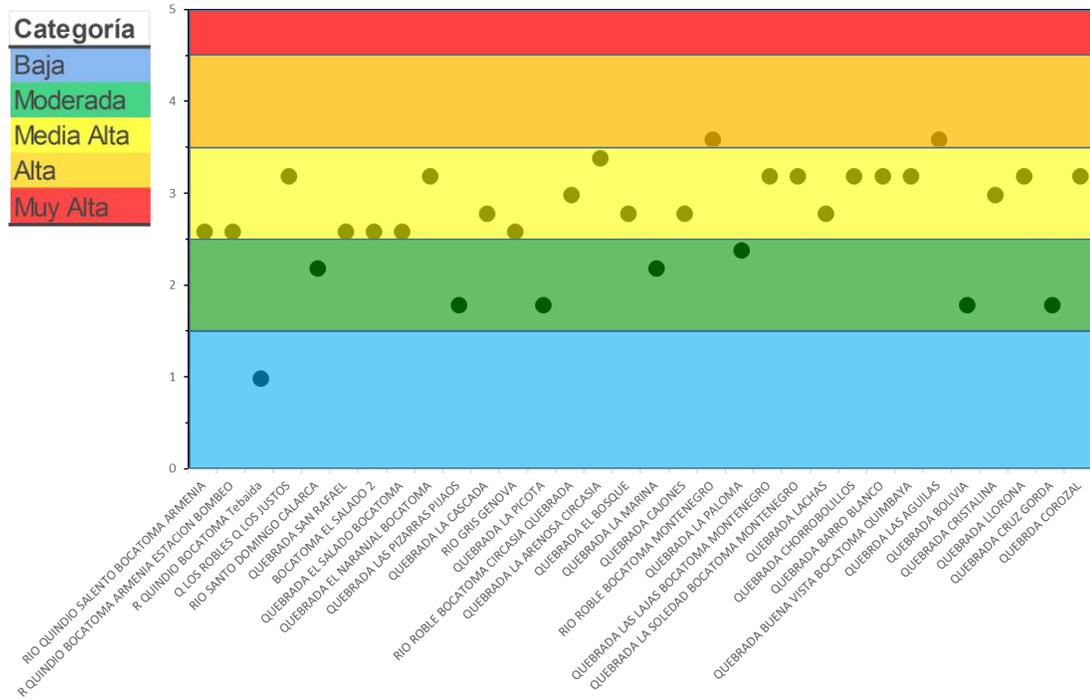


Figura 51. Porcentaje de categorías del índice de alteración potencial a la calidad del agua IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias en las bocatomas de agua para consumo humano

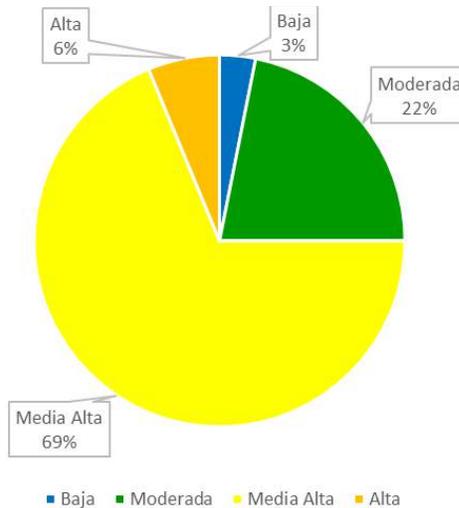


Figura 52. Categorías del índice de alteración potencial a la calidad del agua IACAL en cada uno de los puntos de monitoreo de la campaña realizada para la Evaluación Regional del Agua -ERA y oferta hídrica total en condiciones secas

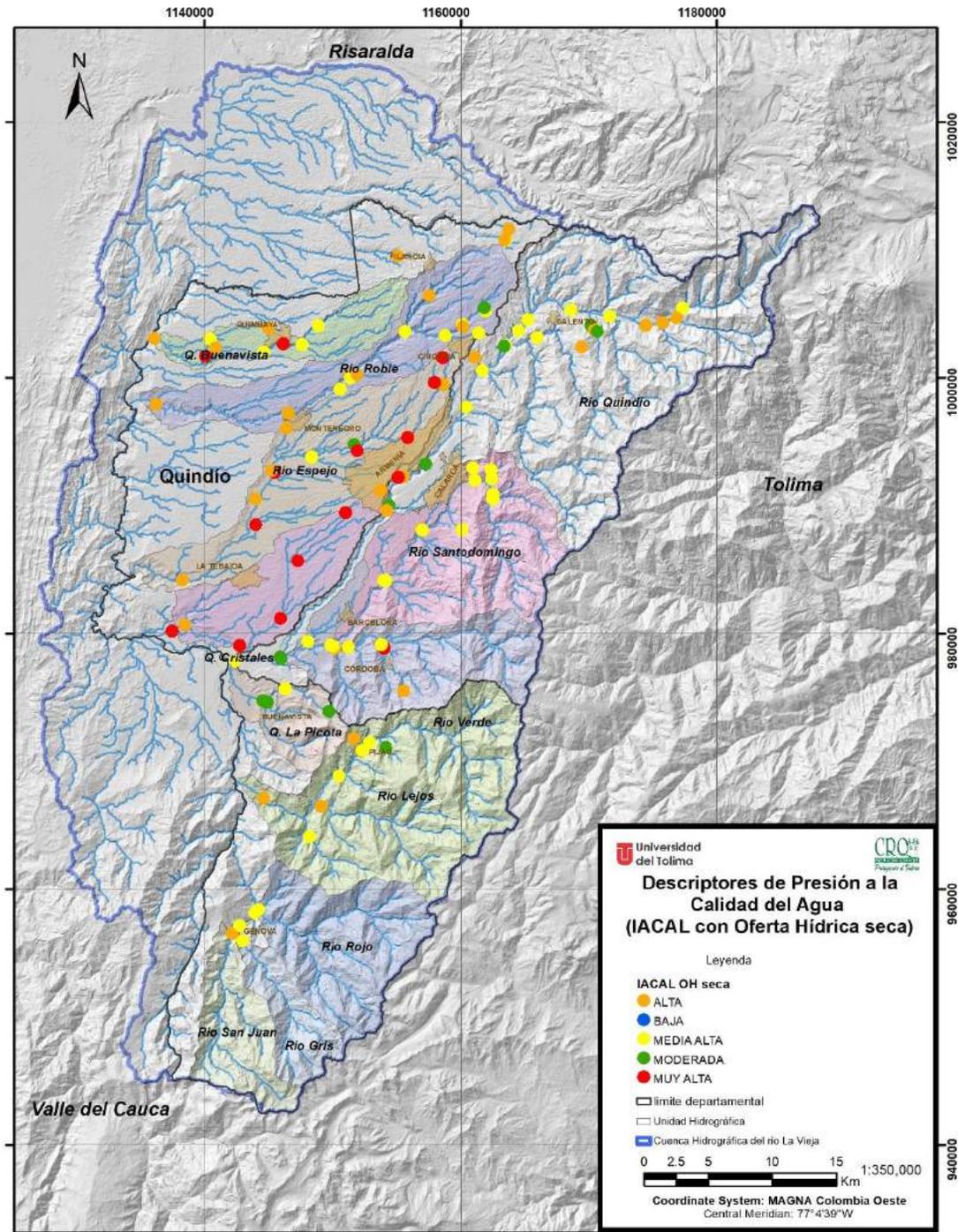


Figura 53. Categorías del índice de alteración potencial a la calidad del agua IACAL para oferta hídrica total en condiciones secas para cada uno de los puntos de monitoreo agrupados por unidades hidrográficas

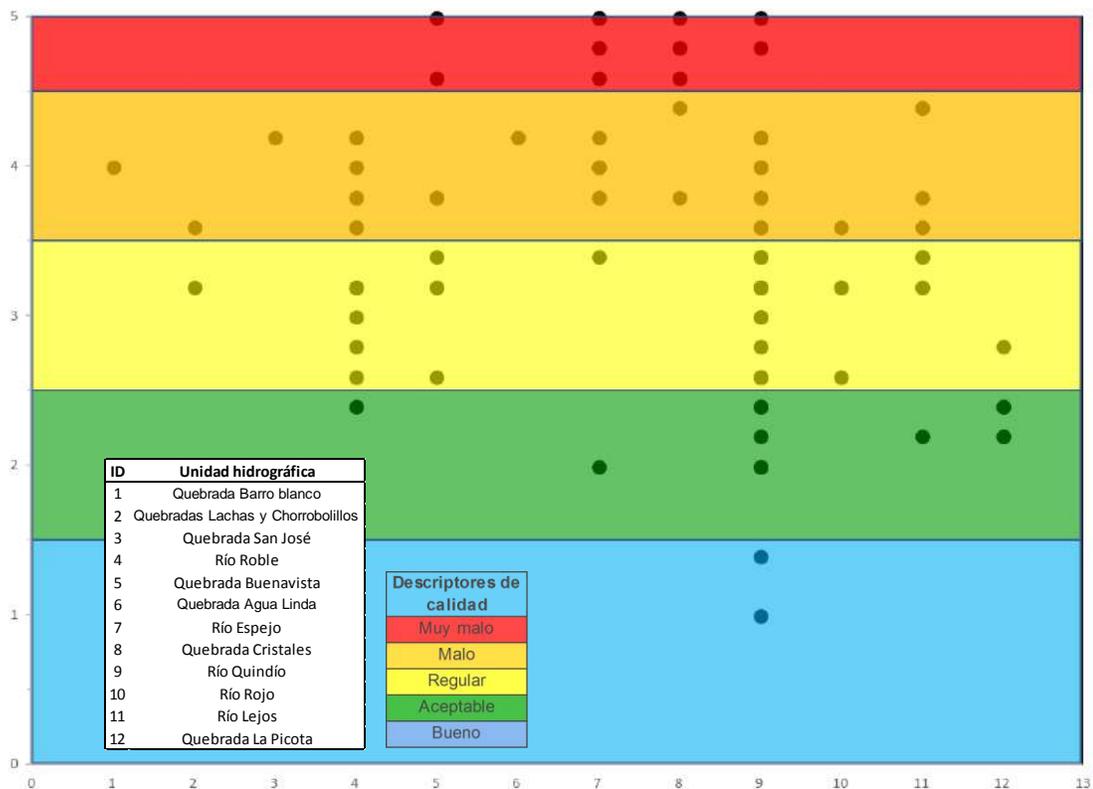


Figura 54. Categorías del índice de alteración potencial a la calidad del agua IACAL para oferta hídrica total en condiciones secas en las bocatomas de agua para consumo humano

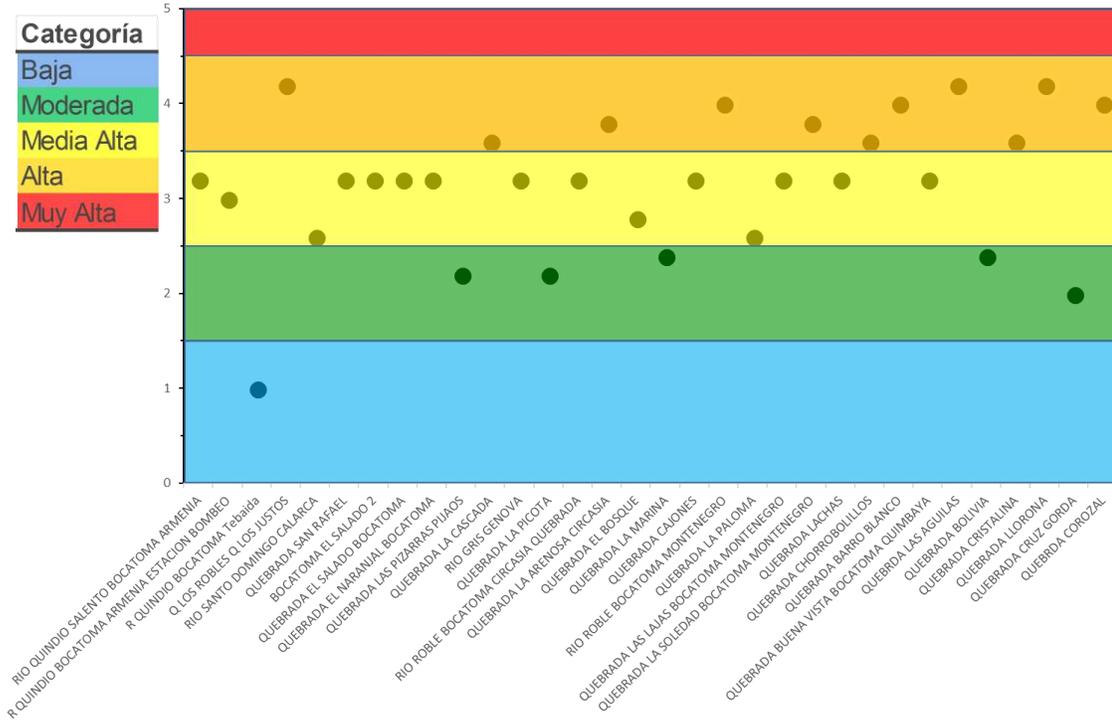
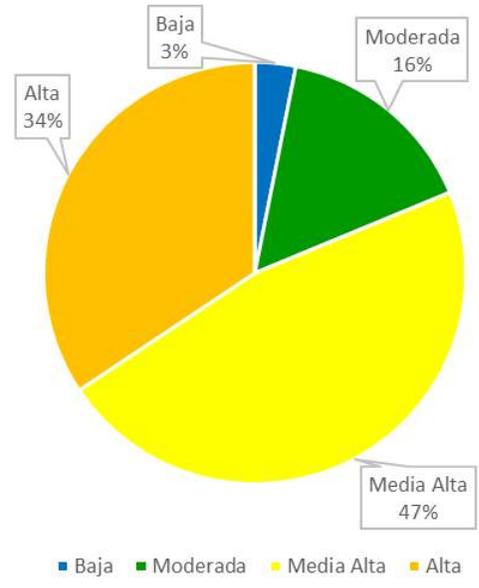


Figura 55. Porcentaje de categorías del índice de alteración potencial a la calidad del agua IACAL en condiciones de oferta hídrica total en condiciones secas en las bocatomas de agua para consumo humano



En los siguientes apartados se presentan los resultados agrupados para una de las unidades hidrográficas analizadas en la sección 5.3, considerando IACAL sólo con las cargas contaminantes y el IACAL para condiciones de oferta hídrica total en condiciones medias y secas.

5.4.1 Quebrada Barroblanco

El punto de monitoreo está localizado en una de las bocatomas de agua para consumo humano en el municipio de Filandia, estando el IACAL en la categoría “Baja” (Tabla 95), lo cual es consistente con los resultados de la estimación del ICA que muestran una calidad del agua “Aceptable”. El IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias (Tabla 96) muestra que la bocatoma tiene una posibilidad “Media Alta” de alteración de sus condiciones de calidad, lo cual sería más probable en condiciones de oferta hídrica total en año seco (Tabla 97).

Tabla 95. IACAL en punto de monitoreo en la quebrada Barroblanco

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Q Barroblanco	1	1	1	1	1	1	BAJA

Tabla 96. IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias en punto de monitoreo en la quebrada Barroblanco

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Q Barroblanco	3	4	4	2	3	3.2	MEDIA ALTA

Tabla 97. IACAL para oferta hídrica total en condiciones secas en punto de monitoreo en la quebrada Barroblanco

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Q Barroblanco	4	4	5	3	4	4	ALTA

5.4.2 Quebradas Lachas y Chorrobolillos

Los puntos de monitoreo en las quebrada Lachas y la quebrada Chorrobolillos muestran categoría del IACAL “Baja” (Tabla 98), siendo también consistente con los resultados de la estimación del ICA que muestran una calidad del agua “Buena” y “Aceptable” respectivamente. El IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias (Tabla 99) muestra que la bocatoma tiene una posibilidad “Media Alta” de alteración de sus condiciones de calidad, lo cual sería más probable en condiciones de oferta hídrica total en año seco (Tabla 100).

Tabla 98. IACAL en punto de monitoreo en la quebrada Lachas y en la quebrada Chorrobolillos

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Q Lachas	1	1	1	1	1	1	BAJA
Q Chorrobolillos	1	1	1	1	1	1	BAJA

Tabla 99. IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias en punto de monitoreo en la quebrada Lachas y en la quebrada Chorrobolillos

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Q Lachas	2	4	4	2	2	3	MEDIA ALTA
Q Chorrobolillos	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA

Tabla 100. IACAL para oferta hídrica total en condiciones secas en punto de monitoreo en la quebrada Lachas y en la quebrada Chorrobolillos

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Q Lachas	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Q Chorrobolillos	3	4	5	2	4	4	ALTA

5.4.3 Quebrada San José (Filandia)

La quebrada San José que también drena en jurisdicción del municipio de Filandia después de su centro urbano tiene una categoría de IACAL “Baja” (Tabla 101), siendo también consistente con los resultados de la estimación del

ICA que muestra una calidad del agua “Aceptable”. El IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias (Tabla 102) muestra que en dicho punto tiene una posibilidad “Media Alta” de alteración de sus condiciones de calidad, lo cual sería más probable (categoría “Alta”) en condiciones de oferta hídrica total en año seco (Tabla 103).

Tabla 101. IACAL en punto de monitoreo en la quebrada San José

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
San José	1	1	1	1	1	1	BAJA

Tabla 102. IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias en punto de monitoreo en la quebrada San José

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
San José	3	4	5	2	3	3	MEDIA ALTA

Tabla 103. IACAL para oferta hídrica total en condiciones secas en punto de monitoreo en la quebrada San José

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
San José	4	5	5	3	4	4	ALTA

5.4.4 Río Roble

El río Roble y sus tributarios están reflejando una heterogeneidad en la posible alteración a la calidad del agua (Tabla 104). El IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias se presenta en la Tabla 105 y el respectivo para oferta hídrica total en año seco en la Tabla 106.

Tabla 104. IACAL en puntos de monitoreo en el río Roble y tributarios

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Río Roble Bocatoma Circasia	1	3	2	1	1	2	MODERADA
Quebrada La Arenosa Circasia	1	1	1	1	1	1	BAJA
Quebrada Cajones	1	2	3	1	1	2	MODERADA
Quebrada Portachuelo	1	4	4	1	2	2	MODERADA
R Roble aguas arriba de confluencia con Q Portachuelo	1	4	3	1	1	2	MODERADA
Quebrada El Bosque	1	1	1	1	1	1	BAJA
Quebrada La Marina	1	1	1	1	1	1	BAJA

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Quebrada Cajones	1	1	1	1	1	1	BAJA
Rio Roble La Española	4	5	5	3	4	4	ALTA
Rio Roble Bocatoma Montenegro	3	4	4	4	4	4	ALTA
Quebrada La Paloma	1	1	1	1	1	1	BAJA
Quebrada Las Lajas Bocatoma Montenegro	1	1	1	1	1	1	BAJA
Q. La Soledad Bocatoma de Montenegro	1	1	1	1	1	1	BAJA
Rio Roble en el puente sobre la vía Montenegro - Quimbaya	3	5	4	3	4	4	ALTA
Q Portachuelo aguas abajo centro poblado de Finlandia	2	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA

En particular se resalta el punto de monitoreo de la bocatoma para el municipio de Montenegro el cual tiene una categoría de IACAL “Alta” donde los principales aportes podrían ser por Nitrógeno total y Fósforo total, así como sólidos suspendidos.

Tabla 105. IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias en puntos de monitoreo en el río Roble y tributarios

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Rio Roble Bocatoma Circasia	2	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada La Arenosa Circasia	3	4	4	2	4	3	MEDIA ALTA
Quebrada Cajones	2	4	4	3	2	3	MEDIA ALTA
Quebrada Portachuelo	4	5	5	3	4	4	ALTA
R Roble aguas arriba de confluencia con Q Portachuelo	2	4	4	2	2	3	MEDIA ALTA
Quebrada El Bosque	2	4	4	2	2	3	MEDIA ALTA
Quebrada La Marina	2	4	3	1	1	2	MODERADA
Quebrada Cajones	2	4	4	2	2	3	MEDIA ALTA
Rio Roble La Española	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Rio Roble Bocatoma Montenegro	3	4	4	3	4	4	ALTA
Quebrada La Paloma	2	3	5	1	1	2	MODERADA
Quebrada Las Lajas Bocatoma Montenegro	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Q. La Soledad Bocatoma de Montenegro	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Rio Roble en el puente sobre la vía Montenegro - Quimbaya	3	4	4	3	4	4	ALTA
Q Portachuelo aguas abajo centro poblado de Finlandia	4	5	5	3	4	4	ALTA

Tabla 106. IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias en puntos de monitoreo en el río Roble y tributarios

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Rio Roble Bocatoma Circasia	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada La Arenosa Circasia	3	4	5	3	4	4	ALTA
Quebrada Cajones	2	4	4	4	2	3	MEDIA ALTA
Quebrada Portachuelo	4	5	5	3	4	4	ALTA
R Roble Aguas Arriba de Confluencia con Q Portachuelo	2	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada El Bosque	2	4	4	2	2	3	MEDIA ALTA

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Quebrada La Marina	2	4	3	1	2	2	MODERADA
Quebrada Cajones	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Rio Roble La Española	3	4	5	2	4	4	ALTA
Rio Roble Bocatoma Montenegro	3	4	5	4	4	4	ALTA
Quebrada La Paloma	2	3	5	1	2	3	MEDIA ALTA
Quebrada Las Lajas Bocatoma Montenegro	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada La Soledad Bocatoma Montenegro	3	4	5	3	4	4	ALTA
Rio Roble Puente Montenegro Quimbaya	3	4	4	3	4	4	ALTA
Q Portachuelo Aguas Abajo Centro Poblado Finlandia	4	5	5	3	4	4	ALTA

5.4.5 Quebrada Buenavista

Las quebradas tributarias a la quebrada Buenavista muestran una categoría de IACAL “Baja”, mientras la quebrada Buenavista va evolucionando hacia aguas debajo de una categoría “Moderada” a “Alta” en el punto antes de la confluencia con el río La Vieja (Tabla 107). El IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias se presenta en la Tabla 108 y el respectivo para oferta hídrica total en año seco en la Tabla 109.

Tabla 107. IACAL en puntos de monitoreo en la quebrada Buenavista y quebradas tributarias

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Quebrada Buenavista Bocatoma Quimbaya	1	3	3	1	1	2	MODERADA
Quebrada Armenia aguas arriba de confluencia con Q Buenavista	1	1	1	1	1	1	BAJA
Q Buenavista aguas arriba del Vertimiento Carmelitas	1	4	4	1	2	2	MODERADA
Quebrada Buenavista Aguas Abajo del centro poblado Quimbaya	1	3	4	1	1	2	MODERADA
Quebrada Mina Rica	1	1	1	1	1	1	BAJA
Quebrada Belén	1	1	1	1	1	1	BAJA
Quebrada La Silenciosa	1	1	1	1	1	1	BAJA
Q Buenavista aguas arriba de la confluencia con Río La Vieja	5	5	4	1	3	4	ALTA

Tabla 108. IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias en puntos de monitoreo en la quebrada Buenavista y quebradas tributarias

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Quebrada Buena Vista Bocatoma Quimbaya	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Q. Armenia aguas arriba de confluencia con	2	3	3	1	1	2	MODERADA

Q. Buenavista							
Q Buenavista aguas arriba Vertimiento Carmelitas	5	5	5	5	5	5	MUY ALTA
Q. Buenavista aguas abajo de Quimbaya	2	3	4	2	2	3	MEDIA ALTA
Quebrada Mina Rica	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada Belén	3	4	4	2	4	3	MEDIA ALTA
Quebrada La Silenciosa	4	5	5	4	4	4	ALTA
Q Buenavista aguas arriba de confluencia con Rio La Vieja	5	5	4	2	3	4	ALTA

Tabla 109. IACAL para oferta hídrica total en condiciones secas en puntos de monitoreo en la quebrada Buenavista y quebradas tributarias

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Quebrada Buenavista Bocatoma Quimbaya	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada Armenia aguas arriba de confluencia con Q Buenavista	2	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA
Q Buenavista aguas arriba Vertimiento Carmelitas	5	5	5	5	5	5	MUY ALTA
Quebrada Buenavista aguas abajo de Quimbaya	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada Mina Rica	3	4	4	3	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada Belén	3	4	5	3	4	4	ALTA
Quebrada La Silenciosa	4	5	5	4	5	5	MUY ALTA
Q Buenavista aguas arriba de confluencia con Rio La Vieja	5	5	4	2	3	4	ALTA

5.4.6 Quebrada Agua Linda (Quimbaya)

El punto de monitoreo localizado en la quebrada Agua aguas abajo del municipio de Quimbaya presenta una categoría de IACAL “Baja” (Tabla 110). En este caso no hay correlación con la calidad del agua que indicaba el ICA la cual es “Regular” principalmente por el efecto de los vertimientos recibidos desde la cabecera municipal de Quimbaya. El IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias se presenta en la Tabla 111 y el respectivo para oferta hídrica total en año seco en la Tabla 112.

Tabla 110. IACAL en punto de monitoreo en la quebrada Agua Linda aguas abajo del casco urbano de Quimbaya

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Q Agua Linda	1	2	1	1	1	1	BAJA

Tabla 111. IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias en punto de monitoreo en la quebrada Agua Linda aguas abajo del casco urbano de Quimbaya

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
--------------------	------	---------------	--------------------	------------------	-----------------------------------	-------------------------	---------------------

Q Agua Linda	3	4	5	4	3	4	ALTA
--------------	---	---	---	---	---	---	------

Tabla 112. IACAL para oferta hídrica total en condiciones secas en punto de monitoreo en la quebrada Agua Linda aguas abajo del casco urbano de Quimbaya

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO-DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendedos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Q Agua Linda	3	4	5	5	4	4	ALTA

5.4.7 Río Espejo

El río Espejo y sus tributarios muestran en general una tendencia a alteración potencial de la calidad del agua de moderada, alta y muy alta, donde el cuerpo de agua principal evoluciona por las dos últimas categorías hacia aguas abajo antes de la confluencia con el río La Vieja (Tabla 113). El IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias se presenta en la

Tabla 114 y el respectivo para oferta hídrica total en año seco en la Tabla 115.

Tabla 113. IACAL en puntos de monitoreo en el río Espejo y tributarios

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO-DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendedos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Quebrada Yeguas	1	4	4	2	2	3	MEDIA ALTA
Q Hojas Anchas aguas arriba Quebrada La Roca	1	3	3	2	1	2	MODERADA
Quebrada La Roca	1	1	2	1	1	1	BAJA
Q Hojas Anchas aguas abajo Q Santa Helena	1	4	4	4	1	3	MEDIA ALTA
Q Hojas Anchas aguas arriba Q Zanjón Hondo	1	2	1	1	1	1	BAJA
Quebrada Zanjón Hondo	1	4	3	2	1	2	MODERADA
Río Espejo aguas arriba confluencia Q Armenia	3	4	4	2	5	4	ALTA
Quebrada Armenia	1	3	3	1	1	2	MODERADA
Q Cajones aguas abajo Centro Poblado Montenegro	1	3	2	2	1	2	MODERADA
R Espejo aguas arriba Confluencia Q Carmelita	4	4	5	4	4	4	ALTA
Quebrada Carmelita	1	3	4	1	1	2	MODERADA
Río Espejo Pueblo-Tapado	4	5	5	4	4	4	ALTA
Q El Reposo	1	1	1	1	1	1	BAJA
Quebrada La Argelia	1	3	3	1	1	2	MODERADA
Río Espejo aguas arriba confluencia con río La Vieja	4	5	5	4	5	5	MUY ALTA

Tabla 114. IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias en puntos de monitoreo en el río Espejo y tributarios

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Quebrada Yeguas	5	5	5	5	5	5	MUY ALTA
Q Hojas Anchas aguas arriba Quebrada La Roca	4	5	5	5	5	5	MUY ALTA
Quebrada La Roca	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Q Hojas Anchas aguas abajo Q Santa Helena	3	5	4	4	3	4	ALTA
Q Hojas Anchas aguas arriba Q Zanjón Hondo	1	3	2	1	2	2	MODERADA
Quebrada Zanjón Hondo	5	5	5	5	4	5	MUY ALTA
Rio Espejo aguas arriba confluencia Q Armenia	3	4	4	2	4	3	MEDIA ALTA
Quebrada Armenia	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Q Cajones aguas abajo Centro Poblado Montenegro	3	4	4	4	3	4	ALTA
R Espejo aguas arriba Confluencia Q Carmelita	3	4	4	4	4	4	ALTA
Quebrada Carmelita	4	5	5	4	5	5	MUY ALTA
Rio Espejo Pueblo-Tapado	3	4	4	3	3	3	MEDIA ALTA
Q El Reposo	4	4	5	3	4	4	ALTA
Quebrada La Argelia	5	5	5	5	5	5	MUY ALTA
Rio Espejo aguas arriba confluencia con río La Vieja	3	4	4	4	4	4	ALTA

Tabla 115. IACAL para oferta hídrica total en condiciones secas en puntos de monitoreo en el río Espejo y tributarios

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Quebrada Yeguas	5	5	5	5	5	5	MUY ALTA
Q Hojas Anchas aguas arriba Quebrada La Roca	4	5	5	5	5	5	MUY ALTA
Quebrada La Roca	4	4	5	3	4	4	ALTA
Q Hojas Anchas aguas abajo Q Santa Helena	4	5	5	5	4	5	MUY ALTA
Q Hojas Anchas aguas arriba Q Zanjón Hondo	1	3	3	1	2	2	MODERADA
Quebrada Zanjón Hondo	5	5	5	5	5	5	MUY ALTA
Rio Espejo aguas arriba confluencia Q Armenia	3	4	4	3	5	4	ALTA
Quebrada Armenia	3	4	5	2	3	3	MEDIA ALTA
Q Cajones aguas abajo Centro Poblado Montenegro	4	5	5	4	3	4	ALTA
R Espejo aguas arriba Confluencia Q Carmelita	3	4	5	4	4	4	ALTA
Quebrada Carmelita	5	5	5	4	5	5	MUY ALTA
Rio Espejo Pueblo-Tapado	3	4	4	4	4	4	ALTA
Q El Reposo	4	4	5	3	4	4	ALTA
Quebrada La Argelia	5	5	5	5	5	5	MUY ALTA
Rio Espejo aguas arriba Confluencia con río La Vieja	3	4	5	4	4	4	ALTA

5.4.8 Quebrada Cristales

Los resultados de la estimación del IACAL en la quebrada Cristales se presentan en la Tabla 116 la cual va evolucionando hacia aguas abajo de categoría baja a alta. El IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias se presenta en la Tabla 117 y el respectivo para oferta hídrica total en año seco en la Tabla 118.

Tabla 116. IACAL en puntos de monitoreo en la quebrada Cristales y tributarios

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Quebrada Cristales Bodega	1	1	1	1	1	1	BAJA
Q Cristales aguas abajo Parque Recreativo	1	1	1	1	1	1	BAJA
Quebrada Los Ángeles Marmato	1	4	3	1	4	3	MEDIA ALTA
Quebrada Cristales Villa Sonia	3	4	4	4	5	4	ALTA
Quebrada Cristales Hacienda Maravelez	3	4	4	3	5	4	ALTA
Quebrada La Jaramilla	1	3	4	2	1	2	MODERADA
Quebrada Cristales Pisamal	3	4	4	4	4	4	ALTA

Tabla 117. IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias en puntos de monitoreo en la quebrada Cristales y tributarios

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Quebrada Cristales Bodega	3	4	4	3	3	3	MEDIA ALTA
Q Cristales aguas abajo Parque Recreativo	4	5	5	5	4	5	MUY ALTA
Quebrada Los Ángeles Marmato	4	5	5	4	5	5	MUY ALTA
Quebrada Cristales Villa Sonia	4	5	5	4	5	5	MUY ALTA
Quebrada Cristales Hacienda Maravelez	3	4	5	4	5	4	ALTA
Quebrada La Jaramilla	3	4	5	4	4	4	ALTA
Quebrada Cristales Pisamal	3	4	5	4	5	4	ALTA

Tabla 118. IACAL para oferta hídrica total en condiciones secas en puntos de monitoreo en la quebrada Cristales y tributarios

Punto de monitoreo	DB O5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Quebrada Cristales Bodega	3	4	5	3	4	4	ALTA
Q Cristales aguas abajo Parque Recreativo	4	5	5	5	4	5	MUY ALTA
Quebrada Los Ángeles Marmato	5	5	5	5	5	5	MUY ALTA
Quebrada Cristales Villa Sonia	4	5	5	5	5	5	MUY ALTA
Quebrada Cristales Hacienda Maravelez	4	5	5	4	5	5	MUY ALTA
Quebrada La Jaramilla	4	5	5	4	4	4	ALTA
Quebrada Cristales Pisamal	4	5	5	5	5	5	MUY ALTA

5.4.9 Río Quindío

Los resultados del cálculo del IACAL para el río Quindío se encuentran en la Tabla 119. En general la tendencia es que las quebradas tienen categoría “Baja” mientras los cuerpos de agua principales a medida que discurren de aguas arriba a aguas abajo van evolucionando de categorías de hasta “Muy Alta” en el río Quindío antes de su entrega al río Barragán. El IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias se presenta en la Tabla 120 y el respectivo para oferta hídrica total en año seco en la Tabla 121.

Tabla 119. Resultados de la estimación del IACAL en el río Quindío y tributarios

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Quebrada Cárdenas	1	2	3	1	1	2	MODERADA
Río Quindío Aguas Arriba La Truchera	1	4	4	1	2	2	MODERADA
Río Quindío Aguas Abajo La Truchera	2	4	4	1	3	3	MEDIA ALTA
Río Quindío Aguas Abajo Confluente Cárdenas	3	4	4	2	4	3	MEDIA ALTA
Río Quindío El Escobal	2	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA
Río Quindío Final Valle Del Cocora	4	5	5	2	4	4	ALTA
Quebrada Baquía	1	3	3	1	1	2	MODERADA
Río Quindío Salento Bocatoma Armenia	4	5	5	2	4	4	ALTA
Río Boquerón	1	1	2	1	1	1	BAJA
Río Navarco	2	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA
R Quindío Confluencia Aguas Arriba Navarco	2	4	4	1	3	3	MEDIA ALTA
R Quindío Aguas Arriba Q Cusumbo	4	4	5	3	4	4	ALTA
R Quindío Bocatoma Armenia Estación Bombeo	4	4	5	3	5	4	ALTA
R Quindío Aguas Arriba Captación Tebaida	4	4	5	2	4	4	ALTA
R Quindío Bocatoma Tebaida	1	1	1	1	1	1	BAJA
R Quindío Calarcá La Tebaida Retorno Bayona	1	1	1	1	1	1	BAJA
Q La Florida	1	3	1	1	1	1	BAJA
Q San Nicolás El Cafetero	1	1	1	1	1	1	BAJA
Q El Pescador	1	3	2	2	1	2	MODERADA
Q. Quindío Aguas Arriba Q El Pescador	3	4	4	1	3	3	MEDIA ALTA
R Verde A Arriba Confluencia R Quindío	1	3	4	1	1	2	MODERADA
R Quindío A Arriba Confluencia R Verde	4	4	5	2	4	4	ALTA
R Quindío A Arriba Confluencia R Barragán	5	5	5	4	5	5	MUY ALTA
Quebrada Negra	1	4	2	1	1	2	MODERADA
R Santodomingo A. Arriba Q. Negra	3	4	4	3	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada La Pitala	1	2	1	1	1	1	BAJA
Q Los Robles Q Los Justos	1	1	1	1	1	1	BAJA
Q La Española	1	3	2	2	1	2	MODERADA
Q La Siberia	1	2	1	1	1	1	BAJA
R Verde Aguas Arriba Centro De La Guadua	2	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA
Q Sardineros (R Verde)	1	4	2	1	1	2	MODERADA
R Verde Aguas Arriba Confluen R Santodomingo	2	4	4	2	2	3	MEDIA ALTA
R Santo Domingo Aguas Arriba Confluen R Verde	3	4	4	2	4	3	MEDIA ALTA
Q La Congala R Verde	1	1	1	1	1	1	BAJA
Río Santo Domingo Calarcá	1	3	4	1	1	2	MODERADA
Quebrada El Oso	1	1	1	1	1	1	BAJA
Quebrada San Rafael	1	1	1	1	1	1	BAJA

Bocatoma El Salado 2	1	1	1	1	1	1	BAJA
Quebrada El Salado Bocatoma	1	1	1	1	1	1	BAJA
Q La Gata A Arriba Confl. R Santo Domingo	1	2	1	1	1	1	BAJA
Quebrada Las Marías	1	1	1	1	1	1	BAJA
R Santo Domingo a. ar. Conf Q Las Marías	2	4	4	1	3	3	MEDIA ALTA
Rio Santo Domingo San Rafael	1	4	4	1	1	2	MODERADA
Q Naranjal Confluencia R Santo Domingo	1	1	1	1	1	1	BAJA
Quebrada El Naranjal Bocatoma	1	1	1	1	1	1	BAJA
Quebrada Las Águilas	1	1	1	1	1	1	BAJA
Quebrada Bolivia	1	1	1	1	1	1	BAJA
Quebrada Cristalina	1	1	1	1	1	1	BAJA
Quebrada Llorona	1	1	1	1	1	1	BAJA
Quebrada Cruz Gorda	1	1	1	1	1	1	BAJA
Quebrada Corozal	1	1	1	1	1	1	BAJA

Tabla 120. Resultados de la estimación del IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias en el río Quindío y tributarios

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Quebrada Cárdenas	2	3	4	1	2	2	MODERADA
Rio Quindío Aguas Arriba La Truchera	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Rio Quindío Aguas Abajo La Truchera	3	4	4	2	4	3	MEDIA ALTA
Rio Quindío Aguas Abajo Confluente Cárdenas	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Rio Quindío El Escobal	2	3	3	1	1	2	MODERADA
Rio Quindío Final Valle Del Cocora	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada Baquíá	2	4	4	2	2	3	MEDIA ALTA
Rio Quindío Salento Bocatoma Armenia	2	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA
Rio Boquerón	2	3	3	1	1	2	MODERADA
Rio Navarco	2	4	3	1	2	2	MODERADA
R Quindío Confluencia Aguas Arriba Navarco	2	2	3	1	1	2	MODERADA
R Quindío Aguas Arriba Q Cusumbo	2	3	4	1	2	2	MODERADA
R Quindío Bocatoma Armenia Estación Bombeo	2	3	4	1	3	3	MEDIA ALTA
R Quindío Aguas Arriba Captación Tebaida	2	3	3	1	1	2	MODERADA
R Quindío Bocatoma Tebaida	1	1	1	1	1	1	BAJA
Q La Florida	3	4	4	4	3	4	ALTA
Q San Nicolás El Cafetero	5	5	5	5	3	5	MUY ALTA
Q El Pescador	2	4	4	4	2	3	MEDIA ALTA
Q. Quindío Aguas Arriba Q El Pescador	1	3	3	1	1	2	MODERADA
R Verde A Arriba Confluencia R Quindío	1	3	2	1	1	2	MODERADA
R Quindío A Arriba Confluencia R Verde	2	3	3	1	1	2	MODERADA
R Quindío A Arriba Confluencia R Barragán	2	4	4	2	4	3	MEDIA ALTA
Quebrada Negra	2	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA
R Santodomingo A. Arriba Q. Negra	2	4	4	2	2	3	MEDIA ALTA
Quebrada La Pitalá	2	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA
Q Los Robles Q Los Justos	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Q La Española	5	5	5	5	5	5	MUY ALTA
Q La Siberia	2	4	3	2	1	2	MODERADA
R Verde Aguas Arriba Centro De La Guadua	2	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA
Q Sardineros (R Verde)	3	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA
R Verde a. ar. Confluen R Santodomingo	2	4	4	2	2	3	MEDIA ALTA
R Santo Domingo a. ar. Confl. R Verde	2	3	4	1	2	2	MODERADA
Q La Congala R Verde	2	3	4	3	2	3	MEDIA ALTA
Rio Santo Domingo Calarcá	2	3	3	1	2	2	MODERADA
Quebrada El Oso	2	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA
Quebrada San Rafael	2	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA

Bocatoma El Salado 2	2	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA
Quebrada El Salado Bocatoma	2	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA
Q La Gata a. ar. Confl. R Santo Domingo	2	4	4	2	2	3	MEDIA ALTA
Quebrada Las Marías	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
R Santo Domingo a. arr. Conf Q Las Marías	2	4	4	1	3	3	MEDIA ALTA
Rio Santo Domingo San Rafael	2	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA
Q Naranjal Confluencia R Santo Domingo	1	1	1	1	1	1	BAJA
Quebrada El Naranjal Bocatoma	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada Las Águilas	3	4	4	2	5	4	ALTA
Quebrada Bolivia	1	3	2	1	2	2	MODERADA
Quebrada Cristalina	2	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada Llorona	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada Cruz Gorda	1	3	3	1	1	2	MODERADA
Quebrada Corozal	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA

Tabla 121. Resultados de la estimación del IACAL para oferta hídrica total en condiciones secas en el río Quindío y tributarios

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO-DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Quebrada Cárdenas	2	3	4	2	2	3	MEDIA ALTA
Rio Quindío Aguas Arriba La Truchera	3	4	5	3	4	4	ALTA
Rio Quindío Aguas Abajo La Truchera	4	4	5	3	4	4	ALTA
Rio Quindío Aguas Abajo Confluente Cárdenas	3	4	5	3	4	4	ALTA
Rio Quindío El Escobal	2	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA
Rio Quindío Final Valle Del Cocora	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada Baquía	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Rio Quindío Salento Bocatoma Armenia	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Rio Boquerón	2	3	4	2	2	3	MEDIA ALTA
Rio Navarco	2	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA
R Quindío Confluencia Aguas Arriba Navarco	2	3	3	1	2	2	MODERADA
R Quindío Aguas Arriba Q Cusumbo	3	3	4	2	3	3	MEDIA ALTA
R Quindío Bocatoma Armenia Estación Bombeo	3	3	4	2	3	3	MEDIA ALTA
R Quindío Aguas Arriba Captación Tebaida	2	3	4	1	2	2	MODERADA
R Quindío Bocatoma Tebaida	1	1	1	1	1	1	BAJA
Q La Florida	4	5	4	4	4	4	ALTA
Q San Nicolás El Cafetero	5	5	5	5	4	5	MUY ALTA
Q El Pescador	3	4	4	4	3	4	ALTA
Q. Quindío Aguas Arriba Q El Pescador	2	3	3	1	1	2	MODERADA
R Verde A Arriba Confluencia R Quindío	2	3	3	1	1	2	MODERADA
R Quindío A Arriba Confluencia R Verde	2	3	4	1	2	2	MODERADA
R Quindío A Arriba Confluencia R Barragán	3	4	4	2	4	3	MEDIA ALTA
Quebrada Negra	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
R Santodomingo A. Arriba Q. Negra	3	4	4	3	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada La Pitala	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Q Los Robles Q Los Justos	4	5	5	3	4	4	ALTA
Q La Española	5	5	5	5	5	5	MUY ALTA
Q La Siberia	2	4	4	2	2	3	MEDIA ALTA
R Verde Aguas Arriba Centro De La Guadua	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Q Sardineros (R Verde)	4	5	4	2	3	4	ALTA
R Verde a. ar. Confl. R Santodomingo	2	4	4	3	2	3	MEDIA ALTA
R Santo Domingo a. ar. Confluen R Verde	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Q La Congala R Verde	3	4	4	3	3	3	MEDIA ALTA
Rio Santo Domingo Calarcá	2	3	4	2	2	3	MEDIA ALTA
Quebrada El Oso	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada San Rafael	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA

Bocatoma El Salado 2	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada El Salado Bocatoma	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Q La Gata a. ar. Confl. R Santo Domingo	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada Las Marías	4	4	5	3	4	4	ALTA
R Santo Domingo a. ar. Conf Q Las Marías	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Rio Santo Domingo San Rafael	2	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA
Q Naranjal Confluencia R Santo Domingo	1	2	1	2	1	1	BAJA
Quebrada El Naranjal Bocatoma	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada Las Águilas	4	4	5	3	5	4	ALTA
Quebrada Bolivia	2	3	3	1	3	2	MODERADA
Quebrada Cristalina	3	4	4	3	4	4	ALTA
Quebrada Llorona	4	5	5	3	4	4	ALTA
Quebrada Cruz Gorda	2	3	3	1	1	2	MODERADA
Quebrada Corozal	4	4	5	3	4	4	ALTA

5.4.10 Quebrada La Picota

Los resultados de la estimación del IACAL en la quebrada La Picota se presentan en la Tabla 122, y en todos los puntos de monitoreo presenta la categoría de “Baja”. El IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias se presenta en la Tabla 123 y el respectivo para oferta hídrica total en año seco en la Tabla 124.

Tabla 122. Resultados de la estimación del IACAL en la quebrada La Picota

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Quebrada La Picota	1	1	1	1	1	1	BAJA
Q Picota aguas arriba conf. Q Los Juanes	1	1	1	1	1	1	BAJA
Q. Los Juanes Afluente Q. La Picota	1	2	1	1	1	1	BAJA
Q. La Picota a. ab. Cp. Buenavista	1	1	1	1	1	1	BAJA
Q La Picota A arriba conf. R Barragán	1	1	2	1	1	1	BAJA

Tabla 123. Resultados de la estimación del IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias en la quebrada La Picota

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Quebrada La Picota	1	3	3	1	1	2	MODERADA
Q Picota aguas arriba conf. Q Los Juanes	2	3	3	1	1	2	MODERADA
Q. Los Juanes Afluente Q. La Picota	1	3	3	1	1	2	MODERADA
Q. La Picota a. ab. Cp. Buenavista	2	3	3	2	2	2	MODERADA
Q La Picota A arriba conf. R Barragán	2	3	3	1	1	2	MODERADA

Tabla 124. Resultados de la estimación del IACAL para oferta hídrica total en condiciones secas en la quebrada La Picota

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno	Fósforo	Sólidos	IACAL	IACAL
--------------------	------	---------------	-----------	---------	---------	-------	-------

	DBO)	total	total	Suspendidos Totales	(cuantitativo)	(cualitativo)
Quebrada La Picota	2	3	3	1	2	MODERADA
Q Picota aguas arriba conf. Q Los Juanes	2	3	4	1	2	MODERADA
Q. Los Juanes Afluente Q. La Picota	2	4	3	1	2	MODERADA
Q. La Picota a. ab. Cp. Buenavista	2	4	4	2	3	MEDIA ALTA
Q La Picota A arriba conf. R Barragán	2	3	4	1	2	MODERADA

5.4.11 Río Rojo

Los resultados de la estimación del IACAL para el río Rojo y sus tributarios (ríos Gris y San Juan) se presentan en la Tabla 125. El IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias se presenta en la Tabla 126 y el respectivo para oferta hídrica total en año seco en la Tabla 127.

Tabla 125. Resultados de la estimación del IACAL en el río Rojo y tributarios

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Río Gris Génova	1	4	4	1	2	2	MODERADA
Río San Juan	2	4	4	1	3	3	MEDIA ALTA
Río San Juan a. ab. Vertimiento Polideportivo	1	4	4	1	1	2	MODERADA
Río San Juan a. ar. Confl. Río Rojo	3	5	4	2	4	4	ALTA
Río Rojo a. ar. Confl. Río San Juan	2	4	4	1	3	3	MEDIA ALTA

Tabla 126. Resultados de la estimación del IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias en el río Rojo y tributarios

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Río Gris Génova	2	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA
Río San Juan	2	3	4	1	2	2	MODERADA
Río San Juan a. ab. Vertimiento Polideportivo	1	3	3	1	1	2	MODERADA
Río San Juan a. ar. Confl. Río Rojo	2	4	3	1	2	2	MODERADA
Río Rojo a. ar. Confl. Río San Juan	2	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA

Tabla 127. Resultados de la estimación del IACAL para oferta hídrica total en condiciones secas en el río Rojo y tributarios

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Río Gris Génova	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Río San Juan	3	4	5	2	4	4	ALTA
Río San Juan a. ab. Vertimiento Polideportivo	2	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA
Río San Juan a. ar. Confl. Río Rojo	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA

Rio Rojo a. ar. Confl. Rio San Juan	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
-------------------------------------	---	---	---	---	---	---	------------

5.4.12 Río Lejos

Los resultados de la estimación del IACAL en el río Lejos y tributarios monitoreadas se presentan en la Tabla 128. Las categorías son “Baja” para la mayoría de los tributarios, mientras el río Lejos evoluciona de la categoría “Media Alta” a “Muy Alta” antes de entregar al río Barragán.

El IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias se presenta en la Tabla 129 y el respectivo para oferta hídrica total en año seco en la Tabla 130. Los resultados muestran que en los tributarios la posibilidad de alteración es moderada y media alta en condiciones de oferta hídrica total media, y una categoría más probable en condiciones secas. Para el cuerpo de agua principal, se muestra que tiene una capacidad de asimilación que le permite mantenerse en categorías de alteración entre moderada a media alta en condiciones de oferta hídrica media, mientras pasa de moderada a alta en condiciones de oferta hídrica seca.

Tabla 128. Resultados de la estimación del IACAL en el río Lejos y tributarios

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Rio Lejos Aguas Arriba Confluencia Rio Azul	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada Las Pizarras Pijaos	1	1	1	1	1	1	BAJA
Quebrada La Cascada	1	1	1	1	1	1	BAJA
Rio Azul Aguas Arriba Confluencia R. Lejos	3	5	4	4	5	4	ALTA
Rio Lejos Aguas Abajo Quebrada Pizarras	2	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA
Quebrada La Maizena	1	2	2	1	1	1	BAJA
Quebrada El Ingles	1	2	1	1	1	1	BAJA
Rio Lejos Aguas Abajo Pijao	3	5	4	1	3	3	MEDIA ALTA
Rio Lejos a. ar. Confl. Rio Barragán	4	5	5	5	4	5	MUY ALTA

Tabla 129. Resultados de la estimación del IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias en el río Lejos y tributarios

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Rio Lejos Aguas Arriba Confluencia Rio Azul	2	4	4	2	2	3	MEDIA ALTA
Quebrada Las Pizarras Pijaos	1	4	2	1	1	2	MODERADA
Quebrada La Cascada	2	5	4	1	2	3	MEDIA ALTA
Rio Azul Aguas Arriba Confluencia R. Lejos	3	4	4	3	5	4	ALTA
Rio Lejos Aguas Abajo Quebrada Pizarras	2	3	3	1	2	2	MODERADA

Quebrada La Maizena	2	3	3	1	1	2	MODERADA
Quebrada El Ingles	3	4	4	3	3	3	MEDIA ALTA
Rio Lejos Aguas Abajo Pijao	2	4	4	1	2	3	MEDIA ALTA
Rio Lejos a. ar. Confl. Rio Barragán	2	3	4	3	3	3	MEDIA ALTA

Tabla 130. Resultados de la estimación del IACAL para oferta hídrica total en condiciones secas en el río Lejos y tributarios

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Rio Lejos Aguas Arriba Confluencia Rio Azul	3	4	4	3	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada Las Pizarras Pijaos	2	4	3	1	1	2	MODERADA
Quebrada La Cascada	3	5	5	2	3	4	ALTA
Rio Azul Aguas Arriba Confluencia R. Lejos	3	5	5	4	5	4	ALTA
Rio Lejos Aguas Abajo Quebrada Pizarras	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada La Maizena	3	4	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Quebrada El Ingles	4	5	5	4	4	4	ALTA
Rio Lejos Aguas Abajo Pijao	3	5	4	2	3	3	MEDIA ALTA
Rio Lejos a. ar. Confl. Rio Barragán	3	4	4	4	4	4	ALTA

5.5 Síntesis de los resultados encontrados en ICA e IACAL

Se han calculado los índices de calidad del agua y de alteración potencial a la calidad del agua en los cuerpos de agua monitoreados en la jurisdicción de la CRQ para soportar la Evaluación Regional del Agua en su dimensión de indicadores que reflejan el estado y presión del recurso hídrico desde las cargas contaminantes de los diferentes sectores usuarios.

Los resultados se han agrupado en doce unidades hidrográficas para evaluar los efectos de las cargas contaminantes desde aguas arriba hacia aguas abajo en cada una de éstas. En general, los resultados son consistentes para cada unidad hidrográfica al analizar las variables consideradas para el cálculo de los índices. A partir de ello se identificaron posibles fuentes de contaminación considerando como información auxiliar el mapa de puntos de vertimientos de porcícolas, así como el mapa de usos y coberturas de la tierra de toda la jurisdicción de la CRQ en escala 1:10000.

Para tener mayor certeza del origen del vertimiento es recomendable cruzar el mapa de los índices con el de todos los respectivos vertimientos de la base de datos de la CRQ que están sujetos al pago de tasa retributiva y con ello tomar las respectivas determinaciones de acuerdo con el cumplimiento de los límites

máximos permisibles establecidos por la normatividad vigente. De manera complementaria si existen usos del agua asignados y objetivos de calidad en el corto, mediano y largo plazo, los usuarios no sólo deberán cumplir con el cumplimiento de dicha norma sino también de manera complementaria con los límites máximos de cada criterio para cumplir con los usos actuales y potenciales asignados.

En general se encuentra que las mayores presiones vienen por vertimientos de aguas residuales domésticas sin un tratamiento adecuado, en algunos casos vertimientos de tipo industrial y en una gran cantidad de unidades hidrográficas por actividades agropecuarias ya sea que existen vertimientos puntuales o también por efecto de contaminación difusa. En tal sentido, es necesario revisar el cumplimiento de los planes de saneamiento y manejo de vertimiento de los respectivos municipios que están vertiendo sus aguas residuales domésticas en cada unidad hidrográfica. Igualmente, es necesario revisar la necesidad de la utilización de buenas prácticas tanto en los sectores agrícola (principalmente en los cultivos de café, banano, aguacate identificados) como el pecuario (principalmente porcícolas y avícolas identificadas) e incentivar el uso de tecnologías más limpias considerando lo establecido en la normatividad vigente.

Se recomienda a partir de los resultados obtenidos, y complementados con la base de datos de vertimientos, revisar los puntos de mayor presión en cada una de las unidades hidrográficas escogiendo tales puntos para el seguimiento sistemático de variables in-situ (ojalá con mediciones diarias o intra-diarias) y complementando al menos con una medición en cada uno de los períodos hidrológicos (seco, húmedo y transición) considerando las variables de interés adicionales en función de los tipos de carga contaminante predominantes hasta ese punto.

El análisis de las 33 bocatomas de agua para consumo humano muestra que en la mayoría de los casos se requiere tratamiento convencional para su potabilización, y en algunos casos incluso éste no es suficiente (bocatomas ubicadas en las quebradas San Rafael, La Cascada, La Marina, Barroblanco y La Soledad para abastecimiento a los municipios de Calarcá, Pijao, Circasia, Filandia y Montenegro respectivamente) considerando el cumplimiento del criterio de calidad de coliformes fecales.

De acuerdo con el IACAL, las posibles alteraciones a la calidad del agua, de acuerdo con la capacidad de asimilación de los cuerpos de agua en los puntos de monitoreo de las bocatomas, se encuentra que: i) para condiciones de oferta hídrica total media es posible que sea baja en un 3%, moderada en un 22%, media alta en un 69% y alta en un 6%; ii) para condiciones de oferta hídrica total seca es posible que sea baja en un 3%, moderada en un 16%, media alta en un 47% y alta en un 34%. Las cifras que arroja el IACAL llaman la atención sobre el control de la contaminación aguas arriba de las bocatomas de agua para consumo humano y que de no tomarse acciones al respecto las posibilidades de afectación de la calidad del agua y el posible incumplimiento de los criterios de calidad para el respectivo uso, que es prioritario, podrían darse en un alto porcentaje de las bocatomas de la CRQ. Tales posibles afectaciones podrían ser mayores si se tiene en cuenta que el IACAL no considera presiones por coliformes fecales, que en varios casos dicha afectación es considerable.

De acuerdo con las doce unidades hidrográficas de análisis se pueden presentar las siguientes conclusiones y recomendaciones específicas.

5.5.1 Quebrada Barroblanco

La quebrada Barroblanco, en el punto de muestreo en la bocatoma de agua para consumo humano en el municipio de Filandia, muestra una calidad del agua “Aceptable”, sin embargo, se ha identificado un valor de coliformes fecales alto, lo cual deber ser considerado de inmediato para tomar los correctivos necesarios al ser un asunto de salud pública. Considerando que el uso en este punto es para consumo humano, debe tenerse un estricto cuidado con los vertimientos o contaminación difusa aguas arriba por aguas residuales domésticas o por actividades agropecuarias. La mayor presión, de acuerdo con el mapa de usos y coberturas, puede ser por actividades pecuarias ya que el 67% del área drenante es de “pastos limpios”. Sin embargo, se recomienda revisar si dicha presión es por algún tipo de ganadería y trabajar con los usuarios para su reconversión a tecnologías más limpias, o si es el caso de algún vertimiento puntual de aguas residuales domésticas exigir el adecuado tratamiento.

5.5.2 Quebradas Lachas y Chorrobolillos

La quebrada Lachas y la quebrada Chorrobolillos, tienen una calidad del agua “Buena” y “Aceptable”, respectivamente. Al ser también bocatomas de agua para

consumo humano en el municipio de Filandia, hay que controlar posibles presiones por actividades domésticas y agropecuarias. En las dos quebradas puede existir presión por cultivos, y en el caso de la quebrada Chorrobolillos adicionalmente puede existir presión posiblemente la ganadería.

5.5.3 Quebrada San José (Filandia)

La quebrada San José después del casco urbano de Filandia, si bien tiene un descriptor de calidad “Aceptable”, tiene una presión por contaminación doméstica e industrial. Es necesario revisar el tratamiento actual que se le están dando a las aguas residuales domésticas del municipio ya que no parece ser efectivo. Igualmente, es necesario revisar el cumplimiento de las obligaciones asociadas al permiso de vertimientos por parte de los usuarios de actividades industriales.

5.5.4 Río Roble

De acuerdo con los resultados obtenidos, la calidad del agua en el río Roble se encuentra en condiciones aceptables. La quebrada La Marina y el río Roble en la bocatoma Circasia son bocatomas de agua para consumo humano donde hay concentraciones altas de coliformes fecales. Considerando el uso que tienen asignado dicho tramo de la quebrada, es necesario revisar los vertimientos puntuales (formales o informales) y difusos existentes en la actualidad y tomar los respectivos correctivos al ser un asunto de salud pública.

5.5.5 Quebrada Buenavista

La quebrada Buenavista se encuentra en general en condiciones de calidad aceptables. En el caso de la bocatoma de agua para el municipio de Quimbaya en la quebrada Buenavista, los valores de los subíndices de coliformes fecales y la relación nitrógeno total/fósforo total llaman la atención sobre una ligera afectación por aportes de materia orgánica y compuestos asociados a la producción agrícola, situación que debe ser revisada y corregida en el área de drenaje hasta este punto dado el uso asignado en este tramo particular de la misma.

En general en todos los puntos monitoreados se encuentran valores bajos del subíndice de coliformes fecales lo cual está reflejando condiciones de calidad afectados por aportes de materia orgánica. Aguas abajo del municipio de

Quimbaya se refleja la afectación de las aguas residuales domésticas de dicho municipio. En los otros puntos las afectaciones pueden ser probablemente por actividades pecuarias o agrícolas en particular de ganadería, café, banano, aguacate y otros cultivos.

5.5.6 Quebrada Agua Linda (Quimbaya)

La quebrada Agua Linda tiene una condición regular acercándose a mala, principalmente por vertimientos urbanos de Quimbaya, y por aportes de materia orgánica, probablemente derivados de las actividades agrícolas en las cuales tiene un peso importante el café y en menor medida el banano y aguacate.

5.5.7 Río Espejo

La quebrada Yeguas tiene una condición de calidad regular lo cual es un reflejo de las aguas residuales que recibe del centro urbano del municipio de Circasia, así como probablemente actividades agropecuarias. Aguas abajo, la quebrada Hojas Anchas también tiene condiciones regulares, siendo la mayor presión ejercida al parecer actividades agropecuarias. La quebrada La Roca se encuentra en condiciones de calidad buenas ya que no existen presiones significativas a la calidad actualmente. La quebrada Hojas Anchas aguas abajo de la confluencia de la quebrada Santa Helena y pasando por un borde de la ciudad de Armenia tiene condiciones regulares por afectación principalmente por materia orgánica, así como alta presión también es por productos agroquímicos, actividades industriales y mineras. Aguas abajo, la quebrada Hojas Anchas antes de la entrada de la quebrada Zanjón Hondo se recupera probablemente por el efecto de la entrada de caudales de las cinco quebradas tributarias que le llegan por el margen derecho. Por el contrario, la quebrada Zanjón Hondo tienen condiciones de calidad malas al parecer por aportes de materia orgánica y compuestos de agroquímicos. El río Espejo aguas arriba de la confluencia con la quebrada armenia y ésta también a su entrega tienen condiciones de calidad aceptables.

Por otra parte, la quebrada Cajones aguas abajo del centro urbano del municipio de Montenegro tiene condiciones de calidad que reflejan la carga contaminante de las aguas residuales domésticas del mismo municipio. Aguas abajo, el río Espejo parece afectarse significativamente por la llegada de la quebrada Cajones. Por el margen izquierdo, la quebrada Carmelita evidencia

presiones a la calidad principalmente de materia orgánica al parecer por actividades agrícolas (el área de drenaje a este punto de monitoreo tiene un 66% de coberturas para cultivos de banano⁷ y 11% para otros cultivos no identificados).

En la quebrada el reposo la principal presión viene por los cultivos de banano que ocupan el 62% del área de drenaje y en menor medida el café con un 13%. En la quebrada La Argelia la principal presión viene por coliformes fecales y agroquímicos (para el área de drenaje hasta este punto un 60% de las coberturas son para cultivos de banano, 17% para café y 15% para otros cultivos, así como 2% de territorio artificializado y 1% para la industria). Finalmente, antes de la desembocadura al río La Vieja, el río Espejo se recupera, pero sigue evidenciando aportes de carga contaminante por actividades agrícolas que en general se muestra proviene de cultivos de banano y café principalmente.

Se recomienda trabajar con las respectivas asociaciones de cultivadores de banano y café para avanzar hacia el uso de tratamientos menos contaminantes en sus cultivos y posteriores procesos asociados con la actividad.

5.5.8 Quebrada Cristales

La quebrada Cristales en su parte alta que discurre por el municipio de Armenia tiene condiciones aceptables, sin embargo, parece existir presión por un vertimiento industrial no identificado. Aguas abajo del municipio y del punto de vertimiento “Don Pollo”, la quebrada Cristales evidencia el vertimiento tanto del municipio y en particular de dicha actividad económica. Se recomienda revisar el cumplimiento de los límites máximos permisibles de dicha actividad.

Las quebradas Los Ángeles Marmato, la quebrada Cristales aguas abajo en el punto de monitoreo denominado Villa Sonia, y la quebrada Cristales en el punto Hacienda Maravelez tiene condiciones de calidad aceptables, sin embargo, se recomienda hacer seguimiento a los aportes de materia fecal que están llegando a estos cuerpos de agua.

En la quebrada La Jaramilla, si bien se reflejan condiciones de calidad aceptables, se recomienda hacer seguimiento a vertimientos agrícolas, domésticos e industriales. Antes de su llegada al río La Vieja, la quebrada Cristales en el

punto de monitoreo denominado Pisamal tiene condiciones regulares, evidenciando afectaciones principalmente por cultivos de banano, cafés y probablemente actividades pecuarias.

5.5.9 Río Quindío

El río Verde antes de su desembocadura al río Quindío presenta condiciones de calidad aceptables. Sin embargo, la calidad del mismo tiene variaciones desde su cabecera, viniendo las principales presiones desde sus tributarios. En cabecera, las bocatomas para consumo humano tienen condiciones de calidad aceptables en el río Santo Domingo Calarcá, la quebrada El Salado y el Salado 2, mientras las bocatomas de las quebradas San Rafael y El Naranjal se encuentran en condiciones de calidad regulares al parecer por contaminación proveniente de aguas residuales domésticas o actividades pecuarias.

El río Santo Domingo antes y después de la confluencia de la quebrada Las Marías tiene condiciones aceptables de calidad, sin embargo, es impactado por los aportes que trae la quebrada Negra la cual tiene condiciones regulares probablemente por compuestos químicos. Se recomienda revisar los vertimientos existentes en quebrada Negra y tomar los correctivos a que haya lugar.

En el río Quindío todas las bocatomas (Salento, Estación Bombeo, Tebaida, Calarcá La Tebaida retorno Bayona) tienen condiciones aceptables. Las quebradas La Florida, El Pescador y San Nicolás El Cafetero tienen afectaciones compuestos químicos y coliformes fecales. En estos casos es necesario revisar los vertimientos de los diferentes sectores usuarios que están entregando sus aguas residuales ya sea de manera formal o informal.

Finalmente, el río Quindío antes de su desembocadura al río Barragán logra asimilar parte de la carga contaminante que traía de aguas arriba.

5.5.10 Quebrada La Picota

Los resultados muestran que la quebrada (junto con su tributaria la quebrada Los Juanes) tienen condiciones aceptables a lo largo de su recorrido. Sin embargo, en el punto de monitoreo aguas abajo del centro poblado Buena Vista es necesario revisar los vertimientos que están llegando a la misma.

5.5.11 Río Rojo

El punto denominado Río Gris Génova es una bocatoma de agua para consumo humano que, si bien presenta condiciones de calidad aceptables, es necesario revisar las presiones que están llegando por algún sector socioeconómico aguas arriba.

El río San Juan en el primer punto de monitoreo, poco antes de pasar por el borde occidental del casco urbano del municipio de Génova, requiere revisión de los posibles vertimientos que se están dando ya que hay presión por coliformes. El río San Juan aguas abajo se ve impactado por el vertimiento Polideportivo en el paso por el municipio de Génova. El otro punto de monitoreo del río San Juan está aguas arriba de la confluencia con el río Rojo, y sigue estando en condiciones de calidad regulares. Al final, el río Rojo, antes de recibir al río San Juan, tiene condiciones de calidad aceptables sin embargo deben revisarse las prácticas agropecuarias que en su área de drenaje se están desarrollando.

5.5.12 Río Lejos

El estado de calidad en la bocatoma en la quebrada Las Pizarras es aceptable, sin embargo, es necesario hacer seguimiento a los impactos que pueden estar generando actividades agropecuarias agua arriba. Aguas abajo el Río Lejos parece tener presión también por actividades agropecuarias.

En el caso de La quebrada La Cascada, que es fuente abastecedora para consumo humano, es necesario tomar acciones inmediatas ya que su calidad es regular, encontrándose concentraciones altas de coliformes fecales.

La quebrada El Inglés tiene también condiciones de calidad regulares donde la mayor presión viene por cargas orgánicas y productos agroquímicos.

El río Lejos en dos puntos de monitoreo, uno aguas bajo de su paso por el municipio de Pijao, y el otro, aguas arriba de la confluencia del río Azul, muestran condiciones de calidad “Regular”. Se evidencia en ambos casos que la principal presión es por materia orgánica, y en particular por coliformes fecales probablemente por el vertimiento de aguas residuales domésticas.

El río Azul, antes de la confluencia con el río Lejos, muestra una condición de calidad mala por afectaciones por materia orgánica y sustancias químicas.

La quebrada La Maizena, otra que tributa al río Lejos por su margen izquierda, tiene condiciones de calidad aceptables, sin embargo, debe hacerse seguimiento a la presión por aportes de materia orgánica probablemente de actividades agropecuarias.

Finalmente, el río Lejos antes de su desembocadura al río Barragán no logra recuperarse. En este punto se evidencia que la mayor presión puede venir de actividades agrícolas.

6 ECOSISTEMA ACUÁTICO

6.1 Introducción

El incremento de la densidad poblacional y la producción agroindustrial en la zona Andina de Colombia han generado presión y la consecuente degradación del recurso hídrico por la acumulación y descarga de aguas residuales domésticas, industriales, agrícolas, ganaderas, mineras, entre otros factores (IDEAM, 2015). Por esta razón, ha aumentado el interés por conocer y proteger los ecosistemas fluviales, estudiar sus cambios en el tiempo, desarrollando criterios fisicoquímicos y biológicos que permitan estimar el efecto y la magnitud de la intervención antrópica (Norris & Hawkins, 2000). Cabe resaltar que, los ecosistemas lóticos andinos ofrecen multiplicidad de bienes y servicios, entre otros: son los principales reservorios y vías de transporte de agua dulce para consumo, además, se constituyen en componentes fundamentales de los ciclos biogeoquímicos regionales (Bere & Tundisi, 2010). Asimismo, ofrecen una gran variedad de servicios ecosistémicos de aprovisionamiento (energía, recursos forestales, minerales, agropecuarios y pesqueros), de regulación (gases con efecto invernadero, avenidas, autodepuración del agua), de sostenimiento (fotosíntesis, diversidad genética) y culturales (recreación, turismo, recursos paisajísticos e históricos).

Los ríos andinos también son el hábitat de innumerables formas de vida como microorganismos, macrófitos, invertebrados y peces, determinantes en la productividad y balance ecológico de un cuerpo de agua (Roldán & Ramírez, 2008). Dentro de esta amplia diversidad de biota acuática encontramos al perifiton, definido como una comunidad compleja de microorganismos (algas, bacterias, hongos, animales, detritos orgánicos e inorgánicos) adherida a un sustrato, el que puede ser orgánico o inorgánico, vivo o muerto (Wetzel, 1983; Montoya & Aguirre, 2013); relevante en la dinámica de los ecosistemas acuáticos como parte integral del ciclo energético, la productividad primaria y el reciclaje de nutrientes (Moresco *et al.*, 2015). Además, el perifiton responde rápidamente a la degradación de la calidad del agua, incluso si existe una ligera contaminación de ella (De la Lanza *et al.*, 2000; Doung *et al.*, 2007).

Por su parte, los macroinvertebrados (insectos, anélidos, moluscos, crustáceos, entre otros) tiene actualmente un uso potencial en la determinación de la calidad del agua y el grado de conservación de los hábitats acuáticos (Ribera & Foster, 1992), ya que la estructura de sus comunidades reflejará cualquier cambio en las condiciones ambientales, al ser organismos que ocupan un hábitat a cuyas exigencias ambientales están adaptados (Roldán & Ramírez, 2008). Constituyen una buena herramienta como indicadores, de cara a la gestión y conservación de áreas particularmente ricas en especies raras o amenazadas (Sánchez-Fernández *et al.*, 2004).

Además, en los últimos años la fauna íctica ha sido posicionada como un instrumento adicional para monitorear y caracterizar la calidad del agua en ecosistemas lóticos y lenticos (Aguilar-Ibarra, 2005). La mayor longevidad de los peces, los faculta como testigos indicadores de afecciones e impactos históricos en los cuerpos de agua; además su mayor tamaño y movilidad les permite jugar un papel preponderante en los ecosistemas, al influir en el flujo de energía y transporte de sustancias y elementos (Del Ebro, 2004). Por esto, el estudio de la ictiofauna es primordial en la comprensión del funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y las presiones que lo afectan, proporcionando elementos importantes para su conservación y manejo.

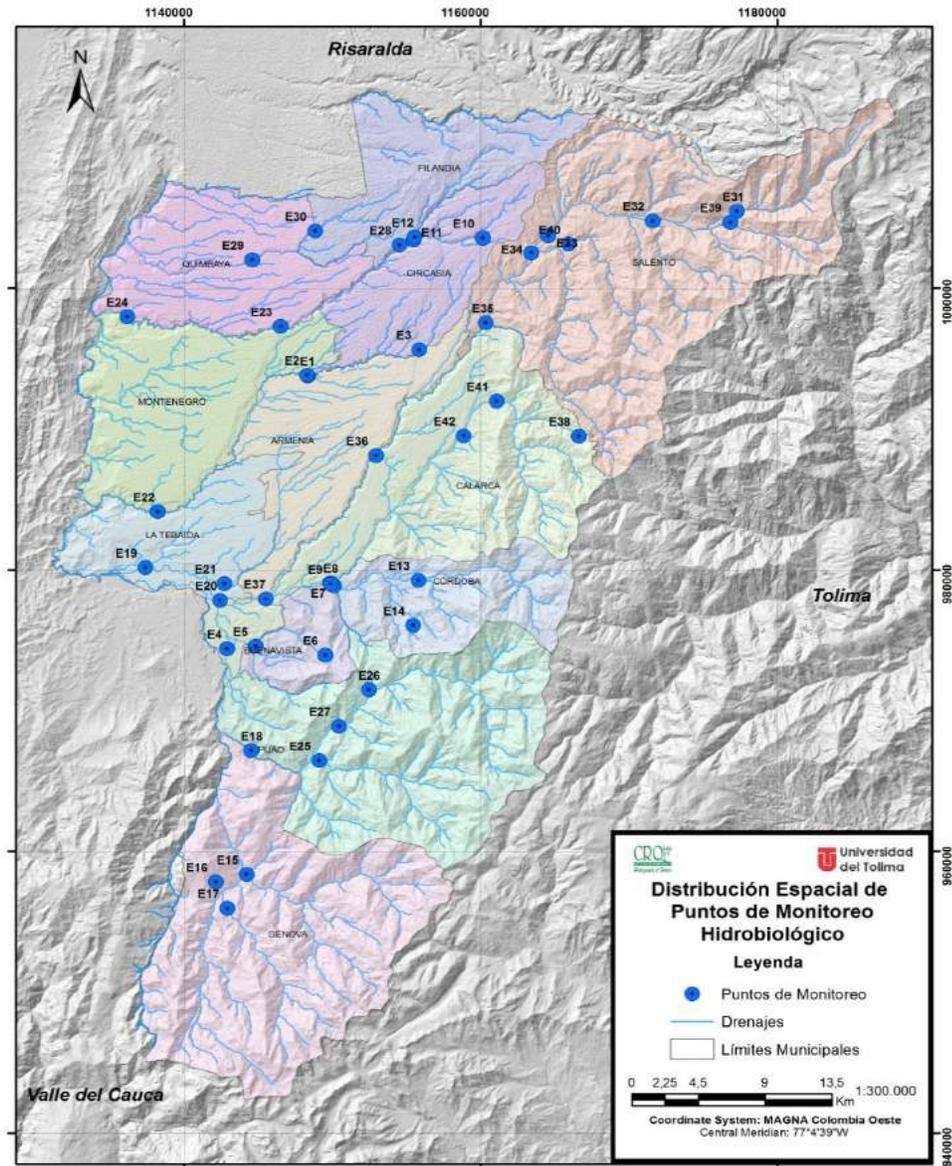
En el presente capítulo se propone analizar la calidad hidrobiológica de las aguas superficiales del departamento del Quindío, así como la distribución espacial de la biota acuática (perifiton, macroinvertebrados y peces) en el marco de la Evaluación Regional del Agua. El análisis hidrobiológico se realizó sobre las unidades hidrográficas de los ríos Espejo, Santo Domingo, Verde, Roble, Gris, Lejos, Rojo, San Juan, Quindío, Azul y las quebradas Armenia, Hojas Anchas, Juanes, La Picota, Sardineros, Portachuelo, El Roble, Cristales, y Buenavista, en el departamento del Quindío, como insumo para la implementación de procesos de gestión integral del recurso.

6.2 Área de Estudio

Se evaluaron 23 unidades hidrográficas del departamento del Quindío, ubicadas en los municipios de Filandia, Circasia, Calarcá, Armenia, Montenegro, Quimbaya, Córdoba, La Tebaida, Pijao, Buenavista, Salento y Génova (Figura 56). Todas ellas se encuentran dentro de la subzona hidrográfica del río La Vieja y son las

encargadas de suministrar agua a todos los municipios del departamento del Quindío (CRQ, 2011).

Figura 56. Ubicación de las estaciones de muestreo para el monitoreo hidrobiológico en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



6.2.1 Estaciones de Monitoreo

El área de monitoreo incluye 42 puntos de muestreo, distribuidos en 23 unidades hidrográficas y 12 municipios del departamento del Quindío. Cada tramo monitoreado, se referenció empleando un receptor GPS (Tabla 131). En la Figura 57, Figura 58 y Figura 59 se presenta cada estación de muestreo.

Tabla 131. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

Estación	Ecosistema	Municipio	Localidad	N	W	Altura
E1	Quebrada Armenia	Armenia	Puente	4° 32' 19.3"	75° 44' 26.3"	1229
E2	Rio Espejo	Armenia	Puente	4° 32' 21.2"	75° 44' 27.2"	1229
E3	Quebrada Hojas Anchas	Armenia	Hojas Anchas	4° 33' 19.3"	75° 40' 22.6"	1467
E4	Quebrada La Picota	Buenavista	Carretera	4° 21' 56.9"	75° 46' 19.1"	1079
E5	Quebrada Juanes	Buenavista	Carretera	4° 21' 55.0"	75° 46' 20.7"	1091
E6	Quebrada La Picota	Buenavista	Puente	4° 21' 33.7"	75° 43' 48.7"	1555
E7	Quebrada Sardineros	Calarcá	Confluencia de Rio Verde	4° 24' 13.8"	75° 43' 31.0"	1148
E8	Rio Santo Domingo	Calarcá	Confluencia de Rio Verde	4° 24' 21.0"	75° 43' 38.4"	1144
E9	Rio Verde	Calarcá	Paradero	4° 24' 18.4"	75° 43' 37.2"	1133
E10	Rio Roble	Circasia	Bocatoma	4° 37' 37.5"	75° 38' 2.5"	1768
E11	Rio Roble	Circasia	Puente	4° 37' 33.6"	75° 40' 34.8"	1480
E12	Quebrada Portachuelo	Circasia	Confluencia de Rio Roble	4° 37' 39.6"	75° 40' 31.8"	1483
E13	Rio Verde	Córdoba	Quebradanegra	4° 24' 26.3"	75° 40' 25.6"	1525
E14	Quebrada El Roble	Córdoba	Vereda La Española	4° 22' 41.6"	75° 40' 37.1"	1746
E15	Rio Rojo	Génova	Puente	4° 13' 7.3"	75° 46' 42.3"	1359
E16	Rio San Juan	Génova	Puente	4° 12' 6.7"	75° 47' 49.4"	1715
E17	Rio Gris	Génova	Bocatoma	4° 11' 48.6"	75° 47' 24.4"	1540
E18	Rio Lejos	Génova	Puente	4° 17' 52.4"	75° 46' 30.4"	1200
E19	Quebrada Cristales	La Tebaida	Maravelez	4° 24' 56.8"	75° 50' 22.6"	1034
E20	Rio Quindío	La Tebaida	Confluencia de Rio Barragán	4° 23' 40.9"	75° 47' 39.7"	1059
E21	Quebrada Cristales	La Tebaida	Cañaduzal	4° 24' 19.4"	75° 47' 29.4"	1056
E22	Rio Espejo	La Tebaida	La Herradura	4° 27' 6.1"	75° 49' 55.2"	1057
E23	Rio Roble	Montenegro	Puente	4° 34' 13.7"	75° 45' 26.8"	1247
E24	Rio Roble	Montenegro	La Española	4° 34' 36.4"	75° 51' 1.5"	991
E25	Rio Azul	Pijao	Confluencia de Rio Lejos	4° 17' 29.4"	75° 44' 3.1"	1427
E26	Rio Lejos	Pijao	Pueblo	4° 20' 13.5"	75° 41' 58.9"	1664
E27	Rio Lejos	Pijao	Puente	4° 18' 48.9"	75° 43' 19.6"	1502
E28	Quebrada Buenavista	Quimbaya	Puerto Alejandría	4° 37' 21.9"	75° 51' 5.3"	1583
E29	Quebrada Buenavista	Quimbaya	Paradero	4° 36' 47.2"	75° 46' 24.6"	1233

Estación	Ecosistema	Municipio	Localidad	N	W	Altura
E30	Quebrada Buenavista	Quimbaya	Bocatoma	4° 37' 54,1"	75° 44' 9,9"	1377
E31	Quebrada Cárdenas	Salento	Cocora	4° 38' 37,6"	75° 28' 46,4"	2457
E32	Rio Quindío	Salento	El Escobal	4° 38' 16,4"	75° 31' 51,1"	2028
E33	Rio Quindío	Salento	Bocatoma	4° 37' 42,4"	75° 35' 39,4"	1694
E34	Rio Navarco	Salento	Navarco	4° 37' 03,0"	75° 36' 17,0"	1647
E35	Rio Quindío	Calarcá	Chaguala	4° 34' 21,2"	75° 37' 57,0"	1499
E36	Rio Quindío	Armenia	Balboa	4° 29' 14,7"	75° 41' 57,3"	1281
E37	Rio Quindío	Calarcá	Tarapacá	4° 23' 43,4"	75° 45' 58,7"	1081
E38	Quebrada La Gata	Calarcá	La Línea	4° 29' 58,3"	75° 34' 33,9"	2439
E39	Rio Quindío	Salento	Truchera	4° 38' 12, 7"	75° 29' 01,8"	2384
E40	Rio Boquerón	Salento	Navarco	4° 37' 22,9"	75° 34' 55,1"	1721
E41	Rio Santo Domingo	Calarcá	San Rafael	4° 31' 19,7"	75° 37' 33,1"	1523
E42	Rio Santo Domingo	Calarcá	Santo Domingo	4° 30' 0,01	75° 38' 46,0"	1424

Figura 57. Estaciones de muestreo de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío (A-L).



A: Q. Armenia; **B:** Rio Espejo; **C:** Q. Hojas Anchas; **D:** Q. La Picota; **E:** Q. Juanes; **F:** Q. La Picota; **G:** Q. Sardineros; **H:** Rio Santo Domingo; **I:** Rio Verde; **J y K:** Rio Roble; **L:** Q. Portachuelo.

Las estaciones evaluadas abarcan un rango altitudinal desde los 967 a los 2457 msnm y se ubican en las zonas de vida bosque seco tropical, bosque premontano, bosque montano bajo y bosque montano o altoandino.

Figura 58. Estaciones de muestreo de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío (M-Z).



M: Rio Verde; **N: Q:** El Roble; **Ñ:** Rio Rojo; **O:** Rio San Juan; **P:** Rio Lejos; **Q:** Rio Gris; **R:** Rio Espejo; **S:** Rio Roble; **T:** Rio Roble; **U:** Rio Azul; **V y W:** Rio Lejos; **X, Y y Z:** Q. Buenavista.

La mayoría de las estaciones exhibe un alto grado de conservación con abundante vegetación riparia, gran cantidad de microhábitats, caudal y profundidad moderados, todos estos factores son los apropiados para el establecimiento de las comunidades biológicas dentro de un ecosistema acuático. Sin embargo, se

observan ciertas afectaciones de origen antrópicos dentro de las que se incluyen, extracción de material de arrastre, recepción de aguas servidas, turismo, agricultura, modificación del cauce para captaciones de acueductos, entre otros.

Figura 59. Estaciones de muestreo hidrobiológico en las unidades hidrográficas de río Quindío, río Navarco, y río Santo Domingo.



A: Q. Cárdenas; **B y C:** Río Quindío; **D)** Río Navarco; **E, F, G:** Río Quindío; **H:** Q. La Gata; **I:** Río Quindío; **J:** Río Boquerón; **K y L:** Río Santo Domingo

6.3 Perifiton

6.3.1 Método de campo

En cada estación de muestreo se seleccionó un área sin sombra (a no ser que ésta fuera la característica distintiva de la estación a evaluar) donde se definió un transecto lineal de 20 metros sobre el cauce del río; en recorridos a contracorriente se seleccionaron al azar piedras y troncos (sustratos naturales) sumergidos en áreas de alto flujo de corriente y en los cuales se identificó la presencia del perifiton (Rimarachin, 2014).

En cada sustrato se realizó un raspado de la superficie empleando un cepillo plástico de cerda suave (un cepillo diferente por cada sustrato y estación de muestreo para evitar la contaminación cruzada) en un área de 16 cm². El material perifítico recogido fue lavado con agua destilada (40 ml) y transferido a frascos plásticos de 100 ml de capacidad. Inmediatamente, la muestra fue fijada con solución de Yodo agitándose de manera suave y homogénea, luego de quince minutos se agregó 40 ml de formol al 5% (Rimarachin, 2014). Adicionalmente, en cada estación de muestreo se midió *in situ* la temperatura del agua (°C), pH, oxígeno disuelto (%), conductividad eléctrica (CE), sólidos totales disueltos (ppm TdS) y potencial de reducción de oxidación (mV OPR), empleando una sonda multiparámetros HI 98194 HANNA Instruments®; asimismo, se calcularon los índices de calidad de bosque de ribera (QBR) y de hábitat fluvial (IHF). Esta información se consignó en fichas de campo junto con información relacionada a la condición climática, caudal (m³/s), velocidad de corriente (m/s), ancho (m) y profundidad (cm) del río, colecta del perifiton y a las particularidades de la respectiva estación de muestreo.

6.3.2 Método de laboratorio

En el laboratorio de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima se procedió al montaje, observación, determinación y cuantificación (por campos) del perifiton empleando un microscopio Olympus CX31 y una cámara de conteo Sedgwick-Rafter (SR), que limita el área y volumen, y permite calcular las densidades poblacionales después de un periodo de sedimentación. La determinación taxonómica se llevó a cabo siguiendo las claves de Prescott (1954,1970), Streble & Krauter (1987), Lopretto & Tell (1995), Ramírez

(2000), Bicudo & Menezes (2006) y Bellinger & Sigeo (2010). Finalmente, la densidad de organismos por unidad de área se calculó siguiendo la siguiente ecuación (APHA 1992, Ramírez 2000):

$$\frac{\text{Organismos}}{\text{mm}^2} = \frac{N \times A_t \times V_t}{A_c \times V_s \times A_s}$$

Dónde,

N = número de organismos

A_t = Área total de la cámara (mm^2)

V_t = Volumen total de la muestra en suspensión (ml)

A_c = Área contada (bandas o campos) (mm^2)

V_s = Volumen usado en la cámara (ml)

A_s = Área del sustrato o superficie raspada (mm^2).

6.3.3 Análisis de datos

Para evaluar la composición, diversidad y relaciones ecohidrológicas del perifiton se emplearon los siguientes análisis:

Densidad relativa. Para el análisis de los datos se calculó la densidad relativa para los taxones o grupos taxonómicos (clases y géneros) del perifiton, estaciones y sustratos evaluados. La densidad relativa se define como:

$$\%DR = \left(\frac{n1}{N} \right) \times 100$$

Dónde,

DR= Densidad relativa del taxón

n1= El número de individuos capturados u observados del taxón

N = El número total de individuos capturados u observados

Curvas de acumulación de taxones. Con el fin de determinar la representatividad del muestreo se estimó el número de taxones esperados, lo que permite evaluar que tan completos han sido los muestreos en registrar todos los taxones en el área de estudio (Halffter *et al.*, 2001) y así, dar fiabilidad al inventario biológico y posibilitar su comparación (Jiménez-Valverde & Hortal 2003). Se utilizó el programa estadístico EstimateS versión 9.1.0 (Colwell,

2013) para calcular los valores de los estimadores de riqueza: ACE, Chao1 y Cole (Colwell & Coddington, 1994; Moreno 2001) esgrimidos en la elaboración de las curvas de acumulación, empleándose 100 aleatorizaciones en todos los cálculos.

Índices de Diversidad. La diversidad alfa de los géneros del perifiton en cada estación se estimó calculando los números efectivos de especies de la serie de Hill (q_0 , q_1 , y q_2), mediante la transformación de los valores obtenidos de los índices de equidad de Shannon–Wiener y dominancia de Simpson (Jost & González, 2012). La diversidad beta (o tasa de recambio de especies) se calculó con el índice de Bray–Curtis y se graficó a partir de un clúster para apreciar las especies que no son compartidas entre las estaciones. Todos los análisis se realizaron con el programa PAST (PAleontological STatistics) versión 3.16 (Hammer *et al.*, 2001).

Análisis de escalamiento multidimensional no paramétrico (NMDS). Con el fin de determinar si existía diferencia a nivel de la composición y estructura de la comunidad en cada uno de los ecosistemas y estaciones evaluadas, se realizó un NMDS utilizando la distancia de Bray–Curtis. Para el cálculo de este análisis fue empleando el programa PAST (Hammer *et al.*, 2001).

Análisis de correspondencia canónica (ACC). Se empleó un análisis de ordenación con el propósito de analizar la posible relación entre la comunidad perifítica, las variables fisicoquímicas y las estaciones muestreadas. Para este análisis se utilizó el programa Canoco versión 4.5 (Braak & Smilauer, 2009).

Índice Diatómico Genérico (IDG). Se empleó el IDG para evaluar la calidad del agua a partir del perifiton. El IDG viene determinado por tres variables: 1) la sensibilidad global (S) de cada género a la contaminación, con valores que van de 1 para el más resistente a 5 para el más sensible; 2) la amplitud ecológica del género, que va desde 1 (género ubicuo) hasta 3 (género característico); y 3) la abundancia del género, expresada en porcentaje (Rumeau & Coste, 1988; Benkhedda *et al.*, 2017).

La interpretación del IDG se presenta en la Tabla 132 y se calculó usando la siguiente ecuación (Rumeau & Coste, 1988; Benkhedda *et al.*, 2017):

$$IDG = \frac{\sum_{j=1}^n A_j S_j V_j}{\sum_{j=1}^n A_j V_j}$$

Dónde,

A_j = Abundancia del género (%)

S_j = Valor de sensibilidad global del género

V_j = Valor de amplitud ecológica del género

Tabla 132. Rangos de interpretación del IDG en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

Rango	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica
IDG > 4.5	Cero	Calidad biológica óptima	
4 < IDG < 4.5	Baja	Calidad normal, contaminación débil	
3.5 < IDG < 4	Moderada	Contaminación moderada, eutrofización	
3 < IDG < 3.5	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
2 < IDG < 3	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
1 < IDG < 2	Muy alta	Contaminación muy fuerte	
IDG = 0	Total	La población es considerada como inexistente (contaminación tóxica), se encuentra por debajo de 10 individuos por mm ²	

Fuente: Modificado de Benkhedda *et al.*, 2017, autores, (2018).

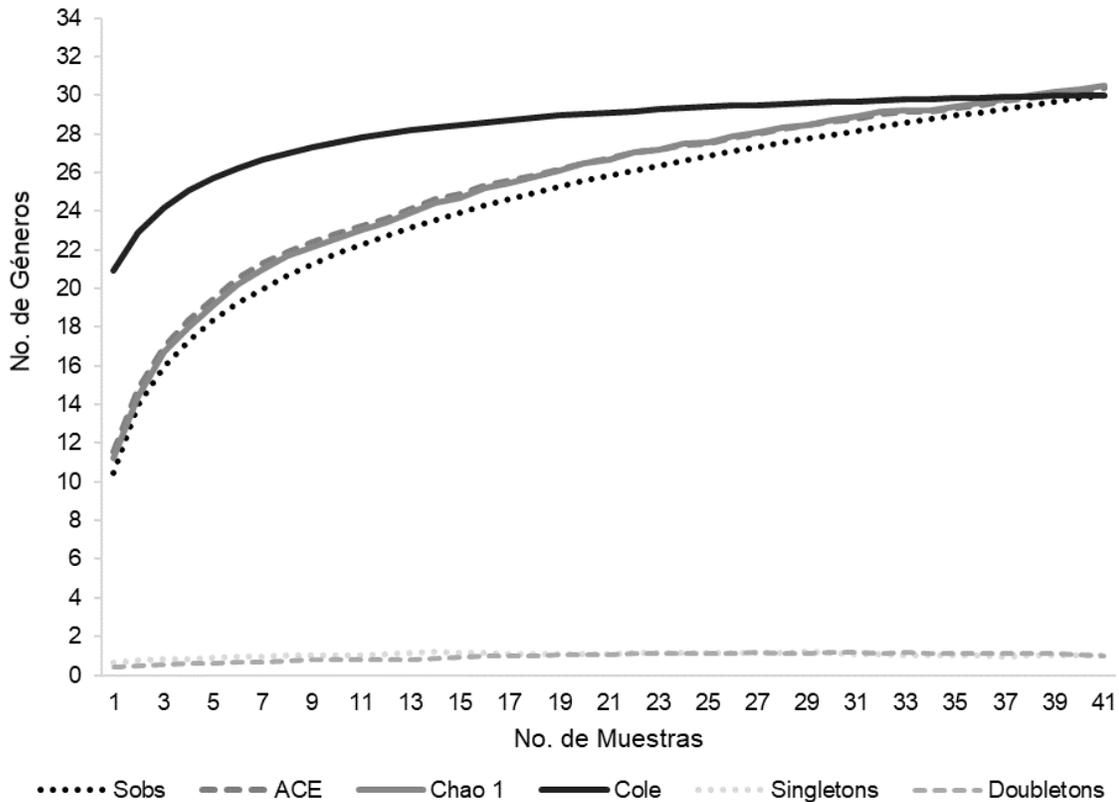
6.3.4 Resultados y discusión

6.3.4.1 Representatividad del muestreo

Se elaboró la curva de acumulación de taxones con los valores de riqueza calculados para los estimadores: ACE, Chao 1 y Cole. De acuerdo con lo observado en la Figura 60, el comportamiento de las curvas es asintótico, expresando que para el presente muestreo se alcanzó un límite de tamaño muestral óptimo y se registraron el total de los taxones esperados por los estimadores. El número de taxones (géneros) observados en las muestras fue 30, coincidiendo con la riqueza estimada por los índices: ACE (30 *gen.*), Chao 1 (31) y Cole (30), señalando una representatividad de muestreo del 100, 98 y 100% respectivamente. Adicional, se observa que las curvas de taxones raros

(singletons y doubletons) tiende a decrecer, indicando que con el aumento del número de estaciones evaluadas se fueron adicionando ejemplares a los taxones menos comunes, comportamiento que refuerza la representatividad del muestreo.

Figura 60. Estimadores de riqueza de los géneros del perifiton registrados en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Sin embargo, es adecuado señalar que los estimadores utilizados para la construcción de las curvas de acumulación valoran la riqueza de especies “puntual” del área de estudio. Por lo que este valor de riqueza es una subestimación de la riqueza “real” del área (Coddington *et al.*, 1996), es decir, que solo calculan la riqueza que fue asequible a los métodos de muestreo

empleados, al tiempo de muestreo y a las condiciones del ambiente en el momento del muestreo. Por tanto, la riqueza local de especies está condicionada a la escala espaciotemporal que se definió para el presente estudio.

6. 3. 4. 2 Composición taxonómica

En el presente muestreo se registró una densidad total de 208.628 organismos/cm² en un área muestreada de 262.400cm². Los organismos analizados se distribuyeron en seis filos, ocho clases, 17 órdenes, 26 familias y 30 géneros (Tabla 133 y Anexo 10).

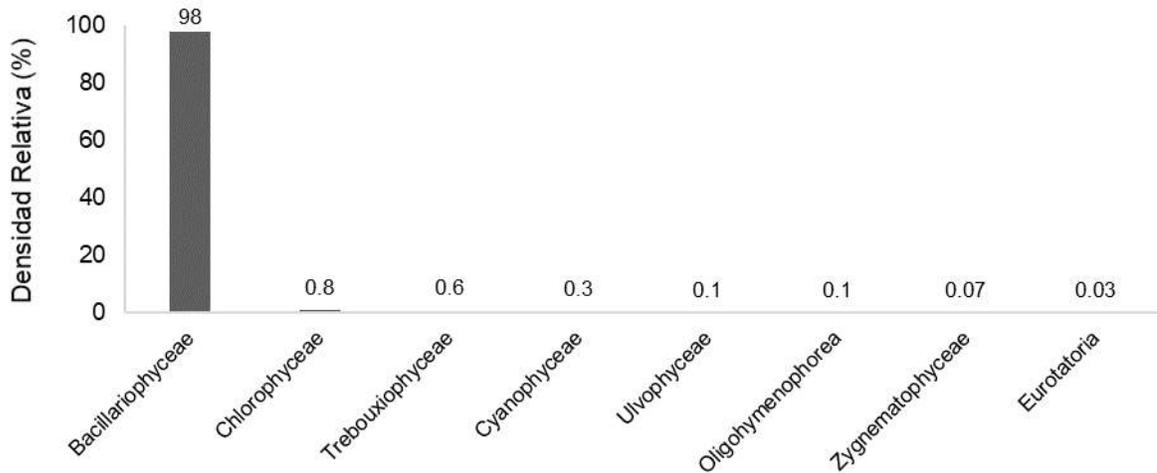
Tabla 133. Composición taxonómica y densidad de géneros del perifiton registrados en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

Filo	Clase	Orden	Familia	Género	Densidad (cel. mm ²)	DR (%)	
Charophyta	Zygnematomyceae	Desmidiales	Desmidiaceae	<i>Cosmarium</i>	4	0.002	
			Peniaceae	<i>Penium</i>	80	0.04	
		Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Mougeotia</i>	23	0.01	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chaetophorales	Chaetophoraceae	<i>Chaetophora</i>	580	0.28	
				<i>Stigeoclonium</i>	1220	0.58	
		Desmidiales	Closteriaceae	<i>Closterium</i>	19	0.01	
				Sphaeropleales	Microsporaceae	<i>Microspora</i>	11
		Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Oocystis</i>	1489	0.71
		Ulvophyceae	Cladophorales	Cladophoraceae	<i>Cladophora</i>	273	0.13
Ulotrichales	Ulotrichaceae				<i>Ulothrix</i>	8	0.004
Ciliophora	Oligohymenophorea	Peniculida	Parameciidae	<i>Paramecium</i>	227	0.11	
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>	898	0.43	
			Microcystaceae	<i>Microcystis</i>	57	0.03	
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	<i>Achnanthes</i>	2292	1	
			Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>	5239	3	
		Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i>	68	0.03	
				<i>Encyonema</i>	11211	5	
			Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>	11460	5	
			Rhoicospheniaceae	<i>Rhoicosphenia</i>	20507	10	
		Fragiliales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i>	2673	1	
				<i>Hannaea</i>	45	0.02	
				<i>Synedra</i>	1614	0.77	
				Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira</i>	2155
Naviculales	Amphipleuraceae			<i>Frustulia</i>	473	0.23	
	Naviculaceae			<i>Navicula</i>	93255	45	
	Neidiaceae	<i>Neidium</i>	2712	1			
Thalassiophysales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i>	47540	23			
		Pleurosigmataceae	<i>Gyrosigma</i>	110	0.05		
Thalassiophysales	Catenulaceae	<i>Amphora</i>	2365	1			
Rotifera	Eurotatoria	Ploima	Lepadellidae	<i>Colurella</i>	23	0.01	

6. 3. 4. 3 Resultados generales

De las clases taxonómicas registradas en este estudio, Bacillariophyceae presentó evidentemente la mayor riqueza de géneros (16) y la más alta densidad relativa de organismos con el 98% (Figura 61 y Tabla 133). Estos resultados son similares a los obtenidos en diferentes estudios de ríos y quebradas a nivel nacional como los de Ramírez & Viña (1998), Ramírez (2000) y Martínez & Donato (2003) y en el departamento del Quindío como los de Bustamante *et al.* (2008, 2009) Marín *et al.* (2011), Obando & Bustamante (2014) y CRQ *et al.* (2015), donde la clase Bacillariophyceae es frecuente y abundante.

Figura 61. Densidad relativa de las clases del perifiton registradas en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



De igual forma, el género *Navicula* registró el valor más alto de organismos con el 45%, seguido por *Pinnularia* con el 23% (Figura 62). La mayor densidad de *Navicula* puede estar relacionada con características particulares del género, como la presencia de estructuras de adhesión que le permiten soportar el estrés producido por la corriente, o la producción de mucilago que le ayuda a la motilidad (Bellinger & Sigeo, 2010) y por consiguiente a una rápida migración. La dominancia de este género es coherente con lo reportado por otros autores (Bustamante *et al.*, 2008, 2009; Marín *et al.*, 2011; Obando & Bustamante, 2014 y CRQ *et al.*, 2015) en el departamento del Quindío.

El número de géneros registrados con una densidad relativa menor al 1% fueron un total de 19 (4%), entre los que se puede mencionar a *Gyrosigma*, *Penium*, *Cymbella*, *Microcystis*, *Hannaea*, *Mougeotia*, *Colurella*, *Closterium*, *Microspora*, *Ulothrix* y *Cosmarium*; todos, con una densidad por debajo del 0.1% (Figura 62), por lo que para este estudio se les puede considerar como poco frecuentes.

Figura 62. Densidad relativa de los géneros del perifiton registrados en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

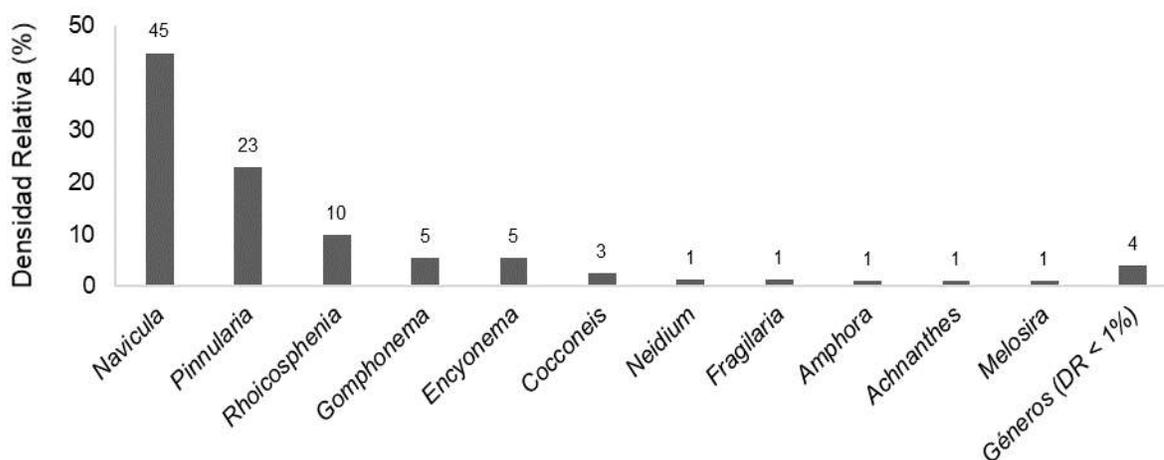
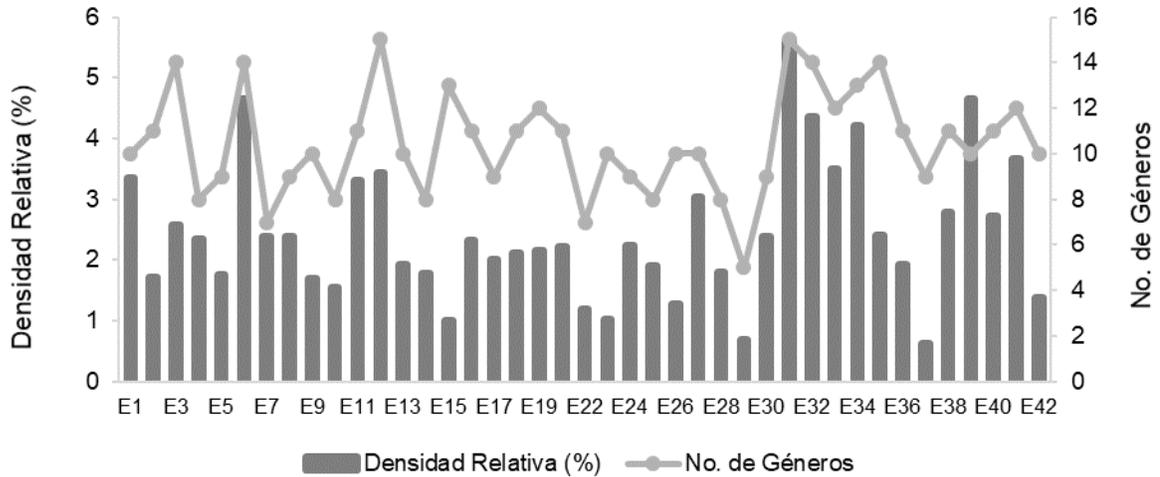


Figura 63. Densidad relativa y número de géneros del perifiton registrados en las estaciones de muestreo ubicadas sobre las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

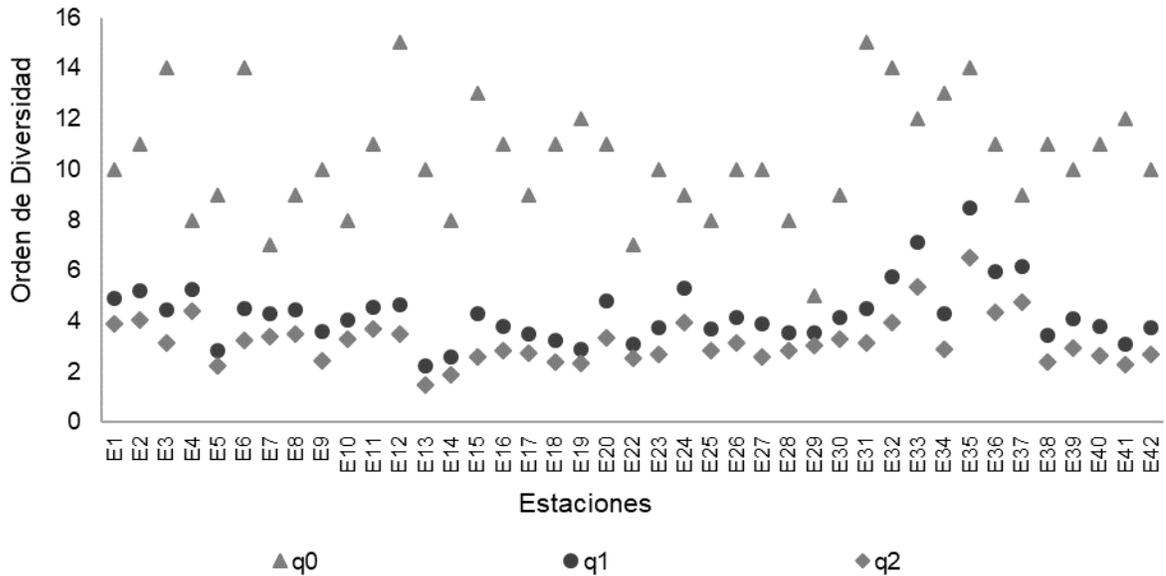


En cuanto a la densidad relativa de organismos entre las estaciones de muestreo, se observa cierto grado de fluctuación heterogénea. El valor más alto se registró en la estación E31 con el 6% seguida por la estación E6 con el 5%; el valor más bajo se observó en la estación E37 con el 0.6% (Figura 63). Respecto de la riqueza de géneros, el número más alto se presentó en las estaciones E31 y E12 con 15 géneros cada una, seguido por las estaciones E3, E6, E32 y E35 con 14 géneros; la riqueza más baja se encontró en las estaciones E29 con 5 géneros y E7 y E22 con 7 géneros cada una (Figura 63).

6. 3. 4. 4 Diversidad alfa y beta

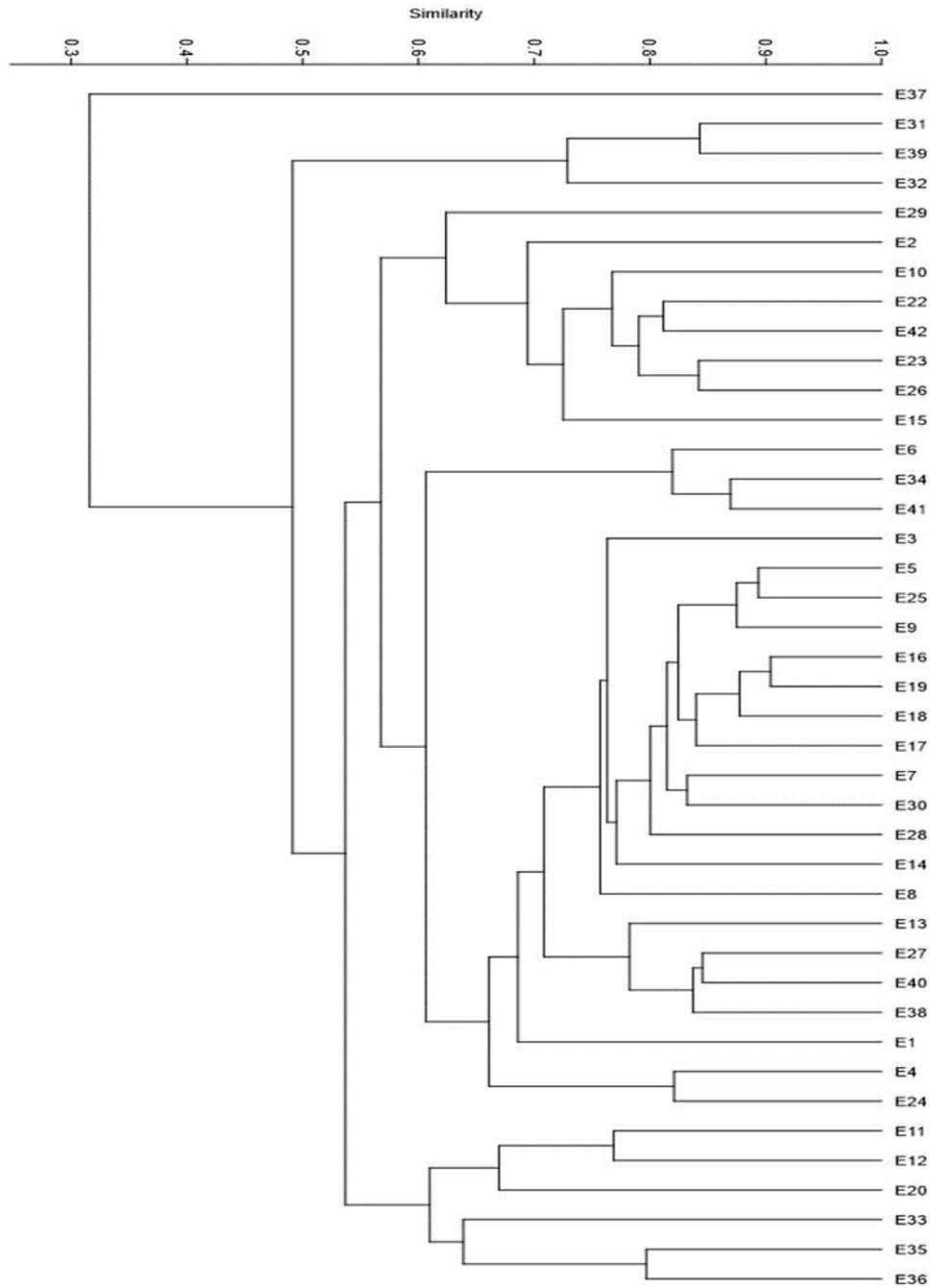
Se estimó la diversidad alfa del perifiton en las estaciones ubicadas sobre las unidades hidrográficas del departamento del Quindío calculando los números efectivos de especies o serie de números de Hill (q_0 , q_1 , q_2). La diversidad de orden q_0 refleja la riqueza, es decir, el número de géneros en las estaciones evaluadas, la cual osciló entre 5 géneros (E29) y 15 géneros (E12, E31) (Figura 63 y Figura 64).

Figura 64. Diversidad del perifiton registrado en las estaciones de muestreo ubicadas sobre las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



El número efectivo q_1 presentó los mayores valores en las estaciones E35 (8.5) y E33 (7.1), en contraste, el menor valor se registró en las estaciones E13 (2.2), E14 (2.6) y E14 (2.9). Lo que expresa que la estación E35 presenta una diversidad casi cuatro veces mayor con relación a la estación E13. La diversidad de orden q_2 manifestó nuevamente los valores más altos para las estaciones E35 y E33 (Figura 64). De acuerdo con Bere & Tundisi (2010), la diversidad aumenta a medida que aumentan las influencias antropogénicas en el sistema, por tanto, no es extraño encontrar las mayores diversidades en estaciones ubicadas aguas abajo de sectores de actividad turística donde se presenta una acumulación de las afectaciones antrópicas.

Figura 65. Índice de Bray-Curtis del perifiton registrado en las estaciones de muestreo ubicadas sobre las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



La diversidad beta, analizada a través del índice de Bray-Curtis, permitió observar la conformación de cuatro agrupaciones en las estaciones de muestreo

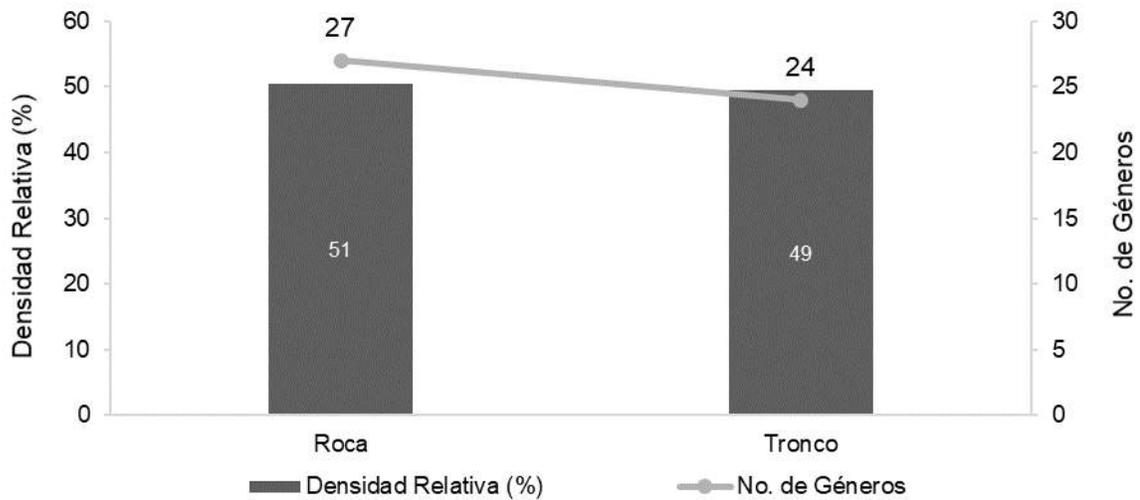
establecidas en correspondencia a la composición y estructura de géneros encontradas en cada una de ellas. La primera, con una similitud del 72%, está dada por las estaciones E31, E32 y E39; la segunda agrupación, dada por las estaciones E11, E12, E20, E33, E35 y E36, presentó una similitud del 60%; la tercera agrupación, la de mayor número de estaciones (E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E13, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E22, E23, E24, E25, E26, E27, E28, E29, E30, E34, E38, E40, E41, E42) mostró una similitud del 50% y finalmente la estación E37 se aparta a un grupo propio (Figura 65).

6. 3. 4. 5 Aspectos ecológicos

Análisis de los sustratos naturales evaluados. En las estaciones evaluadas se analizaron dos tipos de sustratos: roca y tronco, por estar relacionados con una mayor frecuencia y estabilidad en los ecosistemas acuáticos, lo que permite la colonización y un óptimo desarrollo de las comunidades perifíticas (Pinilla, 1998).

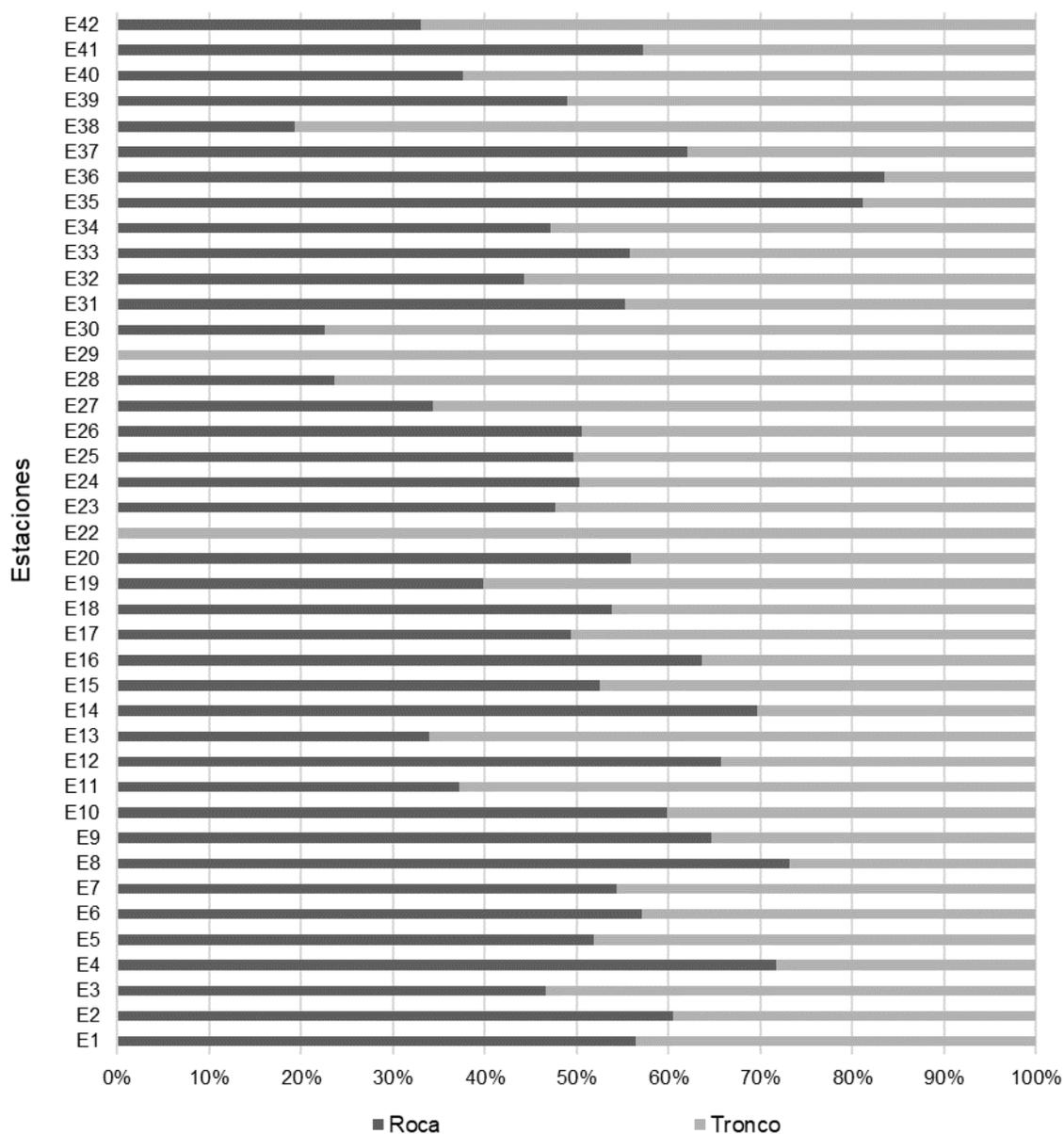
En el sustrato roca se registró una densidad total de 105.458 organismos/cm² (51%) que corresponden a un total de 131.200 cm² del área de sustrato donde se realizó el raspado; los organismos encontrados en este sustrato distribuyeron en ocho clases y 27 géneros. Para el sustrato tronco se registró una densidad total de 103.170 organismos/mm² (49%) en un área total de raspado de 131.200 cm²; los organismos encontrados en el tronco se distribuyeron en las seis clases y 24 géneros (Figura 66).

Figura 66. Densidad relativa y número de géneros del perifiton colectado en diferentes sustratos en las estaciones de muestreo ubicadas sobre las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Nuevamente, la clase Bacillariophyceae presentó la más alta densidad relativa en ambos sustratos, con el 97% en roca y 98% en tronco. De los géneros reportados en el sustrato roca, *Navicula* con 40% y *Pinnularia* con 20% presentaron las mayores abundancias en términos de densidad de organismos; en el tronco *Navicula* con 49% y *Pinnularia* con 26%.

Figura 67. Distribución de la densidad relativa de los sustratos evaluados en las estaciones de muestreo ubicadas sobre las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

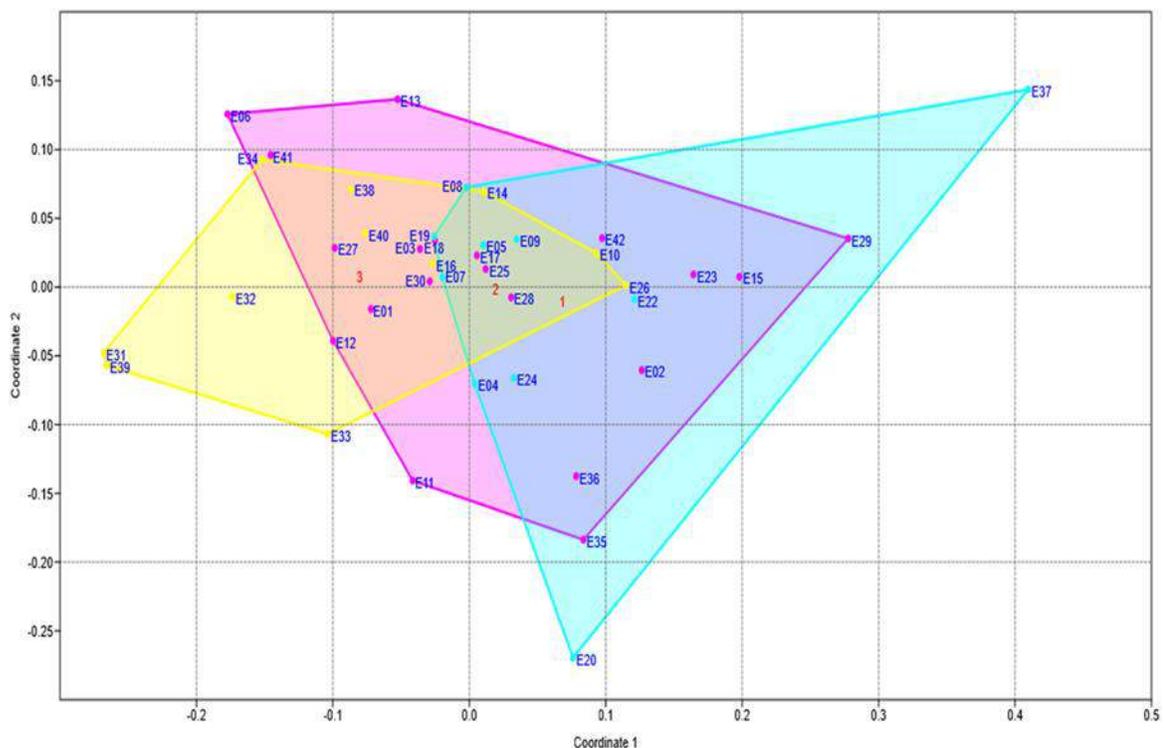


Las distribuciones de los valores de densidad relativa por estación fluctuaron heterogéneamente, el sustrato roca presentó las mayores densidades en las estaciones E36 (83%), E35 (81%), E8 (73%), E4 (72%), E14 (70%), E12 (66%), E9 (65%), E16 (64%), E37 (62%), E2 (61%), E10 (60%); en el sustrato tronco las densidades más altas se encontraron en las estaciones

E22 y E29 (100%), E38 (81%), E30 (77%), E28 (76%), E42 (67%), E13 y E27 (66%), E11 (63%), E40 (62%), E19 (60%) (Figura 67).

Ensamblaje de la comunidad de perifiton. Para el análisis NMDS se agruparon inicialmente las estaciones de acuerdo con sus diferencias de altitud: zona baja (900 a 1200 m), zona media (1200 a 1600 m) y zona alta (1600 a 2500 m). Empleando la densidad de organismos de cada estación se realizó el análisis NMDS (Figura 68) el cual presenta como resultado la sobreposición de los tres grupos, lo que indica pocas diferencias en la composición de los géneros que conforman cada uno de estos grupos.

Figura 68. Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de muestreo ubicadas sobre las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



El análisis de similitud ANOSIM refuerza los resultados observados en la representación gráfica de NMDS, al calcular con el índice de similitud de Bray-Curtis un R de 0.002 con un nivel de significancia de $P = 0.2$, demostrando

que la similitud de los ensamblajes de las comunidades entre los grupos es mayor o igual que su similitud dentro de cada grupo.

Asociación de variables. El análisis de correspondencia canónica (ACC) permitió visualizar la relación existente entre algunos géneros del perifiton con las estaciones de muestreo y las variables fisicoquímicas evaluadas en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío. El test de Monte Carlo indico que las variables que tienen mayor incidencia en la distribución de los datos son el oxígeno disuelto ($P < 0.05$) (Tabla 134).

Tabla 134. Efectos condicionantes de las variables fisicoquímicas en las estaciones de muestreo ubicadas sobre las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

Variable	λa	P	F
Ancho	0.03	0.002	2.75
Profundidad	0.01	0.798	0.64
Temperatura	0.01	0.316	1.16
Velocidad	0.01	0.356	1.12
Caudal	0.02	0.256	1.29
Calidad Bosque de Ribera (QBR)	0.02	0.046	1.76
Hábitat Fluvial (IHF)	0.02	0.186	1.37
pH	0.01	0.386	1.08
Oxígeno Disuelto (O.D.)	0.06	0.002*	4.13
Conductividad Eléctrica (C.E.)	0.02	0.300	1.20
Sólidos Totales Disueltos (TDS)	0.02	0.362	1.06
Potencial Redox (OPR)	0.01	0.242	1.31

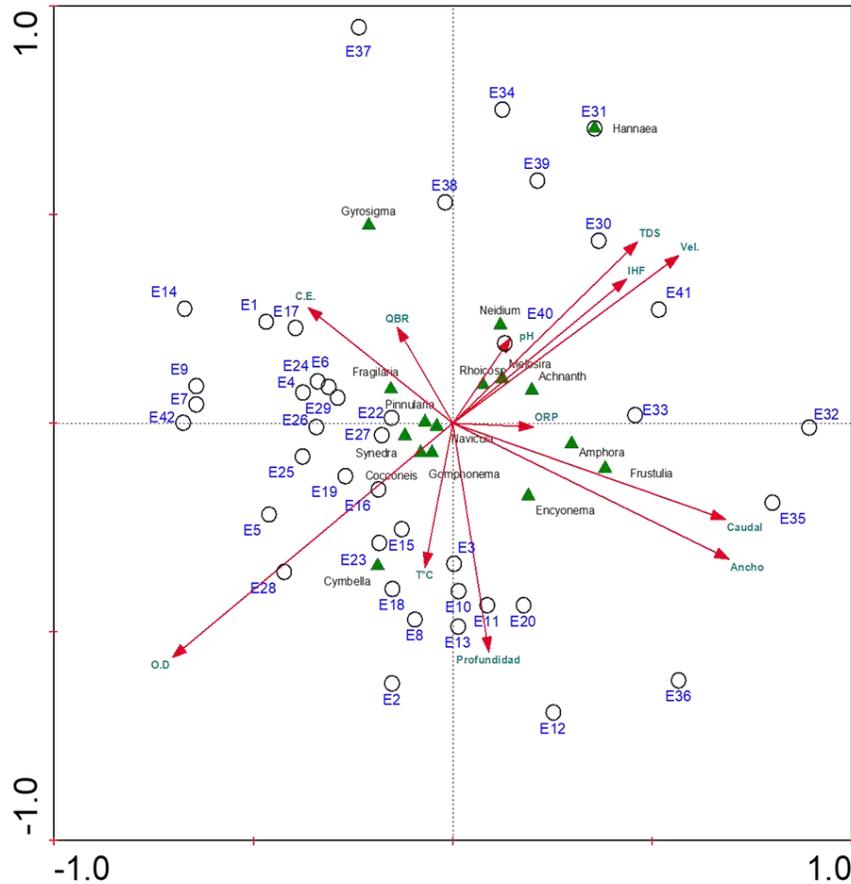
*Con diferencia estadísticamente significativa

Se observa el establecimiento de asociaciones directas entre las estaciones E16 y E28 con el oxígeno disuelto y los géneros *Cocconeis* y *Gomphonema*; la estación E40 con el pH; y los sólidos totales disueltos con el género *Melosira*. De forma parcial se observan las siguientes asociaciones: estaciones E1 y E17 con la conductividad eléctrica y los géneros *Fragilaria*, *Pinnularia* y *Navicula*; estación E41 con la velocidad y *Achnanthes*; estación E35 con el caudal y *Amphora* y *Frustulia*; estaciones E3, E10, E11, E13 y E20 con la profundidad; estaciones E8, E15, E18 y E23 con la temperatura; estación E30 con los

sólidos totales disueltos; pH y los géneros *Neidium* y *Rhicosphenia*; y el ancho con el *Encyonema* (Figura 69).

Las estaciones E12, E31, E32, E34, E36 y E37, así como el género *Hannaea*, se encuentran distantes en el plano y no parecen estar influenciadas por los efectos de las variables fisicoquímicas; por el contrario, los géneros *Navicula* y *Pinnularia*, al estar cercanos al centro del plano, son comunes a las diferentes estaciones evaluadas y son influenciados de manera positiva o negativa por las variables fisicoquímicas, indicando que estos dos son tolerantes a una amplia variedad de condiciones del medio acuático (Figura 69).

Figura 69. Diagrama de ordenación ACC entre las variables fisicoquímicas y los géneros del perifiton en las estaciones de muestreo ubicadas sobre las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



*Evaluación de la calidad del agua a partir del perifiton. De acuerdo con el Índice Diatómico Genérico en términos generales se puede mencionar que las estaciones evaluadas sobre las unidades hidrográficas del departamento del Quindío, para la campaña de muestreo del presente estudio, presentan una contaminación alta a muy alta (Tabla 135), de acuerdo con la composición y estructura de los géneros del perifiton encontrados; la gran dominancia de géneros de una amplitud ecológica alta (*Achnanthes*, *Cocconeis*, *Encyonema*, *Fragilaria*, *Melosira*, *Navicula*, *Rhoicosphenia*, *Synedra*) y resistentes a la contaminación (*Amphora*, *Gomphonema*, *Melosira*, *Navicula*, *Synedra*), arrojan estos resultados. Su cercanía a centros poblados y ubicación altitudinal hace que estos cuerpos de agua traigan acumulación de vertimientos de aguas residuales de distinta índole desde la parte más alta de sus cuencas, reflejando su impacto en la biota que habita estos ecosistemas.*

Tabla 135. Valores del IDG en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

Estaciones	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
M1	1.99	1.59	2.06	1.25	2.19	2.17	1.52	1.62	1.88	1.70
M2	1.61	1.66	2.55	1.48	2.35	2.11	1.49	1.94	2.02	1.48
Promedio	1.80	1.63	2.31	1.36	2.27	2.14	1.50	1.78	1.95	1.59

Estaciones	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20
M1	1.95	2.11	2.19	1.50	1.70	2.55	2.20	2.10	2.83	-
M2	2.33	2.20	2.57	1.62	1.93	2.11	2.56	2.16	2.66	2.11
Promedio	2.14	2.16	2.38	1.56	1.81	2.33	2.38	2.13	2.74	2.11

Estaciones	E22	E23	E24	E25	E26	E27	E28	E29	E30	E31
M1	2.40	1.93	1.65	1.43	2.50	1.69	1.79	-	1.58	1.87
M2	2.69	1.61	1.51	1.61	2.35	1.93	1.91	1.41	2.01	2.42
Promedio	2.55	1.77	1.58	1.52	2.43	1.81	1.85	1.41	1.80	2.15

Estaciones	E32	E33	E34	E35	E36	E37	E38	E39	E40	E41	E42
M1	1.69	1.30	1.60	-	-	-	2.27	1.57	1.77	-	-
M2	1.91	1.51	2.15	1.66	1.66	1.46	1.94	1.93	2.21	2.51	1.93
Promedio	1.80	1.40	1.87	1.66	1.66	1.46	2.10	1.75	1.99	2.51	1.93

Comparación temporal de la densidad, riqueza y diversidad. Al realizar la comparación de los valores de la densidad relativa, el número de géneros y los números de diversidad de Hill obtenidos en cada uno de los dos muestreos realizados para las unidades hidrográficas del departamento del Quindío no se observan grandes diferencias entre los datos (Tabla 3.1.5). Sin embargo, los menores valores presentados en el primer muestreo pueden estar afectados por el incremento de lluvias en los dos primeros meses del año, que incluso, al momento de la toma de muestras impidió el ingreso a algunos de los cuerpos de agua evaluados por el evidente aumento en su caudal.

Tabla 136. Valores de densidad relativa, riqueza y diversidad para los dos muestreos realizados en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

Muestreo	Densidad Relativa	No. de Géneros	Diversidad	
			q1	q2
M1	41	9	3.66	2.75
M2	59	9	4.34	3.32

6.3.5 Conclusiones

La clase Bacillariophyceae es el componente más abundante en la comunidad perifítica de las estaciones evaluadas en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío debido en parte a que esta biota presenta adaptaciones morfo-fisiológicas particulares que les permite desarrollarse en estos ecosistemas lóticos.

Los taxones *Navicula* y *Pinnularia* presentaron las más altas densidades en el actual muestreo, con lo cual podría sugerirse que estos organismos son generalistas y de amplia distribución con importante tolerancia a las variaciones ambientales que se presentan a lo largo del área de estudio.

Los resultados obtenidos presentan una comunidad de perifiton compuesta por organismos de amplia distribución, o tolerantes a condiciones de contaminación que reflejan cierto grado de deterioro en la calidad ecológica de los ríos y quebradas evaluadas por influencia de la actividad antrópica.

6.4 Macroinvertebrados

6.4.1 Método de campo

La colecta del material biológico se realizó a través de una red Surber (0,09 m², Figura 70) en cuatro sustratos (roca, grava, arena y hojarasca), siguiendo la metodología propuesta por Wantzen y Rueda (2009). El material se depositó en frascos plásticos debidamente etiquetados y se fijó con Formol (10%) para su limpieza y determinación en el Laboratorio de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima.

Figura 70. Método de colecta de macroinvertebrados acuáticos



6.4.2 Método de laboratorio

En el Laboratorio de Investigación en Zoología se realizó la limpieza y separación de los organismos usando estereomicroscopio Motic SMZ-168 (10X). Se determinó el material biológico hasta el mínimo nivel taxonómico posible empleando las claves taxonómicas de Machado (1989), Posada y Roldán (2003), Merrit et al. (2008), Domínguez y Fernández (2009). Finalmente, los organismos fueron almacenados en alcohol (70%) e ingresados a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima (CZUT-Ma).

6.4.3 Análisis de datos

6.4.3.1 Representatividad del muestreo

Con el fin de determinar la representatividad del muestreo, fueron calculados los estimadores de diversidad Chao 1, ACE y Jack 1, los cuales son utilizados para datos de abundancia y permiten establecer si la muestra es representativa del atributo medido (Álvarez et al., 2006). Para el cálculo fue utilizado el paquete estadístico EstimateS versión 8.2 (Colwell, 2009).

6.4.3.2 Abundancia

Se determinó la abundancia relativa a partir del número de individuos colectados de cada familia y su relación con el número total de individuos de la muestra. Fue calculado con el fin de determinar la importancia y proporción en la cual se encuentra cada uno de los géneros con respecto a la comunidad en los diferentes cuerpos de agua.

6.4.3.3 Diversidad

Para determinar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos, se calcularon los números efectivos de especies de la serie de Hill (q_0 , q_1 , y q_2), mediante la transformación de los valores obtenidos de los índices de Shannon–Wiener y Simpson. Para el cálculo de los índices se utilizó el paquete estadístico PastProgram® (Hammer, Harper, & Ryan, 2001).

6.4.3.4 Análisis de escalamiento no métrico multidimensional (NMDS)

Con el fin de determinar si existía diferencia a nivel de la composición y estructura de la comunidad en cada uno de los ecosistemas evaluados, se realizó un NMDS utilizando la distancia de Bray–Curtis. Para el cálculo de este análisis fue empleando el programa PastProgram® (Hammer, Harper & Ryan, 2001).

6.4.3.5 Índice de Calidad Ambiental

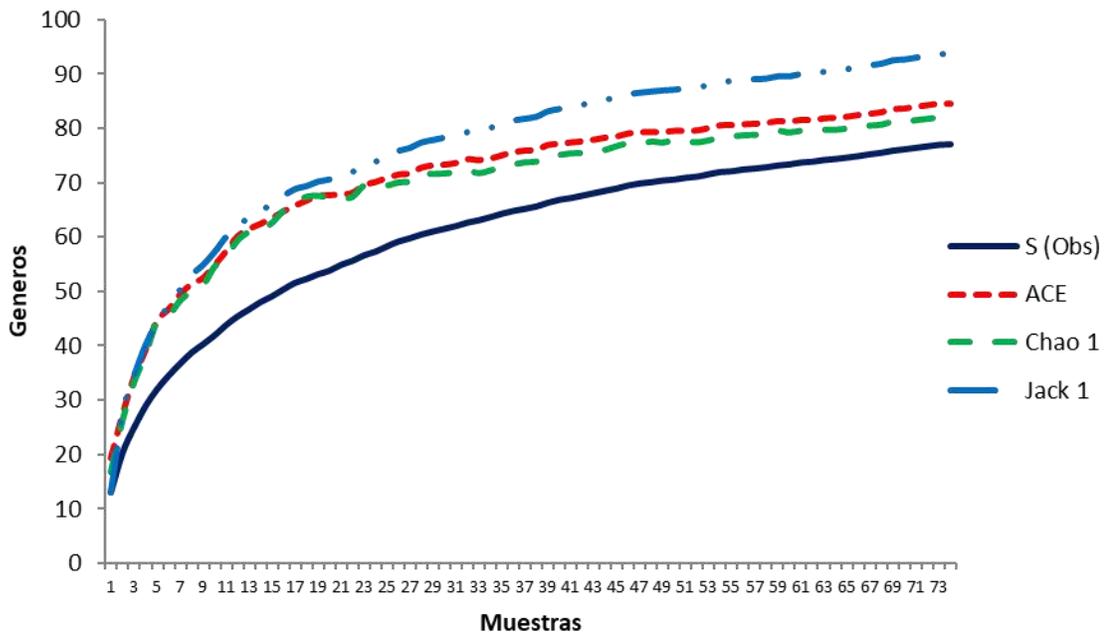
Con el fin de determinar la calidad del agua de los ecosistemas evaluados se aplicó el índice de bioindicación BMWP/Col (Roldan & Ramírez, 2008)

6.4.4 Resultados y discusión

6.4.4.1 Representatividad general

Con respecto a los estimadores de riqueza se registró un número total de 77 géneros observados (Sobs) en las 84 muestras evaluadas de las cuales en 73 se obtuvieron datos de macroinvertebrados que corresponden al 91% del valor esperado con el estimador de riqueza ACE, 93,9% para Chao 1 y el 82.2% con el estimador Jack 1 (Figura 71). Se estima un potencial máximo de 93 géneros según estos estimadores.

Figura 71. Curva de acumulación de Macroinvertebrados acuáticos colectados en las unidades hidrográficas del Quindío



Según los resultados obtenidos durante los dos periodos de muestreo se han registrado un número importante de géneros de macroinvertebrados acuáticos presentes en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío, lo cual puede indicar una buena eficiencia de muestreo (Brower et al., 1997), no obstante, este grupo taxonómico es sumamente extenso y diverso, razón por la cual la es difícil alcanzar el total de géneros estimados para este departamento.

Cabe aclarar que algunos organismos presentan dificultades en su determinación, por lo que el nivel taxonómico puede ser muy alto y estar enmascarando una variedad desconocida de géneros, como es el caso de Chironomidae, que se determina hasta nivel de subfamilia.

Por último, estos valores deben considerarse con cautela debido a que son dependientes del tamaño de la muestra, del método de colecta y de la resolución taxonómica empleada, por tanto, puede no reflejar la realidad total de la fauna de macroinvertebrados en el departamento del Quindío.

6. 4. 4. 2 Composición taxonómica

Se colectaron 8052 organismos distribuidos en cuatro filos, seis clases, 17 órdenes, 47 familias y 77 géneros (Tabla 137).

Tabla 137. Composición taxonómica de Macroinvertebrados acuáticos registrados en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

Filo	Clase	Orden	Familia	Genero	Abundancia
Platyhelminthes	Rhabditophora	Tricladida	Dugesidae	<i>Girardia</i>	285
Annelida	Clitellata	Hirudinida	Glossiphoniidae	<i>Helobdella</i>	11
		Tubificida	Naididae	<i>Limnodrilus</i>	87
				<i>Tubifex</i>	99
Mollusca	Bivalvia	Unionoida	Unionidae	Indeterminado	1
	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	<i>Physa</i>	8
		Neotaenioglossa	Hydrobiidae	Indeterminado	15
			Thiaridae	<i>Melanoides</i>	16
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i>	10
		Decapoda	Trichodactylidae	Indeterminado	2
	Insecta	Coleoptera	Dryopidae	<i>Dryops</i>	5
				<i>Austrolimnius</i>	4
			Cylloepus	<i>Cylloepus</i>	41
				<i>Heterelmis</i>	262
<i>Hexacylloepus</i>	6				
<i>Huleechius</i>	13				
<i>Macrelmis</i>	24				
<i>Microcylloepus</i>	5				
<i>Notelmis</i>	2				
<i>Phanocerus</i>	9				

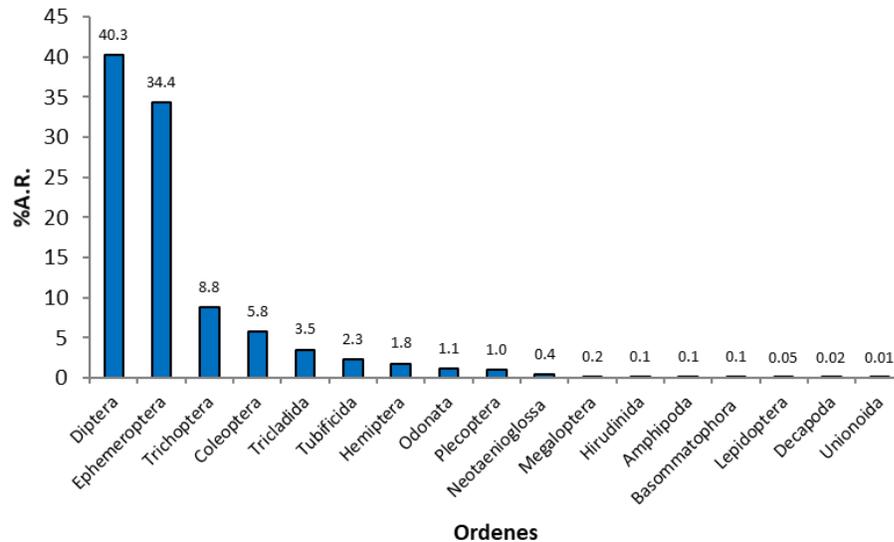
		<i>Xenelmis</i>	11
	Hydrophilidae	<i>Tropisternus</i>	1
	Limnichidae	<i>Eulimnichus</i>	1
	Psephenidae	<i>Psephenops</i>	4
	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>	63
	Staphylinidae	<i>Stenus</i>	18
Diptera	Blephariceridae	<i>Limonicola</i>	15
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i>	1
	Chironomidae	<i>Chironominae sp</i>	1245
		<i>Orthoclaadiinae sp</i>	752
		<i>Tanypodinae sp</i>	6
	Empididae	<i>Chelifera</i>	2
		<i>Hemerodromia</i>	1
	Psychodidae	<i>Clogmia</i>	7
		<i>Maruina</i>	4
	Simuliidae	<i>Simulium</i>	1194
	Stratiomyidae	<i>Stratiomyidae sp</i>	1
	Tipulidae	<i>Hexatoma</i>	3
		<i>Limonia</i>	1
		<i>Molophilus</i>	6
		<i>Tipula</i>	6
	Indeterminado	1	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis</i>	142
		<i>Baetodes</i>	1054
		<i>Camelobaetidius</i>	514
		<i>Nanomis</i>	2
		<i>Prebaetodes</i>	15
	Leptohyphidae	<i>Haplohyphes</i>	7
		<i>Leptohyphes</i>	672
	Leptophlebiidae	<i>Farrodes</i>	1
		<i>Thraulodes</i>	359
	Oligoneuriidae	<i>Lachlania</i>	2
Hemiptera	Naucoridae	<i>Cryphocricos</i>	1
		<i>Procryphocricos</i>	3
	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>	140
Lepidoptera	Crambidae	<i>Petrophila</i>	4
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	13
Odonata	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	10
	Coenagrionidae	<i>Acanthagrion</i>	1

	Gomphidae	<i>Progomphus</i>	13
	Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i>	23
		Indeterminado	2
		<i>Macrothemis</i>	37
	Polythoridae	<i>Cora</i>	2
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	78
Trichoptera	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	4
	Glossosomatidae	<i>Culoptila</i>	57
	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	21
	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	38
	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	100
		<i>Smicridea</i>	248
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>	7
		<i>Oxyethira</i>	2
	Leptoceridae	<i>Atanatolica</i>	225
		<i>Oecetis</i>	3
	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	2
	Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>	2

6. 4. 4. 3 Resultados generales

Todos los organismos colectados se encuentran reportados para la región Andina Colombiana (SIB, 2017). Se registraron 17 órdenes de los cuales Díptera (40,3%) presentó la mayor abundancia, seguido de Ephemeroptera (34,4%) y Trichoptera (8,8%) (Figura 72). Estos órdenes son los más diversos, cosmopolitas y persistentes en el tiempo, presentan una gran variedad de adaptaciones físicas y etológicas, que les permite explotar los recursos y colonizar los hábitats disponibles (Vásquez & Reinoso, 2012).

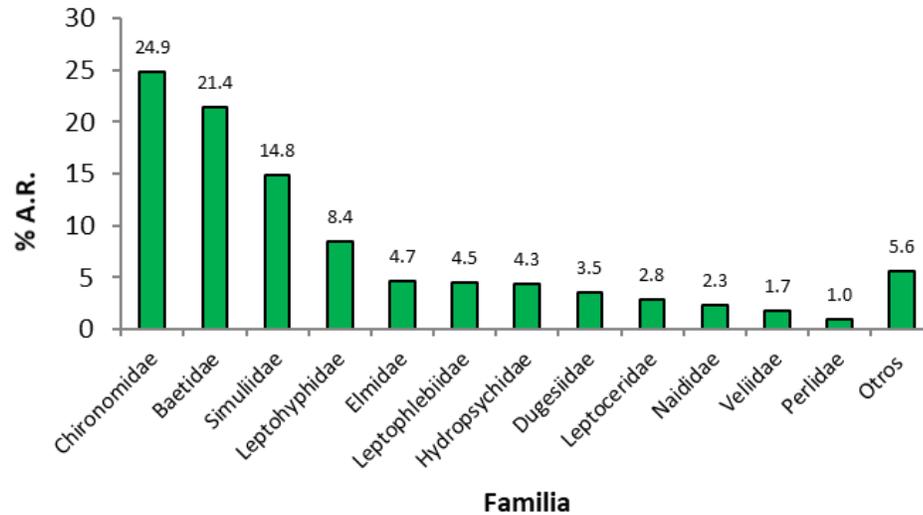
Figura 72. Abundancia relativa de órdenes registrados en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Los órdenes Plecóptera, Neotaenioglossa, Megaloptera, Hirudinia, Amphipoda, Bassomatophora, Lepidóptera, Decápoda y Unionoida presentaron abundancias inferiores al 1%. Estos invertebrados están pobremente representados en las colectas, estos organismos son de comportamiento activo y están en constante movimiento debido a que son de hábitos predatorios, esta movilidad dificulta la colecta por los métodos de colecta empleados, que aunque son eficientes pueden subestimar la diversidad y abundancia de este tipo de organismos, además muchos de los órdenes encontrados presentan cierta sensibilidad a los cambios ambientales y modificación en las condiciones fisicoquímicas del agua producto de actividades naturales y artificiales (Domínguez & Fernández, 2009).

Se registraron 47 familias durante la colecta, todas ellas registradas para el departamento del Quindío (Figura 73). La familia más abundante fue Chironomidae (24.9%), estas larvas de mosquitos son organismos generalistas y muy abundantes en todos los tipos de ecosistemas acuáticos, son altamente resistentes a la contaminación del agua y son capaces de colonizar y ubicarse en cualquier sustrato del río (Hilsenhoff, 2017). La segunda familia más abundante fue Baetidae (21,4%), estas efímeras son las más diversificadas y especializadas dentro de los efemerópteros, son hábiles colonizadores de sustratos y muy eficientes en la explotación de recursos (Flowers & De La Rosa, 2010; Forero, Gutiérrez & Reinoso, 2016).

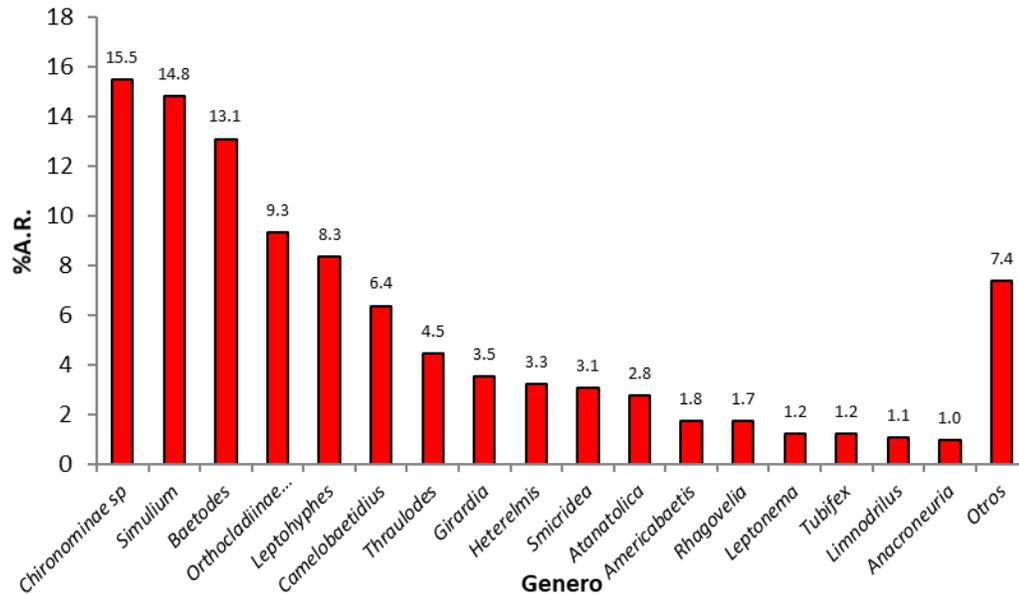
Figura 73. Abundancia relativa de las familias registradas en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Se presentaron 35 familias poco frecuentes con porcentajes menores al 1%. La mayoría de estos organismos son considerados bioindicadores sensibles a la contaminación del agua, que en caso de cualquier perturbación tienden a desaparecer de algunos ecosistemas, además son animales poco frecuentes en las colectas si las condiciones ambientales no son las apropiadas, son especialistas en el uso de hábitat o tipo de alimentación y en general sus números poblacionales no son muy altos (Roldan, 2003; Callisto *et al.*, 2007; Thomazi *et al.*, 2008; Merrit *et al.*, 2008, Domínguez & Fernández, 2009).

Se registraron 64 géneros de los cuales nueve se encuentran indeterminados (Figura 74). *Chironominae sp* (15,5%), *Simulium* (14.8%) y *Baetodes* (13.1%) presentan las mayores abundancias. Estos organismos son comunes y abundantes, en presencia de factores benéficos pueden incrementar sus poblacional, *Chironominae sp* es generalista, eurioico y cosmopolita, por lo que es generalmente el organismo dominante en las colectas de macroinvertebrados, por otro lado *Baetodes* presenta diversas adaptaciones anatómicas que le permiten habitar en cualquier microhábitat de tipo inorgánico y compensar la fuerza del caudal y *Simulium* es abundante en zonas de alta oxigenación y caudal moderado con alto sustrato rocoso (Adler, Curry & Wood, 2004).

Figura 74. Abundancia relativa de los géneros más abundantes registradas en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



De los géneros reportados, 60 presentan abundancias menores al 1%, lo cual muestra que en este ecosistema existe una baja uniformidad y una buena heterogeneidad en la distribución de las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos, esto se debe a que como grupo taxonómico estos organismos incluyen múltiples fila con gran cantidad de géneros y especies, lo cual traduce una diversidad alta, esto indica que estos animales tiene un amplio espectro de comportamientos y adaptaciones que no permiten que la comunidad sea homogénea (Posada & Roldan, 2008; Domínguez & Fernández, 2009).

Cabe resaltar que las unidades hidrográficas del departamento del Quindío, presentan fuertes afectaciones a lo largo de sus cauce dentro de las que se incluye, recepción de residuos domésticos, industriales y agrícolas, uso de algunas zonas para actividades turísticas y recreativas, explotación minera, entre otras (POT, 2011; CRQ, 2015), estas acciones constituyen fuertes barreras que limitan drásticamente el desarrollo de estos organismos que en su mayoría son estadios inmaduros en pleno desarrollo y que son sensibles a los cambios de las condiciones del medio en el que habitan (Roldan, 2003).

6. 4. 4. 4 *Diversidad alfa y Beta*

La riqueza específica (q_0) en las estaciones evaluadas oscilo entre 6 y 38 géneros (Figura 75). Se puede apreciar una baja representatividad en la cantidad de géneros presentes en los 23 ecosistemas evaluados, las estaciones monitoreadas presentan una geomorfología, condiciones ecológicas, hidráulicas e intervenciones antrópicas muy variadas, que pueden significar fuertes limitantes para el desarrollo de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, la mayoría de los géneros encontrados presentan abundancias mínimas, debido a que son muy poco tolerantes a la degradación del ecosistema. Los organismos presentes en estas cuencas son en su mayoría muy generalistas de amplio espectro trófico y eurioicos capaces de soportar múltiples tensores sin ver afectada su Biología, ni ecología (Molina *et al.*, 2008; Vidal & Romero, 2010).

Los valores de diversidad más altos se registran en las estaciones E10, E17, E30, donde se registran entre 26 y 38 géneros por estación y sus valores de homogeneidad y uniformidad (q_1 y q_2) son bajos, estas estaciones corresponden a las zonas altas de los ríos Roble, Gris y la quebrada Buenavista donde la intervención por eventos antrópicos es mínima, esto significa que las poblaciones distribuidas en estas zonas presentan los factores adecuados para poder desarrollarse normalmente. Un elemento importante a tener en cuenta es que durante las colectas las cuencas se encontraban en época lluviosa, que se traduce en un aumento del caudal de los ecosistemas, el cual modifica la estructura de las comunidades, reduciendo las poblaciones allí existentes y reemplazándolas por otras (Junk, 1989).

El índice de Similaridad de Bray-Curtis muestra que las estaciones evaluadas presentan una similitud que oscila entre el 5 y 70% (Figura 76).

Figura 75. Diversidad de los macroinvertebrados acuáticos registradas las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

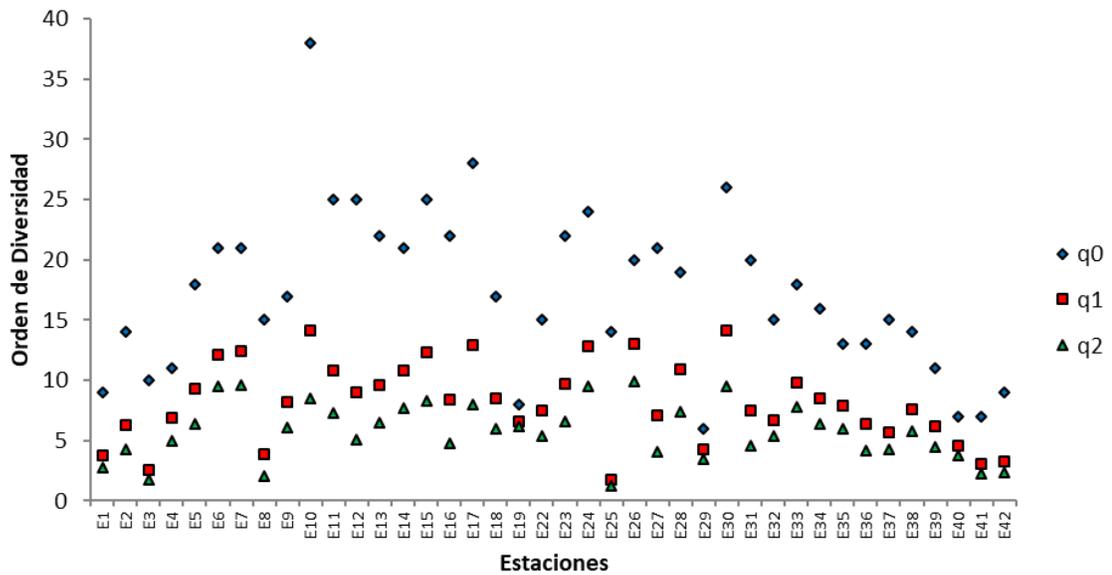
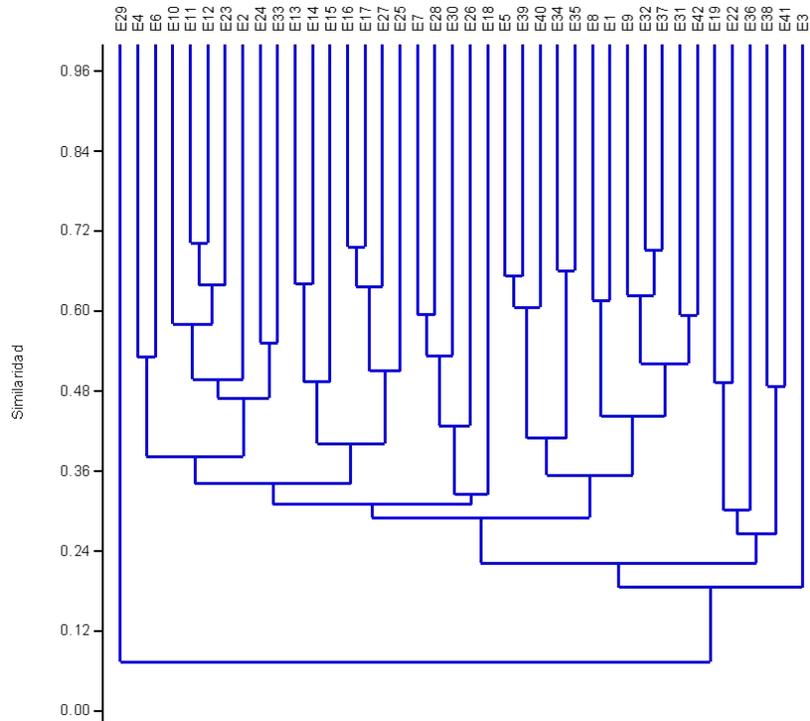


Figura 76. Índice de similitud de Bray–Curtis registradas en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío



Al comparar localidades de cuencas hidrográficas tan disimiles es normal encontrar diferencias a nivel biológico entre ellas, la igualdad que puede existir en ellas esta determinadas por la presencia de organismos cosmopolitas y tolerantes que a menudo no se ven afectados por las perturbaciones naturales o artificiales que se puedan presentar.

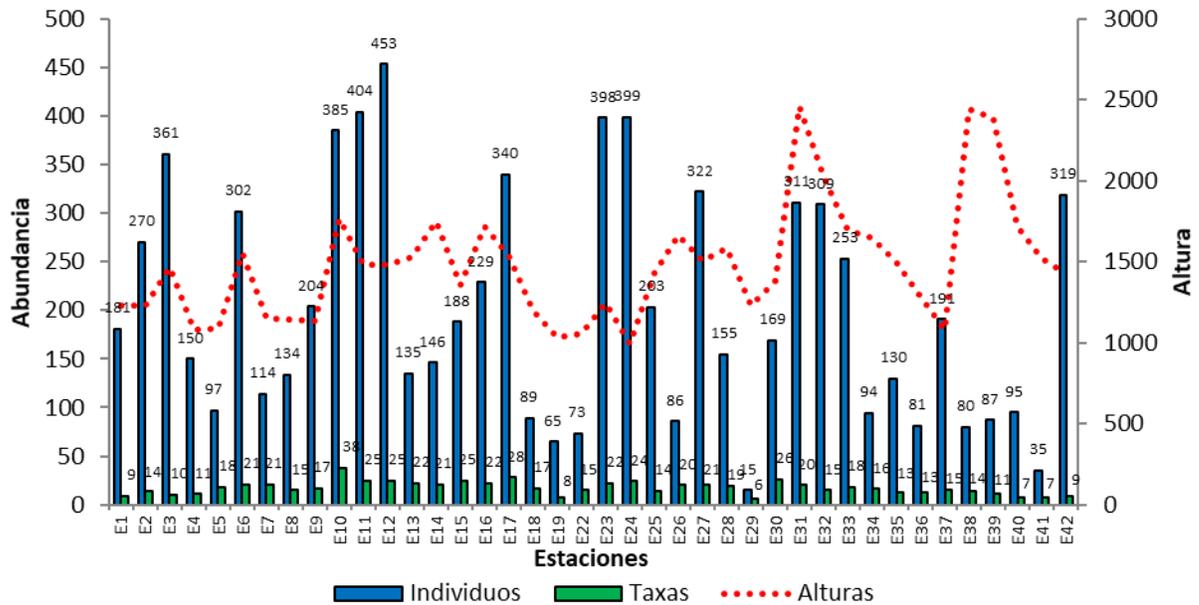
También las estaciones que presentan una alta similitud deben este suceso a que varios puntos de monitoreo se tomaron en varios sitios del mismo ecosistema, razón por la cual por efecto de la deriva y el pulso de inundación pueden reubicar parcialmente la misma fauna a lo largo de su extensión, mientras no exista ningún tensor externo que pueda modificar las características físicas y ecológicas del afluente (Roldan & Ramírez, 2008; Domínguez & Fernández, 2009).

6. 4. 4. 5 Aspectos ecológicos

Distribución espacial

Se evaluaron 42 estaciones en dos periodos de muestreo de las cuales se obtuvo material biológico de 40 de ellas (Figura 77). La estación que presentó mayor abundancia fue la E12 con 453 organismos (5,6%), en esta estación se presentó una gran abundancia de los géneros *Simulium* y *Macrothemis*.

Figura 77. Abundancia y riqueza por estaciones en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



En general la abundancia está distribuida de forma heterogénea, se presentan valores muy dispares en las estaciones evaluadas, sin embargo cabe resaltar que las estaciones E41 y E29 presentaron una muy baja abundancia inferior al 0,5%, en estas estaciones se registraron muy pocos géneros en pocas abundancias, son estaciones localizadas cerca de cascos urbanos y se logra apreciar una consecuente degradación de la calidad del agua, por lo que solo se encontraron allí organismo tolerantes como *Chironominae sp* y *Orthoclaadiinae sp*.

Los géneros *Baetodes*, *Heterelmis*, *Leptohyphes*, *Orthoclaadiinae sp* y *Simulium* se presentaron en prácticamente todas las estaciones y son los organismos mejor distribuidos en las cuencas del departamento del Quindío. Estos animales son

muy comunes en todas las colectas y por lo general se presentan en gran medida en los ecosistemas acuáticos (Domínguez & Fernández, 2009).

Al comparar los resultados entre las dos épocas evaluadas se evidencia que durante la segunda campaña de muestreo se presentó mayor diversidad de géneros, debido a que al momento de la colecta los ríos estaban relativamente más estables en su caudal que la vez anterior debido a las fuertes lluvias. Por lo tanto, se obtuvieron muestras de algunas estaciones que no se habían podido evaluar. También se denota un recambio de géneros, esto puede ser un efecto del pulso de inundación que continuamente redistribuye las poblaciones reduciendo la probabilidad de encuentro y captura por medio de los métodos de colecta tradicionales (Junk, 1898; Ramírez & Roldan, 2008; Domínguez y Fernández, 2009).

Tabla 138. Distribución temporal de los géneros de macroinvertebrados acuáticos colectados en las unidades hidrográficas del Quindío.

Orden	Familia	Genero	M1	M2
Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella</i>	3	7
Basommatophora	Physidae	<i>Physa</i>	3	5
Coleoptera	Dryopidae	<i>Dryops</i>	*	5
		<i>Austrolimnius</i>	2	2
	Elmidae	<i>Cylloepus</i>	27	14
		<i>Heterelmis</i>	155	107
		<i>Hexacylloepus</i>	5	1
		<i>Huleechius</i>	9	4
		<i>Macrelmis</i>	6	18
		<i>Microcyloepus</i>	4	1
		<i>Notelmis</i>	2	*
		<i>Phanocerus</i>	8	1
		<i>Xenelmis</i>	7	4
	Hydrophilidae	<i>Tropisternus</i>	1	*
	Limnichidae	<i>Eulimnichus</i>	1	*
Psephenidae	<i>Psephenops</i>	2	2	
Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>	34	29	
Staphylinidae	<i>Stenus</i>	14	4	
Decapoda	Trichodactylidae	<i>Trichodactylidae sp</i>	2	*
Diptera	Blephariceridae	<i>Limonicola</i>	10	5

	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i>	*	1	
	Chironomidae	<i>Chironominae sp</i>	409	836	
		<i>Orthoclaadiinae sp</i>	214	538	
		<i>Tanypodinae sp</i>	3	3	
	Empididae	<i>Chelifera</i>	1	1	
		<i>Hemerodromia</i>	1	*	
	Psychodidae	<i>Clogmia</i>	2	5	
		<i>Maruina</i>	1	3	
	Simuliidae	<i>Simulium</i>	653	541	
	Stratiomyidae	<i>Stratiomyidae sp</i>	1	*	
	Tipulidae	<i>Hexatoma</i>	2	1	
		<i>Limonia</i>	*	1	
		<i>Molophilus</i>	3	3	
		<i>Tipula</i>	5	1	
		<i>Tipulidae sp</i>	*	1	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis</i>	77	65	
		<i>Baetodes</i>	767	287	
		<i>Camelobaetidius</i>	140	374	
		<i>Nanomis</i>	2	*	
		<i>Prebaetodes</i>	*	15	
		Leptohyphidae	<i>Haplohyphes</i>	6	1
			<i>Leptohyphes</i>	381	291
Leptophlebiidae	<i>Farrodes</i>	*	1		
	<i>Thraulodes</i>	201	158		
	Oligoneuriidae	<i>Lachlania</i>	*	2	
Hemiptera	Naucoridae	<i>Cryphocricos</i>	1	*	
		<i>Procryphocricos</i>	2	1	
	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>	67	73	
Hirudinida	Glossiphoniidae	<i>Helobdella</i>	4	7	
Lepidoptera	Crambidae	<i>Petrophila</i>	3	1	
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	11	2	
Neotaenioglossa	Hydrobiidae	<i>Hydrobiidae sp</i>	5	10	
	Thiaridae	<i>Melanoides</i>	11	5	
Odonata	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	7	3	
	Coenagrionidae	<i>Acanthagrion</i>	*	1	
	Gomphidae	<i>Progomphus</i>	12	1	
	Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i>	15	8	
		<i>Libellulidae sp</i>	*	2	
		<i>Macrothemis</i>	28	9	

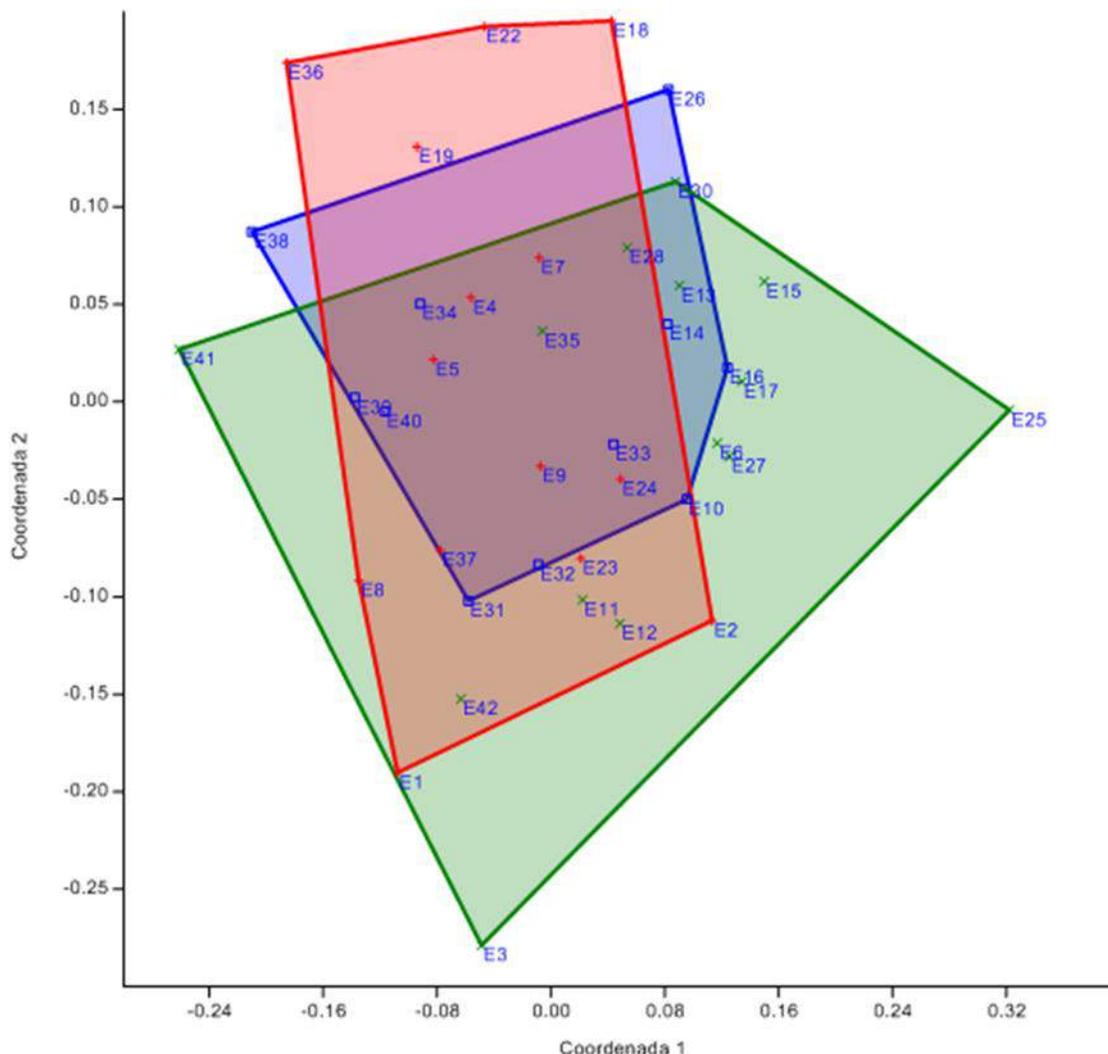
	Polythoridae	<i>Cora</i>	2	*
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	32	46
Trichoptera	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	*	4
	Glossosomatidae	<i>Culoptila</i>	37	20
	Helicopsychoidea	<i>Helicopsyche</i>	11	10
	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	18	20
	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	54	46
		<i>Smicridea</i>	143	105
		Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>	7
	Leptoceridae	<i>Oxyethira</i>	*	2
		<i>Atanatolica</i>	80	145
		<i>Oecetis</i>	1	2
	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	1	1
	Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>	*	2
Tricladida	Dugesidae	<i>Girardia</i>	124	161
Tubificida	Naididae	<i>Limnodrilus</i>	55	32
		<i>Tubifex</i>	37	62
Unionoidea	Unionidae	<i>Unionidae sp</i>	*	1

Para el primer monitoreo se presentaron de forma exclusiva los géneros *Cora*, *Corydalus*, *Cryphocricos*, *Eulimnichus*, *Hemerodromia*, *Hydroptila*, *Nanomis*, *Notelmis*, *Stratiomyidae sp*, *Trichodactylidae sp* y *Tropisternus*. Para el segundo monitoreo se presentaron los generos *Acanthagrion*, *Bezzia*, *Corydalus*, *Dryops*, *Farrodes*, *Lachlania*, *Libellulidae sp*, *Limonia*, *Oxyethira*, *Phylloicus*, *Polycentropus*, *Prebaetodes*, *Tipulidae sp* y *Unionidae*.

Ensamblaje

Se agruparon inicialmente las estaciones de acuerdo con sus diferencias de altitud: zona baja (900 a 1300 m), zona media (1300 a 1600 m) y zona alta (1600 a 2500 m). Los resultados del análisis NMDS teniendo en cuenta la abundancia de los géneros (Bray-Curtis) en cada una de las estaciones, muestra una sobreposición en cuanto a la composición en los tres rangos altitudinales evaluados (Stress = 0,2) (Figura 78).

Figura 78. Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío



Al realizar la prueba estadística ANOSIM entre los tres grupos analizados, no se hallan diferencias estadísticamente significativas entre las cuencas evaluadas ($p= 0,1$). Sin embargo, parece que si existe un poco de diferencia entre la zona media y la baja. En general en cuanto a composición las estaciones se encuentran muy cercanas, entre ellas se comparten organismos que son generalistas y cosmopolitas y no se ven afectados por las condiciones fisicoquímicas e hidráulicas del río y tributarios.

Las cuencas evaluadas al no ser homogéneas pueden tener ciertas diferencias en cuanto a composición, además factores como la época climática, pulso de

inundación y actividades industriales, agrícolas y domésticas tienen efectos significativos en la distribución de los organismos, dado que condiciones ambientales similares reflejan una biota similar, y para este caso la mayoría de las cuencas se encuentra en alto estado de intervención humana por lo que la fauna allí presente en mayor medida organismos muy tolerantes (Junk, 1898; Hanson, Springer & Ramírez, 2010).

Índice de calidad Ambiental BMWP/Col

Se determinó la calidad de agua basado en la cantidad de familias y el puntaje BMWP/Col, por la cantidad de estaciones y las familias registradas las estaciones las unidades hidrográficas del departamento del Quindío muestran una calidad desde buena hasta crítica (Tabla 139), sin embargo, este valor es susceptible al tamaño de la muestra, por lo que podría variar en algunas estaciones, además se debe tener en cuenta el efecto de la variabilidad del caudal que reubica constantemente las poblaciones animales, por lo que en algunas temporadas aparecen y desaparecen algunos géneros (Roldan, 2003; Gutiérrez, Riss & Ospina, 2006).

Tabla 139. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de las unidades hidrográficas en el departamento del Quindío.

Estación	Muestreo 1			Muestreo 2		
	BMWP/Col	Clase	Calidad	BMWP/Col	Clase	Calidad
E1	24	IV	Crítica	26	IV	Crítica
E2	46	III	Dudosa	50	III	Dudosa
E3	33	IV	Crítica	25	IV	Crítica
E4	50	III	Dudosa	50	III	Dudosa
E5	58	III	Dudosa	56	III	Dudosa
E6	124	I	Buena	84	II	Aceptable
E7	96	II	Aceptable	50	III	Dudosa
E8	57	III	Dudosa	52	III	Dudosa
E9	56	III	Dudosa	61	II	Aceptable
E10	153	I	Buena	117	I	Buena
E11	107	I	Buena	80	II	Aceptable
E12	83	II	Aceptable	111	I	Buena
E13	89	II	Aceptable	52	III	Dudosa
E14	99	II	Aceptable	53	III	Dudosa
E15	105	I	Buena	113	I	Buena

E16	71	II	Aceptable	106	I	Buena
E17	114	I	Buena	100	II	Aceptable
E18	73	II	Aceptable	41	III	Dudosa
E19	35	IV	Critica	*	*	*
E20	*	*	*	*	*	*
E21	*	*	*	*	*	*
E22	45	III	Dudosa	37	III	Dudosa
E23	80	II	Aceptable	77	II	Aceptable
E24	114	I	Buena	95	II	Aceptable
E25	30	IV	Critica	59	III	Dudosa
E26	104	I	Buena	70	II	Aceptable
E27	85	II	Aceptable	78	II	Aceptable
E28	29	IV	Critica	85	II	Aceptable
E29	*	*	*	39	III	Dudosa
E30	96	II	Aceptable	56	III	Dudosa
E31	93	II	Aceptable	89	II	Aceptable
E32	49	III	Dudosa	83	II	Aceptable
E33	89	II	Aceptable	88	II	Aceptable
E34	68	II	Aceptable	70	II	Aceptable
E35	37	III	Dudosa	76	II	Aceptable
E36	*	*	*	64	II	Aceptable
E37	*	*	*	83	II	Aceptable
E38	47	III	Dudosa	60	III	Dudosa
E39	27	III	Dudosa	35	IV	Critica
E40	*	*	*	34	IV	Critica
E41	26	IV	Critica	13	IV	Critica
E42	*	*	*	48	III	Dudosa

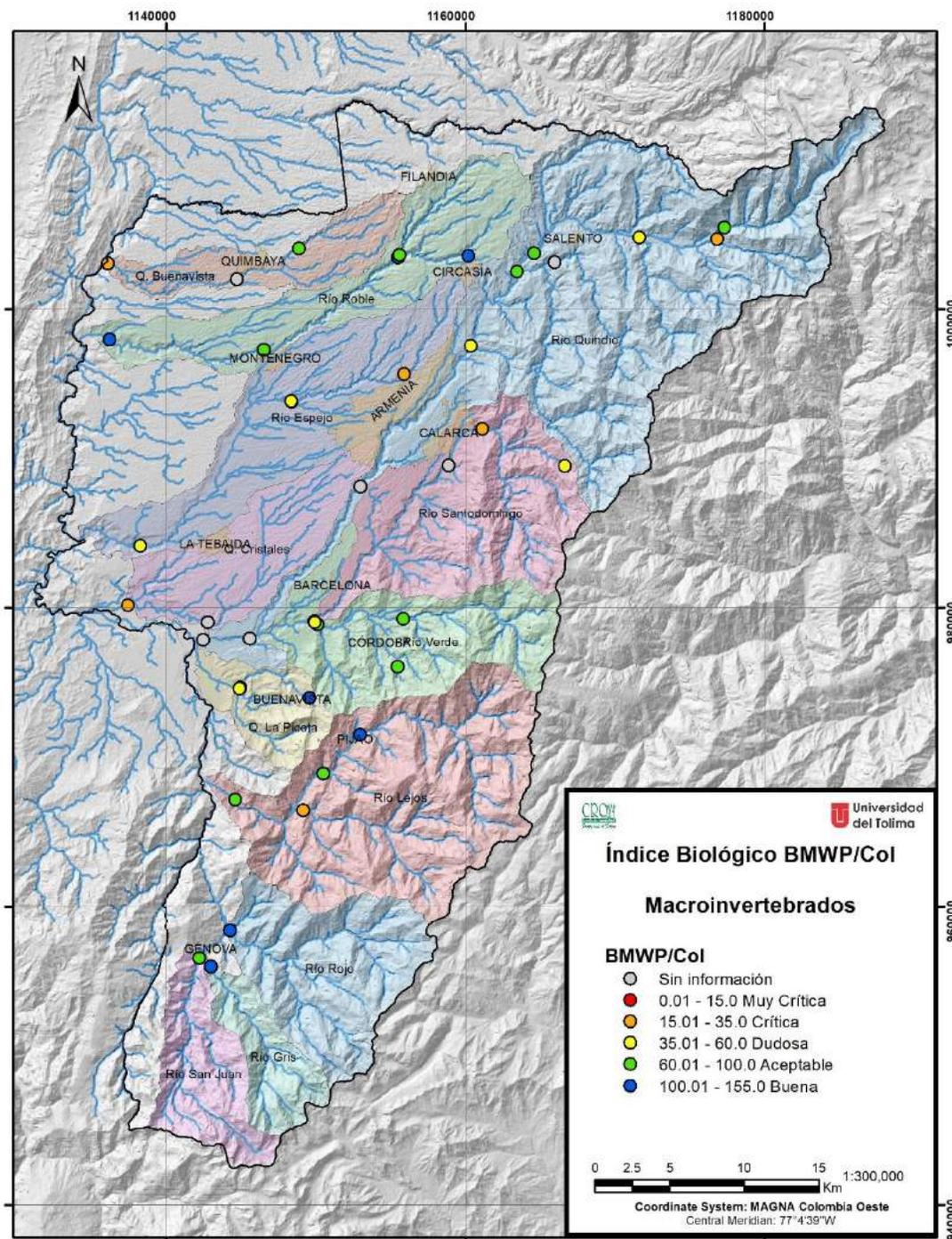
Los resultados del indicador (BMWP/Col) son consistentes con resultados del monitoreo físico-químico y microbiológico en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío, las estaciones de monitoreo ubicadas en sitios de bocatoamas presentan calidad aceptable a buena, mientras que las ubicaciones en zonas de mayor desarrollo de sistemas productivos o tejido urbano exhiben tendencia a la degradación de la calidad hidrobiológica (Figura 79).

Dicha calidad hidrobiológica es buena o aceptable en los ecosistemas de las unidades hidrográficas de la quebrada Buenavista (hasta la bocatoma de

Quimbaya), río roble (hasta la bocatoma de Circasia), río Quindío (en la bocatoma de Armenia), quebrada La Picota (en tramo de la bocatoma de Buenavista), la Quebrada El Roble (Los Justos), río Verde (en su parte media), río Lejos (antes del centro poblado de Pijao), río Rojo, río Gris (en el tramo de la bocatoma de Génova), río San Juan, quebrada Cárdenas y río Navarco.

El río Santo Domingo antes del centro urbano de Calarcá presenta un estado de contaminación considerada crítica desde un punto de vista hidrobiológico (BMWP/Col de 26), por efecto de la explotación de material de arrastre en el río se obtiene una modificación de las condiciones de hábitat.

Figura 79. Distribución espacial del IBMWP/Col en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío en la primera campaña de muestreo



El río Quindío aguas arriba de la confluencia de la quebrada Cárdenas, tiene una condición de estrés clasificada como crítica (BMWP/Col igual a 27), lo cual contrasta con el estado de calidad biológica del ecosistema de la quebrada Cárdenas, que se considera aceptable según el BMWP/Col (93). Este resultado es consistente con las diferencias encontradas en las dos corrientes en relación con la abundancia y diversidad de Perifiton.

Las quebradas Cristales, Buenavista (aguas abajo del centro urbano de Quimbaya), Hojas Anchas y Armenia, se clasifican como aguas muy contaminadas (condición crítica de BMWP/Col), principalmente por el impacto de los vertimientos domésticos de Armenia y Quimbaya (Figura 79). En contraste, el río Roble logra mantener una calidad hidrobiológica que tiende de buena a aceptable a pesar de los vertimientos urbanos de Montenegro, lo cual se explica en parte por las condiciones hidráulicas del río y por que gran parte de los vertimientos de Montenegro descargan al río Espejo.

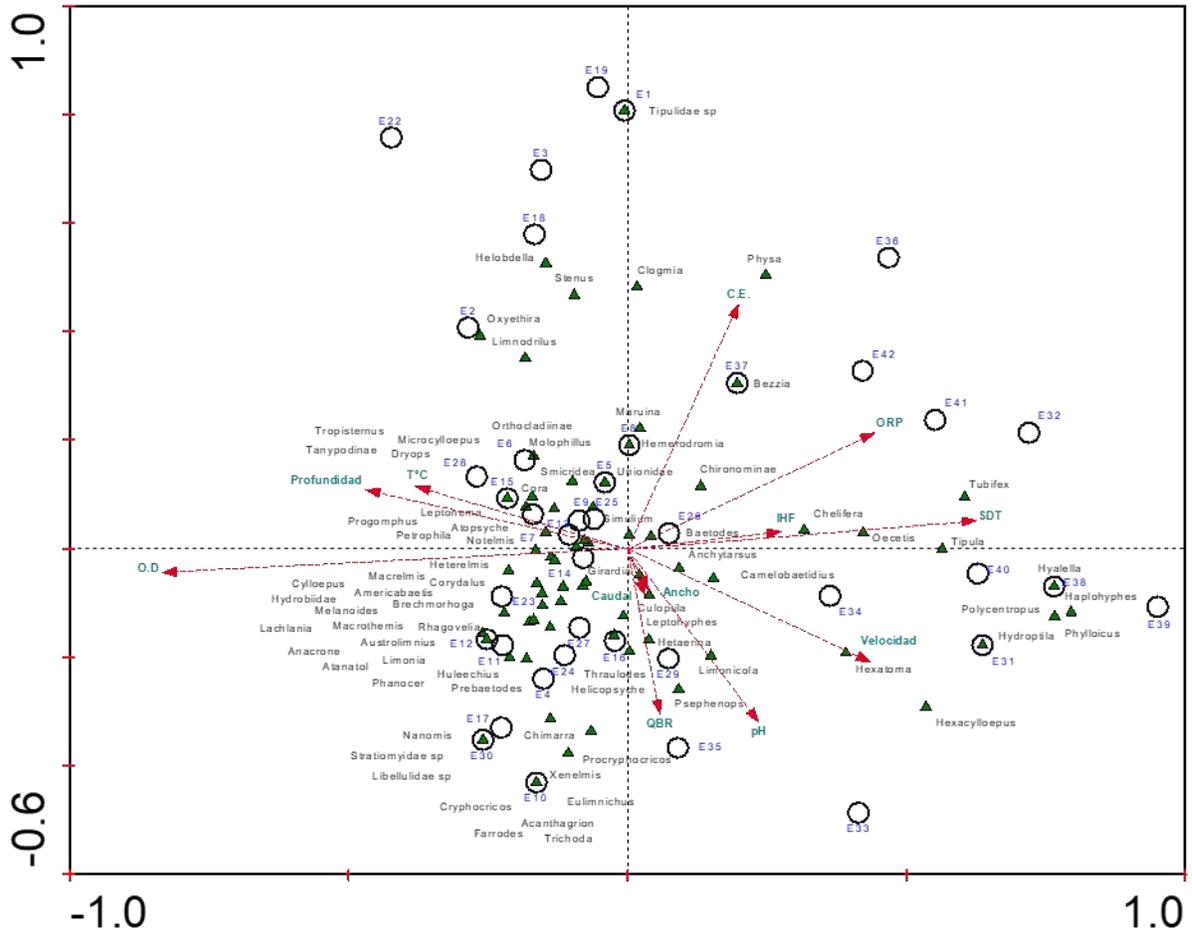
Análisis de Correspondencia Canónica

Según el Análisis de Correspondencia Canónica y la prueba de Monte Carlo las variables temperatura, caudal, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica presenta diferencias estadísticamente significativas ($p: 0,05$) (Figura 80).

Por el tamaño de la muestra, el diagrama no denota una clara dependencia entre las variables fisicoquímicas, las estaciones y los géneros, se puede apreciar que casi todos los géneros se encuentran en el centro del plot, lo cual indica que se encuentran compartidos por las mayoría de las estaciones y por tanto son organismos muy generalistas y de carácter eurioico que son capaces de colonizar y explotar los recursos disponibles en estos ecosistemas independientemente de las afectaciones que se puedan estar presentando.

La composición y distribución de los macroinvertebrados acuáticos es modulada principalmente por las condiciones fisicoquímicas del ecosistema, las fluctuaciones en estas variables producen descensos bruscos en las poblaciones en algunos sectores de los ecosistemas, sin embargo, algunos de los organismos son generalistas y muy resistentes a los modificaciones ambientales, razón por la cual pueden ubicarse en múltiples localidades a la vez.

Figura 80. Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de macroinvertebrados acuáticos registrados en las estaciones evaluadas del departamento del Quindío.



Especies de Interés

Cabe aclarar que la resolución taxonómica en la que se trabaja este grupo taxonómico es a nivel de género, por lo tanto, no se puede hablar de especies de interés, sin embargo, al tratarse de invertebrados y ser de ciclo reproductivo rápido no es común que se incluyan en categorías de amenaza.

El principal interés sobre este grupo taxonómico es su capacidad de ser bioindicadores de calidad de agua, dado que la presencia o ausencia de ciertos taxones indica ciertos grados de intervención por actividades antropogénicas. Según esto podemos mencionar que las familias Psephenidae, Calamoceratidae,

Polythoridae, Perlidae, Blephariceridae, Gomphidae, Ptilodactylidae y Oligoneuriidae son indicadores de buena calidad de agua, por lo que en las estaciones en donde fueron encontrados se asume que se encuentra en un óptimo estado ecológico (Roldan, 2003).

6.4.5 Conclusiones

Los órdenes Díptera, Ephemeroptera, Trichoptera y Coleóptera presentaron las mayores abundancias y diversidades por tanto constituyen el componente principal de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, situación que se debe en parte a que sus representantes son altamente diversos, abundantes, generalistas y cosmopolitas.

En cuanto al ensamblaje de organismos, se denota que la composición taxonómica de géneros a nivel altitudinal no difiere entre ecosistemas, ya que, aunque se trata de ecosistemas diferentes, los organismos que se encuentran allí son en su mayoría de amplia distribución y muy tolerantes a las perturbaciones.

El Análisis de Correspondencia Canónica para los ecosistemas evaluados no arroja evidencia de que alguna de las variables evaluadas tenga un efecto significativo, sin embargo, la temperatura, conductividad eléctrica, caudal y oxígeno disuelto presentan efectos condicionantes sobre la composición de la fauna.

Los valores del índice BMWP/Col de calidad del agua, son muy variados en las diversas estaciones evaluadas, ya que indican desde agua buena hasta crítica en ambos periodos de muestreo, esto significa que existen múltiples procesos de degradación en las cuencas evaluadas, y no existen sistemas de mitigación natural o artificial que puedan contrarrestar estos efectos nocivos.

6.5 Peces

6.5.1 Método de campo

Para la captura de peces, se llevó a cabo la colecta en cada uno de los tramos utilizando el método de electropesca, método más apropiado para cursos que poseen aguas cristalinas, vegetación ribereña y fondo rocoso que atrae a todas las especies independientemente de sus hábitos y tamaños (SEEGERT, 2000); tipo de pesca menos selectivo y más eficiente en las capturas por

unidad de esfuerzo (Growth *et al.*, 1996). Este consiste en una corriente que fluye entre dos electrodos opuestos en el agua y que al tener contacto con los peces les produce un estado de electrotaxis (natación de forma obligada), electrotétano y electronarcosis (Lobón-Cerviá, 1996), lo que facilita su captura. Finalmente, este método fue apoyado con redes de arrastre en cada una de las estaciones, teniendo en cuenta los hábitats rápidos y remansos, y los tipos sustratos presentes en cada uno (roca, guijarro, grava, arena, lodo, hojarasca etc.)

El material colectado se fijó con formol al 10%, posteriormente, fue depositado en bolsas plásticas de sello hermético con la correspondiente etiqueta de campo y fueron transportados en canecas herméticas al Laboratorio de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima (GIZ).

6.5.2 Métodos de laboratorio

Los ejemplares de la ictiofauna colectada fueron trasladados al laboratorio y se fijaron en etanol al 70%. Para el análisis en laboratorio se preservaron mínimo 10 ejemplares por especie o el 10% de la muestra. Posteriormente, cada ejemplar fue pesado, medido en su longitud estándar, numerado (consecutivo de las marcas)

Para su determinación taxonómica se siguieron las claves y descripciones publicadas por Dalh (1971), Gery (1977), Taphorn (1992), Harold y Vari (1994), Román-Valencia y Cala (1997), Reis *et al.* (2003), Maldonado-Ocampo *et al.* (2005), Briñez-Vásquez (2004) y García-Melo (2005).

6.5.3 Análisis de datos

En el Laboratorio se tomaron datos de longitud estándar (LE) y peso total en gramos (W); además se determinó:

Abundancia relativa AR (%). se determinó a partir del número de individuos totales colectados en campo de cada especie y su relación con el número total de individuos de la muestra; este parámetro fue calculado con el fin de determinar la importancia y proporción en la cual se encuentra cada una de las especies con respecto a la comunidad en los diferentes cuerpos de agua.

$$AR = (n_i / N) \times 100$$

Dónde,

AR= Abundancia relativa de la especie 1

n_i= El número de individuos capturados u observados de la especie

N= El número total de individuos capturados u observados

Para evaluar la diversidad de la composición íctica, se aplicaron los siguientes índices mediante el paquete estadístico PastProgram 2,08 © (Hammer & Harper, 2001):

Índice de Riqueza de Margalef (D). La riqueza específica fue calculada por medio del Índice de riqueza de Margalef (D) (Ramírez, 1999).

$$D = S - 1 / \ln (N)$$

Dónde,

D=Índice de riqueza

S=número de especies

N=tamaño de la muestra

Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'). La diversidad se calculó por medio del índice de Shannon-Wiener (H')

$$H' =$$

$$\sum (p_i \ln p_i)$$

Donde,

P_i= n_i/N

n_i= número de individuos de la especie i

N= número total de individuos en la muestra

Índice de Simpson. La dominancia de especies se calculó por medio del índice de Simpson (A. Ramírez, 1999).

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde:

p_i es el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Representatividad del muestreo. Con el fin de determinar la representatividad del muestreo, fueron calculados los estimadores de diversidad Chao 1, Chao 2, Jacknife 1, Jacknife 2 ACE y Bootstrap, los cuales son utilizados para datos de abundancia y que permiten establecer si la muestra es representativa del atributo medido (Álvarez et al., 2006). Para el cálculo fue utilizado el paquete estadístico EstimateS 9.0 (Colwell, 2013).

Diversidad. La diversidad alfa de la ictiofauna en cada estación se estimó calculando los números efectivos de especies de la serie de Hill (N_1 y N_2). La diversidad beta (o tasa de recambio de especies) se calculó con el índice de Bray-Curtis para apreciar las especies que no son compartidas entre las estaciones (Hill, 1973). Todos los análisis se realizaron con el programa PAST (Paleontológica Statistics) versión 2.17c (Hammer et al. 2001).

Diversidad Beta (β). La diversidad beta fue evaluada con el índice de Bray-Curtis. Este índice es una medida de similitud que hace énfasis en la importancia de las especies que se tienen en común entre los sitios muestreados (Pielou, 1984) y se formula con el siguiente algoritmo:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^S (X_{ij} - X_{ik})}{\sum_{i=1}^S (X_{ij} + X_{ik})}$$

Dónde,

B es la medida de Bray-Curtis entre las muestras j y k ,

X_{ij} el número de individuos de la especie i en la muestra j ,

X_{ik} el número de individuos de la especie i en la muestra k y,

S número de especies.

Los valores de esta medida de disimilitud oscilan de cero a uno y puede ser transformada como una medida de similitud, utilizando el complemento de Bray-Curtis ($1-\beta$).

Análisis de escalamiento no métrico multidimensional (NMDS). Con el fin de determinar si existía diferencia a nivel de la composición y estructura de la comunidad en cada uno de los ecosistemas evaluados, se realizó un NMDS utilizando la distancia de Bray-Curtis. Para el cálculo de este análisis fue empleando el programa Past Program® (Hammer *et al.* 2001).

Relación Longitud-Peso. El análisis permite determinar la velocidad de incremento de peso con relación a la longitud y viceversa, se puede utilizar como una manera indirecta para ver el ritmo de crecimiento.

Es posible establecer la relación a través de la ecuación de la curva $W = aL^b$; donde W es el peso total, en gramos, y L la longitud estándar, en centímetros; a y b son constantes (Bazigos, 1983). Esta expresión puede transformarse en una recta, mediante el uso de logaritmos decimales (Yáñez 1976), obteniéndose:

$$\text{Log}W = \text{Log} a + b \log L$$

Dónde

W = peso (g);

L =Longitud (cm);

a = ordenada al origen;

b = pendiente;

Log = Logaritmo natural

Debido a que la talla es una magnitud lineal y el peso es proporcional al cubo de la talla, si el pez al crecer mantiene la forma, se dice que el crecimiento es isométrico y b es igual a 3. Cuando no se mantiene la proporcionalidad, el crecimiento es alométrico, y el valor es distinto de 3.

6.5.4 Aspectos biológicos de las especies

6.5.4.1 Ecología trófica

La determinación de los hábitos alimenticios requiere del análisis de los contenidos estomacales, de cada uno de los ejemplares colectados por especie; para esto se siguió la metodología propuesta por Yáñez-Arancibia *et al.* (1985).

Se calculó el coeficiente de vacuidad (V) con el fin de hallar posibles variaciones temporales y espaciales en la dieta, y para determinar si se cuenta con un número significativo de estómagos que permitan obtener información sobre los hábitos alimenticios.

$$V = E_v / E_t$$

Dónde,

E_v : es el número de estómagos vacíos hallados.

E_t : es el número total de estómagos analizados.

Además, se determinó el coeficiente de repleción (R_p), estableciendo las cinco categorías propuestas por Yáñez-Arancibia et al. (1985): vacío (0), poco lleno (1/4), medio lleno (1/2), casi lleno (3/4), completamente lleno (1), mediante la siguiente fórmula:

$$R_p = E_a / E_t$$

Dónde,

E_a es el número de estómagos con alimento.

E_t es el número total de estómagos analizados.

Cada contenido estomacal fue vertido en una caja de Petri, siguiendo la metodología propuesta por Laevastu (1980), donde se separaron los diferentes grupos tróficos y estos se almacenaron en tubos Ependorff con alcohol al 70%, para su determinación taxonómica, hasta el máximo nivel posible, empleando claves especializadas.

Una vez determinados taxonómicamente los ítems alimenticios, se obtuvo su peso siguiendo la metodología propuesta por Hyslop (1980), donde cada muestra se secó en un horno a 60^o C durante 24 horas, se dejaron enfriar por 4 horas y se pesaron en una balanza analítica de precisión 0.0001 g.

En el caso de las especies herbívoras o consumidoras de perifiton se siguió la metodología propuesta por Hyslop (1980), donde se tomó una pequeña porción del estómago e intestino de la región más anterior, se maceró y diluyó

en 5 ml de agua destilada, hasta formar una mezcla homogénea. De esta mezcla se tomó 1 ml y se depositó en las columnas de sedimentación de Utermohl (diámetro de 19 mm, altura de 30,8 mm y capacidad de 10 ml), por 24 horas; luego se realizó el conteo y determinación de las microalgas.

Con base en la metodología propuesta por Ramírez (2000), antes de agregar la muestra a la columna de sedimentación, ésta se agitó 70 veces para que los organismos obtuvieran una distribución aleatoria, y con las muestras que estaban muy concentradas se hicieron diluciones 1/10, 1/100 y 1/1000. Posteriormente, para el conteo se analizaron 30 campos que representan un 90% de la muestra servida. Los organismos fueron observados bajo un microscopio invertido Nikon TMS-F 0.2, con ocular de 10X y objetivo de 40X, y se empleó el método descrito por Ramírez (2000) para determinar la densidad de los organismos.

La determinación taxonómica de los diferentes ítems se llevó hasta género, empleando las claves taxonómicas propuestas Domínguez et al. (2006), Posada y Roldán (2003) y Roldán (1988).

La categoría trófica fue determinada combinando los métodos de porcentaje en peso (%P), frecuencia relativa (%F) e índice de importancia relativa (IIR). El porcentaje de frecuencia se calculó de acuerdo a la propuesta de Yáñez-Arancibia et al. (1985).

$$F = ne / Ne \times (100)$$

Dónde,

F: es la frecuencia (%) de aparición de un tipo de alimento.

Ne: es el número de estómagos con un tipo de alimento.

Ne: es el número de estómagos llenos examinados.

El análisis gravimétrico fue expresado, para cada categoría alimenticia o grupo taxonómico, como el porcentaje del peso total del contenido estomacal de todos los estómagos analizados (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1985), de esta manera se tiene:

$$G = pe/Pe \times 100$$

Dónde,

G= es el porcentaje en peso de un grupo de alimento particular.

pe= es la suma del peso de este grupo en todos los estómagos.

Pe= es la suma del peso del contenido estomacal de todos los estómagos.

Adicionalmente se calculó el índice de importancia relativa (IIR), el cual permite cuantificar la importancia de cada ítem trófico dentro de la dieta de una especie. Relaciona la frecuencia y el peso del alimento, siendo los parámetros más importantes en la alimentación de los peces, a través de la siguiente fórmula:

$$IIR = (F \times G) / 100$$

Dónde,

IIR= es el índice de importancia relativa.

F= es el porcentaje de la frecuencia.

G= es el porcentaje o gravimétrico.

De esta forma el espectro trófico, para cada una de las especies analizadas, está determinado por el porcentaje gravimétrico, el porcentaje de frecuencia y el índice de importancia relativa en relación a tres cuadrantes: el cuadrante I correspondiente a grupos tróficos ocasionales o circunstanciales, el II a grupos tróficos secundarios y el III a grupos preferenciales o principales (Yáñez-Arancibia et al., 1985).

6. 5. 4. 2 Ecología reproductiva

Para evaluar el estado de madurez sexual se realizó la observación macroscópica de las gónadas. Los estadios de madurez gonadal y el sexo de cada ejemplar se determinaron siguiendo la escala propuesta por Vazzoler (1996), y modificada y adaptada por el Grupo de Investigación en Zoología (GIZ), donde se toman en cuenta el tamaño de la gónada, su irrigación sanguínea y la presencia/ausencia de ovocitos.

- Estado I: Inmaduro, ovarios y testículos de 1/3 de longitud de la cavidad abdominal. Ovarios rosáceos y filiformes, translúcidos, ovocitos invisibles a simple vista; testículos blancuzcos y filiformes.
- Estado II: Madurando, ovarios y testículos de 2/3 de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios rosáceos o amarillos con aspecto granular, presencia de algunos ovocitos de pequeño tamaño; testículos blancuzcos y lobulados.
- Estado III: Maduro, ovarios y testículos ocupan 2/3 de toda la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios turgentes de color naranja rosáceo, con vasos sanguíneos superficiales visibles, ovocitos maduros, grandes y transparentes. Testículos de color crema, blandos y turgentes.
- Estado IV: Desovados, ovarios y testículos contraídos en estado de reabsorción cerca de 1/2 de la longitud de la cavidad abdominal, con paredes flojas. Los ovarios son translúcidos y pueden contener restos de ovocitos opacos u oscuros en desintegración. Testículos sanguinolentos y flácidos.

6. 5. 4. 3 Índice Gonadosomático (IGS)

Este índice permite establecer el estado de desarrollo reproductivo en el cual se encuentra una población, se emplea como indicador de su actividad reproductiva y representa la relación porcentual del peso de las gónadas con respecto al peso corporal.

$$\text{IGS} = \text{peso gónada (gr)} / \text{peso total (gr)} * 100$$

6. 5. 4. 4 Factor de condición (K)

La condición del pez es un reflejo de su estado fisiológico, resultado de la influencia de factores externos e internos independientemente de la longitud. El factor de condición se basa en la idea de estimar las variaciones temporales (Granado-Lorenzo, 1996) y de esta manera, estimar el grado de nutrición del pez en un determinado momento de su desarrollo (González, 1996). La fórmula más utilizada es:

$$K = (W / Lb) \times 100$$

donde, K = factor de condición

6.5.5 Resultados y discusión

6.5.5.1 Resultados generales

Se colectaron 1345 individuos que corresponden a seis órdenes, 26 géneros, 14 familias y 37 especies. De las cuales se resalta por su mayor abundancia a *Trichomycterus chapmani* (14,87%), seguido de *Hemibrycon boquiae* con el 13,16%. Las especies que registraron las menores abundancias fueron *Andinoacara latifrons*, *Astyanax fasciatus*, *Gephyrocharax caucanus*, *Lebiasina ortegaí*, *Microgenys minuta*, *Roeboides dayi*, *Saccodon dariensis* con el 0,074% cada una respectivamente (Tabla 140).

Tabla 140. Composición y abundancia de las especies en las estaciones de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

Orden	Familia	Genero	Especie	Total	
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon</i>	<i>Brycon henni</i>	71	
	Characidae	<i>Astyanax</i>	<i>Astyanax fasciatus</i>	1	
		<i>Bryconamericus</i>	<i>Bryconamericus caucanus</i>	95	
		<i>Carlasyanax</i>	<i>Carlasyanax aurocaudatus</i>	47	
		<i>Characidium</i>	<i>Characidium boavistae</i>	2	
		<i>Creagrutus</i>	<i>Creagrutus brevipinnis</i>	61	
		<i>Gephyrocharax</i>	<i>Gephyrocharax caucanus</i>	1	
		<i>Hemibrycon</i>	<i>Hemibrycon boquiae</i>	177	
			<i>Hemibrycon caucanus</i>	98	
		<i>Microgenys</i>	<i>Microgenys minuta</i>	1	
		<i>Roeboides</i>	<i>Roeboides dayi</i>	1	
		<i>Characidium</i>	<i>Characidium caucanum</i>	2	
		Crenuchidae	<i>Characidium</i>	<i>Characidium fasciatum</i>	4
			<i>Lebiasina</i>	<i>Characidium</i>	2

			<i>phoxocephalum</i>	
			<i>Lebiasina ortegaí</i>	1
	Lebiasinidae	<i>Saccodon</i>	<i>Saccodon dariensis</i>	1
	Parodontidae	<i>Poecilia</i>	<i>Poecilia caucana</i>	7
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia</i>	<i>Poecilia reticulata</i>	36
		<i>Apteronotus</i>	<i>Apteronotus mariae</i>	5
Gymnotiformes	Apteronotidae	<i>Andinoacara</i>	<i>Andinoacara latifrons</i>	1
Persiformes	Cichlidae	<i>Oncorhynchus</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	77
Salmoniformes	Salmonidae	<i>Astroblepus</i>	<i>Astroblepus cf chapmani</i>	11
	Astroblepidae	<i>Astroblepus</i>	<i>Astroblepus cf.</i> <i>unifasciatus</i>	2
			<i>Astroblepus grixalvíi</i>	85
			<i>Astroblepus sp1</i>	31
			<i>Astroblepus sp2</i>	25
			<i>Astroblepus sp3</i>	4
			<i>Astroblepus unifasciatus</i>	21
		<i>Trichomycterus</i>	<i>Trichomycterus chapmani</i>	9
		<i>Cetopsorhamdia</i>	<i>Cetopsorhamdia boquillae</i>	90
Siluriformes	Heptapteridae	<i>Heptapteridae</i>	<i>Heptapteridae (gr</i> <i>nuevo)</i>	8
		<i>Imparfinis</i>	<i>Imparfinis usmai</i>	47
		<i>Chaetostoma</i>	<i>chaetostoma cf fischeri</i>	109
		<i>Hypostomus</i>	<i>Hypostomus sp</i>	6
		<i>Lasiancistrus</i>	<i>Lasiancistrus caucanus</i>	2
	Loricariidae	<i>Sturisomatichthys</i>	<i>Sturisomatichthys</i> <i>leightoni</i>	9
	Pimelodidae	<i>Rhamdia</i>	<i>Rhamdia guatemalensis</i>	4
	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus</i>	<i>Trichomycterus chapmani</i>	191

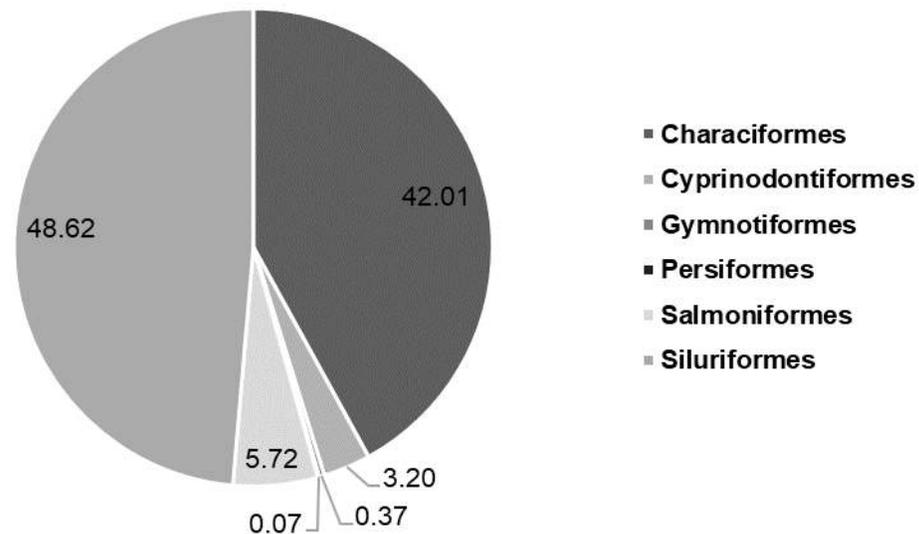
6. 5. 5. 2 Composición Taxonómica de la ictiofauna en el Quindío

El orden con mayor representatividad de especies fue Siluriformes con el 48,62% de representatividad, seguido de Characiformes con el 42,01%. Los órdenes con menor representatividad fueron Perciformes con el 0,07% y Gymnotiformes con 0,37%. Esto concuerda con los resultados registrados para el Neotrópico (Cala 1990 y 2001, Machado y Romero 2006, Anderson & Maldonado-Ocampo 2011) donde los Siluriformes y Characiformes se registran

como los órdenes dominantes de la ictiofauna neotropical de agua dulce (Figura 81).

Dentro de las familias registradas, Characidae (35,99%) fue la más abundante seguida de Trichomycteridae (14,20%) y Astroblepidae (13,98%) mientras que las familias que presentaron menores abundancias fueron Cichlidae, Lebiasinidae, Parodontidae, Lebiasinidae (0,07%) (Figura 82).

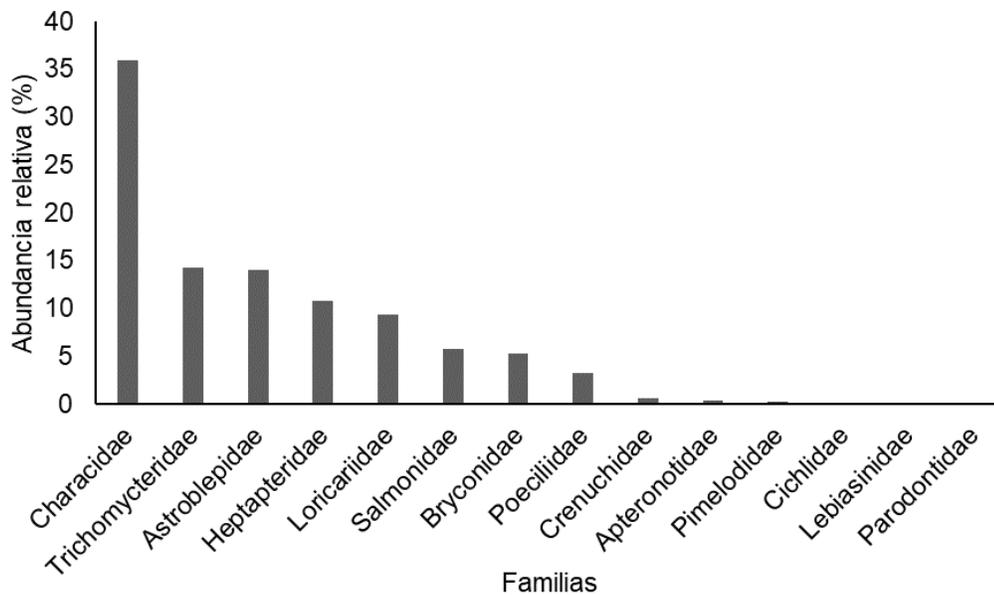
Figura 81. Abundancia relativa de los órdenes presentes en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Esto concuerda con los resultados de García (2009); Lowe-McConnell (1987); y Goulding *et al.* (1988) con relación a la composición de la comunidad de peces, muestran en general los patrones registrados para la ictiofauna Neotropical en cuanto a que es mucho más rica en número de especies pertenecientes a la familia Characidae; éstos habitan desde pantanos hasta pequeñas quebradas, ocupa y explora más nichos, presentan hábitos omnívoros y depredadores principalmente (Castro, 2006). Estos generalmente son pequeños, plateados, comprimidos lateralmente, de hábitos diurnos, de alimentación variada que incluye dietas insectívoras, planctívoras, detritívoras, y carnívoras (Machado, 1993).

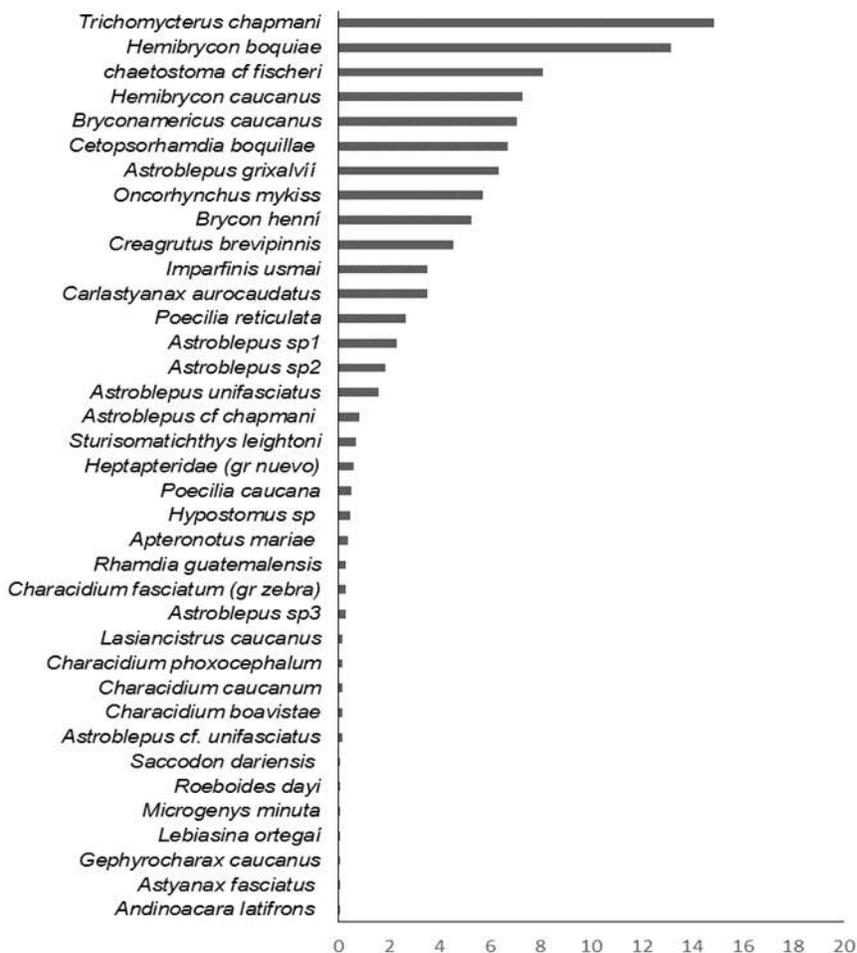
Con respecto a las especies, *T.chapmani* fue la más abundante (14,87%) seguida de *H. boquiae* (13,16%) y *B. caucanus* (8,10%); el 63,86% restante se distribuyó en las demás especies donde las de menor abundancia fueron *Andinoacara latifrons*, *Astyanax fasciatus*, *Gephyrocharax caucanus*, *Lebiasina ortegai*, *Microgenys minuta*, *Roeboides dayi* y *Saccodon dariensis* a las cuales obtuvieron valores inferiores al 0,07% (Figura 83).

Figura 82. Abundancia relativa de las familias en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



El ensamblaje de la comunidad de peces en los ecosistemas lóticos evaluados concuerda con los diferentes estudios realizados en ríos altoandinos (Briñez-Vásquez, 2004; García-Melo, 2005; Zuñiga *et al.*, 2005; Castro, 2006; Lozano, 2008; López, 2013; Albornoz y Conde, 2014, Montoya, 2014), quienes registran que el orden más abundante y representativo para estos ecosistemas lóticos, es el de los Characiformes.

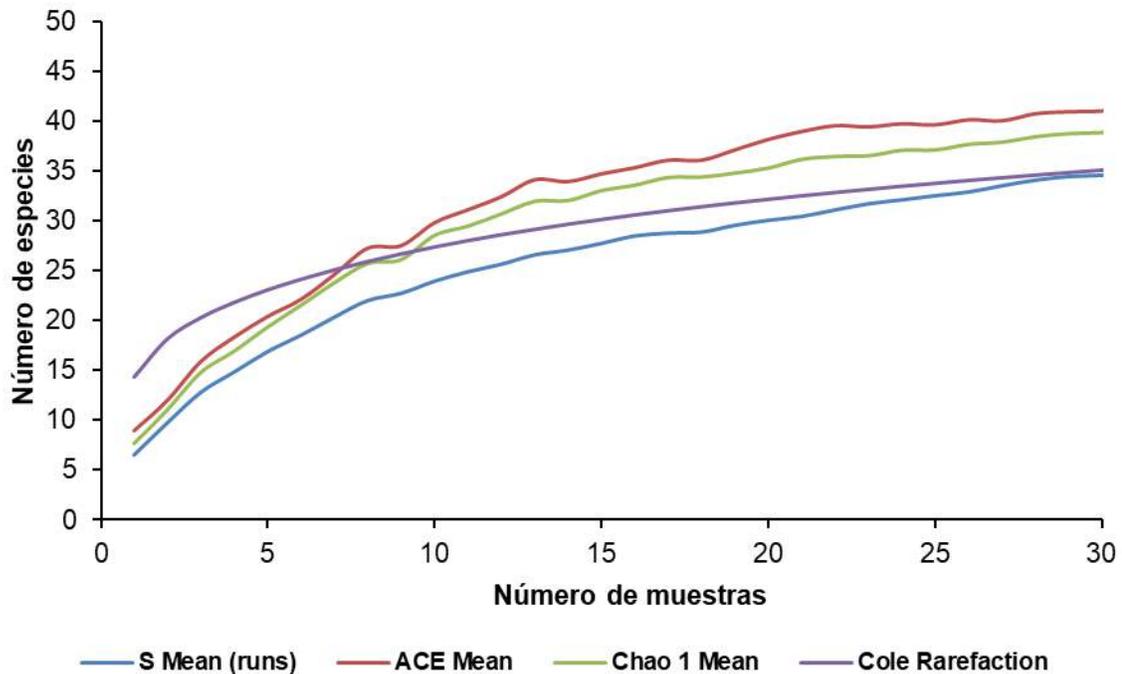
Figura 83. Abundancia relativa de las especies presentes en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



6. 5. 5. 3 Representatividad del muestreo

La curva de acumulación de especies que se muestra en la Figura 84 con los valores de riqueza calculados por los estimadores, ACE, Chao 1 y Cole, se registró un total de 37 especies (Sobs) en los dos meses de muestreo en las 42 estaciones evaluadas para un total de 1345 individuos que corresponden al 85,57% del valor esperado con el estimador de riqueza ACE, 91,36% para Chao.

Figura 84. Curva de acumulación de especies registradas en 42 estaciones de muestreo colectadas en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

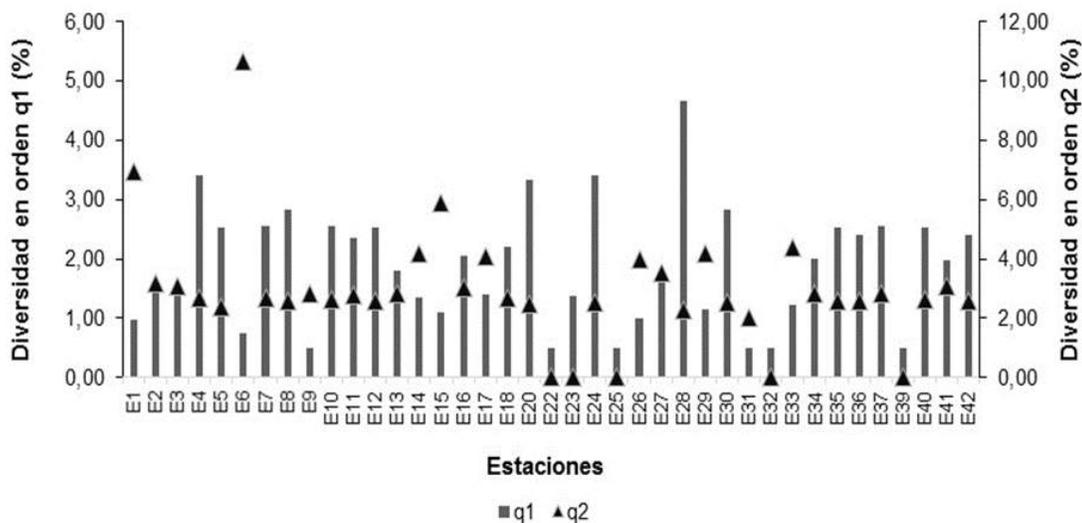


Con base en los valores obtenidos y el comportamiento de la curva de acumulación se evidencia un número importante de organismos presentes durante los periodos de muestreo, lo cual representa una alta eficiencia de muestreo (Brower et al., 1997); Sin embargo la tendencia de estos estimadores y el comportamiento asintótico de la curva de acumulación de especies, indican mediana representatividad de los muestreos, siendo necesario un aumento en la intensidad de muestreo, ya que posiblemente aún existe un porcentaje de especies que no han sido colectadas en el estudio, es decir que, la forma de esta curva varía en función del orden en el que se consideran las diferentes muestras, o sean añadidos al inventario; sesgos temporales o espaciales en la distribución del esfuerzo de muestreo pueden tener un efecto en la forma de la curva (Jiménez y Hortal, 2003). Es de resaltar que las especies pueden ampliar o reducir su distribución en función de los cambios en el ambiente.

6. 5. 5. 4 Diversidad alfa y beta

q0. La riqueza específica de las estaciones evaluadas de las cuencas abastecedoras en el departamento del Quindío osciló entre 1 y 37 especies. Las estaciones E4 y E5 ubicadas en las zonas de menor altura (1079 m.s.n.m y 1091 m.s.n.m) presentaron la mayor riqueza con 19 y 13 especies respectivamente, donde las que presentaron mayor abundancia fueron, *Imparfinis usmaj*, *H.boquiae*, y *B. caucanus*, mientras que la estación con menor riqueza fue E22, E25, E31, E32 y E39 situadas a mayor altura, a excepción de la E22 a los 1057, 1427 m.s.n.m, 2457 m.s.n.m, 2028 m.s.n.m respectivamente con tan solo 1 especie (Figura 85).

Figura 85. Diversidad alfa (en series de números de Hill) de la ictiofauna registrada en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



q1. La diversidad alfa varía significativamente en las zonas de muestreo de las cuencas abastecedoras en el departamento del Quindío, El valor más alto en número efectivo de especies según la serie números de Hill (q1) se registró en la estación E28 (Figura 85) con un valor de 9,31, presentando una alta dominancia de organismos de la especie *Creagrutus brevipinnis*, taxón más abundante comparado con los demás taxones de la misma estación.

q2. Así mismo los valores en el orden (q2) el cual le da mayor peso a las especies dominantes, presentó su mayor valor en la estación E6 (5,32)

representada, por la especie *Astroblepus grivalvíi*, *Astroblepus sp1* y *Astroblepus cf chapmani*.

Figura 86. Distribución espacial de la riqueza de especies de peces en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío

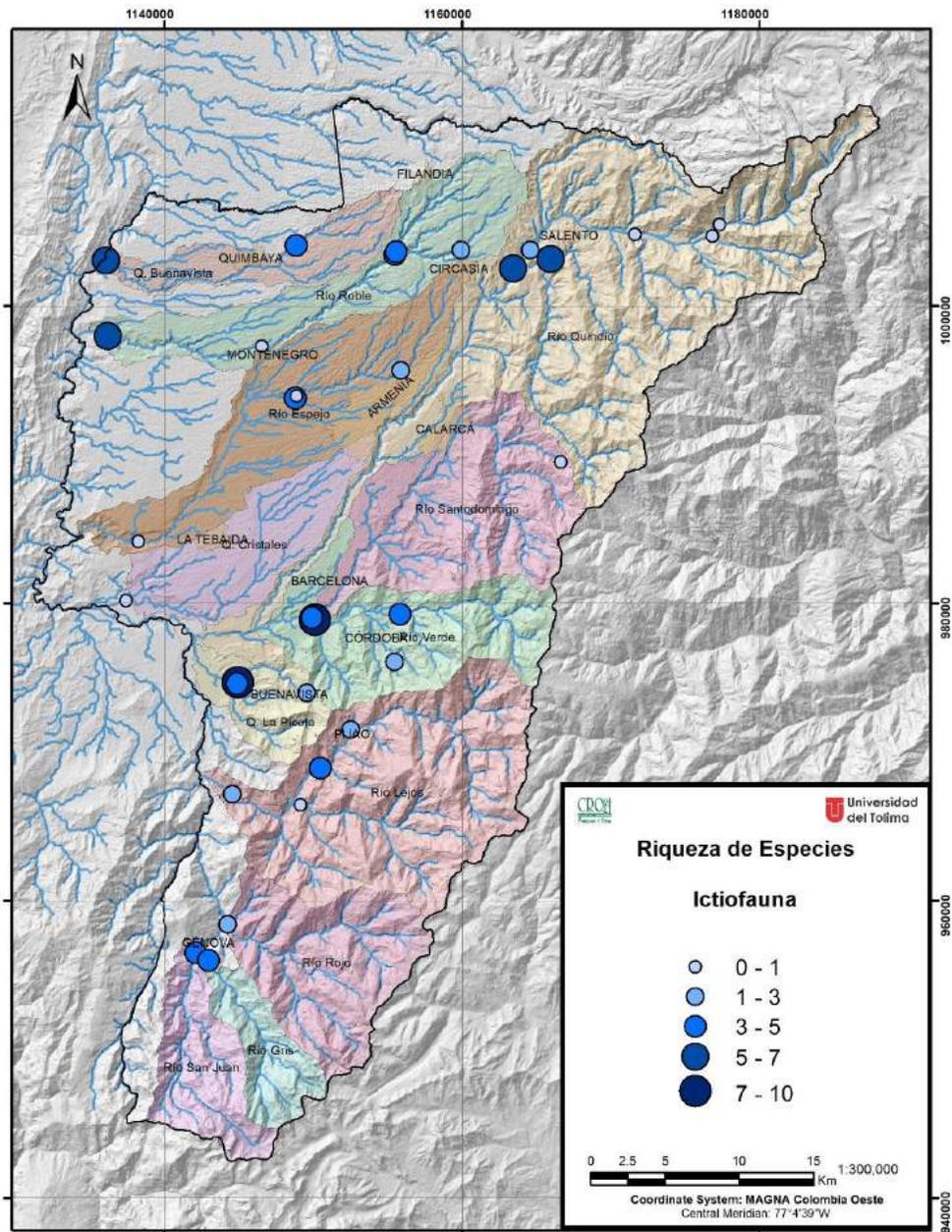
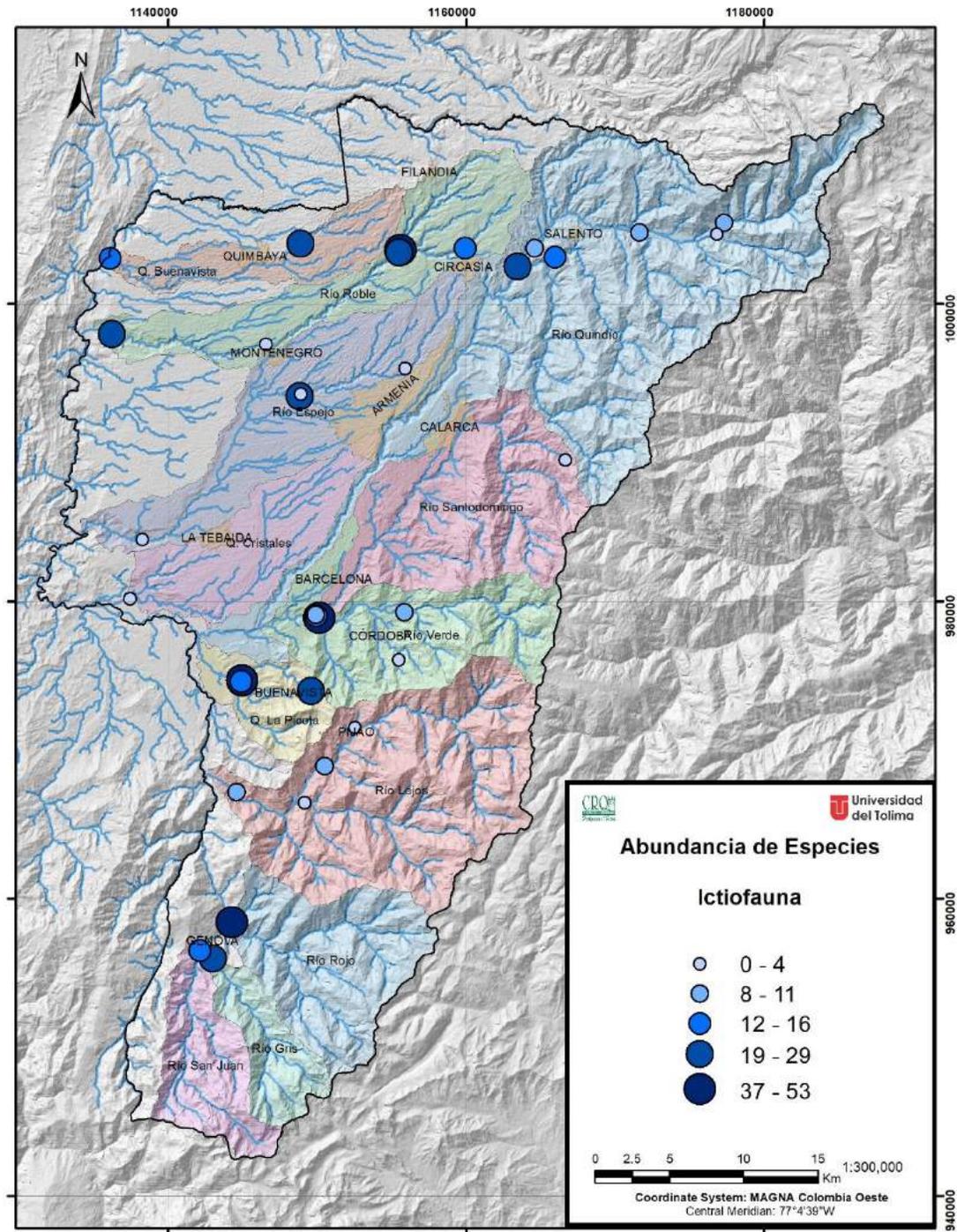


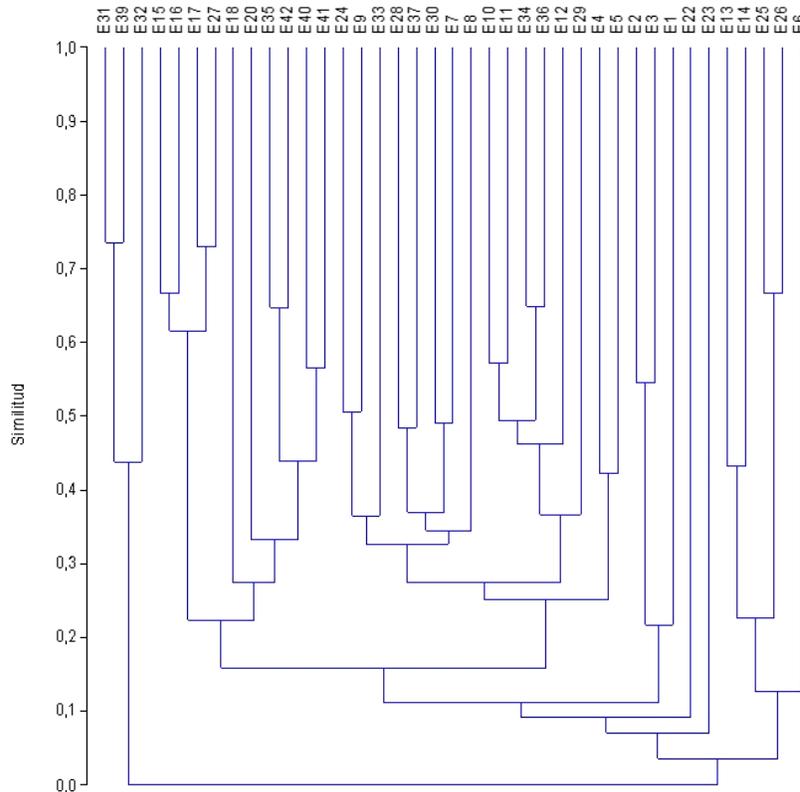
Figura 87. Distribución espacial de la abundancia de especies de peces en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío



En relación con la diversidad beta, las estaciones con mayor similaridad en el río Quindío fueron la E17 y la E27 con un 70% de similaridad, con especies compartidas como *Astroblepus* sp1, *H. boquiae*, *A. unifasciatus* y *A. grixalvíi*. Especies propias de hábitats con fondos arenosos, con guijarros y rocas; vegetación ribereña de tipo herbácea y arbustiva y sumergida, perifiton, material aloctono; flujo moderado y bajo; viven en arroyos y ríos de fuerte corriente y abundante vegetación ribereña, donde se ha encontrado en caídas con aguas limpias y bien oxigenadas (Briñez-Vásquez 2004, Maldonado-Ocampo y otros 2005).

Por otra parte las estaciones que se diferencian significativamente de las demás son la E31, E32 y la E39, posiblemente por compartir 1 especie, *Oncorhynchus mykiss* y estar en alturas similares (24,57 m.s.n.m, 2028 m.s.n.m, 23,84 m.s.n.m), registradas únicamente en dichas estaciones (Figura 88).

Figura 88. Índice de similitud de Bray-Curtis de las estaciones en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



6. 5. 5. 5 Aspectos biológicos de las especies

Ecología trófica

Los hábitos alimentarios de los peces representan una integración entre las preferencias alimentarias, disponibilidad y accesibilidad al alimento; los cuales pueden variar de acuerdo a la localidad, época del año, actividad, crecimiento o edad del pez, abundancia de los ítems alimentares, presencia de otras especies y mudanzas en el hábitat (Lowe McConnell 1999). El análisis de contenido estomacal es una herramienta valiosa para inferir como, en una cadena trófica, los peces interactúan con otras especies, animales y vegetales, y en el medio en el que se encuentran. La descripción y cuantificación de la dieta de organismos acuáticos es la base para comprender como ocurren los ciclos energéticos, es de esta forma es posible estimar como los peces utilizan los recursos disponibles en su medio (Trujillo, Rodríguez, Reyes, 2016).

***Cetopsorhamdia boquillae* (Eigenmann & Fisher, 1922).**

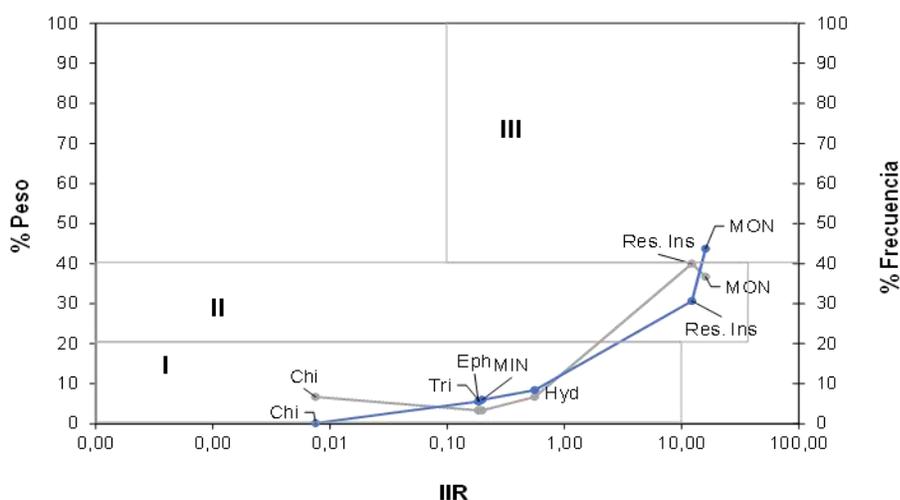
Se analizaron 25 estómagos, con un coeficiente de repleción de 0.76. En total se identificaron 7 ítems alimenticios, siendo el de mayor frecuencia restos de insectos (40,00%) y materia orgánica no identificada (36,67%). Los ítems alimenticios con menor frecuencia fueron Ephemeroptera, Trichoptera, MINI MINI (3,33%).

*Tabla 141. Porcentajes gravimétrico de frecuencia e índice de importancia relativa de los distintos ítems alimenticios de *Cetopsorhamdia boquillae* de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.*

ITEM	%Frec	%Peso	IIR
Chironomidae	6,67	0,1130	0,00754
Ephemeroptera	3,33	5,5439	0,18480
Trichoptera	3,33	5,6315	0,18772
MINI	3,33	5,9677	0,19893
Hydropsychidae	6,67	8,3922	0,55948
Restos de Insectos	40,00	30,6640	12,26561
MONI	36,67	43,6874	16,01874

Según el espectro trófico, los ítems preferenciales se encuentra MONI como el más frecuente, seguido de restos de insectos. Dichos resultados evidencian que la especie se clasifica como omnívora e insectívora.

Figura 89. Espectro trófico de *Cetopsorhamdia boquillae* en de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Astroblepus sp1 (Humboldt, 1805).

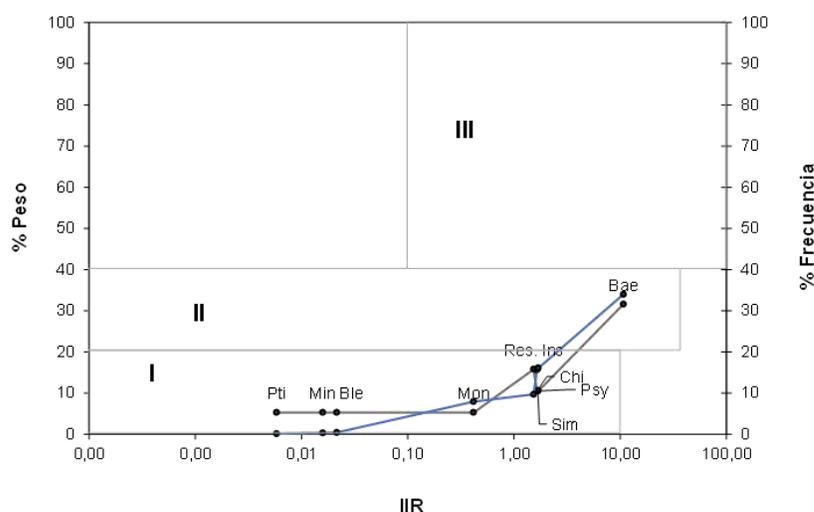
Fueron analizados 14 estómagos, con un coeficiente de repleción de 0,71. En total se identificaron 9 ítems alimenticios, siendo los de mayor frecuencia Baetidae (31,57%) y Chironomidae (10,52%) (Tabla 142).

Tabla 142. Porcentajes gravimétrico de frecuencia e índice de importancia relativa de los distintos ítems alimenticios de *Astroblepus* sp1 en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

ITEM	%Frec	%Peso	IIR
Ptilodactylidae	5,26	0,1108	0,00583
MINI	5,26	0,3007	0,01582
Blephariceridae	5,26	0,4075	0,02145
MONI	5,26	7,9044	0,41602
Restos de Insectos	15,78	9,6930	1,53047
Chironomidae	10,52	15,6387	1,64617
Simuliidae	10,52	15,9077	1,67449
Psychodidae	10,52	16,0699	1,69157
Baetidae	31,57	33,9675	10,72658

Según los resultados del espectro trófico, el ítem Baetidae es el de mayor presencia en los estómagos. Los resultados permiten clasificar a esta especie como insectívora.

Figura 90. Espectro trófico de *Astroblepus sp1* de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



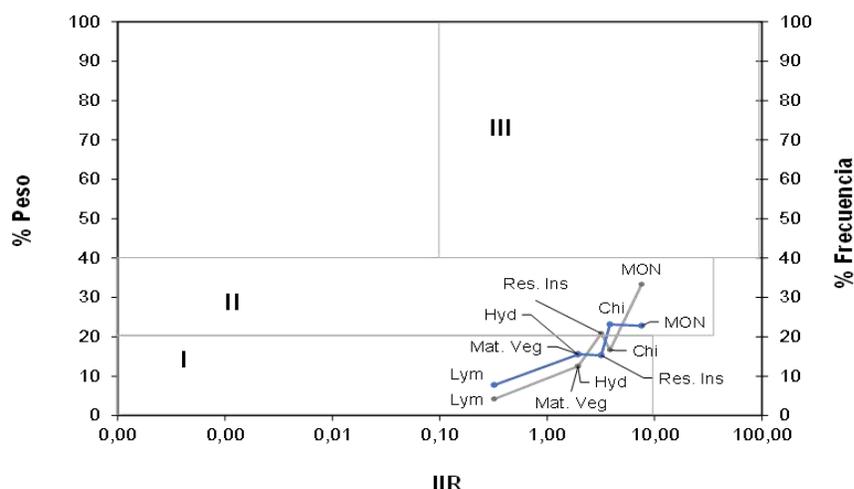
Trichomycterus chapmani (Eigenmann, 1912).

Fueron analizados 30 estómagos, con un coeficiente de repleción de 0.466667. En total se identificaron 6 ítems alimenticios, siendo los de mayor frecuencia materia orgánica no identificada (33,33%), seguido de restos de insectos (20,83%). Los ítems alimenticios con menor frecuencia fueron Hydropsychidae y Material vegetal (12,50%). Dichos resultados evidencian que la especie se clasifica como omnívora (Tabla 143).

Tabla 143. Porcentajes gravimétrico de frecuencia e índice de importancia relativa de los distintos ítems alimenticios de *Trichomycterus chapmani* de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

ITEM	%Frec	%Peso	IIR
Lymnaeidae	4,16	7,7255	0,32190
Hydropsychidae	12,50	15,4778	1,93473
Material vegetal	12,50	15,5658	1,94573
Restos de Insectos	20,83	15,2943	3,18631
Chironomidae	16,66	23,1345	3,85576
MONI	33,33	22,8018	7,60062

Figura 91. Espectro trófico de *Trichomycterus chapmani* de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



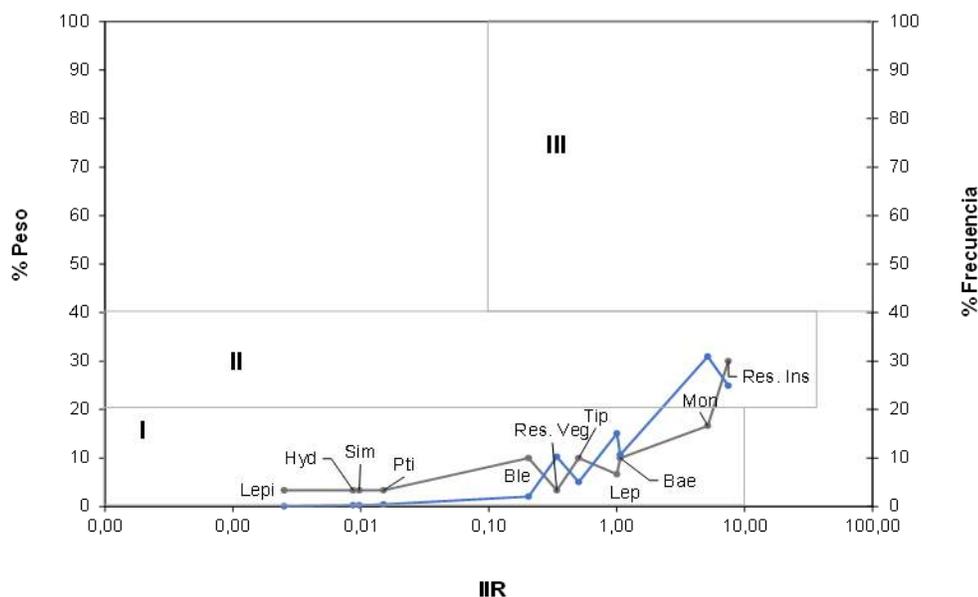
Astroblepus grivalvíi (Humboldt, 1805).

Fueron analizados 30 estómagos, los cuales representaron un coeficiente de repleción de 0,63333. En total se identificaron ítems alimenticios, entre ellos el de mayor frecuencia fue restos de insectos con el 30% y materia orgánica no identificada con 16,66%. El de menor frecuencia fueron Ptilodactylidae, Simuliidae, Hydropsychidae, restos vegetales y Lepidoptera (3,33%). Estos resultados permitieron clasificar a esta especie como insectívora.

Tabla 144. Porcentajes gravimétrico de frecuencia e índice de importancia relativa de los distintos ítems alimenticios de *Astroblepus grivalvíi* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

ITEM	%Frec	%Peso	IIR
Restos de Insectos	30	24,9095	7,4728
MONI	16,66	30,9406	5,1568
Baetidae	10	10,6690	1,0669
Leptoceridae	6,66	15,0553	1,0037
Tipulidae	10	5,0553	0,5055
Restos vegetales	3,33	10,2364	0,3412
Blephariceridae	10	2,0523	0,2052
Ptilodactylidae	3,33	0,4527	0,0151
Simuliidae	3,33	0,2918	0,0097
Hydropsichidae	3,33	0,2616	0,0087
Lepidoptera	3,33	0,0755	0,0025

Figura 92. Espectro trófico de *Astroblepus grixalví* en las unidades hidrográficas



***Brycon henni* (Eigenmann, 1913).**

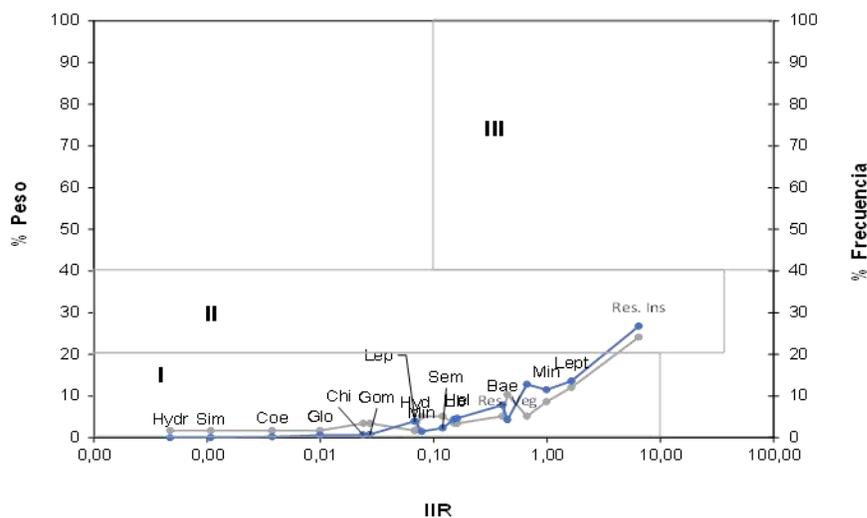
Fueron analizados 30 estómagos, con un coeficiente de repleción de 0.83333. En total se identificaron ítems alimenticios, siendo el de mayor frecuencia restos de insectos (24,13%). Por su parte los de menor frecuencia fueron Hydroptilidae, Simuliidae, Coenagrionidae, Glossosomatidae, con 1,72%. Dichos resultados evidencian que la especie se clasifica como insectívora (Tabla 145).

Tabla 145. Porcentajes gravimétrico de frecuencia e índice de importancia relativa de los distintos ítems alimenticios de *Brycon henni* de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

ITEM	%Frec	%Peso	IIR
Hydroptilidae	1,72	0,02738	0,00047
Simuliidae	1,72	0,0625	0,00108
Coenagrionidae	1,72	0,2171	0,00374
Glossosomatidae	1,72	0,57309	0,00988
Chironomidae	3,44	0,6904	0,02381
Gomphidae	3,44	0,7921	0,02732
Hydropsychidae	1,72	3,9529	0,06815
Lepidoptera	1,72	3,9647	0,06836
MINI	5,17	1,5119	0,07820
Semillas	5,17	2,3217	0,12009

Libellulidae	3,44	4,3911	0,15142
Helicopsychidae	3,44	4,6825	0,16147
Baetidae	5,17	7,8257	0,40478
Restos vegetales	10,34	4,3246	0,44737
Material vegetal	5,17	12,8388	0,66408
MONI	8,62	11,4794	0,98961
Leptoceridae	12,06	13,5938	1,64064
Restos de Insectos	24,13	26,7496	6,45680

Figura 93. Espectro trófico de *Brycon henni* de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



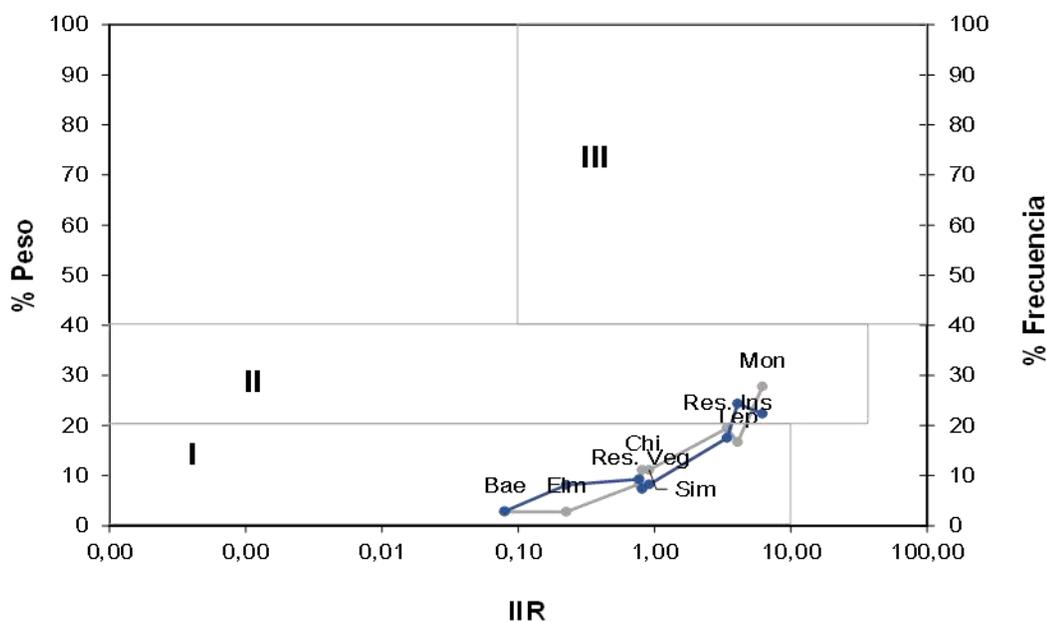
***Carlasyanax aurocaudatus* (Eigenmann, 1913).**

Fueron analizados 20 estómagos, los cuales representaron un coeficiente de repleción de 1. En total se identificaron 6 ítems alimenticios, entre ellos el de mayor frecuencia fue el material orgánico no identificado, seguido de restos de insectos con el 18,91%. Los de menor frecuencia fueron Baetidae y Elmidae (2,70%) (Tabla 146). Lo anterior permite clasificar a esta especie como omnívora.

Tabla 146. Porcentajes gravimétrico de frecuencia e índice de importancia relativa de los distintos ítems alimenticios de *Carlastyanax aurocaudatus* de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

ITEM	%Frec	%Peso	IIR
Chironomidae	10,81	6,3222	0,34174
Baetidae	2,70	2,4812	0,06706
Elmidae	2,70	7,0090	0,18943
MONI	8,10	4,8279	0,39146
Simuliidae	10,81	7,10908	0,76855
Restos de Insectos	18,91	11,9370	1,16001
Restos vegetales	8,10	8,0374	0,65168
Leptoceridae	16,21	21,0960	3,42098
MONI	18,91	14,5115	2,74542

Figura 94. Espectro trófico de *Carlastyanax aurocaudatus* de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Hemibrycon boquiae (Eigenmann, 1913).

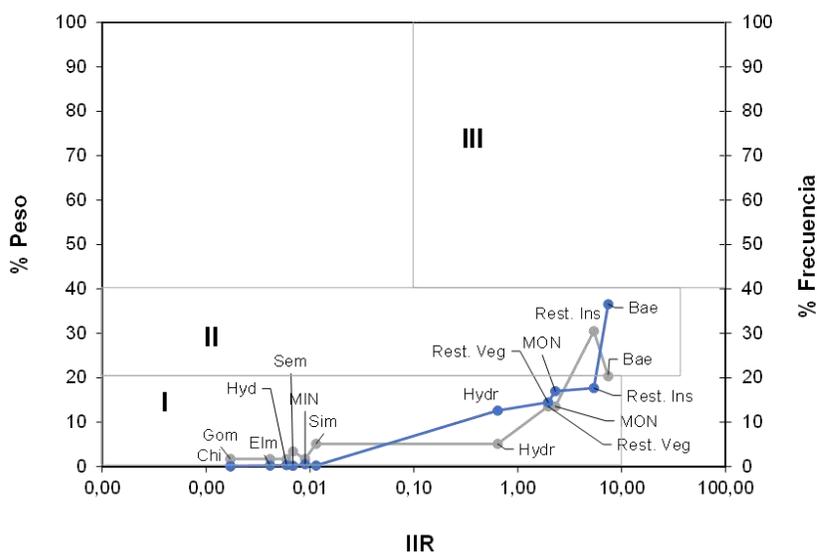
Fueron analizados 30 estómagos, los cuales representaron un coeficiente de repleción de 0,93333. En total se identificaron 13 ítems alimenticios, entre ellos el de mayor frecuencia fueron restos de insectos (28,12%) y Baetidae

(18,75%). Los de menor frecuencia fueron Gomphidae, Chironomidae, Elmidae e Hydropsichidae (1,56%). Lo anterior permite clasificar a esta especie como insectívora (Tabla 147).

Tabla 147. Porcentajes gravimétrico de frecuencia e índice de importancia relativa de los distintos ítems alimenticios de *Hemibrycon boquiae* de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

ITEM	%Frec	%Peso	IIR
Gomphidae	1,56	0,0817	0,00128
Chironomidae	1,56	0,0817	0,00128
Elmidae	1,56	0,1972	0,00308
Hydropsichidae	1,56	0,2838	0,00444
Semillas	3,12	0,1635	0,00511
MINI	1,56	0,4282	0,00669
Simuliidae	4,68	0,1828	0,00857
Restos vegetales	12,50	11,715	0,33101
Hydroptilidae	4,68	10,238	0,47994
MONI	12,50	13,755	1,71947
Restos de Insectos	28,12	14,333	4,03120
Baetidae	18,75	29,652	5,55987

Figura 95. Espectro trófico de *Hemibrycon boquiae* de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



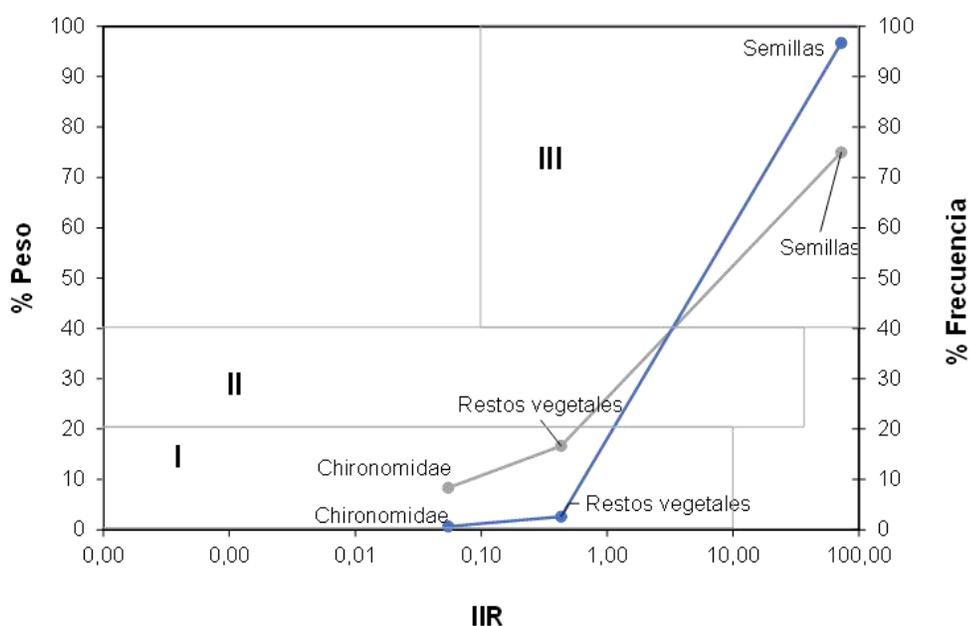
Creagrutus brevipinnis (Eigenmann, 1913).

Fueron analizados 10 estómagos, los cuales representaron un coeficiente de replicación de 0,9. En total se identificaron 3 ítems alimenticios, entre ellos el de mayor frecuencia fue Semillas (75%). Mientras que el de menor frecuencia fue Chironomidae (8,33%), lo anterior permitió clasificar a esta especie como omnívora.

Tabla 148. Porcentajes gravimétrico de frecuencia e índice de importancia relativa de los distintos ítems alimenticios de *Creagrutus brevipinnis* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

ITEM	%Frec	%Peso	IIR
Chironomidae	8,33	0,6575	0,05480
Restos vegetales	16,66	2,5946	0,43244
Semillas	75,00	96,747	72,56087

Figura 96. Espectro trófico de *Creagrutus brevipinnis* de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



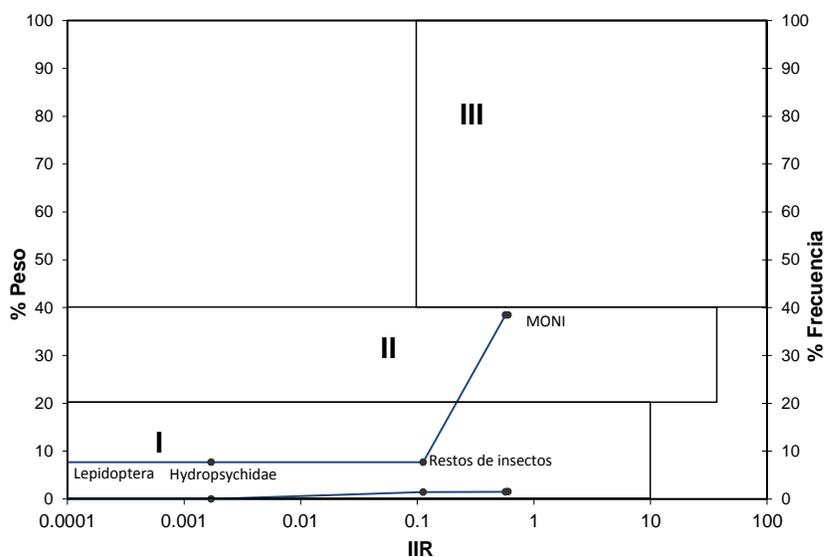
Bryconamericus caucanus (Eigenmann, 1913).

Fueron analizados 15 estómagos, los cuales representaron un coeficiente de repleción de 0,857. En total se identificaron 5 ítems alimenticios, entre ellos el de mayor frecuencia fue materia orgánica no identificada (1,55%) y restos de insectos (1,48%). Los de menor frecuencia fueron Baetidae (0,00071%) y Lepidoptera (0,02214%) (Tabla 149).

Tabla 149. Porcentajes gravimétrico de frecuencia e índice de importancia relativa de los distintos ítems alimenticios de *Bryconamericus caucanus* de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

Items	%F	%P	IIR
MONI	1.55786	38.4615	0.59918
Restos de insectos	1.48143	38.4615	0.56978
Hydropsychidae	1.46214	7.69231	0.11247
Lepidoptera	0.02214	7.69231	0.0017
Baetidae	0.00071	7.69231	5.5E-05

Figura 97. Espectro trófico de *Bryconamericus caucanus* de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Lo anterior permitió clasificar a esta especie como omnívora.

***Astroblepus grixalvíi* (Humboldt, 1805).**

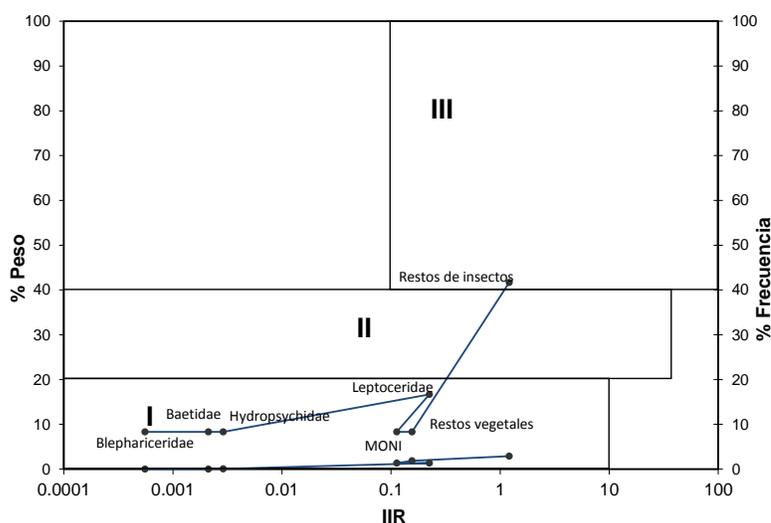
Fueron analizados 15 estómagos, los cuales representaron un coeficiente de repleción de 0,8. En total se identificaron 7 ítems alimenticios, entre ellos el de

mayor frecuencia fue restos de insectos con el 2,9% y Leptoceridae 1,8%. El de menor frecuencia fue Blephariceridae (0,0066%) (Tabla 150).

Tabla 150. Porcentajes gravimétrico de frecuencia e índice de importancia relativa de los distintos ítems alimenticios de *Astroblepus grimaldi* de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

Items	%F	%P	IIR
Restos de insectos	2.904	41.6667	1.21
Leptoceridae	1.86667	8.33333	0.15556
Restos vegetales	1.35667	8.33333	0.11306
MONI	1.35067	16.6667	0.22511
Hydropsychidae	0.03467	8.33333	0.00289
Baetidae	0.02533	8.33333	0.00211
Blephariceridae	0.00667	8.33333	0.00056

Figura 98. Espectro trófico de *Astroblepus grimaldi* de las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Estos resultados permitieron clasificar a esta especie como insectívora.

Hemibrycon caucanus (Eigenmann, 1913).

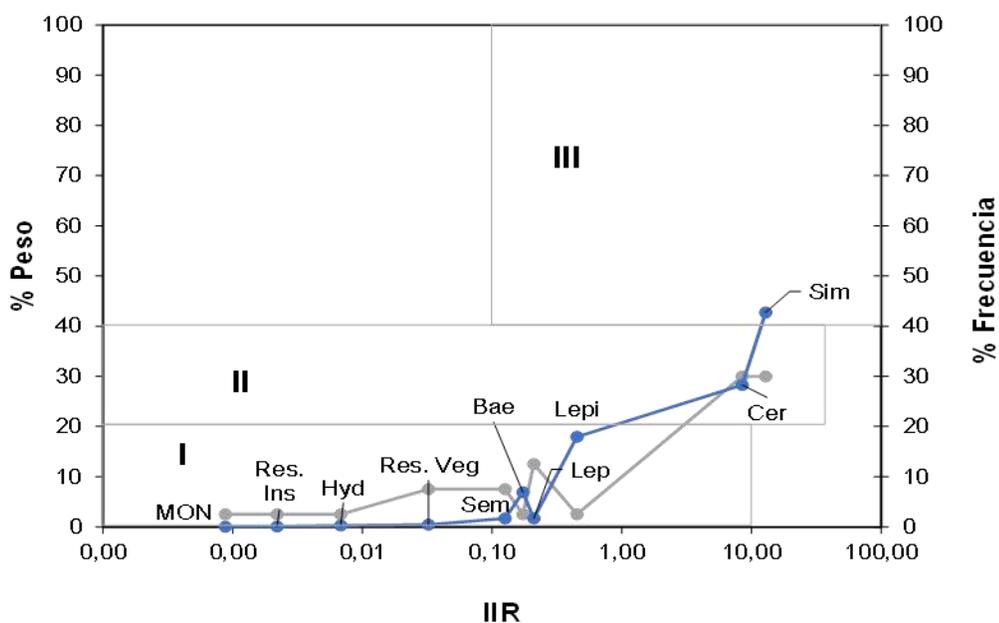
Fueron analizados 30 estómagos, los cuales representaron un coeficiente de repleción de 0,9. En total se identificaron 10 ítems alimenticios, entre ellos el de mayor frecuencia fue materia orgánica no identificada (30,00%) y restos de insectos (30,00%). Los de menor frecuencia fueron Simuliidae, Ceratopogonidae,

Lepidoptera, Hydropsychidae y Leptoceridae (2,50%). Lo anterior permitió clasificar a esta especie como omnívora.

Tabla 151. Porcentajes gravimétrico de frecuencia e índice de importancia relativa de los distintos ítems alimenticios de *Hemibrycon caucanus* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

ITEM	%Frec	%Peso	IIR
Simuliidae	2,50	0,0354	0,00088
Ceratopogonidae	2,50	0,0884	0,00221
Lepidoptera	2,50	0,2740	0,00685
Restos vegetales	12,50	0,9456	0,05877
Baetidae	7,50	0,4331	0,03248
Semillas	7,50	1,6880	0,12660
Leptoceridae	2,50	6,9377	0,17344
Hydropsychidae	2,50	18,0910	0,45228
Restos de Insectos	30,00	28,4578	8,53734
MONI	30,00	43,0490	12,91471

Figura 99. Espectro trófico de *Hemibrycon caucanus* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Imparfinis usmai (Ortega-Lara, Milani, DoNascimento, Villa-Navarro & Maldonado-Ocampo, 2011).

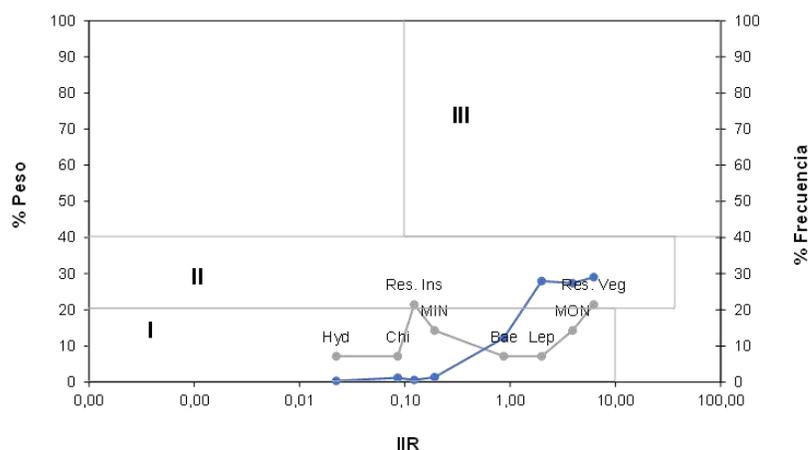
Fueron analizados 20 estómagos, los cuales representaron un coeficiente de repleción de 0,45%. En total se identificaron 8 ítems alimenticios, entre ellos el de mayor frecuencia fue restos de insectos, seguido de restos vegetales (21,42%). Los de menor frecuencia fueron Baetidae, Chironomidae, Hydropsychidae, Leptoceridae (7,14%). Lo anterior permitió clasificar a esta especie como insectívora (Tabla 152).

*Tabla 152. Porcentajes gravimétrico de frecuencia e índice de importancia relativa de los distintos ítems alimenticios de *Imparfinis usmai* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.*

ITEM	%Frec	%Peso	IIR
Baetidae	7,14	12,205	0,87181
Chironomidae	7,14	1,1983	0,08560
Hydropsychidae	7,14	0,3126	0,02233
Leptoceridae	7,14	27,940	1,99576
MINI	14,28	1,3416	0,19167
MONI	14,28	27,4065	3,91522
Restos de Insectos	21,42	0,57314	0,12282
Restos vegetales	21,42	29,0217	6,21895

Dentro de los ítems relevantes en el estudio, se encuentran las algas dulceacuícolas. Este recurso trófico, en su mayoría muestra disponibilidad para aquellas especies con adaptaciones morfológicas que les permiten aprovechar el crecimiento de estos microorganismos en sustratos rocosos y troncos del ecosistema (Ramírez y Viña, 1998; Maldonado *et al*, 2005). De esta manera, las algas también evidencian una baja abundancia dentro de los estómagos de las especies que tienen dichas preferencias.

Figura 100. Espectro trófico de *Imparfinis usmai* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



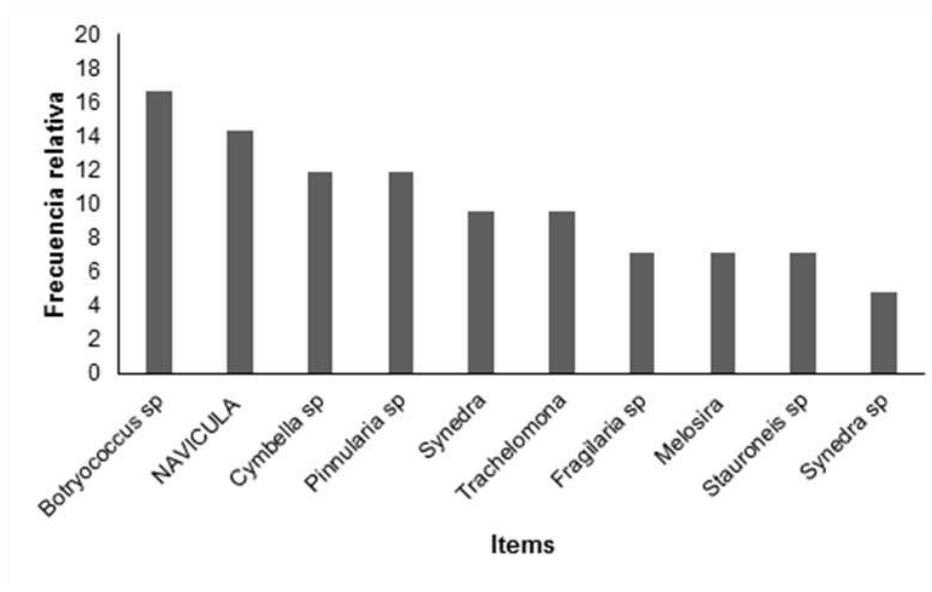
Chaetostoma cf fisheri (Steindachner, 1879).

Fueron analizados 25 individuos, identificando 10 ítems alimenticios. Entre ellos los de mayor frecuencia registrada fueron *Botryococcus* sp (16,66%) y *Navicula* (14,28%), el ítem de menor frecuencia fue *Synedra* sp (4,76%); lo anterior permite clasificar a esta especie como alguivora.

Tabla 153. Porcentajes gravimétrico de frecuencia relativa de los distintos ítems alimenticios de *Chaetostoma cf fisheri* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

ITEM	%Frec
<i>Botryococcus</i> sp	16,66
<i>Navicula</i>	14,28
<i>Cymbella</i> sp	11,90
<i>Pinnularia</i> sp	11,90
<i>Synedra</i>	9,52
<i>Trachelomona</i>	9,52
<i>Fragilaria</i> sp	7,14
<i>Melosira</i>	7,14
<i>Stauroneis</i> sp	7,14
<i>Synedra</i> sp	4,76

Figura 101. Frecuencias relativas de los ítems en *Chaetostoma cf fisheri* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío



***Poecilia reticulata* (Peters, 1859)**

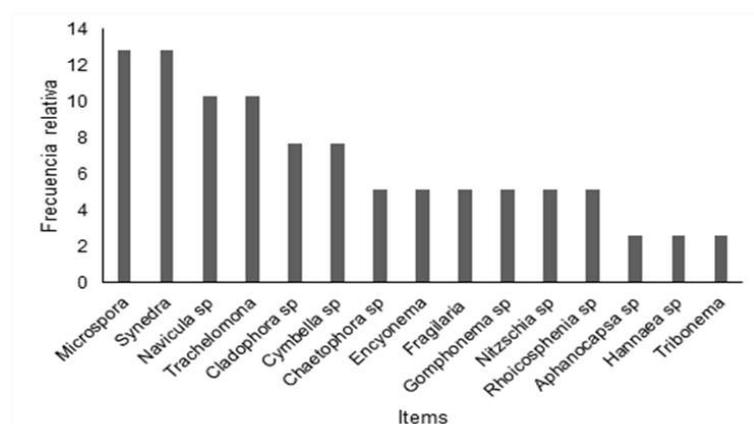
Fueron analizados 20 individuos, identificando 15 ítems alimenticios. Entre ellos los de mayor frecuencia registrada fueron *Microspora* y *Synedra* (12,82%) y *Navicula* (10,25%), los ítems de menor frecuencia fueron *Aphanocapsa* sp, *Hannaea* sp, y *Tribonema* (2,56%); por lo tanto, esta especie se puede clasificar como alguivora.

Tabla 154. Porcentajes gravimétrico de frecuencia relativa de los distintos ítems alimenticios de *Poecilia reticulata* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

ITEM	%Frec
<i>Microspora</i>	12,82
<i>Synedra</i>	12,82
<i>Navicula</i>	10,25
<i>Trachelomona</i>	10,25
<i>Cladophora</i> sp	7,69
<i>Cymbella</i> sp	7,69
<i>Chaetophora</i> sp	5,12
<i>Encyonema</i>	5,12
<i>Fragilaria</i>	5,12
<i>Gomphonema</i> sp	5,12

<i>Nitzschia sp</i>	5,12
<i>Rhoicosphenia sp</i>	5,12
<i>Aphanocapsa sp</i>	2,56
<i>Hannaea sp</i>	2,56
<i>Tribonema</i>	2,56

Figura 102. Frecuencias relativas de los ítems en *Poecilia reticulata* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



La información trófica para las especies de menor abundancia, tales como *A. unifasciatus*, y *A. cf chapmani* y *Astroblepus* sp2 pueden clasificarse como especies insectívoras; esto gracias a los tipos de hábitat que dichas especies ocupan, tal es el caso de *A. unifasciatus* que habitar arroyo y ríos de fuerte corriente y abundante vegetación ribereña, donde se ha encontrado en caídas con aguas limpias y bien oxigenadas (Briñez-Vásquez 2004, Maldonado-Ocampo *et al.*, 2005). *A. cf chapmani*, cuenta con características específicas con respecto al tipo de hábitat, ya que está relacionado con el tamaño de sus individuos, el más grande se encuentra en áreas con fuertes corrientes o turbulencias, y el más pequeño en sitios de baja corriente asociados con vegetación marginal, donde permanecen ocultos, prefiriendo aguas frías, 18–24°C (Ortega-Lara *et al.*, 1999, 2000, 2002, Maldonado *et al.*, 2005) (Tabla 155).

Tabla 155. Listado de ítems alimenticios para las especies ícticas de menor abundancia en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

Especie	n	Ítems
<i>Astroblepus unifasciatus</i> (Eigenmann, 1912).	6	Baetidae, Chironomidae, Psychodidae, Restos de Insectos, Simuliidae
<i>Astroblepus cf chapmani</i>	4	Baetidae, Chironomidae, Hydropsychidae, Restos de

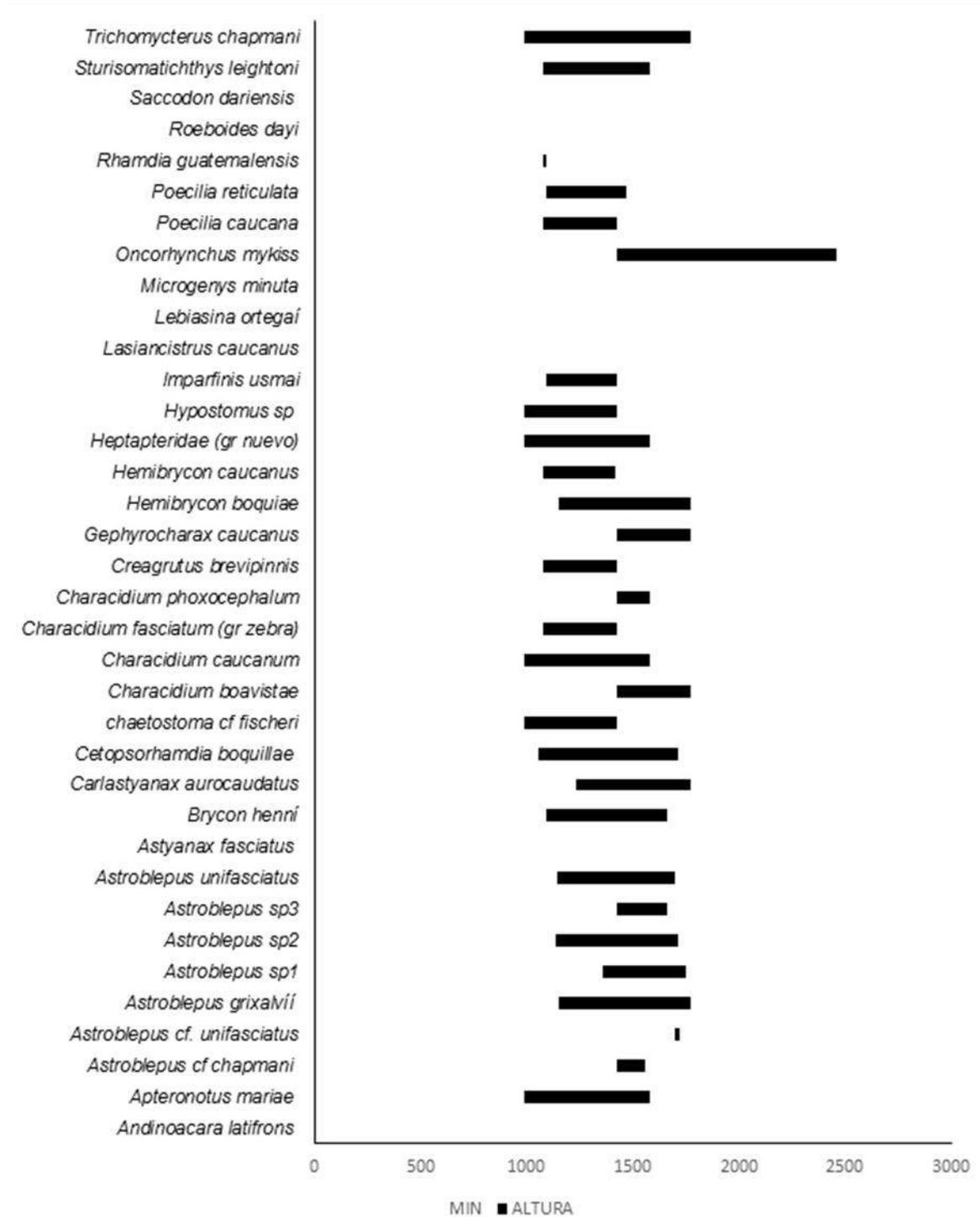
(Eigenmann, 1912).		Insectos, Simuliidae
<i>Astroblepus</i> sp2(Humboldt, 1805).	1	Baetidae, Blephariceridae, MONI, Restos de Insectos,
	4	Simuliidae

Los cambios en el régimen hidrológico afectan tanto la calidad como la cantidad de los alimentos disponibles en el ambiente; siendo el suministro de alimento disponible y la densidad de especies factores que están claramente ligados al ciclo alimenticio en lugares sometidos a inundaciones periódicas (Lowe-McConnell 1999).

6. 5. 5. 6 Distribución altitudinal

La composición de especies presentó una distribución dependiente de la altura(m.s.n.m.), a partir de los 1.000 hasta los 2.500 m.s.n.m. En el rango 1.000 m.s.n.m., – 1.800 m.s.n.m., se registran el mayor número de especies, con *Trichomycterus chapmani*, *Hembrycon boquiae*, *Heptateriade (gr nuevo)*, *Characidium caucanum*, *Astroblepus grixalvíi* y *Cetopsorhamdia boquillae*, siendo estas las que presentan mayor espectro altitudinal (Figura 103),

Figura 103. Distribución altitudinal de las especies colectadas en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Es de resaltar los estudios en los cuales evaluaron la diversidad, distribución y aspectos ecológicos de las especies de los órdenes Characiformes, la mayoría de los resultados obtenidos en ellos, concuerdan en que la distribución de las especies parece estar relacionada con factores altitudinales y cambios en las variables fisicoquímicas, como la temperatura; además, la variación en la diversidad podría reflejar diferencias en la complejidad del hábitat ofertado (García-Melo, 2005; Zuñiga *et al.*, 2005; Castro-Roa, 2006; Briñez, 2004; Lozano-Zárate, 2008; López, 2013; Albornoz y Conde, 2014; Montoya, 2014).

6. 5. 5. 7 Parámetros descriptivos de las poblaciones.

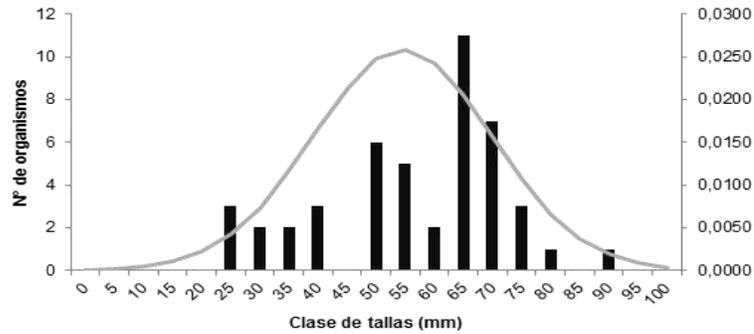
Estos análisis se realizaron con aquellas especies de las cuales se colectó y evaluó un mínimo de 10 individuos. El análisis de relación longitud-peso permite determinar la velocidad de incremento de peso con relación a la longitud y viceversa, se puede utilizar como una manera indirecta para ver el ritmo de crecimiento de una especie (González *et al.*, 1996). Estas variables son descriptores de gran interés en la biología de poblaciones de peces, ya que aportan información fundamental sobre estrategias de crecimiento, estado nutricional y reproducción (Cifuentes *et al.*, 2012).

6. 5. 5. 8 Distribución de frecuencia de tallas y relación Longitud - Peso.

Bryconamericus caucanus

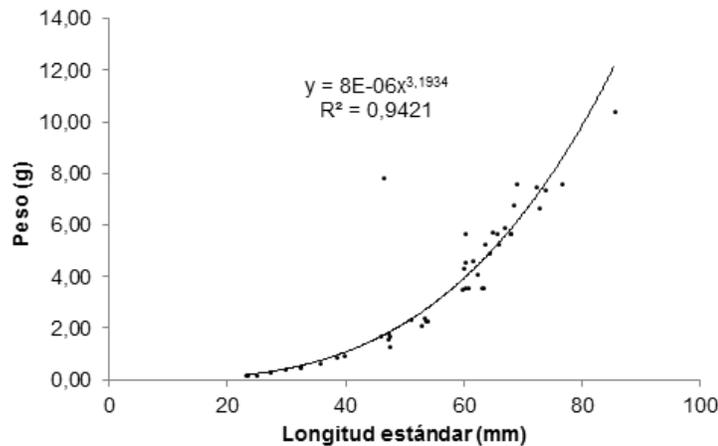
Se analizaron 15 ejemplares, la talla promedio fue de 54,5 cm, respectivamente; el diagrama de frecuencia de tallas muestra que los datos presentaron distribución normal. La mayor parte de los ejemplares se ubicaron entre las clases 65 mm y 7mm (Figura 104).

Figura 104. Distribución de frecuencias de tallas para *Bryconamericus caucanus* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



La relación longitud peso, para el periodo de muestreo fue $W = 8E-06x^{3,1934}y$ con un $R^2 = 0.9421$. Estos resultados evidencian, que en términos generales se presentó un crecimiento alométrico positivo para los individuos analizados, lo cual indica que estos estarían incrementando preferencialmente su peso sobre su longitud. (Figura 105).

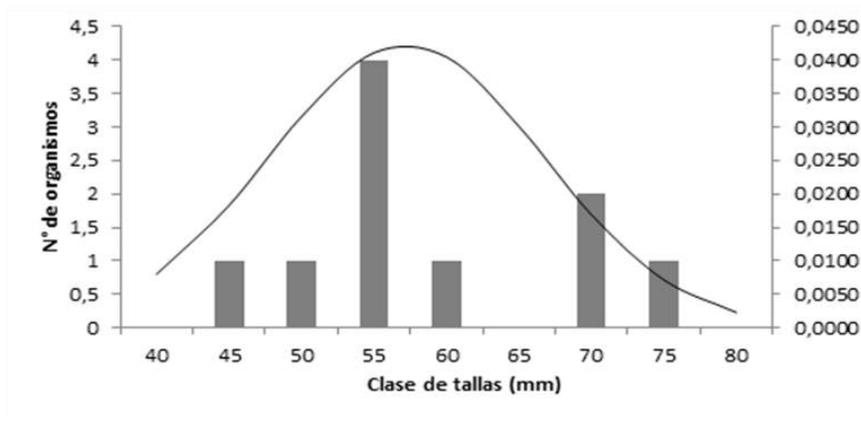
Figura 105. Relación longitud – peso para *Bryconamericus caucanus* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Astroblepus cf chapmani

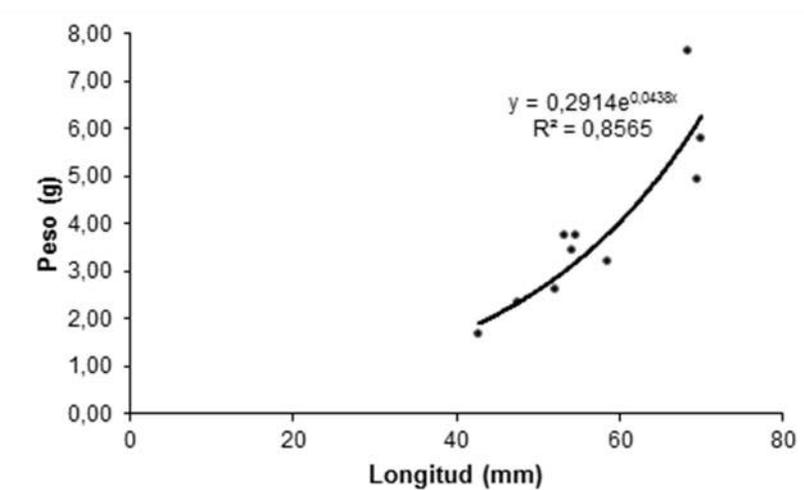
Se analizaron 10 ejemplares, la talla promedio fue de 55 mm, respectivamente; el diagrama de frecuencia de tallas muestra que los datos presentaron distribución normal.

Figura 106. Distribución de frecuencias de tallas para *Astroblepus cf chapmani* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



La relación longitud peso, para el periodo de muestreo fue $W = 0,2914e^{0,0438x}$ con un $R^2 = 0,8565$. Estos resultados evidencian, que en términos generales se presentó un crecimiento alométrico positivo para los individuos analizados, lo cual indica que estos estarían incrementando preferencialmente su peso sobre su longitud.

Figura 107. Relación longitud – peso para *Astroblepus cf chapmani* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

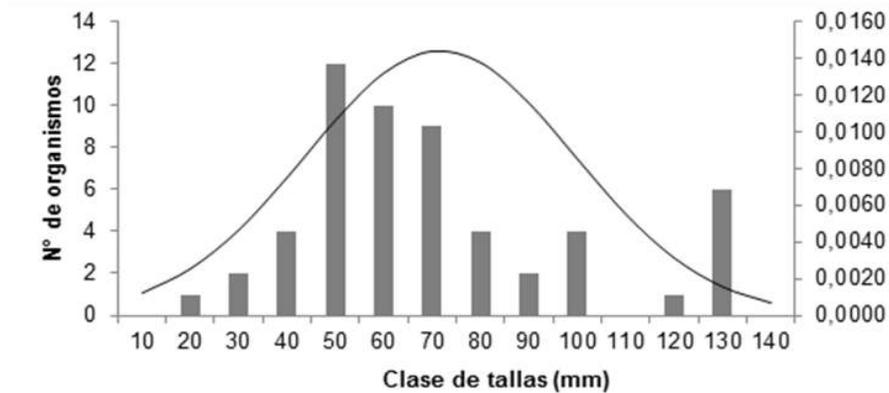


Astroblepus grixalví

Se analizaron 78 ejemplares, la talla promedio fue de 70 mm, respectivamente; el diagrama de frecuencia de tallas muestra que los datos

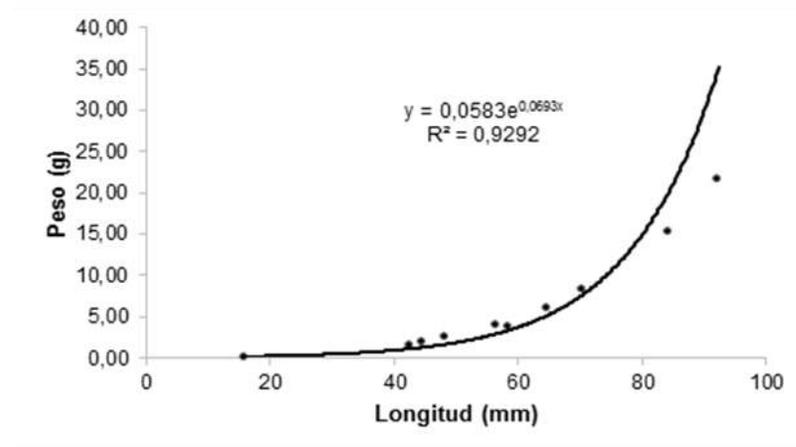
presentaron distribución normal. La mayor parte de los ejemplares se ubicaron entre las clases 50 mm y 60mm (Figura 108).

Figura 108 Distribución de frecuencias de tallas para *Astroblepus grixalví* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



La relación longitud peso, para el periodo de muestreo fue $W = 0,0583e^{0,0693x}$ y con un $R^2 = 0,9292$. Estos resultados evidencian, que en términos generales se presentó un crecimiento alométrico positivo para los individuos analizados, lo cual indica que estos estarían incrementando preferencialmente su peso sobre su longitud (Figura 109).

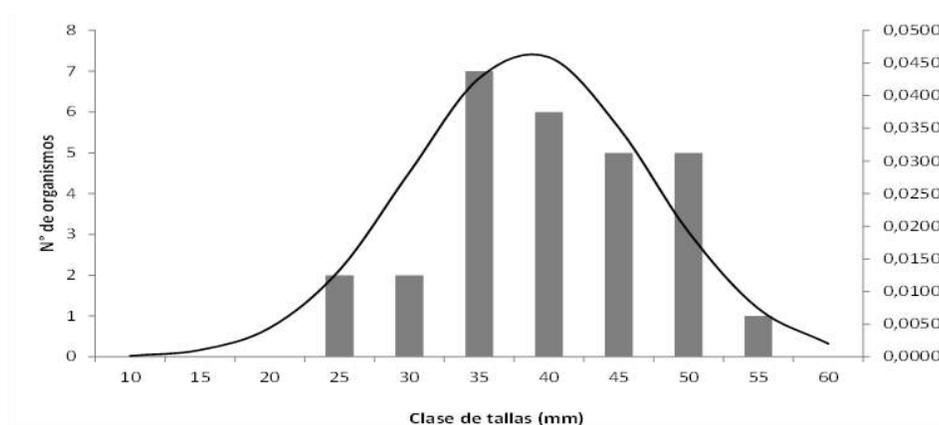
Figura 109. Relación longitud – peso para *Astroblepus grixalví* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Astroblepus sp1

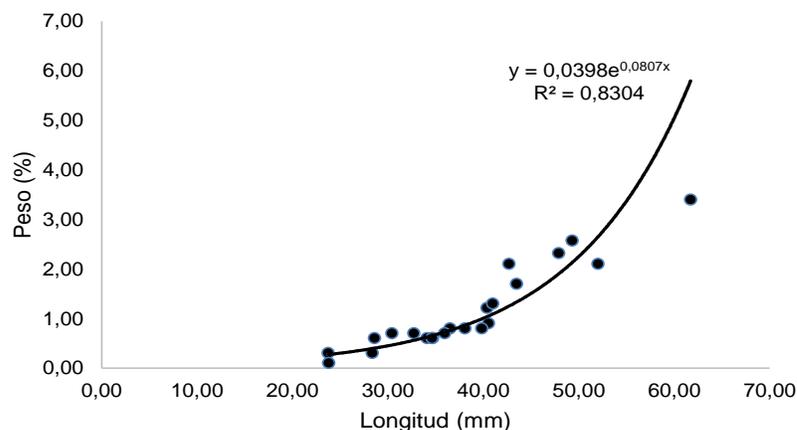
Se analizaron 31 ejemplares, la talla promedio fueron de 92,3 mm; el diagrama de frecuencia de tallas muestra que los datos presentaron distribución normal. La mayor parte de los ejemplares se ubicaron entre las clases 35 mm y 40 mm.

Figura 110. Distribución de frecuencias de tallas para *Astroblepus sp1* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



La relación longitud peso, para el periodo de muestreo fue $W = 0,0398e^{0,0807x}$ y con un $R^2 = 0,8304$. Estos resultados evidencian, que en términos generales se presentó un crecimiento alométrico positivo para los individuos analizados, lo cual indica que estos estarían incrementando preferencialmente su peso sobre su longitud.

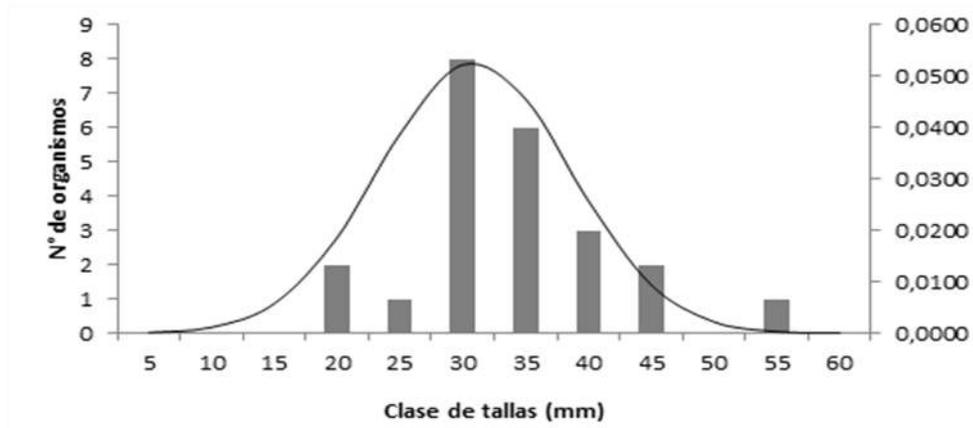
Figura 111. Relación longitud – peso para *Astroblepus sp1* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Astroblepus sp2

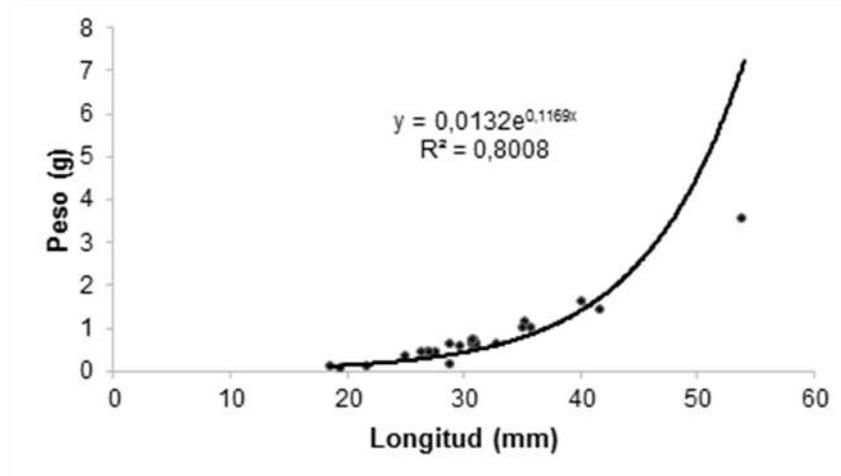
Se analizaron 23 ejemplares, la talla promedio fueron de 30 mm; el diagrama de frecuencia de tallas muestra que los datos presentaron distribución normal. La mayor parte de los ejemplares se ubicaron entre las clases 30 mm y 35 mm.

Figura 112. Distribución de frecuencias de tallas para Astroblepus sp2 en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío



La relación longitud peso, para el periodo de muestreo fue $W = 0,0132e^{0,1169x}$ y con un $R^2 = 0,8008$. Estos resultados evidencian, que en términos generales se presentó un crecimiento alométrico positivo para los individuos analizados, lo cual indica que estos estarían incrementando preferencialmente su peso sobre su longitud.

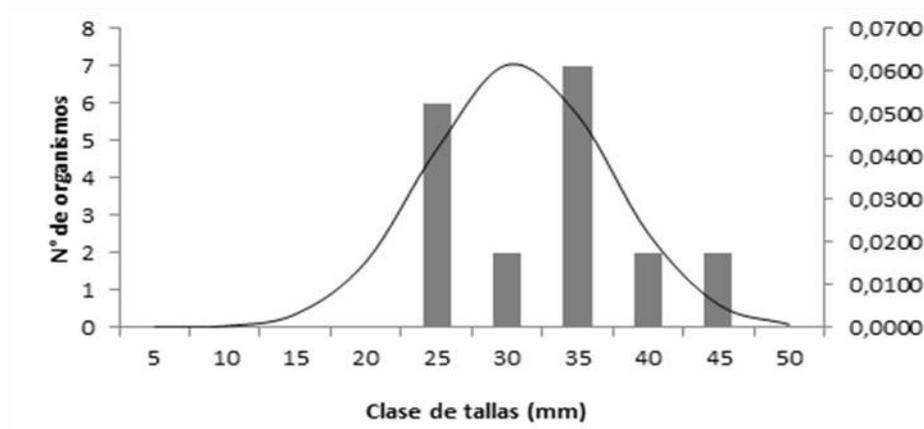
Figura 113. Relación longitud – peso para Astroblepus sp2 en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Astroblepus unifasciatus

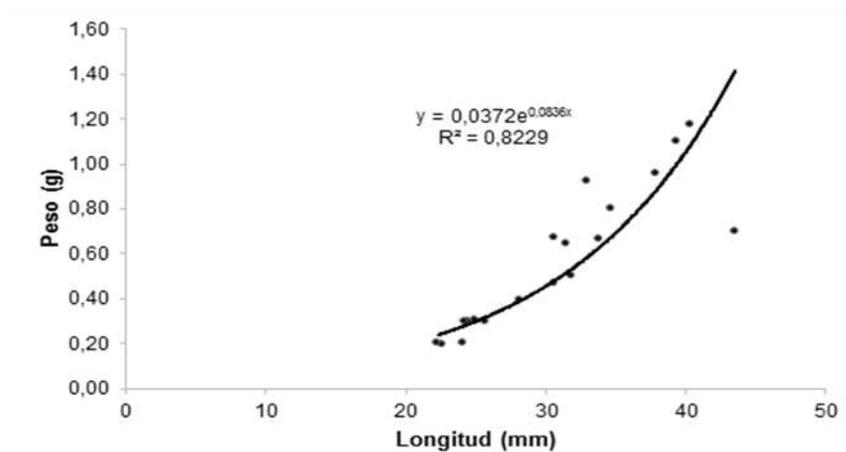
Se analizaron 19 ejemplares, la talla promedio fueron de 92,3 mm; el diagrama de frecuencia de tallas muestra que los datos presentaron distribución normal. La mayor parte de los ejemplares se ubicaron entre las clases 60 mm, 70 mm y 80 mm.

Figura 114. Distribución de frecuencias de tallas para *Astroblepus unifasciatus* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



La relación longitud peso, para el periodo de muestreo fue $W = 0,0372e^{0,0836x}$ y con un $R^2 = 0,8229$. Estos resultados evidencian, que en términos generales se presentó un crecimiento alométrico positivo para los individuos analizados, lo cual indica que estos estarían incrementando preferencialmente su peso sobre su longitud.

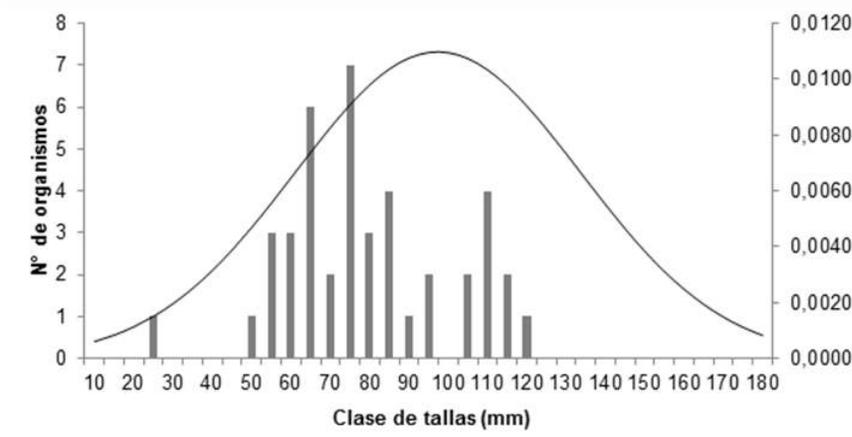
Figura 115. Relación longitud – peso para *Astroblepus unifasciatus* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Brycon henni

Se analizaron 61 ejemplares, la talla promedio fueron de 95mm; el diagrama de frecuencia de tallas muestra que los datos presentaron distribución normal. La mayor parte de los ejemplares se ubicaron entre las clases 65 mm y 70 mm (Figura 116).

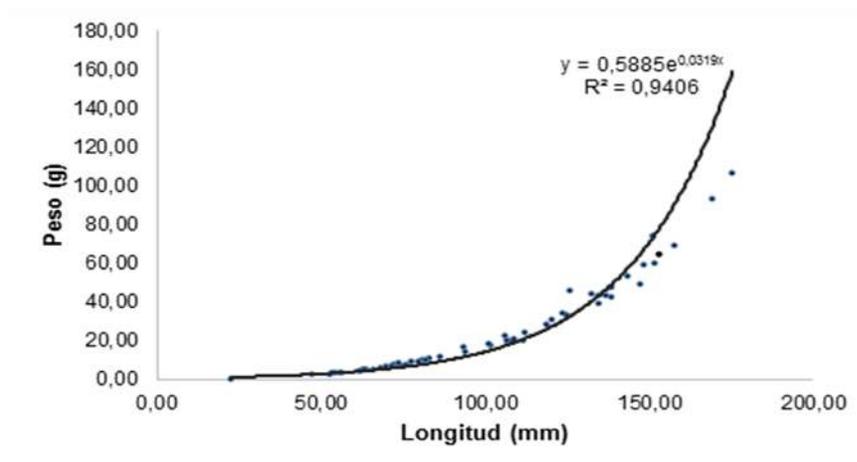
Figura 116. Distribución de frecuencias de tallas para *Brycon henni* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



La relación longitud peso, para el periodo de muestreo fue $W = 0,5885e^{0,0319x}$ y con un $R^2 = 0,9406$. Estos resultados evidencian, que en términos generales se presentó un crecimiento alométrico positivo para los

individuos analizados, lo cual indica que estos estarían incrementando preferencialmente su peso sobre su longitud. (Figura 117).

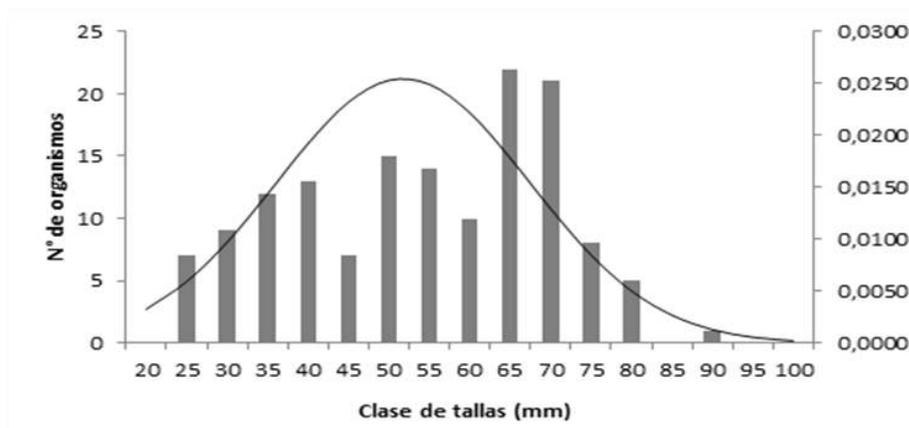
Figura 117. Relación longitud – peso para *Brycon henniei* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Hemibrycon caucanus

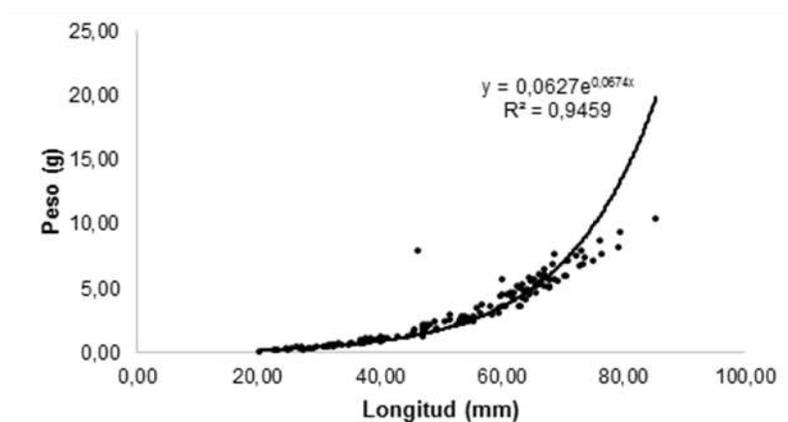
Se analizaron 144 ejemplares, la talla promedio fue de 50,5 mm, respectivamente; el diagrama de frecuencia de tallas muestra que los datos presentaron distribución normal. La mayor parte de los ejemplares se ubicaron entre las clases 65 mm y 7mm.

Figura 118. Distribución de frecuencias de tallas para *Hemibrycon caucanus* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



La relación longitud peso, para el periodo de muestreo fue $W = 0,0627e^{0,0674x}$ con un $R^2 = 0,9459$. Estos resultados evidencian, que en términos generales se presentó un crecimiento alométrico positivo para los individuos analizados, lo cual indica que estos estarían incrementando preferencialmente su peso sobre su longitud.

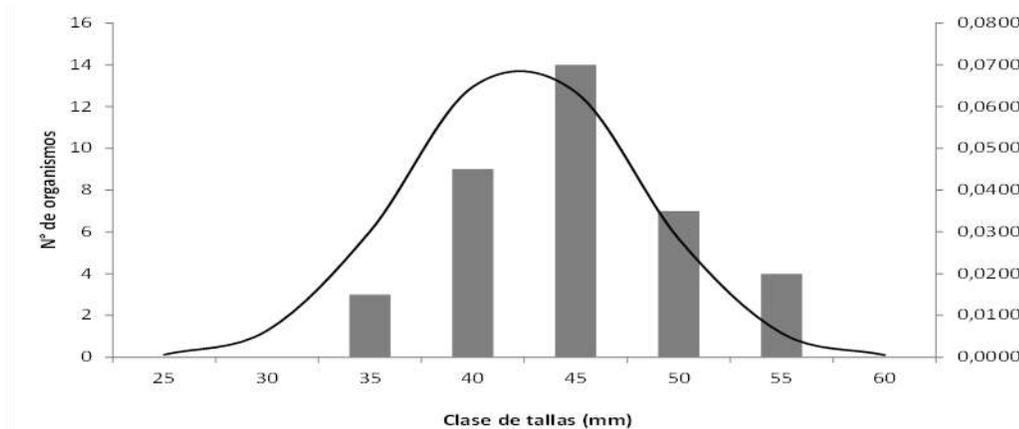
Figura 119. Relación longitud – peso para *Hemibrycon caucanusen* las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Carlastyanax aurocaudatus

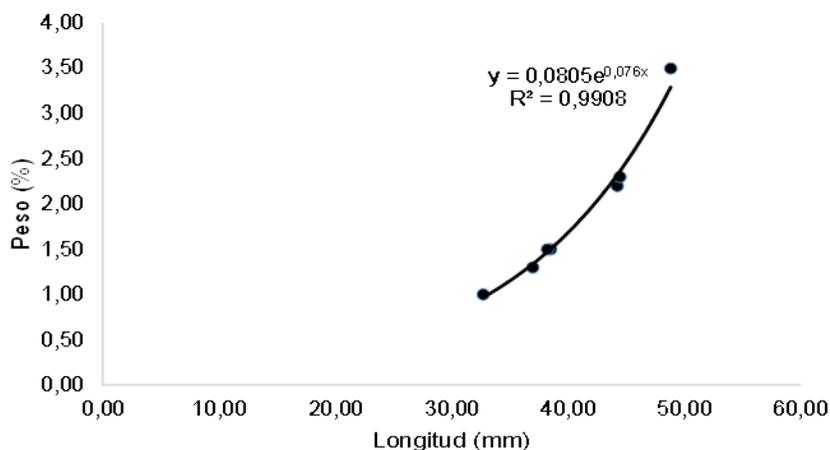
Se analizaron 37 ejemplares, la talla promedio fue de 42,08 mm; el diagrama de frecuencia de tallas muestra que los datos presentaron distribución normal. La mayor parte de los ejemplares se ubicaron entre las clases 40 mm y 80 mm (Figura 120).

Figura 120. Distribución de frecuencias de tallas para *Carlastyanax aurocaudatus* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



La relación longitud peso, para el periodo de muestreo fue $W = 0,0805e^{0,076x}$ y con un $R^2 = 0,9908$. Estos resultados evidencian, que en términos generales se presentó un crecimiento alométrico positivo para los individuos analizados, lo cual indica que estos estarían incrementando preferencialmente su peso sobre su longitud. (Figura 121).

Figura 121. Relación longitud – peso para *Carlastyanax aurocaudatus* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

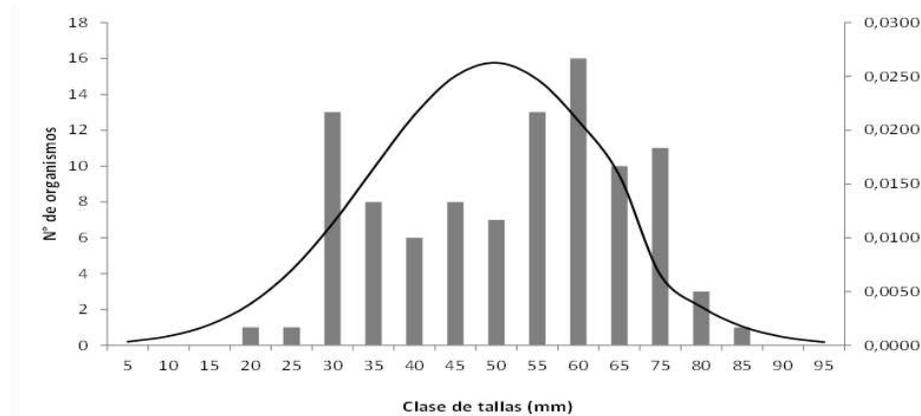


Cetopsorhamdia boquillae

Se analizaron 64 ejemplares, la talla promedio fueron de 55,59 mm; el diagrama de frecuencia de tallas muestra que los datos presentaron distribución

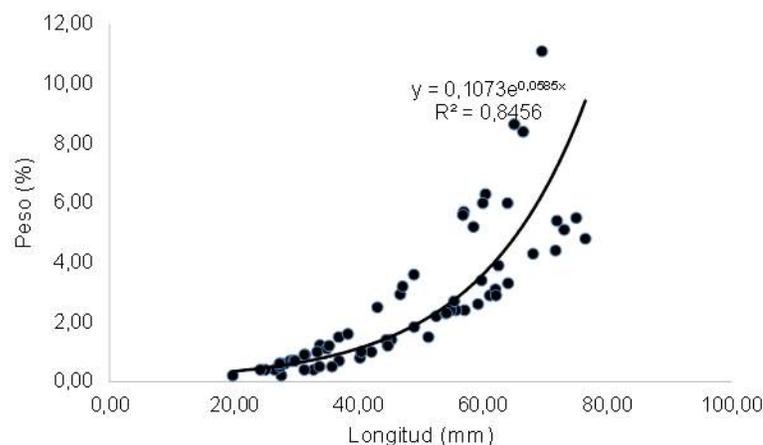
normal. La mayor parte de los ejemplares se ubicaron entre las clases 55mm y 60 mm (Figura 122).

Figura 122. Distribución de frecuencias de tallas para *Cetopsorhamdia boquillae* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



La relación longitud peso, para el periodo de muestreo fue $W = 0,1073e^{0,0585x}$ y con un $R^2 = 0,8456$. Estos resultados evidencian, que en términos generales se presentó un crecimiento alométrico positivo para los individuos analizados, lo cual indica que estos estarían incrementando preferencialmente su peso sobre su longitud. (Figura 123).

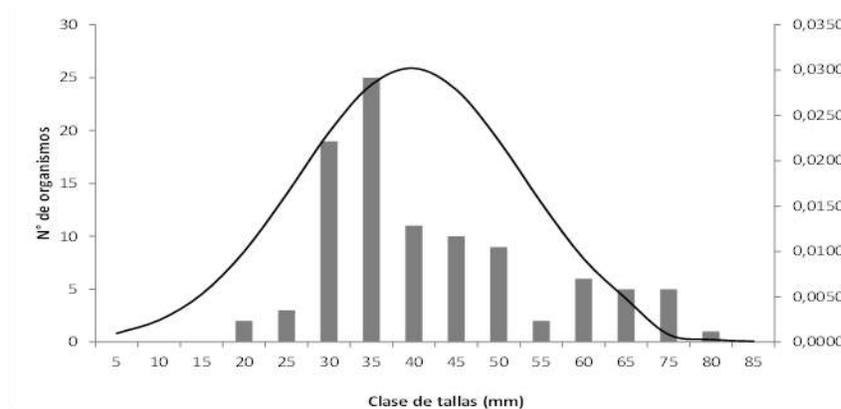
Figura 123. Relación longitud – peso para *Cetopsorhamdia boquillae* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Chaetostoma cf fischeri

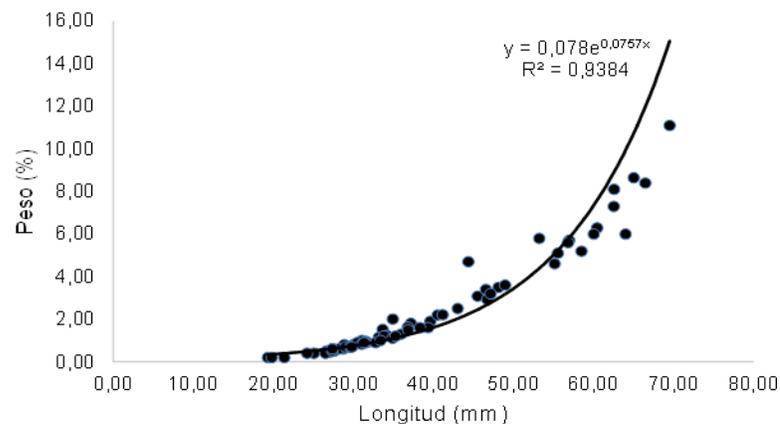
Se analizaron 98 ejemplares, la talla promedio fue de 40 mm; el diagrama de frecuencia de tallas muestra que los datos presentaron distribución normal. La mayor parte de los ejemplares se ubicaron entre las clases 35mm y 40mm (Figura 124).

Figura 124. Distribución de frecuencias de tallas para *Chaetostoma cf fischeri* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



La relación longitud peso, para el periodo de muestreo fue $W = 0,078e^{0,0757x}$ y con un $R^2 = 0,9384$. Estos resultados evidencian, que en términos generales se presentó un crecimiento alométrico positivo para los individuos analizados, lo cual indica que estos estarían incrementando preferencialmente su peso sobre su longitud. (Figura 125).

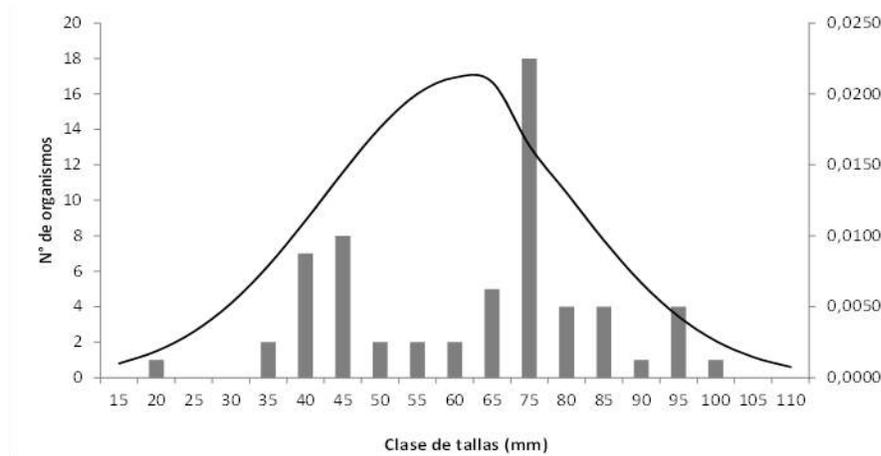
Figura 125. Relación longitud – peso para *Chaetostoma cf fischeri* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Hemibrycon boquiae

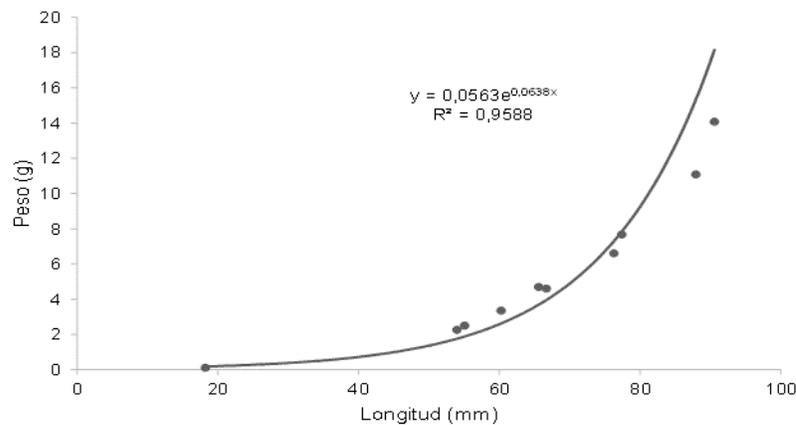
Se analizaron 61 ejemplares, la talla promedio fue de 64,41mm; el diagrama de frecuencia de tallas muestra que los datos presentaron distribución normal. La mayor parte de los ejemplares se ubicaron entre las clases 75 mm.

Figura 126. Distribución de frecuencias de tallas para *Hemibrycon boquiae* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



La relación longitud peso, para el periodo de muestreo fue $W = ,0563e^{0,0638x}$ y con un $R^2 = 0,9588$. Estos resultados evidencian, que en términos generales se presentó un crecimiento alométrico positivo para los individuos analizados, lo cual indica que estos estarían incrementando preferencialmente su peso sobre su longitud.

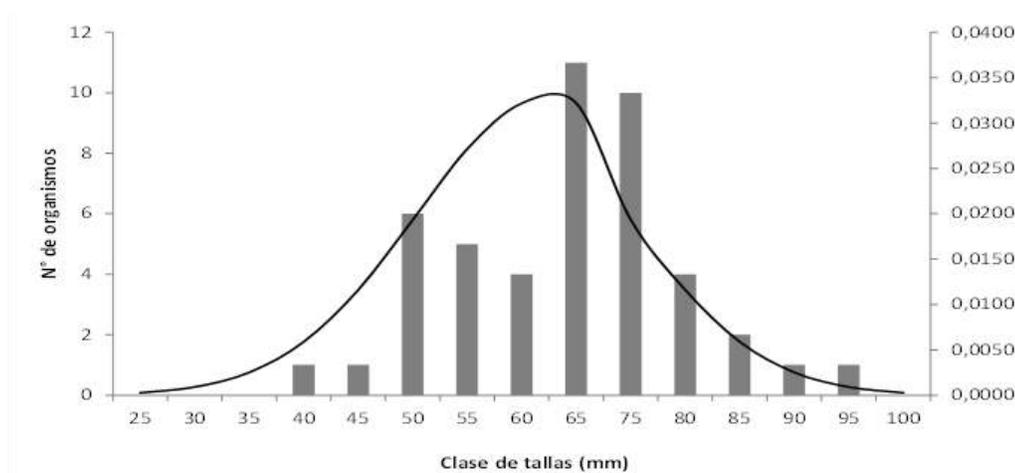
Figura 127. Relación longitud – peso para *Hemibrycon boquiae* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Imparfinis usmai

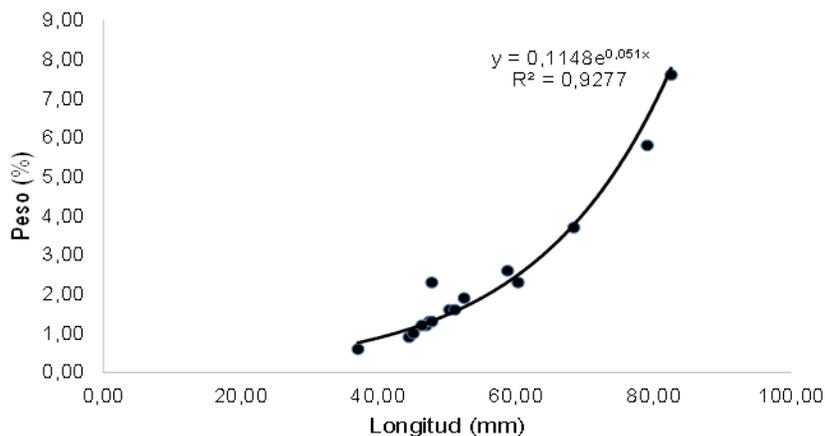
Se analizaron 46 ejemplares, la talla promedio fue de 65mm; el diagrama de frecuencia de tallas muestra que los datos presentaron distribución normal. La mayor parte de los ejemplares se ubicaron entre las clases 55mm y 60mm (Figura 128).

Figura 128. Distribución de frecuencias de tallas para *Imparfinis usmai* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



La relación longitud peso, para el periodo de muestreo fue $W = 0,1148e^{0,051x}$ y con un $R^2 = 0,9277$. Estos resultados evidencian, que en términos generales se presentó un crecimiento alométrico positivo para los individuos analizados, lo cual indica que estos estarían incrementando preferencialmente su peso sobre su longitud (Figura 129)

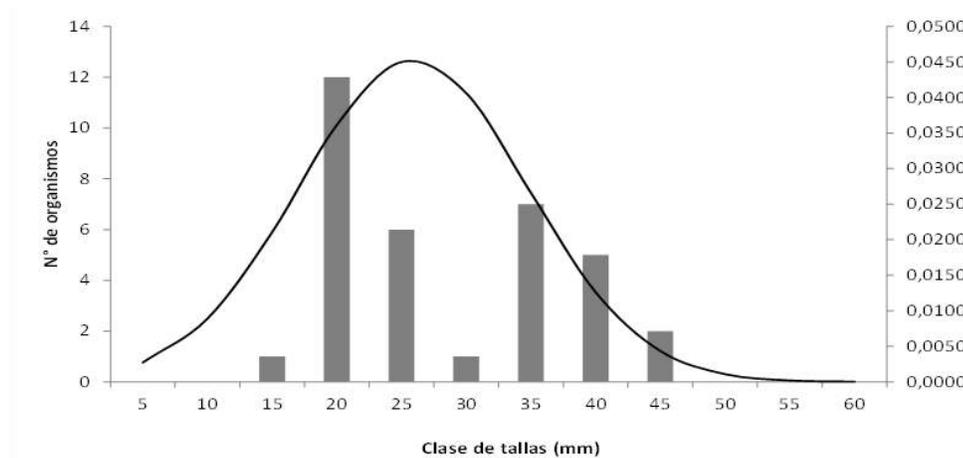
Figura 129. Relación longitud – peso para *Imparfinis usmai* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Poecilia reticulata

Se analizaron 36 ejemplares, la talla promedio fue de 25,89 mm; el diagrama de frecuencia de tallas muestra que los datos presentaron distribución normal. La mayor parte de los ejemplares se ubicaron entre las clases 20 mm (Figura 130).

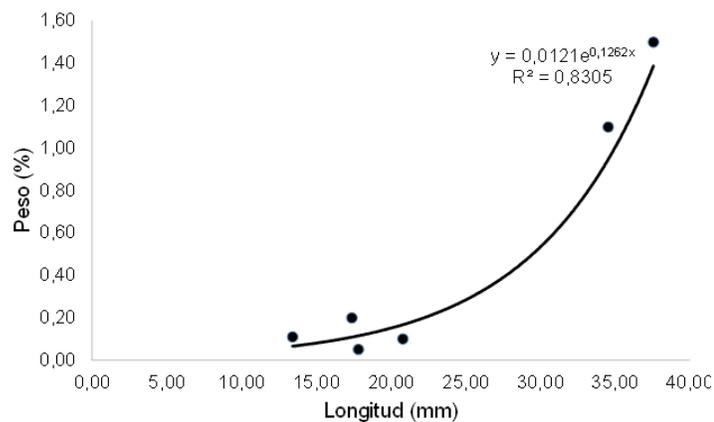
Figura 130. Distribución de frecuencias de tallas para Poecilia reticulata en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



La relación longitud peso, para el periodo de muestreo fue $W = 0,0121e^{0,1262x}$ y con un $R^2 = 0,8305$. Estos resultados evidencian, que en términos generales se presentó un crecimiento alométrico positivo para los individuos analizados, lo cual indica que estos estarían incrementando preferencialmente su peso sobre su longitud (

Figura 131).

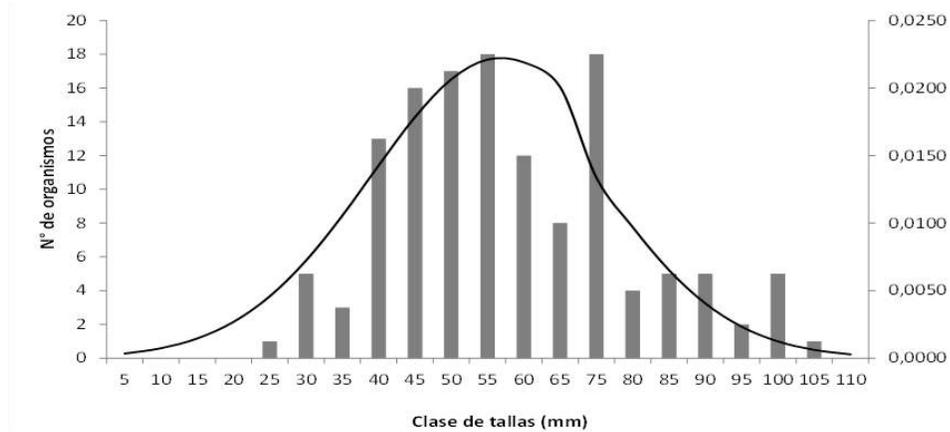
Figura 131. Relación longitud – peso para *Poecilia reticulata* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Trichomycterus chapmani

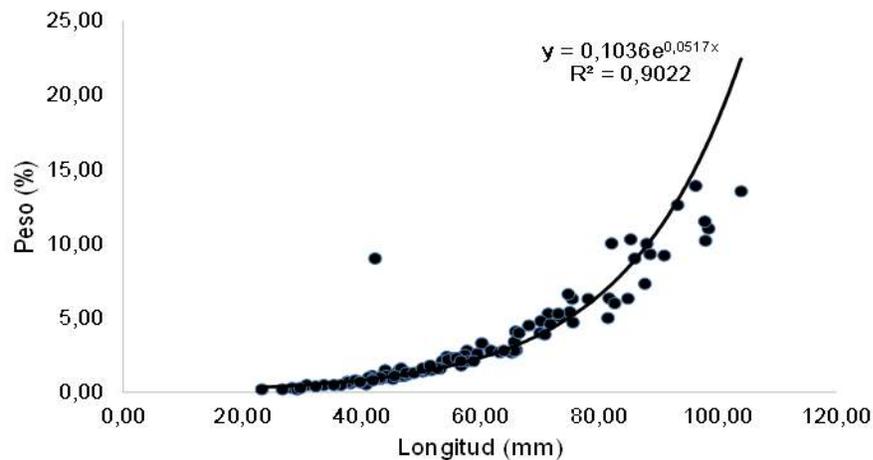
Se analizaron 140 ejemplares, la talla promedio fueron de 53,8 mm; el diagrama de frecuencia de tallas muestra que los datos presentaron distribución normal. La mayor parte de los ejemplares se ubicaron entre las clases 40mm y 45mm (Figura 132).

Figura 132. Distribución de frecuencias de tallas para *Trichomycterus chapmani* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



La relación longitud peso, para el periodo de muestreo fue $W = 0,1036e^{0,0517x}$ y con un $R^2 = 0,9022$. Estos resultados evidencian, que en términos generales se presentó un crecimiento alométrico positivo para los individuos analizados, lo cual indica que estos estarían incrementando preferencialmente su peso sobre su longitud (Figura 133).

Figura 133 Relación longitud – peso para *Trichomycterus chapmani* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Diversos autores como Carlander, 1969; Froese, 2006; han evidenciado que la mayoría de las especies (>90%) poseen un crecimiento isométrico evidenciado por una tendencia general al aumento del grosor, proporcional a la talla, durante el crecimiento. En general, las especies que presentan valores fuera de este rango se deben a muestras no representativas numéricamente o a especies

particulares que presentan cambios morfológicos notables durante su ontogenia (Froese, 2006).

Comparativo temporal de longitud y peso de la fauna íctica en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

A nivel temporal, durante los periodos de muestreo M1 y M2, se evidencia que especies como *Astroblepus cf chapmani*, *Astroblepus sp2*, *Brycon henni*, *Carlastyanax aurocaudatus*, mostraron un leve aumento en su longitud y peso. Es importante mencionar que la relación longitud - peso es una característica individual, que indicando la condición nutricional del ejemplar. Es decir, el crecimiento alométrico de dichas especies puede atribuirse al tipo de hábitat, el cual les brinda diversas condiciones físicas y ambientales, al igual que gran variedad de oferta alimenticia que permiten su colonización y desarrollo, en el caso de *A. cf chapmani* y *Astroblepus sp2*, son peces bentónicos, propios de aguas frías con alta concentración de oxígeno disuelto, generalmente se encuentra en la parte superior y media de los ríos con buena calidad de agua y sustrato; prefiere ríos con mayor pendiente, turbulencia y fuertes corrientes, pudiendo migrar contracorriente en cualquier condición topográfica o de velocidad actual gracias a su adaptación de los labios con una ventosa que le permite pegarse a las rocas y evitar ser arrastrado (Ortega-Lara y otros 1999, 2000, 2002, Maldonado *et al.*, 2005).

Tabla 156. Comparación relación longitud - peso a nivel temporal en la fauna íctica en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

ESPECIE	MUESTREO 1		MUESTREO 2	
	LONGITUD	PESO	LONGITUD	PESO
<i>Astroblepus cf chapmani</i>	53,86	3,443	59,79	4,46
<i>Astroblepus grivalví</i>	72,49	11,85	70,62	11,11
<i>Astroblepus sp1</i>	39,74	1,24	38,18	1,15
<i>Astroblepus sp2</i>	29,78	0,6	31,65	0,81
<i>Astroblepus unifasciatus</i>	32,47	9,65	28,34	0,46
<i>Brycon henni</i>	92,30	21,23	101,61	25,36
<i>Hemibrycon caucanus</i>	54,50	3,73	50,45	2,93
<i>Carlastyanax aurocaudatus</i>	42,08	1,47	42,84	2,05
<i>Cetopsorhamdia boquillae</i>	55,59	2,807	53,92	2,518
<i>Chaetostoma cf fischeri</i>	42,24	3,01	38,65	2,37
<i>Hemibrycon boquiae</i>	61,43	4,5	62,794	5

<i>Imparfinis usmai</i>	64,41	3,611	56,42	2,6
<i>Poecilia reticulata</i>	25,52	0,623	26,37	0,631
<i>Trichomycterus chapmani</i>	53,78	218,411	60,03	3,445

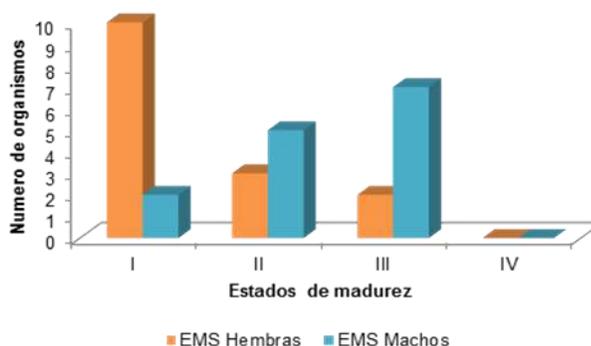
Por su parte *B. henní* es una especie propia de ríos con corrientes fuertes y turbulentas con sustratos duros de rocas y grava. Tiene hábitos alimenticios muy flexibles, comiendo de frutas, flores y hojas a los insectos que caen en el agua de la vegetación en los bancos, insectos acuáticos y raramente peces pequeños (Maldonado-Ocampo *et al.*, 2005). Por otra parte, especies como *Carlastyanax aurocaudatus*, habita en aguas de poca profundidad y de poca turbidez, con corrientes lentas, con fondos cubiertos por materia vegetal en descomposición; condiciones favorables para desarrollo. En general no hay cambios elevados en los promedios de longitud - peso por especies colectadas.

6. 5. 5. 9 Ecología reproductiva y Factor de condición

Hemibrycon boquiae

A nivel general se examinaron un total de 60 individuos, la proporción macho-hembra fue de 1,5, registrándose 9 hembras y 6 machos. La fecundidad promedio fue de 151.5 ovocitos por hembra.

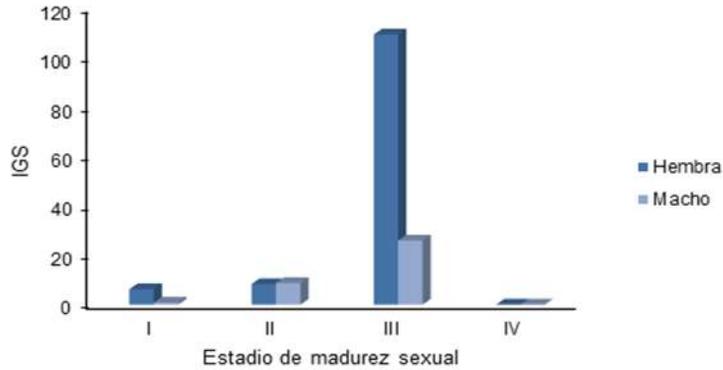
Figura 134. Número de individuos por sexo en los diferentes estadios de madurez sexual (EMS) de *Hemibrycon boquiae* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Según el análisis de IGS, para el periodo del muestreo que corresponde a altas lluvias se registró mayor valor para las hembras en estadios de madurez sexual III. Ovarios opacos, rojizos con capilares sanguíneos. Ocupan cerca de la

mitad de la cavidad abdominal. Los huevos visibles a simple vista como materia granulosa blancuzca.

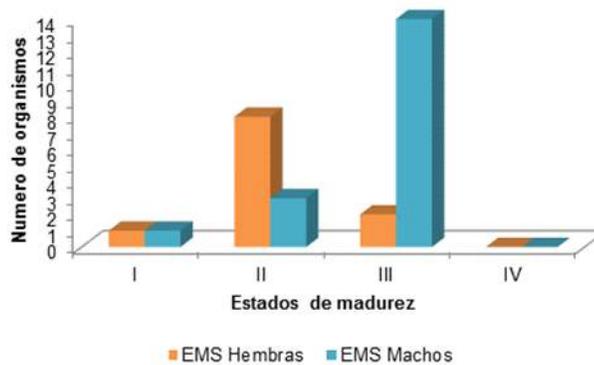
Figura 135. Valores del índice gonadosomático (IGS) de *Hemibrycon boquiae*, en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Hemibrycon caucanus

A nivel general se examinaron un total de 30 individuos, la proporción macho-hembra fue de 0,57 registrándose 8 hembras y 7 machos. La fecundidad promedio fue de 140.6 ovocitos por hembra.

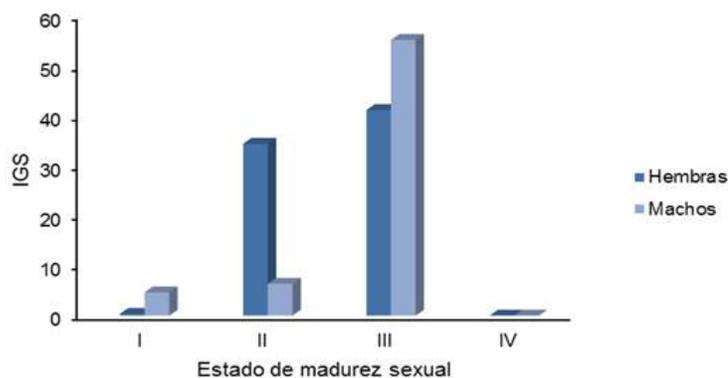
Figura 136. Número de individuos por sexo en los diferentes estadios de madurez sexual (EMS) de *Hemibryconcaucanus* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío



Según el análisis de IGS, para el periodo del muestreo que corresponde a altas lluvias se registró mayor valor para las hembras en estadios de madurez sexual III. Ovarios opacos, rojizos con capilares sanguíneos. Ocupan cerca de la

mitad de la cavidad abdominal. Los huevos visibles a simple vista como materia granulosa blancuzca.

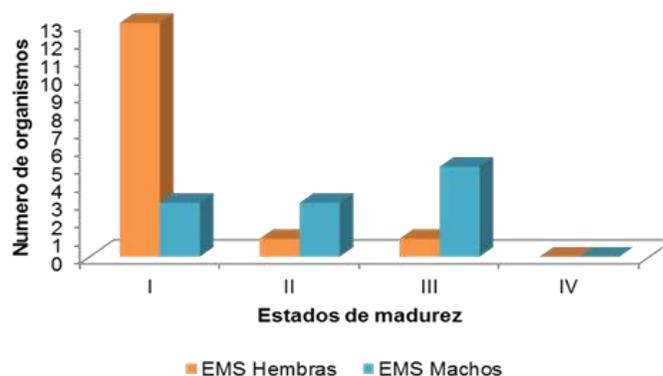
Figura 137. Valores del índice gonadosomático (IGS) de *Hemibrycon caucanus*, en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Brycon henni

A nivel general se examinaron un total de 30 individuos, la proporción macho-hembra fue de 0,666 registrándose 12 hembras y 18 machos. La fecundidad promedio fue de 2518,9 ovocitos por hembra.

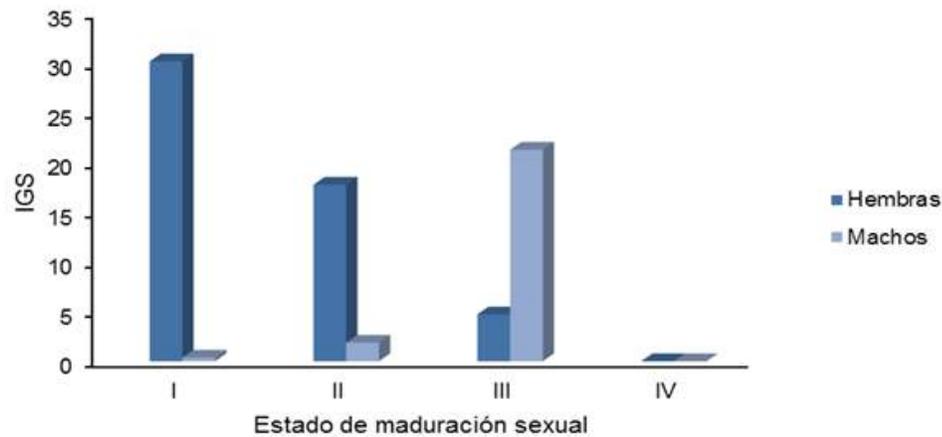
Figura 138. Número de individuos por sexo en los diferentes estadios de madurez sexual (EMS) de *Brycon henni* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Según el análisis de IGS, para el periodo del muestreo que corresponde a altas lluvias se registró mayor valor para las hembras en estadios de madurez

sexual I. Ovarios opacos, rojizos con capilares sanguíneos. Ocupan cerca de la mitad de la cavidad abdominal. Los huevos visibles a simple vista como materia granulosa blancuzca.

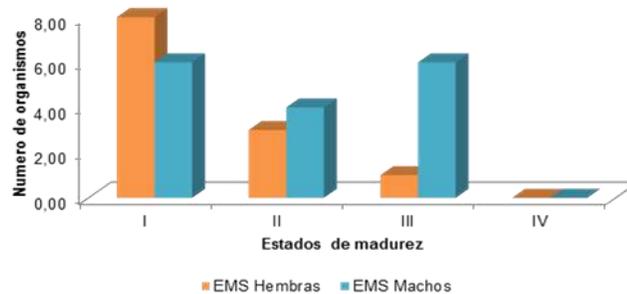
Figura 139. Valores del índice gonadosomático (IGS) de *Brycon Henni*, en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Astroblepus grivalvi

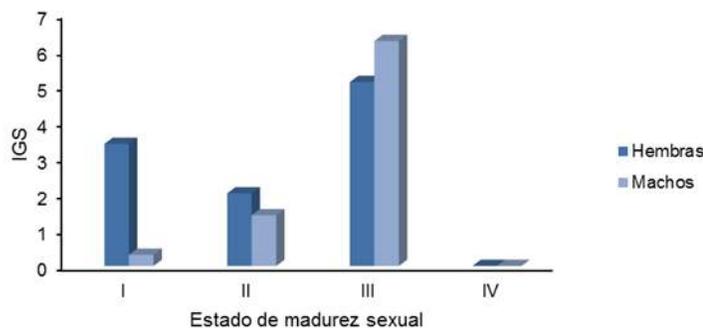
Se examinaron un total de 30 individuos, la proporción macho-hembra fue de 0,76, registrándose 13 hembras y 17 machos.

Figura 140. Número de individuos por sexo en los diferentes estadios de madurez sexual (EMS) de *Astroblepus grivalvi* en las cuencas abastecedoras en el departamento del Quindío.



Según el análisis de IGS, para los periodos de muestreo se registró mayor valor para los machos en estadios de madurez sexual III.

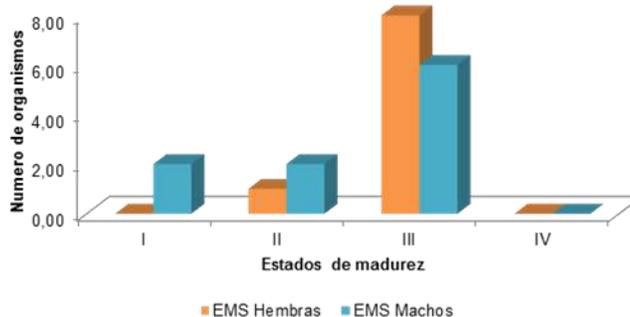
Figura 141. Valores del índice gonadosomático (IGS) de *Astroblepus grivalvi*, en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Imparfinis usmai

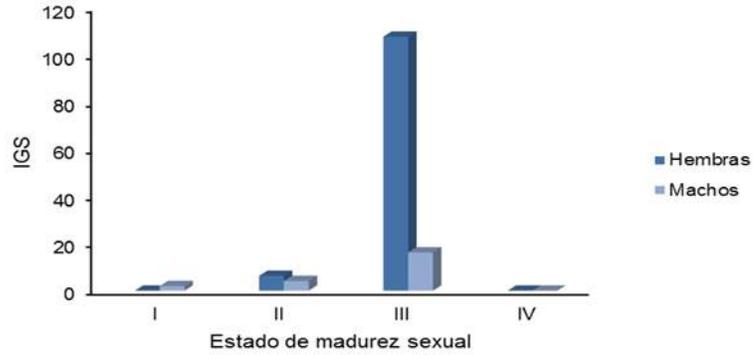
Se examinaron un total de 20 individuos, la proporción macho-hembra fue de 1 registrándose 10 hembras y 10 machos.

Figura 142. Número de individuos por sexo en los diferentes estadios de madurez sexual (EMS) de *Imparfinis usmai* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Según el análisis de IGS, para el periodo del muestreo que corresponde a altas lluvias se registró mayor valor para las hembras en estadios de madurez sexual III.

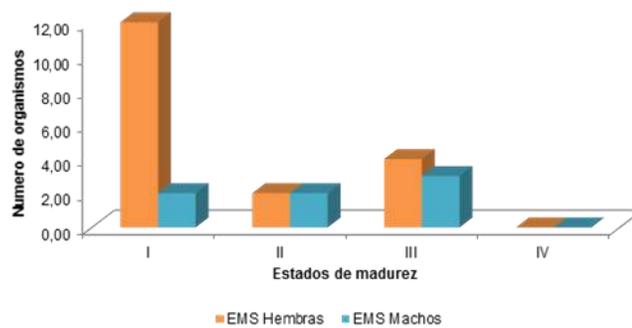
Figura 143. Valores del índice gonadosomático (IGS) de *Imparfinis usmai*, en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Trichomycterus chapmani

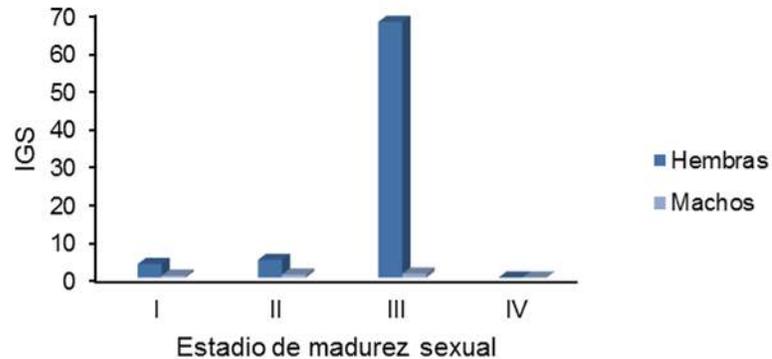
Se examinaron un total de 29 individuos, de los cuales 2 no fueron identificados debido a su estado inmaduro en gónadas; la proporción macho-hembra fue de 2 registrándose 18 hembras y 9 machos. La fecundidad promedio fue de 59,6 ovocitos por hembra.

Figura 144. Número de individuos por sexo en los diferentes estadios de madurez sexual (EMS) de *Trichomycterus chapmani* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Según el análisis de IGS, para el periodo del muestreo que corresponde a altas lluvias se registró mayor valor para las hembras en estadios de madurez sexual III.

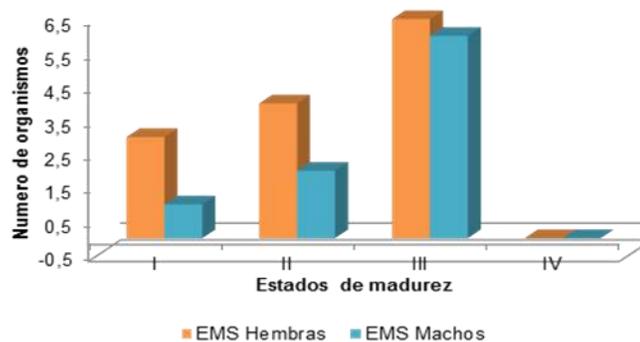
Figura 145. Valores del índice gonadosomático (IGS) de *Trichomycterus chapmani*, en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Cetopsorhamdia boquillae

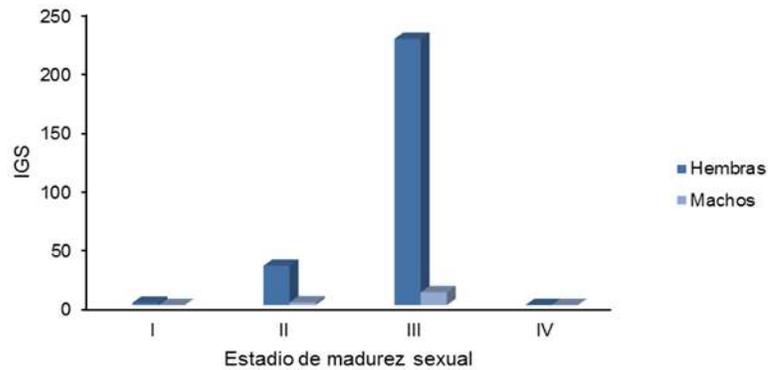
Se examinaron un total de 25 individuos, la proporción macho–hembra fue de 2,125 registrándose 17 hembras y 8 machos. La fecundidad promedio fue de 122 ovocitos por hembra.

Figura 146. Número de individuos por sexo en los diferentes estadios de madurez sexual (EMS) de *Cetopsorhamdia boquillae* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Según el análisis de IGS, para el periodo del muestreo que corresponde a altas lluvias se registró mayor valor para las hembras en estadios de madurez sexual III.

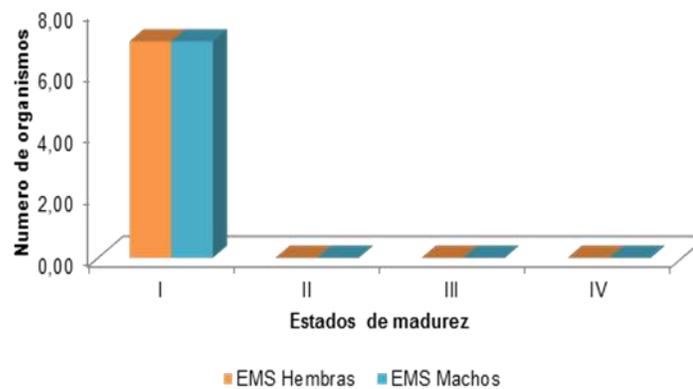
Figura 147. Valores del índice gonadosomático (IGS) de *Cetopsorhamdia boquillae*, en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Astroblepus sp1

Se examinaron un total de 14 individuos, la proporción macho-hembra fue de 1 registrándose 7 hembras y 7 machos.

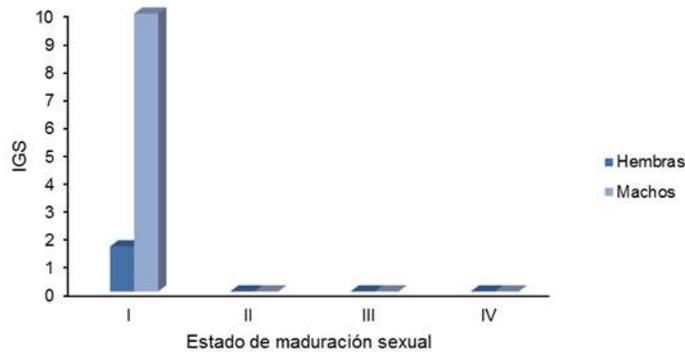
Figura 148. Número de individuos por sexo en los diferentes estadios de madurez sexual (EMS) de *Astroblepus* sp1 en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Según el análisis de IGS, para el periodo del muestreo que corresponde a altas lluvias se registró mayor valor para los machos en estadios de madurez

sexual I. Órganos sexuales muy pequeños, situados cerca de la columna vertebral. Testículos y ovarios transparentes, incoloros o grises. Huevos invisibles a simple vista.

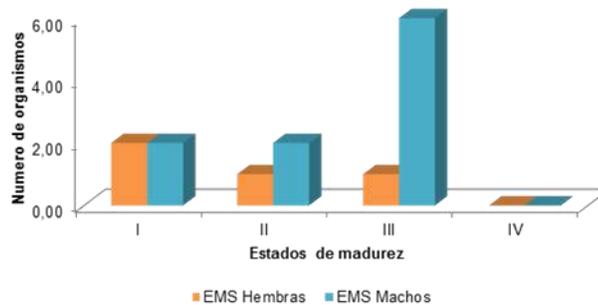
Figura 149. Valores del índice gonadosomático (IGS) de *Astroblepus sp1*, en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Astroblepus sp2

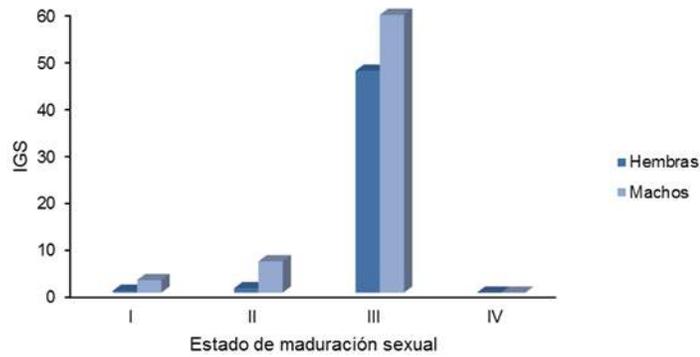
Se examinaron un total de 14 individuos, la proporción macho-hembra fue de 2 registrándose 4 hembras y 10 machos.

Figura 150. Número de individuos por sexo en los diferentes estadios de madurez sexual (EMS) de *Astroblepus sp2* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Según el análisis de IGS, para el periodo del muestreo que corresponde a altas lluvias se registró mayor valor para los machos en estadios de madurez sexual II.

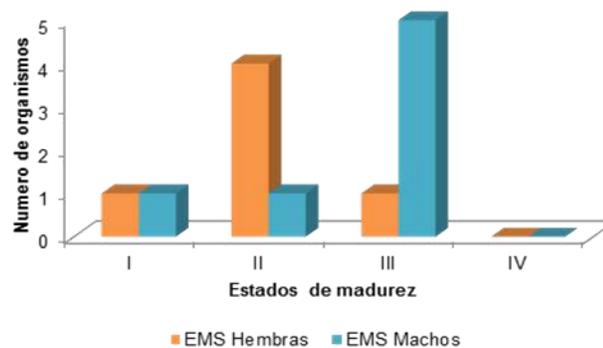
Figura 151. Valores del índice gonadosomático (IGS) de *Astroblepus sp2*, en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Carlastyanax aurocaudatus

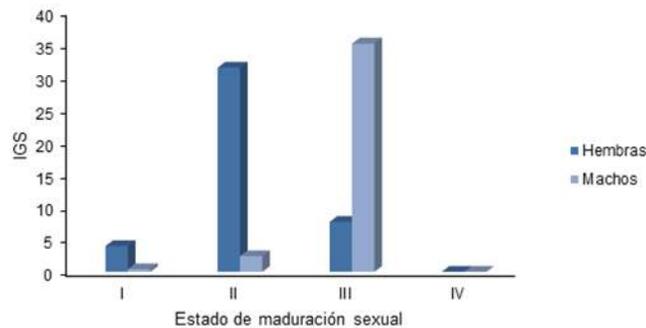
Se examinaron un total de 21 individuos, la proporción macho-hembra fue de 0,4 registrándose 6 hembras y 15 machos. La fecundidad promedio fue de 76 ovocitos por hembra.

Figura 152. Número de individuos por sexo en los diferentes estadios de madurez sexual (EMS) de *Carlastyanax aurocaudatus* en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.



Según el análisis de IGS, para el periodo del muestreo que corresponde a altas lluvias se registró mayor valor para los machos en estadios de madurez sexual III, en maduración. Ovarios translúcidos, gris-rojo. Longitud de las gónadas $\frac{1}{2}$, o un poco más, de la longitud de la cavidad abdominal.

*Figura 153. Valores del índice gonadosomático (IGS) de *Carlastyanax aurocaudatus*, en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.*



***Poecilia reticulata* (Peters, 1859)**

Se examinaron un total de 18 individuos, registrándose 11 hembras y 7 machos. Según el análisis de IGS, para el periodo del muestreo que corresponde a altas lluvias se registró mayor valor para las hembras en estadios de madurez sexual III. Se observan ovarios en desarrollo, opacos, rojizos con capilares sanguíneos. Ocupan cerca de la mitad de la cavidad abdominal. Los huevos visibles a simple vista como materia granulosa blancuzca.

Poecilia reticulata, es una especie comúnmente conocida como gupi que presenta dimorfismo sexual. El sistema reproductor de las hembras está compuesto por ovarios pares fusionados dentro de una cápsula o saco largo, que en conjunto forman un órgano moderadamente vascularizado suspendido dorsalmente en el cuerpo (Constantz, 1989).

Comparativo temporal de IGS y EMS de la fauna íctica en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

Los valores de índice gonadosomático y la proporción de estadios de madurez gonadal son indicadores de épocas de reproducción y desove. A nivel temporal se observaron que durante el muestreo M1 y M2 fue fluctuante el estado de

madurez sexual en relación con el desarrollo sexual de los ovarios o los testículos en las diferentes especies ícticas.

Tabla 157. Comparación relación IGS y EMS a nivel temporal en la fauna íctica en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío.

Especie	M1					M2				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
<i>Astroblepus cf chapmani</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Astroblepus grivalvi</i>	2,69	1,01	1,88	0	0	1,014	2,419	9,47	0	0
<i>Astroblepus sp1</i>	9,68	0	0	0	0	1,865	0	0	0	0
<i>Astroblepus sp2</i>	2,65	4,15	13,94	0	0	0,429	3,46	92,43	0	0
<i>Astroblepus Unifasciatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brycon henni</i>	27,65	19,58	18,38	0	0	2,80	0	7,56	0	0
<i>Carlastyanax aurocaudatus</i>	4,37	19,25	16,33	0	0	0	14,50	26,36	0	0
<i>Cetopsorhamdia boquillae</i>	0	14,74	195,35	0	0	1,90	20,90	41,39	0	0
<i>Chaetostoma cf fischeri</i>	1,40	0,19	14,27	1,2794	0	6,36	15,76	5,86	8,94	0
<i>Creagrutus brevipinis</i>	0	0	0	0	0	2,61	1,55	9,05	2,49	0
<i>Hemibrycon boquiae</i>	5,14	10,67	116,00	0	0	1,94	6,41	19,20	0	0
<i>Hemibrycon caucanus</i>	5,02	22,49	65,47	0	0	0	18,27	30,83	0	0
<i>Imparfinis usmai</i>	0	6,28	97,44	0	0	1,95	4,11	26,47	0	0
<i>Poecilia reticulata</i>	0	3,25	46,03	0	61,64	1,2	81,37	49,99	0	0
<i>Trichomycterus chapmani</i>	0	0	0	0	0	4,05	5,41	68,13	0	0

Los cambios en los valores del índice Gonadosomático, evidencia que tienen una tendencia a aumentar a través de los dos meses de monitoreo, esto podría obedecer al aumento de lluvias que se presentaron en estas temporadas, lo cual favoreció la disponibilidad de recursos alimenticios, condiciones que permitirían una inversión energética mayor en tejidos gonadales; el incremento en el estudio a nivel temporal, permite deducir con más precisión la biología reproductiva de la ictiofauna presente en las unidades hidrográficas del departamento de Quindío río.

Factor de condición K.

El estado nutricional de las poblaciones ícticas que habitan en ecosistemas degradados mediante el cálculo del factor de condición (K) que permite comprender cambios en poblaciones sometidas a presiones (Samy et al., 2015). Se calcula a partir del peso (g) y la longitud total (mm). Durante el estudio los valores del factor de condición K oscilaron entre $8,68349E-06$ y $0,026$. Las poblaciones de *Bryconamericus caucanus*, *Astroblepus sp1* y *Oncorhynchus mykiss*, presentaron los valores máximos del factor de condición, lo que podría ser

indicativo de un óptimo desarrollo de estas poblaciones en las estaciones evaluadas.

El estudio de las relaciones longitud–peso y los índices de condición en peces proporcionan información indirecta sobre el crecimiento, madurez, reproducción, nutrición y por ende del estado de salud de las poblaciones. Ello permite efectuar estudios comparativos interpoblacionales (Granado 1996; Arismendi et al., 2011) que luego pueden ser usados en modelos predictivos del comportamiento o dinámica, tanto de la población como de la comunidad (McCallum 2000).

En el Neotrópico las comunidades de peces de agua dulce son característicamente ricas en especies y presentan complejas inter–relaciones entre sus componentes (LoweMcConnell, 1987), además de ser poco estudiados. Los peces andinos se encuentran entre los vertebrados menos estudiados en el mundo; son vulnerables a los cambios ambientales actuales como la deforestación, pérdida de cuerpos de agua, contaminación acuática, introducción de especies y el desarrollo de hidroeléctricas (Anderson y Maldonado, 2010).

Parámetros fisicoquímicos.

La relación entre las variables fisicoquímicas y la abundancia de las especies se evaluó mediante un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), el cual permitió visualizar la relación estrecha que existe entre algunas especies con las estaciones de muestreo y ciertas variables fisicoquímicas e hidrológicas evaluadas en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío (Figura 154). Durante el estudio, se evidenció que variables como Temperatura Oxígeno disuelto (O.D), el Ph y el IHF mostraron un valor menor del ($p < 0,05$). Especies como *C. boquillae* está fuertemente relacionada con la variable ORP (potencial de óxido reducción) siendo un fuerte agente oxidante o un fuerte agente reductor. Variables físicas como caudal estuvieron altamente relacionadas con las especies *B. henni*, *S. leightoni* y *H. caucanus*. Por su parte el ancho influyó en la mayoría de las especies tales como *I. usmai*, *C. cf fischeri*, *T. chapmani* y *R. guatemalensis*. los individuos de *B. henni* son propios de ríos con corrientes fuertes y turbulentas, al igual que *T. chapmani*, vive en aguas torrenciales de pequeños arroyos y ríos medianos; por su parte *C. aurocaudatus*, habita en aguas poco profundas de poca turbidez y corrientes lentas, con fondos cubiertos por materia vegetal en descomposición y *S. leightoni*, habita aguas poco profundas con corriente de agua moderada a lenta y arena rocosa, gruesa y

Posteriormente, confirman que Colombia es ampliamente reconocido como un país megadiverso; alberga al menos 3500 especies de peces, o sea casi el 15 % de los peces vivientes. Esto implica que el país posee la ictiofauna más rica del mundo. (Álvarez, 2014).

Endémicas

Entre las especies endémicas registradas durante los muestreos en el departamento del Quindío se encuentran *Carlasyanax aurocaudatus*, *Cetopsorhamdia boquillae*, *Hemibrycon boquiae* y *Trichomycterus chapmani* (DoNascimento 2017, Ortega et al 2006, Jiménez et al, 1998, Valencia 1988).

***Carlasyanax aurocaudatus* (Eigenmann, 1913)** (Sardina o Coliroja)

Esta especie fue ubicada en el libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia (Mojica et al. 2002b) en la categoría de casi amenazada (NT), debido a su condición de especie endémica y por su hábitat tan específico.

Localidad tipo: quebrada Boquía, cuenca del río Quindío, Alto Cauca, Salento, Quindío 1900 m (Lima et al.2003). Quindío: quebrada La Víbora, río Quindío, municipio de Salento; quebrada La Carmelita, finca La Meseta, río Roble; río Quindío en la bocatoma vereda El Agrado, municipio de Salento; río Quindío en Calarcá; río Espejo, La Tebaida.

Su dieta está compuesta principalmente por larvas de mosquito y detritus orgánico; preferencia por hábitats poco profundos, no mayores de 60 cm, donde la corriente de agua se encuentra cubierta por parches de bosque, con poca turbidez y con poco flujo y velocidad de la corriente, en fondos compuestos por material vegetal en descomposición. Especie objeto de conservación prioritario para Colombia y sugieren la conservación y mantenimiento de tributarios de cabecera menos alterados en la parte alta del río Cauca.

Amenazadas

***Brycon henni* (Eigenmann, 1913)** (Sardina o Sabaleta)

Es un pez omnívoro y presenta hábitos bentopelágicos; habita ambientes enteramente de agua dulce (Binohlan & Bailly, 2015). Se encuentra en sistemas tanto lóticos como lénticos, con temperatura del agua entre 18 y 29°C (Montoya *et al.*, 2006). Comúnmente son encontrados en ambientes corrientosos, individuos buenos nadadores y prefieren zonas turbulentas; es muy frecuente encontrarlos en lugares con vegetación sumergida, u ocultos en cuevas laterales socavadas por el agua. Se reportan con mayor frecuencia en lugares con sustratos duros compuestos por rocas y gravas (Javier Maldonado *et al.*, 2012).

Se encuentran registros desde los 700 a los 2000 msnm. Ampliamente distribuida en las cuencas de los ríos transandinos (Binohlan & Bailly, 2015). Su localidad tipo es el departamento de Caldas (Maldonado *et al.*, 2005). Para el departamento del Quindío, se presentan los registros en la quebrada la española (sistema río Roble, Quimbaya – Quindío); río Santo Domingo; río Verde (en Calarcá – Quindío); quebrada Cristales (sistema río La Vieja, municipio La Tebaida); quebrada La Carmelita (sistema río Roble, municipio Quimbaya).

Especie de gran valor en la pesca, es apetecida por los pescadores deportivos y artesanales como sustento proteico. También es utilizada como una especie promisoría para el cultivo en piscicultura (Binohlan & Bailly, 2015; Maldonado *et al.*, 2012). No reporta gran valor comercial y no tiene utilidad como pez ornamental debido a que no se adapta fácilmente al confinamiento en acuarios (Maldonado *et al.*, 2012).

***Astyanax fasciatus* (Cuvier, 1819).** (Cola amarilla o Sardina coliroja)

Esta especie es enteramente dulceacuícola, presente en ambientes subtropicales entre los 20°C a 25°C (Palomares, Maria Lourdes D.Torres, Palomares, & Torres, 2015). Se encuentra en varios ambientes lóticos y en ciénagas (Maldonado-Ocampo *et al.*, 2012). Prefiere ambientes con aguas transparentes y semiturbias, sustrato compuesto por arenas y con material vegetal en descomposición (troncos, raíces, detritos) y Presenta un comportamiento bentopelágico.

Se encuentra distribuida en áreas con una elevación inferior a los 500 hasta los 1940 msnm. Presenta una amplia distribución en las cuencas de los ríos

Magdalena, Cauca, Sinú, Cesar, San Jorge, Atrato, Catatumbo, San Juan y Juradó (Maldonado–Ocampo et al., 2005; Maldonado–Ocampo et al., 2012). En el Quindío: se encontró en la quebrada El Naranjal (antes de la Bocatoma del acueducto de Calarcá); río Espejo (en Armenia); quebrada La Picota; río Lejos (en Pijao); quebrada Cristales y río Quindío.

Tienen poca importancia para la pesca artesanal, es atractiva como potencial ornamental debido al color llamativo de su cola y se captura con atarraya, vara de mano y red de arrastre (Maldonado *et al.*, 2012).

***Bryconamericus caucanus* (Eigenmann, 1913)** (Mojarrita)

Se encuentran registros en un rango de altura entre 800 a los 2.300 msnm. En el Quindío se reportó en la quebrada La Española cuenca del río Roble (municipio de Quimbaya); quebrada Hojas Anchas (cuenca del río Espejo, Armenia); quebrada Cristales (cuenca del río La Vieja); cuenca del río Verde en Córdoba; quebrada La Picota (cuenca del río Barragán en Pijao); quebrada El Naranjal (cuenca del río Santo Domingo en Calarcá); quebrada Boquía (alrededor del puente sobre la vía a Salento); río Espejo, en La Tebaida; quebrada la Paloma (afluente del río Roble, municipio de Montenegro).

Su alimentación se basa en el consumo de insectos tanto acuáticos como terrestres y presenta comportamientos bentopelágicos esta especie se encuentra en ambientes de agua dulce (Torres & Garilao, 2015). Habita sitios de corriente baja en ambientes lóticos, con vegetación asociada o sumergida y palizadas; en donde se encuentra es una especie muy abundante, lo que indica que se adapta fácilmente a las diferentes condiciones de calidad de hábitat (Maldonado–Ocampo et al., 2005). Se encuentran reportes de esta especie en lugares con sustrato conformado por arena, piedras, y en menor proporción, material de origen vegetal en descomposición (Román y Giraldo, 2008).

***Poecilia caucana* (Steindachner, 1880).** (Gupy o Pipona)

Esta especie se encuentra asociada a sitios con vegetación acuática y terrestre sumergida en zonas donde la velocidad de la corriente es baja y no se presenta turbulencia; prefiere sustratos con acumulación de material vegetal donde abundan los insectos inmaduros. Esta especie se reconoce por el punto negro que se encuentra en la base de la aleta dorsal; algunos especímenes poseen

bandas delgadas transversales a lo largo del cuerpo, presenta escamas que dan visos de color metálico, especialmente en la zona humeral.

Habita cuerpos de agua con abundante vegetación acuática y terrestre y fondos areno fangosos con acumulación de material particulado, prefieren zonas de remanso protegidas de las fuertes corrientes y turbulencias (Maldonado *et al.*, 2012). Es una especie con tendencia a la insectívora, aunque también consume algas que se encuentran en la superficie del agua (Torres y Garilao, 2015). Utilizada como especie ornamental (Maldonado *et al.*, 2012).

***Poecilia reticulata* (Peters, 1859) (Guppy)**

Esta especie esta reportada con datos de capturas que van desde los 215 hasta los 1320 msnm. Se alimenta de zooplancton, detritos, pequeños insectos terrestres y acuáticos (Villa *et al.*, 2003). Esta especie es usada comúnmente como pez ornamental. Pez bentopelágico oportunista muy pequeño (que se alimenta en el fondo, en el medio del agua, o cerca de la superficie) y no migratorio que puede habitar tanto agua dulce como salobre.

Especies raras

Se registraron especies poco frecuentes o raras como *Lasiancistrus caucanus*, *Heptapteridae* (Genero nuevo), *Astroblepus* sp3, *Lebiasina ortegaí*, *Characidium fasciatum* (gr zebra), *Characidium caucanus*, *Gephyrocharax caucanus*, *Astyanax fasciatus*, solo se halló un individuo durante todo el muestreo.

Las especies *Astroblepus cf chapmani*, *Astroblepus grixalvii*, *Creagrutus brevipinnis*, *Hemibrycon caucanus*, *Hemibrycon boquiae*, *Cetopsorhamdia boquillae*, *Trichomycterus chapmani*, *Sturisomatichthys leightoni*, *Imparfinis usmai*, presentan la categoría Least Concern (Preocupación menor) en la lista roja de especies amenazadas de la IUCN (2018).

6.5.6 Conclusiones

Las especies ícticas reportadas para las unidades hidrográficas en el departamento del Quindío son similares a los reportados en estudios anteriores para los ecosistemas lóticos andinos.

Las condiciones ambientales influenciaron la abundancia, distribución y diversidad de los organismos colectados en el departamento del Quindío. De igual manera los análisis de ecología trófica demostraron que las condiciones ambientales y fisicoquímicas en cada uno de los cuerpos de agua son una característica importante que define el tipo de oferta en el ecosistema, disponible para la fauna íctica. De acuerdo con esto, se logró evidenciar que las especies de peces reportadas por el presente estudio presentan un amplio espectro trófico, aprovechando de esta manera las condiciones dadas en el ecosistema.

En términos generales las estaciones con mayor diversidad y riqueza estuvieron ubicadas a una menor altura sobre el nivel del mar, lo que es congruente con lo observado en lo reportado por otros estudios.

7 INDICADORES DE RIESGO

7.1 Índices de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico

Según IDEAM (2013), estima la susceptibilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua. Se calcula a través de una matriz de relación (Tabla 158) entre el índice de retención y regulación hídrica (IRH) y el índice de uso de agua (IUA).

Tabla 158. Matriz de clasificación del índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico

Categoría del IUA	Categoría del índice de Retención y Regulación Hídrica			
	Alta	Media	Baja	Muy baja
Muy bajo	Muy baja	Baja	Media	Media
Bajo	Baja	Baja	Media	Media
Moderado	Media	Media	Alta	Alta
Alto	Media	Alta	Alta	Muy alta
Muy alto	Media	Alta	Alta	Muy alta
Crítico (> 100)	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta

7.1.1 Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico en año medio

EL riesgo al desabastecimiento es alto en la unidad hidrográfica del río Quindío de diciembre a marzo y muy alto de julio a septiembre; durante los meses más húmedos (abril-junio y octubre-noviembre), dicho riesgo es medio (Tabla 159). Este resultado se debe a la alta presión por el uso del agua en esta cuenca, ya que su capacidad de retención y regulación hídrica es media a alta.

En el mes de septiembre el riesgo al desabastecimiento es alto en las unidades hidrográficas del río Roble y quebrada Buenavista (Tabla 159), ya que la presión por el uso del agua es alta y su capacidad de regulación y retención hídrica en dicho mes es media. En el mes de agosto el riesgo al desabastecimiento se clasifica como medio, debido a que, a pesar de tener una alta presión por el uso, su capacidad de regulación hídrica es alta. En junio-julio y enero-febrero el riesgo se mantiene medio, mientras que el resto del año es bajo (Tabla 159).

En el resto de las unidades hidrográficas, tiende presentarse un riesgo bajo al desabastecimiento hídrico, destacándose un aumento en el riesgo hacia los meses más secos julio-agosto (Tabla 159), alcanzando máximo la categoría de “riesgo medio”.

Tabla 159. Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico en año medio para las unidades hidrográficas

Unidad Hidrográfica	Año medio											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Río Quindío	Alta	Alta	Alta	Media	Media	Media	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Media	Media	Alta
Río Santo Domingo	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Media	Media	Media	Media	Baja	Baja
Río Verde	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Media	Baja	Baja	Baja
Río Lejos	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	Media	Baja	Muy baja
Río Rojo	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	Media	Baja	Muy baja
Río San Juan	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	Media	Baja	Muy baja
Quebrada Buenavista	Media	Media	Baja	Baja	Baja	Media	Media	Media	Alta	Baja	Baja	Baja
Río Roble	Media	Media	Baja	Baja	Baja	Media	Media	Media	Alta	Baja	Baja	Baja
Río Espejo	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Media	Baja	Baja	Baja	Baja
Quebrada Cristales	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Media	Media	Baja	Baja	Baja
Quebrada La Picota	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Media	Baja	Baja	Baja	Baja

En el mes de agosto, todas las microcuencas abastecedoras tienen una alta capacidad de regulación hídrica, por ello, a pesar de tener una presión “alta” y “muy alta” por el uso del agua, el riesgo al desabastecimiento en algunas de ellas se clasifica como “medio” en dicho mes (Tabla 160), y solo se clasifica como “riesgo muy alto” en las microcuencas donde la presión por uso es “crítica” (es decir toma valores mayores a 100%).

En septiembre y octubre predomina un riesgo “alto” y “muy alto” al desabastecimiento (Tabla 160), básicamente porque se mantiene una presión alta por uso y la capacidad de regulación tiende a reducirse a la categoría “media”. Es destacable que durante la mayor parte del año el riesgo es alto en la cuenca del río Quindío hasta la bocatoma de Armenia, lo cual se debe fundamentalmente a que durante todo el año la presión por uso es alta a muy alta. Una situación similar ocurre en la fuente abastecedora de Córdoba (quebrada El Roble –Los Justos–), ya que 10 meses del año el riesgo se clasifica como “alto” o “muy alto”.

Las fuentes abastecedoras de Circasia (q. El Bosque, q. La Marina, q. La Arenosa, q. Cajones, río Roble, y q. Las Águilas), presentan un riesgo “alto” o “muy alto” durante 6 a 7 meses al año (Tabla 160). De manera similar, se reporta “alto” o “muy alto” riesgo al desabastecimiento durante ocho (8) meses del año en la quebrada Buenavista hasta el sitio de captación del acueducto de Quimbaya (Tabla 160).

En las fuentes abastecedoras del municipio de Filandia (q. Lachas, q. Chorrobolillos, y q. Barroblanco), se presenta un riesgo al desabastecimiento “alto” o “muy alto” durante 6 meses del año (Tabla 160). En el resto de las fuentes abastecedoras, la frecuencia de meses con riesgo “alto” o “muy alto” es mucho menor, manteniéndose en 2 o 3 meses del año.

Consecuentemente, se advierte la alta vulnerabilidad al desabastecimiento en los municipios de Armenia, Córdoba, Circasia, Quimbaya, y Filandia; sin embargo, esto no implica que en la actualidad exista déficit de suministro, por lo que será necesario realizar análisis de alternativas para reducir la probabilidad de ocurrencia de déficit de suministro para el uso doméstico en dichos municipios.

Tabla 160. Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico en año medio para las microcuencas abastecedoras de acueductos

Fuente Abastecedora	Año medio											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Quebrada Cruz Gorda	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Alta	Media	Alta	Alta	Baja	Baja
Quebrada Cristalina	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Alta	Alta	Baja	Baja
Quebrada Bolivia	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Alta	Alta	Baja	Baja
Quebrada Corozal	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Alta	Alta	Baja	Baja
Río Quindío (Bocatoma EPA)	Alta	Alta	Alta	Alta	Media	Media	Media	Muy alta	Muy alta	Alta	Alta	Media
Río Quindío (Bombeo EPA)	Baja	Baja	Baja	Baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Baja	Muy alta	Baja	Muy baja	Baja
Río Quindío (Bocatoma La Tebaida)	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Muy alta	Muy alta	Media	Baja	Baja
Río Santo Domingo (Bt. Calarcá)	Media	Alta	Alta	Media	Media	Media	Media	Muy alta	Muy alta	Media	Media	Media
Quebrada El Salado	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Alta	Alta	Media	Baja
Quebrada El Naranjal	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Alta	Alta	Media	Baja
Quebrada San Rafael	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Alta	Media	Baja
Quebrada El Roble (Los Justos)	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Media	Muy alta	Muy alta	Media	Alta	Alta
Quebrada La Picota (Bt. Buenavista)	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Alta	Alta	Media	Media
Quebrada La Cascada	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Media	Media	Alta	Alta	Baja	Baja
Quebrada Las Pizarras	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Media	Alta	Media	Baja	Baja
Río Gris (Bt. Génova)	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	Media	Baja	Baja
Quebrada El Bosque	Alta	Alta	Alta	Media	Media	Alta	Media	Muy alta	Alta	Alta	Media	Media
Quebrada La Marina	Alta	Alta	Alta	Media	Media	Alta	Media	Muy alta	Alta	Alta	Media	Media
Río Roble (Bombeo Circasia)	Alta	Alta	Alta	Media	Media	Alta	Media	Muy alta	Alta	Media	Media	Media
Quebrada La Arenosa	Alta	Alta	Alta	Media	Media	Alta	Media	Muy alta	Alta	Alta	Media	Media
Quebrada Cajones (Bt. Circasia)	Alta	Alta	Alta	Media	Media	Alta	Media	Muy alta	Alta	Alta	Media	Media

Quebrada Las Águilas	Media	Alta	Alta	Media	Media	Media	Media	Media	Muy alta	Alta	Media	Media
Quebrada La Llorona	Media	Media	Muy alta	Alta	Media	Media						
Quebrada la Soledad	Media	Media	Media	Baja	Baja	Media	Media	Muy alta	Alta	Baja	Baja	Baja
Quebrada la Paloma	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Muy alta	Baja	Baja	Baja	Baja
Quebrada Las Lajas	Media	Media	Media	Baja	Baja	Media	Media	Muy alta	Alta	Baja	Baja	Baja
Río Roble (Bocatoma Montenegro)	Media	Media	Baja	Baja	Baja	Media	Media	Media	Alta	Baja	Baja	Baja
Quebrada Buenavista (Bt. Quimbaya)	Alta	Alta	Alta	Media	Media	Alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Alta	Media	Media
Quebrada Lachas	Alta	Alta	Alta	Media	Media	Alta	Media	Muy alta	Alta	Media	Media	Media
Quebrada Chorrobolillos	Alta	Alta	Alta	Media	Media	Alta	Media	Muy alta	Alta	Media	Media	Media
Quebrada Barroblanco	Alta	Alta	Alta	Media	Media	Alta	Media	Muy alta	Alta	Media	Media	Media

Bt. significa 'Bocatoma'

7.1.2 Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico en año seco

Para esta condición hidrológica, la clasificación del índice está fundamentalmente controlada por la presión de uso del recurso hídrico, por lo que sus valores tienden a reproducir el patrón de clasificación del índice de uso del agua. La mayoría de los meses tienen riesgo “muy alto” o “alto” en las unidades hidrográficas estudiadas, a excepción de la cuenca del río Verde (Tabla 161), en la cual, la presión de la demanda en relación con la oferta es baja.

Tabla 161. Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico en año seco para las unidades hidrográficas

Unidad Hidrográfica	Año Seco 2015-2015											
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Río Quindío	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
Río Santo Domingo	Media	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Media	Media	Alta	Alta	Alta	Media	Media	Media
Río Verde	Baja	Media	Baja									
Río Lejos	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Baja	Muy alta						
Río Rojo	Media	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Baja	Muy alta						
Río San Juan	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Baja	Muy alta						
Quebrada Buenavista	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Media	Baja	Media	Alta	Muy alta	Media	Media	Media	Alta
Río Roble	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Media	Baja	Media	Alta	Muy alta	Media	Media	Media	Alta
Río Espejo	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Baja	Alta	Muy alta
Quebrada Cristales	Muy alta	Muy alta	Media	Media	Media	Alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Baja	Media	Alta
Quebrada La Picota	Media	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Media	Muy alta					

El riesgo al desabastecimiento es crítico en todas las fuentes abastecedoras en año seco, ya que la clasificación del IVH es “muy alta” o “alta” en al menos 9 meses del año (Tabla 162). Por lo que es necesario analizar la probabilidad de ocurrencia de déficit en el suministro de la demanda para uso doméstico y

plantear para tal circunstancia fuentes alternativas de suministro o reducciones en las cantidades de agua demandadas.

Tabla 162. Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico en año seco para las microcuencas abastecedoras de acueductos

Fuente Abastecedora	Año Seco 2015-2016											
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Quebrada Cruz Gorda	Alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
Quebrada Cristalina	Media	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Muy alta	Muy alta
Quebrada Bolivia	Media	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
Quebrada Corozal	Media	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Muy alta	Muy alta
Río Quindío (Bocatoma EPA)	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
Río Quindío (Bombeo EPA)	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Baja	Muy alta	Baja	Muy alta				
Río Santo Domingo (Bt. Calarcá)	Media	Muy alta										
Quebrada El Salado	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
Quebrada El Naranjal	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
Quebrada San Rafael	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
Quebrada El Roble (Los Justos)	Media	Muy alta										
Quebrada La Picota (Bt. Buenavista)	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
Quebrada La Cascada	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
Quebrada Las Pizarras	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
Río Gris (Bt. Génova)	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Baja	Muy alta						
Quebrada El Bosque	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Media	Alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Media	Media	Alta
Quebrada La Marina	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Media	Alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Media	Media	Alta
Río Roble (Bombeo Circasia)	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Media	Alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Media	Media	Alta
Quebrada La Arenosa	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Media	Alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Media	Media	Alta
Quebrada Cajones (Bt. Circasia)	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Media	Alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Media	Media	Alta
Quebrada Las Águilas	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Alta	Muy alta	Muy alta	Media	Muy alta	Muy alta
Quebrada La Llorona	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta	Media	Media	Muy alta
Quebrada la Soledad	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Media	Baja	Alta	Alta	Muy alta	Media	Media	Media	Alta
Quebrada la Paloma	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Baja	Baja	Baja	Media	Muy alta	Baja	Baja	Baja	Baja
Quebrada Las Lajas	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Media	Baja	Alta	Alta	Muy alta	Media	Media	Media	Alta
Río Roble (Bocatoma Montenegro)	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Media	Baja	Media	Alta	Muy alta	Media	Media	Media	Alta
Quebrada Buenavista (Bt. Quimbaya)	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Media	Alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Media	Media	Alta
Quebrada Lachas	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Media	Alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Media	Media	Alta
Quebrada Chorroboillos	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Media	Alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Media	Media	Alta
Quebrada Barroblanco	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Media	Alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Media	Media	Alta

Bt. significa 'Bocatoma'

7.2 Índices de vulnerabilidad a eventos torrenciales

Se determina en relación a las características morfométricas de la cuenca y la variabilidad de los caudales diarios. El índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales (IVET) se calcula a través de la relación entre el índice

morfométrico de torrencialidad y el índice de variabilidad de los caudales, expresada en la Tabla 163 (IDEAM, 2013).

Tabla 163. Categorías del índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales

Categoría índice de variabilidad de caudales	Categoría del índice morfométrico de torrencialidad				
	Muy baja	baja	Media	Alta	Muy alta
Muy baja	Muy baja	Muy baja	Media	Alta	Alta
Baja	Baja	Media	Media	Alta	Muy alta
Media	Baja	Media	Alta	Alta	Muy alta
Alta	Media	Media	Alta	Muy alta	Muy alta
Muy alta	Media	Alta	Alta	Muy alta	Muy alta

El índice de variabilidad se define a partir de la curva de duración de caudales (CDC), en el caso de la ERA se emplearon las series de caudales medios diarios. El valor del índice se obtiene como la pendiente de la CDC entre dos caudales característicos representativos de caudales extremos (mínimos y máximos) a través de la siguiente expresión:

$$IV = \frac{\log(Q_i) - \log(Q_f)}{\log(t_i) - \log(t_f)}$$

En la Evaluación Regional del Agua del Quindío Q_i y Q_f se definen como los caudales característicos Q5 y Q95, ya que estos valores son indicativos de la frecuencia de valores extremos de caudal, t_i y t_f son el respectivo porcentaje del tiempo en el que es excedido el respectivo caudal característico. La Tabla 164 presenta la clasificación del índice de variabilidad de los caudales.

Tabla 164. Clasificación del índice de vulnerabilidad torrencial por variabilidad de caudales

Índice de Variabilidad (Grados)	Categoría	Vulnerabilidad
<10		Muy baja
10.1 - 37		Baja
37.1 - 47		Media
47.1 - 55		Alta
>0.55		Muy Alta

El índice morfométrico de torrencialidad se calculó a partir del coeficiente de compacidad, la pendiente media de la cuenca y la densidad de drenaje de acuerdo con la metodología presentada por IDEAM (2013).

Según el IVET, las unidades hidrográficas (UH) de río Lejos, río Rojo, río San Juan, río Roble y quebrada Buenavista tienen alta susceptibilidad a desarrollar avenidas torrenciales (Tabla 165). A pesar de tener bajos índices de variabilidad de caudales, su clasificación alcanza dicha categoría debido a las altas pendientes medias (en el caso de las UH de río Lejos, Rojo y San Juan), y debido a la alta densidad de drenaje (en el caso de las UH de río Roble y quebrada Buenavista). En el resto de las unidades hidrográficas se obtuvo una categoría de susceptibilidad media.

Tabla 165. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales (IVET) en las unidades hidrográficas del Quindío

Unidad Hidrográfica	Índice de Variabilidad		Índice Morfométrico				IVET
	IV de caudales (Grados)	Categoría	Coefficiente de Compacidad	Pendiente media de la cuenca (%)	Densidad de drenaje (km/km ²)	Categorías	
Río Quindío	29.01	Baja	1.776	39.44	2.176	Moderada	Media
Río Santo Domingo	26.17	Baja	1.377	37.35	1.969	Moderada	Media
Río Verde	28.78	Baja	1.312	37.59	2.278	Moderada	Media
Q. La Picota	27.87	Baja	1.355	31.847	2.121	Moderada	Media
Río Lejos	35.18	Baja	1.385	49.551	2.015	Alta	Alta
Río Rojo	35.18	Baja	1.334	50.039	2.031	Alta	Alta
Río San Juan	35.18	Baja	1.467	53.081	2.462	Alta	Alta
Q. Cristales	30.46	Baja	1.61	8.38	2.74	Moderada	Media
Río Espejo	22.58	Baja	1.831	11.42	2.824	Moderada	Media
Río Roble	34.31	Baja	2.062	18.34	2.614	Alta	Alta
Q. Buenavista	34.31	Baja	1.609	16.27	2.831	Alta	Alta

Para la microcuenca de la quebrada Cristalina se encontró una susceptibilidad “muy alta” a eventos torrenciales, por sus pendientes escarpadas y alta densidad de drenaje. Una alta susceptibilidad se presenta en las microcuencas de la quebrada Corozal, q. Cajones, q. Buenavista (hasta la bocatoma de Quimbaya), río Roble (hasta la bocatoma de Montenegro), q. Las Lajas, río Quindío (hasta la bocatoma de Armenia), río Santo Domingo (hasta la bocatoma de Calarcá), q. El Salado, q. El Salado 2 (hasta la Bocatoma del Corregimiento de La Virginia), y el río Gris (hasta la bocatoma de Génova).

Tabla 166. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales (IVET) en las microcuencas abastecedoras de acueductos

Fuentes Abastecedoras	Índice de Variabilidad		Índice Morfométrico				IVET
	IV de	Categorías	Coefficiente de	Pendiente	Densidad de	Categorías	

	caudales (Grados)		Compacidad	media de la cuenca (%)	drenaje (km ² /km ²)		
Q. Cruz Gorda	37.3	Media	1.497	39.22	1.855	Baja	Media
Q. Cristalina	35.4	Baja	1.22	53.471	4.725	Muy alta	Muy alta
Q. Bolivia	35.4	Baja	1.305	43.696	2.578	Moderada	Media
Q. Corozal	35.4	Baja	1.162	40	5.057	Alta	Alta
Q. Las Águilas	30.8	Baja	1.335	20.284	2.440	Moderada	Media
Q. La Llorona	34.3	Baja	1.367	19.189	3.165	Moderada	Media
Q. El Bosque	34.3	Baja	1.436	53.081	2.219	Moderada	Media
Q. La Marina	34.3	Baja	1.353	53.081	2.137	Moderada	Media
Q. La Arenosa	34.3	Baja	1.603	53.081	2.181	Moderada	Media
Río Roble (Circasia)	34.3	Baja	1.5	53.081	2.407	Moderada	Media
Q. Cajones	34.3	Baja	1.318	53.081	2.744	Alta	Alta
Q. Lachas	34.3	Baja	1.502	53.081	2.379	Moderada	Media
Q. Chorrobolillos	34.3	Baja	1.312	53.081	2.164	Moderada	Media
Q. Barroblanco	34.3	Baja	1.25	12.84	1.316	Muy baja	Baja
Q. Buenavista (Bt. Quimbaya)	34.3	Baja	1.609	53.081	2.831	Alta	Alta
Río Roble (Bt. Montenegro)	34.3	Baja	1.467	53.081	2.462	Alta	Alta
Q. La Soledad	34.3	Baja	1.894	16.781	6.194	Moderada	Media
Q. La Paloma	34.3	Baja	1.895	15.181	3.155	Moderada	Media
Q. Las Lajas	34.3	Baja	2.358	53.081	3.107	Alta	Alta
Río Quindío (Bt. Armenia)	33.4	Baja	1.742	47.72	2.074	Alta	Alta
Río Quindío (Estación Bombeo)	30.1	Baja	1.686	44.24	2.063	Moderada	Media
Río Sto. Domingo (Bt. Calarcá)	30.5	Baja	1.28	53.081	2.099	Alta	Alta
Q. EL Salado	37.3	Media	1.318	53.081	2.744	Alta	Alta
Q. San Rafael	33.0	Baja	1.497	53.081	1.884	Moderada	Media
Q. El Naranjal	37.3	Media	1.147	53.081	1.314	Baja	Media
Q. El Salado 2	36.6	Baja	1.412	67.11	3.186	Alta	Alta
Río Quindío (Bt. La Tebaida)	29.6	Baja	1.726	43.81	2.059	Moderada	Media
Q. El Roble (Los Justos)	26.9	Baja	1.334	53.081	2.150	Moderada	Media
Q. Las Pizarras	35.2	Baja	1.146	43.31	2.188	Moderada	Media
Q. La Cascada	35.2	Baja	1.202	48.61	1.548	Moderada	Media
Q. La Picota (Bt. Buenavista)	27.9	Baja	1.254	53.081	2.295	Moderada	Media
Río Gris (Bt. Génova)	35.2	Baja	1.494	53.994	2.042	Alta	Alta

Bt. significa 'Bocatoma'

Es necesario destacar que hay varias fuentes abastecedoras que se encuentran en el límite de la clasificación media y alta, pero que finalmente obtuvieron una clasificación de susceptibilidad media, tales como q. El Roble (Los Justos), q. Bolivia, q. Llorona, q. Marina, q. Chorrobolillos, río Quindío (hasta la estación de bombeo), río Quindío (hasta la captación de La Tebaida), q. Las Pizarras, y q. La Picota (hasta la bocatoma de Buenavista).

8 REFERENCIAS

ACEP, A. colombiana para el estudio de la población. (1975). *La Población de Colombia 1974*. Bogotá D.C., Colombia. Retrieved from <http://www.cicred.org/Eng/Publications/pdf/c-c9.pdf>

Alaoui, A., Rogger, M., Peth, S., & Blöschl, G. (2017). Does soil compaction increase floods? A review. *Journal of Hydrology*, (December). <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.12.052>

Beven, K. (1989). Changing ideas in hydrology – The case of physically-based models. *Journal of Hydrology*, 105, 157–172. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(89\)90101-7](https://doi.org/10.1016/0022-1694(89)90101-7)

Beven, K., Wood, E., & Sivapalan, M. (1988). On hydrological heterogeneity – catchment morphology and catchment response. *Journal of Hydrology*, 100, 353–375. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(88\)90192-8](https://doi.org/10.1016/0022-1694(88)90192-8)

Carpenter, T. M., & Georgakakos, K. P. (2006). Intercomparison of lumped versus distributed hydrologic model ensemble simulations on operational forecast scales. *Journal of Hydrology*, 329(1–2), 174–185. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.02.013>

Clark, M. P., Slater, A. G., Rupp, D. E., Woods, R. A., Vrugt, J. A., Gupta, H. V., ... Hay, L. E. (2008). Framework for Understanding Structural Errors (FUSE): A modular framework to diagnose differences between hydrological models. *Water Resources Research*, 44(12), 1–14. <https://doi.org/10.1029/2007WR006735>

Colombia, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico [recurso electrónico] : TÍTULO B. Sistemas de acueducto. – 2 ed. / Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico (Ed.); Universidad de los Andes. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados – CIACUA. -- Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2010. 480 p.

Colombia, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Resolución 330 de 2017 “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y

Saneamiento Básico (RAS) y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”.

Colombia, Ministerio de Comercio Industria y Turismo, Centro de Información Turística de Colombia (CITUR). (2018). http://www.citur.gov.co/estadisticas/df_viajeros_ciudad_destino/all/2

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (1942). *Censo general de población 1938*. Bogotá D.C., Colombia. Retrieved from ftp://ftp.colombiastad.gov.co/books/LB_811_1938.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (1951). *Censo de población de Colombia 1951: Resumen*. Bogotá D.C., Colombia. Retrieved from ftp://ftp.colombiastad.gov.co/books/LB_896_1951.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (1969). *Población del país según el censo 1964*. Bogotá D.C., Colombia. Retrieved from ftp://ftp.colombiastad.gov.co/books/LB_805_1964_EJ_4.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (1985). *Colombia Censo Nacional de 1985*. Bogotá D.C., Colombia. Retrieved from ftp://ftp.colombiastad.gov.co/books/LD_09417_1985_EJ_3.PDF

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (2008). *Censo general 2005: Nivel nacional*. Bogotá D.C., Colombia.

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (2012). *Necesidades Básicas Insatisfechas - NBI*. Bogotá D.C., Colombia. Retrieved from <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/necesidades-basicas-insatisfechas-nbi>

Eckhardt, K., Breuer, L., & Frede, H. (2003). Parameter uncertainty and the significance of simulated land use change effects. *Journal of Hydrology*, 273(1-4), 164-176. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00395-5](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00395-5)

Francés, F., Vélez, J. I., & Vélez, J. J. (2007). Split-parameter structure for the automatic calibration of distributed hydrological models. *Journal of Hydrology*, 332(1-2), 226-240. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.06.032>

Franchini, M., & Pacciani, M. (1991). Comparative analysis of several conceptual rainfall–Runoff models. *Journal of Hydrology*, 122, 161–219. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(91\)90178-K](https://doi.org/10.1016/0022-1694(91)90178-K)

García–Cano, P. (2005). *Indicadores sociales departamentales. SISD 37*. Bogotá D.C., Colombia. Retrieved from <https://www.dnp.gov.co/Portals/0/archivos/documentos/DDS/SISD/boletin37.pdf>

Guerrero, J., Peña, L. E., & Muños, P. A. (2007). *Evaluación, monitoreo y manejo sostenible de pérdidas de agua en acueductos de pequeñas localidades*. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira. Retrieved from <http://www.utp.edu.co/vicerrectoria/investigaciones/investigaciones/DetallesProyecto/418>

Hundecha, Y., & Bárdossy, A. (2004). Modeling of the effect of land use changes on the runoff generation of a river basin through parameter regionalization of a watershed model. *Journal of Hydrology*, 292, 281–295. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.01.002>

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERÍA. (2017). *Resumen ejecutivo Tercera Comunicación Nacional De Colombia a La Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático (CMNUCC). Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. (Andrés Bar). Bogotá D.C., Colombia. Retrieved from http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023732/RESUMEN_EJECUTIVO_TCNUCC_COLOMBIA.pdf

Liu, Y., & Luo, Y. (2010). A consolidated evaluation of the FAO–56 dual crop coefficient approach using the lysimeter data in the North China Plain. *Agricultural Water Management*, 97(1), 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.07.003>

López, J. I., Vicente, S. M., Moran, E., Zabalza, J., Lorenzo, J., & García, J. M. (2011). Impact of climate evolution and land use changes on water yield in the ebro basin. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15, 311–322. <https://doi.org/10.5194/hess-15-311-2011>

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Título A, Pub. L. No. Decreto 216 de 2003, 119 (2000). Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Título B., Pub. L. No. Decreto 216 de 2003, 480 (2010). Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. Resolución 0330 08jun2017 RAS (2017). Bogotá D.C., Colombia, Colombia. Retrieved from <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330 - 2017.pdf>

Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Binger, R. L., Harmel, R. D., & Veith, T. L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, 50(3), 885–900. <https://doi.org/10.13031/2013.23153>

Nash, J. E. and Sutcliffe, J. V. 1970. River flow forecasting through conceptual models part I -- A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10(3), 282–290.

Nelson, P. a., Smith, J. a., & Miller, A. J. (2006). Evolution of channel morphology and hydrologic response in an urbanizing drainage basin. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31, 1063–1079. <https://doi.org/10.1002/esp.1308>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación, FAO. (1992). Cropwat. Programa de ordenador para planificar y manejar el riego. FAO. Estudios Riegos y Drenajes nº 46. Pág. 23, 24

Ortiz-Flórez, R. (2001). *Pequeñas Centrales Hidroeléctricas*. (E. A. Herrera, Ed.). Bogotá D.C., Colombia: Mc Graw-Hill. Retrieved from <http://ticuna.banrep.gov.co:8080/cgi-bin/abnetclwo20/O8068/ID2a05a9a7/NT1?ACC=165&DOC=13>

Peña, L. E. (2017). *Escalamiento de propiedades hidráulicas del suelo en el régimen de crecidas a escala de cuenca aplicación en la cuenca del Río*

Combeima (Suramérica). Universitat Politècnica de València / Universidad del Tolima. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/90390>

Peña, L. E., Barrios, M., & Francés, F. (2016). Flood quantiles scaling with upper soil hydraulic properties for different land uses at catchment scale. *Journal of Hydrology*, 541, 1258–1272. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.08.031>

Peña, L. E., Betancourt, H., & Montoya, A. H. (2014). *Uso Eficiente del agua en el campus de la Universidad de Ibagué*. (E. U. de Ibagué, Ed.) (Ediciones). Ibagué, Colombia: Ediciones Unibague. Retrieved from <https://ediciones.unibague.edu.co/index.php/galeria-bibliografica/416/view/70/libro-resultado-de-investigacion/80/uso-eficiente-del-agua-en-el-campus-de-la-universidad-de-ibague>

Poveda, G., Vélez, J. I., Mesa, O. J., Cuartas, A., Barco, J., Mantilla, R. I., ... Quevedo, D. I. (2007a). Linking Long-Term Water Balances and Statistical Scaling to Estimate River Flows along the Drainage Network of Colombia. *Journal of Hydrologic Engineering*, 12(1), 4–13. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(2007\)12:1\(4\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2007)12:1(4))

Poveda, G., Vélez, J. I., Mesa, O. J., Cuartas, A., Barco, J., Mantilla, R. I., ... Quevedo, D. I. (2007b). Linking Long-Term Water Balances and Statistical Scaling to Estimate River Flows along the Drainage Network of Colombia. *Journal of Hydrologic Engineering*, 12(1), 4–13. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(2007\)12:1\(4\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2007)12:1(4))

Ramesh, A. (2013). *Response of Flood Events to land Use and Climate Change. Analysed by hydrological and statistical modeling in Barcelonnette, France*. (Springer D). New York: Springer Dordrecht Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-5527-7>

Refsgaard, J. C. (1997). Parameterisation, calibration and validation of distributed hydrological models. *Journal of Hydrology*, 198(1–4), 69–97. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(96\)03329-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(96)03329-X)

Sieber, A., & Uhlenbrook, S. (2005). Sensitivity analyses of a distributed catchment model to verify the model structure. *Journal of Hydrology*, 310(1–4), 216–235. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.01.004>

Slater, A. G., Schlosser, C. A., Desborough, C. E., Pitman, A. J., Henderson-Sellers, A., Robock, A., ... Xue, Y. (2001). The Representation of Snow in Land Surface Schemes: Results from PILPS 2(d). *Journal of Hydrometeorology*, 2(1), 7–25. [https://doi.org/10.1175/1525-7541\(2001\)002<0007:TROSIL>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1525-7541(2001)002<0007:TROSIL>2.0.CO;2)

Stehr, a., Aguayo, M., Link, O., Parra, O., Romero, F., & Alcayaga, H. (2010). Modelling the hydrologic response of a mesoscale Andean watershed to changes in land use patterns for environmental planning. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14(10), 1963–1977. <https://doi.org/10.5194/hess-14-1963-2010>

Strupczewski, W. G., Singh, V. P., & Feluch, W. (2001). Non-stationary approach to at-site flood frequency modelling I. Maximum likelihood estimation. *Journal of Hydrology*, 248, 123–142. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(01\)00397-3](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00397-3)

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2014). *Evaluación integral de Prestadores Empresa Sanitaria del Quindío S.A. E.S.P. “ESAQUIN S.A. E.S.P.”* (Vol. IN-F003 V.). Bogotá D.C., Colombia.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2015a). *Evaluación Integral De Prestadores: Empresa de servicios públicos de Córdoba Quindío E.S.P. S.A.S.* Bogotá D.C., Colombia. Retrieved from <http://www.superservicios.gov.co/content/download/10165/83256/version/1/file/%282015%29+Evaluación+integral+de+prestadores+Empresa+de+Servicios+Públicos+de+Córdoba+Quindío+E.S.P.+S.A.S..pdf>

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2015b). *Informe Sectorial los Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado Grandes Prestadores.* Bogotá D.C., Colombia. Retrieved from <http://www.superservicios.gov.co/content/download/11224/91303>

Vélez, J. J., & Botero, A. (2010). Estimation of the time of concentration and the Lag time at San Luis Creek Basin, Manizalez. *Dyna*, 165, 58–71. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532011000100006

Villarini, G. (2010). Analysis of the stationarity of flood peaks in the United States. In *Workshop on Nonstationarity, Hydrologic Frequency Analysis, and Water Management* (pp. 81–97). Retrieved from www.cwi.colostate.edu

Villarini, G., Smith, J. a., Serinaldi, F., & Ntelekos, A. a. (2011). Analyses of seasonal and annual maximum daily discharge records for central Europe. *Journal of Hydrology*, 399(3–4), 299–312. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.01.007>

Wetzel, P. J., Liang, X., Irannejad, P., Boone, A., Noilhan, J., Shao, Y., ... Yang, Z. L. (1996). Modeling vadose zone liquid water fluxes: Infiltration, runoff, drainage, interflow. *Global and Planetary*.

Álvarez-Villa, O. D., Vélez, J. I., & Poveda, G. (2011). Improved long-term mean annual rainfall fields for Colombia. *International Journal of Climatology*, 31(14), 2194–2212.

Arenas, J. S. (2009). Desarrollo de un modelo de pronóstico de cuadales semanales asociado a la variabilidad climática intranual en Colombia. Universidad Nacional de Colombia.

Burn, M. J., & Palmer, S. E. (2015). Atlantic hurricane activity during the last millennium. *Scientific reports*, 5, 12838.

IDEAM. (2014). Estudio Nacional del Agua (pp. 496 páginas.): Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Bogotá.

Jaramillo-Robledo, A., & Chaves-Córdoba, B. (2000). Distribución de la precipitación en Colombia analizada mediante conglomeración estadística. *Cenicafé*, 51(2), 102–113.

Manz, B., Buytaert, W., Zulkafli, Z., Lavado, W., Willems, B., Robles, L. A., & Rodríguez-Sánchez, J. P. (2016). High-resolution satellite-gauge merged precipitation climatologies of the Tropical Andes. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 121(3), 1190–1207.

Mejía, F., Mesa, O., Poveda, G., Vélez, J., Hoyos, C., Mantilla, R., . . . Cuartas, A. (1999). Distribución espacial y ciclos anual y semianual de la precipitación en Colombia. *Dyna*, 127, 7.

NOAA. (Consultado: Abril, 2018). National Weather Service, What is El Niño?; disponible en: https://www.wrh.noaa.gov/fgz/science/el_nino.php?wfo=fgz.

OMM. (2008). Guía de Prácticas Hidrológicas número 168, disponible en: http://www.whycos.org/hwrp/guide/index_es.php.

Poveda, G. (2004). La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diurna. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 28(107), 201–222.

Poveda, G., Álvarez, D. M., & Rueda, Ó. A. (2011). Hydro-climatic variability over the Andes of Colombia associated with ENSO: a review of climatic processes and their impact on one of the Earth's most important biodiversity hotspots. *Climate Dynamics*, 36(11–12), 2233–2249.

Poveda, G., Vélez, J. I., Mesa, O. J., Cuartas, A., Barco, J., Mantilla, R. I., . . . Ceballos, L. I. (2007). Linking long-term water balances and statistical scaling to estimate river flows along the drainage network of Colombia. *Journal of Hydrologic Engineering*, 12(1), 4–13.

Rogelis, M., & Werner, M. (2013). Spatial interpolation for real-time rainfall field estimation in areas with complex topography. *Journal of Hydrometeorology*, 14(1), 85–104.

Rueda, O., & Poveda, G. (2006). Variabilidad espacial y temporal del chorro del “Chocó” y su efecto en la hidroclimatología de la región del pacífico colombiano. *Meteorol. Col*, 10, 132–145.

Vecchi, G. A., Soden, B. J., Wittenberg, A. T., Held, I. M., Leetmaa, A., & Harrison, M. J. (2006). Weakening of tropical Pacific atmospheric circulation due to anthropogenic forcing. *Nature*, 441(7089), 73–76.

Allain, S., Plumecocq, G. and Leenhardt, D., 2018. Spatial aggregation of indicators in sustainability assessments: Descriptive and normative claims. *Land Use Policy*.

Bolcárová, P., Kološta, S., 2015. Assessment of sustainable development in the EU 27 using aggregated SD index. *Ecol. Indic.* 48:699–705. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.09.001>.

Cude, C., 2001. Oregon water quality index: a tool for evaluating water quality management effectiveness. Paper No. 99051 of the Journal of the American Resources Association, (1), 125–138.

European Union, 2015. Sustainable development in the European Union: 2015 monitoring report of the EU Sustainable Development Strategy. Eurostat Statistical books. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2015.

IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), 2010. Estudio Nacional del Agua 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C.

IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), 2013. Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua. 2013. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C.

IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), 2013b. Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. Publicación aprobada por el Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM, noviembre de 2013, Bogotá D.C., Colombia.

IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) y CIH-UP (Centro de Investigaciones en Hidroinformática - Universidad de Pamplona), 2007. Informe final Contrato 111/2007.

Juwana, I., Mutil, N., Perera, B.J.C., 2012. Indicator-based water sustainability assessment - a review. *Sci. Total Environ.* 438:357–371. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.08.093>.

Klug, H., Knoch, A., (2014). Operationalizing environmental indicators for real time multipurpose decision making and action support. *Ecol. Model.* 295:66–74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.04.009>.

Magrama (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España), 2013. Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la Directiva Marco del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para indicadores hidromorfológicos. Julio de 2013.

MARM (Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 2008. Agua y Sostenibilidad: Funcionalidad de las cuencas. OSE - Observatorio de la Sostenibilidad en España, 2008. http://hispagua.cedex.es/sites/default/files/hispagua_documento/AguaySostenibilidad.pdf

MAVDT (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial), 2010. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá D.C., Colombia. Marzo de 2010. 124 pp.

Minambiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), 2013. Mapa de cuencas hidrográficas objeto de plan de ordenación y manejo. Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia. <http://minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/cuencas-hidrograficas/Mapa-cuencas-hidrograficas-objeto-de-plan-de-ordenacion-y-manejo-POMCA.pdf>.

Minambiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), 2014. Guía técnica para la formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH-. Buitrago Aguirre, C. L., Hernández Suárez, J. S., Salazar Galán, S. A. Hernández Atilano, E., Brijaldo Flechas, N. J., Santos Santos, T.F., Uribe Palacios, A. M., García Jaramillo, L., Castro Hernández. Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia.

MMA (Ministério do Meio Ambiente), 2006. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos, Brasília, República Federativa do Brasil. http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011025152.pdf.

Munn, C.B., 2004. Marine Microbiology: ecology and applications. New York: BIOS Scientific Publisher.

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), 1993. Development. Group on Environmental Performance, 1993. OECD core set of indicators for environmental performance reviews (Vol. 1, No. 18).

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), 2017. Green Growth Indicators 2017. <http://oe.cd/ggi2017>.

OMS (Organización Mundial de la Salud), 1993. Assessment of Sources of Air, Water, and Land Pollution. Part One: Rapid Inventory Techniques in Environmental Pollution. Por Alexander Economopoulos. Ginebra: OMS.

Sandoval-Solis, S., McKinney, D.C. and Loucks, D.P., 2010. Sustainability index for water resources planning and management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 137(5), pp.381-390.

Pires, A., Morato, J., Peixoto, H., Botero, V., Zuluaga, L. and Figueroa, A., 2017. Sustainability assessment of indicators for integrated water resources management. *Science of the total environment*, 578, pp.139-147.

UNDESA, 2007. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. Third ed. UN Department of Economic and Social Affairs, New York.

Vrba J, Girman J, van der Gun J, Haie N, Hirata R, Lopez-Gunn E, Neupane B, Shah T, Wallin B., 2007. Groundwater resources sustainability indicators. Lipponen A, editor. Paris: UNESCO.

WWAP (World Water Assessment Programme), 2003. The United Nations World Water Development Report: Water for People Water for life Paris: UNESCO, and London: Earthscan.

WWF (World Wide Fund for Nature), 2010. Living Planet Report 2010: Biodiversity, Biocapacity and Development. p. 116 Gland.

APHA-AWWA-WPCF. (1992). *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. American Public Health Association, 18th Ed. Academic Press, Washington D.C.

Bellinger, E. G., & Sigeo, D. C. (2010). *Algae as Bioindicators, in Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*, John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, UK.

Benkhedda, B., Firdaws, C. & Mohamed, M. (2017). Evaluation of the organic pollution impact on freshwater diatoms in the northern Algerian river “Allala”. *EWASH & TI Journal*, 1(2): 7–12.

Bicudo C. De M. & M. Menezes. (2006). *Gêneros de algas de aguas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições*. 2da Edição. RiMa (ed). São Carlos, Brasil.

Braak, C. & Smilauer, P. (2009). *Canoco*. Wageningen: BiometrisPlant Research International.

Bustamante, C. A., Davila, C. A., Torres, S. L. & Ortiz, J. F. (2008). Composición y abundancia de la comunidad de fitoperifiton en el río Quindío. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*, 18, 15–21.

Bustamante, C. A., Torres, S. L. & Zapata, L. M. (2009). Composición y estructura numérica de la comunidad de microalgas perifíticas del río Quindío departamento del Quindío, Colombia. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*. 21: 45–62.

Coddington, J. A., Young, L. H. & Coyle, F. A. (1996). Estimating spider species richness in a southern appalachian cove hardwood forest. *The Journal of Arachnology*, 24, 111–128.

Colwell, R. K. & Coddington J. A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 345, 101–118.

Colwell, R. K. (2013). *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9*. Recuperado de: <http://purl.oclc.org/estimates>

Corporación Autónoma Regional del Quindío, Fundación jardín Botánico Joaquín Antonio Uribe & Universidad del Tolima. (2015). Plan de ordenamiento del recurso hídrico del río Quindío. Recuperado de: <https://www.crq.gov.co/Documentos%20Generales/04052016/Plan%20de%20Ordenamiento%20del%20recurso%20h%C3%ADrico%20rio%20Quindio.pdf>

Halffter, G., Moreno, C.E. & Pineda, E.O. (2001). *Manual para la evaluación de la biodiversidad en las Reservas de la Biosfera*. Zaragoza, España: M&T- Manuales y Tesis SEA.

Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*. 4(1), 1-9.

Jiménez-Valverde A & Hortal J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*. 8, 151-161.

Jost, L. & González, J. A. (2012). Midiendo la diversidad biológica: más allá del índice de Shannon. *Acta zoológica lilloana*. 56(1-2), 3-14.

Lopretto, E. & Tell, G. (1995). *Ecosistemas de aguas continentales*. Argentina: Ediciones Sur.

Marín, N. C., Corredor, N. V. & Bustamante, C. A. (2011). Aspectos ecológicos de comunidades bénticas de un sistema fluvial andino, Armenia – Quindío, Colombia. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*. 22, 58-69.

Martínez, F. & Donato, J. (2003). Efectos del caudal sobre la colonización de algas en un río de alta montaña tropical (Boyacá, Colombia). *Caldasia*. 25(2), 337-354.

Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la Biodiversidad*. Zaragoza, España: M&T-Manuales y Tesis SEA.

Obando, N. L. & Bustamante, C. A. (2014). Macroinvertebrados y algas perifíticas de la quebrada Cajones, Unidad de Manejo de Cuenca UMC río Espejo municipio de Montenegro, Quindío, Colombia.

Pinilla, A. G. (1998). *Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos de Colombia*. Compilación Bibliográfica. Centro de Investigaciones Científicas. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Colombia.

Prescott, G. W. (1954). *How to know the freshwater algae*. Brow Company Publisher. Duboque, Iowa, 224 pp.

Prescott, G. W. (1970). *Algae of the western great lakes area*. WM.C. Brown company publishers. USA, 977 pp.

Ramírez G., A. & Viña, V. G. (1998). *Limnología Colombiana. Aportes a su conocimiento y estadística de análisis*. Bogotá – Colombia, Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

Ramírez, J. (2000). *Fitoplancton de agua dulce: bases ecológicas, taxonómicas y sanitarias*. Colombia. Editorial Universidad de Antioquia.

Ramírez, J. (2000). *Fitoplancton de agua dulce: bases ecológicas, taxonómicas y sanitarias*. Colombia. Editorial Universidad de Antioquia.

Rimarachín C., V. (2014). Perifiton. En Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Museo de Historia Natural, Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Lima, Perú: Departamento de Limnología, Departamento de Ictiología, Ministerio del Ambiente.

Rumeau, A. & Coste, M. (1988). Initiation a la systématique des diatomées d'eau douce Pour l'utilisation pratique d'un indice diatomique générique. *Bull Fr Pêche Piscic*, 309: 1–69.

Streble, H. & Krauter, D. (1987). *Atlas de los Microorganismos de agua dulce*. Ediciones Omega: Barcelona.

Adler, P. H., Currie, D. C., & Wood, D. M. (2004). *The blackflies (Simuliidae) of North America*. Cornell University Press.

Álvarez, M., Gast, F., Umaña, A. M., Mendoza, H., & Schiele, R. (2006). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. (C. M. Villa, Ed.) (Segunda ed., p. 236). Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Brower, J; Zar, J; Von, E. (1997). *Field and laboratory methods for general ecology*. WCB/McGraw-Hill. Boston, E.E.U.U. 273 p.

Callisto, M., Gonçalves, J.R. & Graça, M.A. (2007). Leaf litter as a possible food source for chironomids (Diptera) in Brazilian and Portuguese headwater streams. *Revista brasileira de zoologia* 24(2): 442–448.

Campos, T. D. (2017). Insetos bentônicos como indicadores da qualidade da água em áreas reabilitadas após mineração de carvão no sul de Santa Catarina.

Colwell, R. K. (2013). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9 and earlier. User's Guide and application.

Coscaron, S., Sarandon, R., Coscaron-Arias, C. L., & Drago, E. (1996). *Análisis de Factores Ambientales Que Influyen en la Distribución de Los Simulidae (Diptera: Insecta) en El Cono Austral de América Del Sur*.

CRQ (2015). Ordenamiento del recurso hídrico de la cuenca del río Quindío. Armenia- Quindío.

Domínguez, E. & Fernández, H. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. (1a ed.) Tucumán, Argentina. Fundación Miguel Lillo. ISBN 978-950-668-015-2.

Esteves, F. D. A. (2011). *Fundamentos de limnología* (No. 504.45 FUN).

Flowers, R.W., De la Rosa, C. (2010). Capítulo 4. Ephemeroptera. *Revista de Biología Tropical*, 58(4) 63–93.

Forero-Céspedes, A. M., & Reinoso-Flórez, G. (2013). Estudio de la familia Baetidae (Ephemeroptera: Insecta) en una cuenca con influencia de la urbanización y agricultura: río Alvarado-Tolima. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 25, 12–21.

Forero-Céspedes, A. M., Gutiérrez, C., & Reinoso-Flórez, G. (2016). Composición y estructura de la familia Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) en una cuenca andina colombiana. *Hidrobiológica*, 26(3), 459–474.

Gutiérrez, J. D., Riss, W., & Ospina, R. (2006). Bioindicación de la calidad del agua en la Sabana de Bogotá-Colombia, mediante la utilización de la lógica difusa neuroadaptativa como herramienta. *Caldasia*, 28(1), 45.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., & Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Education*, 4(1), 1–9.

Hanson, P., Springer, M., & Ramirez, A. (2010). Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58, 3–37.

Hilsenhoff, W. L. (2017). An improved biotic index of organic stream pollution. *The Great Lakes Entomologist*, 20(1), 7.

Junk, W. J., Bayley, P. B., & Sparks, R. E. (1989). The flood pulse concept in river–floodplain systems. *Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences*, 106(1), 110–127.

Machado, T. (Octubre de 1989). Distribución Ecológica e Identificación de los Coleópteros Acuáticos en Diferentes Pisos Altitudinales en el Departamento de Antioquia. Distribución Ecológica e Identificación de los Coleópteros Acuáticos en Diferentes Pisos Altitudinales en el Departamento de Antioquia. Medellín, Antioquia, Colombia: Universidad de Antioquia.

Medianero, E., & Samaniego, M. (2004). Comunidad de insectos acuáticos asociados a condiciones de contaminación en el río Curundú, Panamá. *Folia Entomológica Mexicana*, 279–294.

Merritt, R. W., & Cummins, K. W. (1996). *An introduction to the aquatic insects of North America*. Kendall Hunt.

Merritt, R., Cummins, K., & Berg, M. (2008). *An introduction to the Aquatic Insects of North América*. Kendall: Kendall/Hunt Publishing Company.

Molina, C. I., Gibon, F. M., Pinto, J., & Rosales, C. (2008). Estructura de macroinvertebrados acuáticos en un río altoandino de la Cordillera Real, Bolivia: variación anual y longitudinal en relación a factores ambientales. *Ecología aplicada*, 7(1–2).

Neiff, J. J. (1999). El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica. *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica*, 229.

Pérez, R. M., Pineda, R. F., & Campos, V. (2004). Estructura trófica de las asociaciones de macroinvertebrados acuáticos de manantiales cársticos en la Huasteca Mexicana. *Biológicas*, 6, 37-47.

Pillot, H. K. M. (2014). *Chironomidae Larvae, Vol. 3: Orthoclaadiinae: Biology and Ecology of the Aquatic Orthoclaadiinae* (Vol. 3). Hotei Publishing

Posada, J. & G. Roldán. (2003). Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el Nor-Occidente de Colombia. *Caldasia* 25: 169-192.

Rodríguez, J., Ospina, R., Berrío, M., Cepeda, B., Castellanos, G., & Valencia, M. (2006). Variación diaria de la deriva de macroinvertebrados acuáticos y de materia orgánica en la cabecera de un río tropical de montaña en el departamento de Nariño, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 11, 47-53.

Roldán G. & Ramírez J. (2008). *Fundamentos de Limnología neotropical*. (2.a ed.) Medellín: Editorial Universidad de Antioquia. ISBN: 978-958-714-144-3.

Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. *Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia. Colección de Ciencia y Tecnología. Medellín.*

Roldán, G. (2017). Contribución al conocimiento de las ninfas de los efemerópteros (clase; insecta, orden: Ephemeroptera) en el departamento de Antioquia, Colombia. *Actualidades Biológicas*, 14(51), 3-13.

Sevilla, J. R., & Villar, R. H. (2008). Caracterización de la estructura trófica de los macroinvertebrados del río Júcar y sus tributarios en la provincia de Albacete mediante la aplicación del índice del modo de nutrición (IMN). *Sabuco: revista de estudios albacetenses*, (6), 53-70.

Tamaris-Turizo, C., Rodríguez-Barrios, J., & Ospina-Torres, R. (2013). Deriva de macroinvertebrados acuáticos a lo largo del río Gaira, vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Caldasia*, 35(1), 149-163.

Tejerina, E. G., & Molineri, C. (2007). Comunidades de Chironomidae (Diptera) en arroyos de montaña del NOA: comparación entre Yungas y Monte. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 66(3-4), 169-177.

Thomazi, R.D., Kiifer, W.P., Ferreria, J.R. & Sá, F.S. (2008). A sucessão ecológica sazonal de macroinvertebrados bentônicos em diferentes tipos de atratores artificiais no rioBubu, Cariacica, ES Natureza online 6(1): 1-8.

Vásquez, J., & Reinoso, G. (2012). Estructura de la fauna béntica en corrientes de los Andes colombianos. *Revista Colombiana de Entomología*, 351-358.

Vidal, C., & Romero Aravena, H. (2010). Efectos ambientales de la urbanización de las cuencas de los ríos Bíobío y Andalién sobre los riesgos de inundación y anegamiento de la ciudad de Concepción.

Wantzen, R. & Rueda-Delgado, G. (2009). Técnica de muestreo de macroinvertebrados bentónicos. En: Domínguez, E. y H. Fernández (Eds.), *Macroinvertebrados bentónicos Sudamericano: sistemática y biología*. Primera edición. Tucumán - Argentina. Fundación Miguel Lillo.

Albornoz, J y Conde-Saldaña C. (2014). Diversidad y Relaciones Ecomorfológicas de la Comunidad Íctica de la Cuenca del Rio Alvarado, Tolima, Colombia. Trabajo de grado, Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias, Programa De Biología. Ibagué - Tolima.

Anderson, E. y Maldonado, J. (2010). A regional perspective on the diversity and conservation of tropical Andean fishes. *Conservation Biology*.10: 1523- 1739.

Anderson, E. P., & Maldonado-Ocampo, J. A. (2011). A regional perspective on the diversity and conservation of tropical Andean fishes. *Conservation Biology*, 25(1), 30-39.

Álvarez, M., Gast, F., Umaña, A. M., Mendoza, H., & Schiele, R. (2006). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. (C. M. Villa, Ed.)

(Segunda ed., p. 236). Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Bazigos, G. *Applied fishery statistics*. FAO. Rome : FAO, 1983. 164 p.

(Tech. Pap., no. 135).

Binothlan, C & Bailly, N. (2015). *Brycon henni*. Fish Base. Retrieved February 27, 2015, from <http://www.fishbase.org/summary/Brycon-henni.html>

Briñez-Vásquez, G. N. (2004). Distribución altitudinal, diversidad y algunos aspectos ecológicos de la familia Astroblepidae (Pisces: Siluriformes) en la cuenca del río Coello (Tolima). Trabajo de Grado. Programa de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia.

Cala, P. (1990). Diversidad, adaptaciones ecológicas y distribución geográfica de las familias de peces de agua dulce en Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 17 (67): 725 – 740.

Cala, P. (2001). Ictiofauna Epicontinental de Colombia en el contexto global

Neotropical y su estado actual: una revisión bibliográfica. *Dahlia - Rev. Asociación Colombiana Ictiología*. 4:3-14.

Carlander, K. (1969). *Handbook of freshwater fishery biology*. University Press, The Iowa State, EEUU. Vol.I 752 pp.

Castro-Roa, D. (2006). Composición y estructura de la comunidad de Characiformes en la cuenca del río Prado (Tolima-Colombia). Trabajo de grado Programa de Biología. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad del Tolima. Ibagué.

Cifuentes, R; González, J; Montoya, Germán; Jara, Alfonso; Ortiz, Néstor; Piedra, Priscila & Habit, Evelyn. (2012). Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana (Concepción)*, 76(Supl. 1), 86-100.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382012000100009>

Colwell, R. K. (2013). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9 and earlier. User's Guide and application.

Dahl, G. (1971). Los Peces del Norte de Colombia (p. 391). Bogotá D.C: Ministerio de Agricultura, Instituto de Desarrollo de los recursos Naturales Renovables (INDERENA).

Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22:241-253.

García-Melo, L. (2005). Distribución, Diversidad y Ecología Básica de la familia Trichomycteridae (Ostariophysy: Siluriformes) en la cuenca del río Coello departamento del Tolima. Tesis de Pregrado. Programa de Biología., Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Tolima. Ibagué.

García-Melo, L. J. (2009). Relaciones filogenéticas de *Trichomycterus* (Siluriformes: Trichomycteridae) en el Alto Magdalena. Tesis de Maestría. Maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias. Universidad del Tolima. Ibagué, Tolima.

Granado-Lorencio, C. (1996). *Ecología de Peces*. Sevilla (España).

Gery, J., (1977). *Characoids of the world*. T. F. H. Publ. Neptune City. 672 pp.

González, E., M. P. Varona y P. Cala. (1996). Datos bioecológicos del Oscar, *Astronus ocellatus* (Pisces: Cichlidae), en los alrededores de Leticia (Amazonas). *Dahlia* 1 (1): 51-62.

Goulding M., Carvallo M., Ferreira E. (1988). *Río Negro, rich live in poor water*. SBP. Academic Publishing, Los Países Bajos. 89p.

Growns I. O., D. A. Pollard & J. H. Harris. (1996). A comparison of electric fishing and gillnetting to examine fish communities. *Fisheries Management and Ecology*, 3. 13-34

Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). *PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis*. *Education*, 4(1), 1–9.

Harold, A. & Vari, R. P., (1994) Systematics of the trans Andean species of *Creagrutus* (Ostariophysi, Characiformes, characidae). *Smithson. Contr.Zool.*, 551: 1–31.

Hill, M. O. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54: 427–432. Lobón-Cerviá, J. (1996). Response of a stream fish assemblage to a severe spate in northern Spain. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 125: 913–919.

Hyslop, E. J. (1980). Stomach contents a review of methods and their application. *Journal fish biology*, 17, 411–429.

Jaramillo, Ú., Maldonado, J. & Bogotá, J. (2008). Peces del Oriente de Antioquia, Colombia. *Biota Colombiana*, 9(2), 279–293.

Jimenez, A. y Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología* ISSN: 1576 – 9518. Dep. Legal: Z-2656-2000. Vol. 8

Laevastu, T. (1980). *Manual de métodos de biología pesquera* (Segunda ed., p. 243). Acribia, Editorial.

López-Delgado, E. (2013). Composición y estructura de la comunidad de peces y sus relaciones con la calidad de la vegetación riparia y algunas variables ambientales en dos ríos de bosque seco tropical (Bs-T), Tolima (Colombia). Tesis de Maestría. Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Tolima. Ibagué.

Lozano-Zarate, Y. (2008). Diversidad, distribución, abundancia y ecología de la familia Characidae (Ostariophysi: Characiformes) en la cuenca del río Totare (Tolima-Colombia). Tesis de Pregrado. Programa de Biología., Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Tolima. Ibagué.

Lowe-McConnell R. (1987). *Fish Communities in tropical freshwaters*. Cambridge University Press, Cambridge, 382p. Machado-Allinson A. 1987. Los

peces de los Llanos de Venezuela, un ensayo sobre su historia natural. Universidad Central de Venezuela Caracas. 105p.

Lowe-McConnell R. (1999) Estudios ecológicos de comunidades de peixes tropicais. Tradução Vazzoler A., Agostinho A., Cunningham P.T. Editora Universidade de São Paulo. 535p.

Machado-Allison A. (1993) Los peces de los llanos de Venezuela: Un ensayo sobre su historia natural. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Universidad Central de Venezuela. Segunda Edición. Caracas, 89p.

Machado, J. y Romero, J. (2006). Inventario íctico, esfuerzo pesquero, artes y métodos de pesca en los puertos de las ciénagas de San Marcos, Caimito y La Florida, en la subregión del Bajo San Jorge. Tesis de pregrado, Universidad de Sucre, Sincelejo, Colombia.

Maldonado, J. Ortega, A., Usma, J., Galvis, G., Villa, F., Vásquez, L., & Ardila, C. (2005). Peces de los Andes de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, DC.

Maldonado-Ocampo, J. A., Usama-Oviedo, J. S., Villa-navarro, F. A., Ortega-lara, A., Prada-pedrerros, S., Jimenes-Segura, L. F., ... Sánchez-Garcés, G. C. (2012). Peces dulceacuícolas del Chocó biogeografico de Colombia (WWF Colomb). Bogotá, D.C., Colombia.olombia.

Ministry of Agriculture And Forestry. (2011). NZS BIO FISORNIC. ALL (2011) (English): Importing Ornamental fish and marine invertebrates from all countries (Updated 20 April 2011) [By Authority of The Biosecurity Act of 1993]. (GtCF, Ed.). NeW Zealand.

Mojica, J. I., Usma, J. S., Álvarez-León, R., & Lasso, C. A. (2012). Libro Rojo de peces dulceacuícolas de colombia 2012. Bogotá, D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IAvH), Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. pp. 319

Montoya-lópez, A. F., Carrillo, L. M., & Olivera-ángel, M. (2006). Algunos aspectos biológicos y del manejo en cautiverio de la Sabaleta *Brycon henni*

Eigenmann, 1913 (Pisces: Characidae). *Actualidades Biologicas*, 19(10), 180–186.

Montoya, D. (2014). Diversidad, estructura y relaciones ecomorfológicas de la ictiofauna en ecosistemas lóticos del bosque seco Tropical, Tolima, Colombia. Trabajo de grado, Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias, Programa De Biología. Ibagué – Tolima.

Motta, P.J., Norton, S.F. y Luczkovich, J.J. (1995). Perspectives on the ecomorphology of bony fishes. *Environmental Biology of Fishes*.44: 11–20

Palomares, Maria Lourdes D. Torres, A. G., Palomares, M. L. D., & Torres, A. G. (2015). *Astyanax fasciatus*. Fish Base. Retrieved February 24, 2015, from <http://www.fishbase.org/summary/Astyanax-fasciatus.html>

Ramírez, A. (1999). *Ecología Aplicada Diseño y Análisis Estadístico*. Bogotá: Centro Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

Ramírez, J. (2000). *Fitoplancton de aguas dulces: Aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios* (p. 207). Medellín: Universidad de Antioquia.

Ramírez, A y Viña, G. (1998). *Limnología Colombiana. Aportes a su Conocimiento y Estadísticas de Análisis*. Bogotá, Colombia: Panamericana.

Roldán, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Bogotá: Fondo FEN Colombia.

Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*; Editorial Universidad Antioquia; Antioquia – Medellín. ISBN 958-655-671-8. 170p.

Román, C & Cala, P. (1997). Las especies colombianas del género *Creagrutus* (Pises, Characidae). *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact. Fis. y Nat.*, 21 (79): 143–153.

Román, C. & Giraldo, A. (2008). Dieta y reproducción de dos especies sintópicas: *Hemibrycon boquiae* y *Bryconamericus caucanus* (Pisces: Characidae) en la quebrada Boquía, río Quindío, Alto Cauca, Colombia. *Ecology*.

SEEGERT, G., (2000) “Considerations regarding development of index of biotic integrity metrics for large rivers”, *Environmental Science and Policy*, 3, S99–S106 pp.

Taphorn, D. (1992). The Characiform fishes of the Apure river drainage, Venezuela. Edición especial No. 4. Caracas, Venezuela: Biollania. 536 p.

Torres, A. & Garilao, C. (2015). *Bryconamericus caucanus*. Fish Base. Retrieved February 27, from <http://www.fishbase.org/summary/Bryconamericus-caucanus.html>

Vazzoler, A. (1996). *Biología da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: EDUEM São Paulo, 169.

Villa-Navarro, F. A., García-Melo, L., García-Melo, J., Briñez-Vasques, G. N., & Zúñiga-Upegui, P. (2003). Biodiversidad Faunística de la cuenca del río Coello -Biodiversidad Regional Fase I. In Tomo II. Informe presenta a Cortolima (p. 350). Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima.

Yañez-Arancibia, A. (1976). Prospección biológica y ecológica del bagre marino *galeichthys caerulescens* (Gunther) en el sistema lagunar costero de guerrero, México (pisces: Ariidae). *Anuales del centro de ciencias del mar y limnología*, 125–180.

Yañez-Arancibia, A. A. L., Lara Dominguez, A., Aguirre León, S., Díaz Ruiz, F., Amezcua -Linares, D., Hernandez, F., Chavance, P. (1985). Ecología de las poblaciones de peces dominantes en estuarios tropicales: factores ambientales que regulan las estrategias biológicas y la producción. *Yañez-Arancibia, A. Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons. Toward an ecosystem integration. México: UNAM*, 511–566.

Zuniga-Upegui, P., Villa-navarro, F., Reinoso-firez, G., & Ortega-lara, A. (2005). Relacion Longitud - Peso y Frecuencia de Tallas para Los Peces del Género *Chaetostoma* (Siluriformes, Loricariidae) de la Cuenca del Río Coello, Colombia. *Dahlia (Rev. Asoc. Colomb. Ictiol.)*, 8, 47–52.

9 ANEXOS

Anexo 1. Representación gráfica del porcentaje de datos faltantes en las estaciones hidrometeorológicas estudiadas

Figura 155. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación Barragán (cod:'estacion_27')

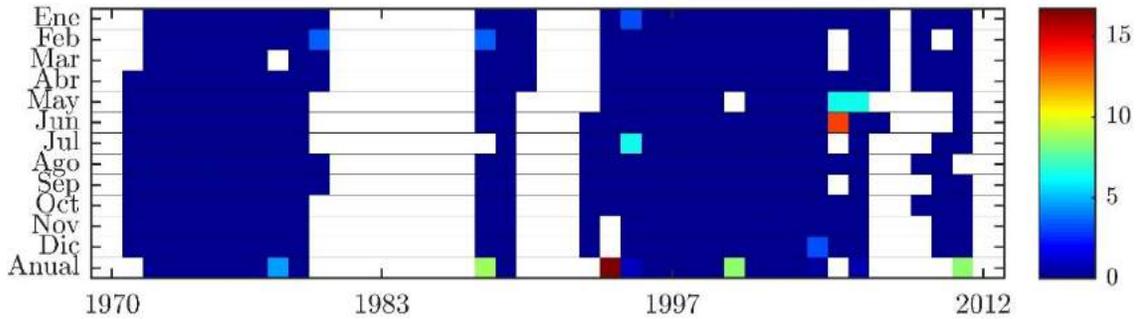


Figura 156. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación Bremen (cod:'estacion_23')

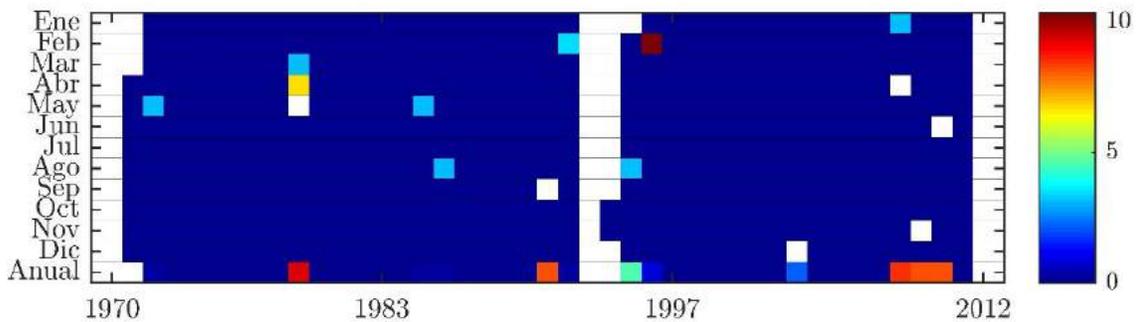


Figura 157. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación La Picota (cod:'estacion_32')

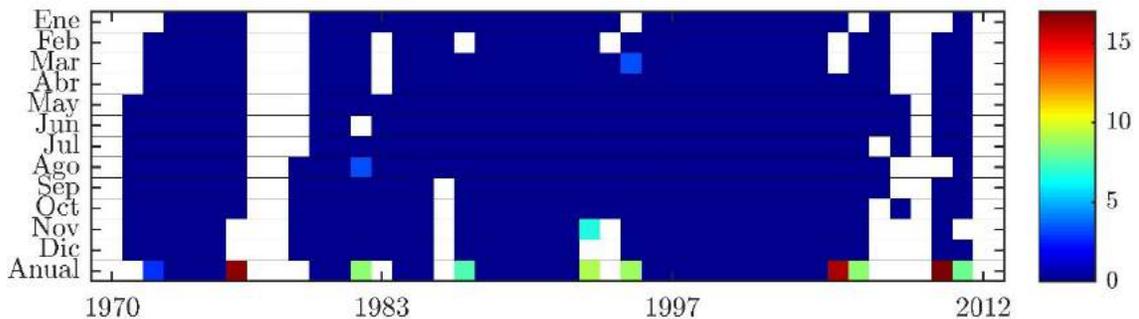


Figura 158. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación La Playa (cod:'estacion_24')

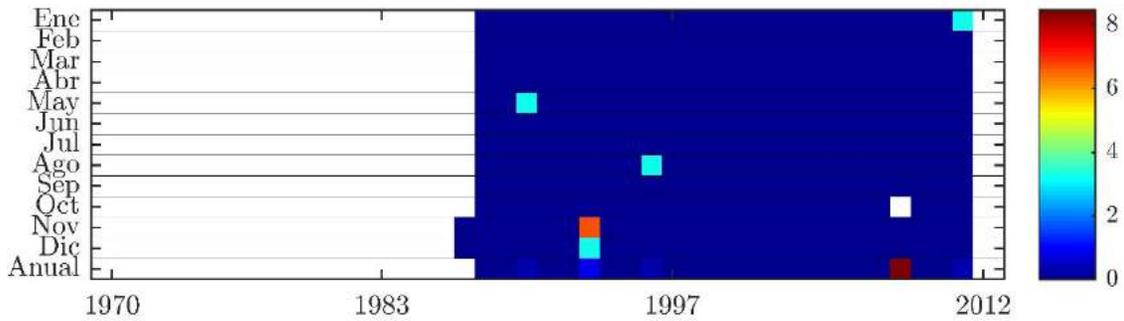


Figura 159. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación Navarco (cod:'estacion_22')

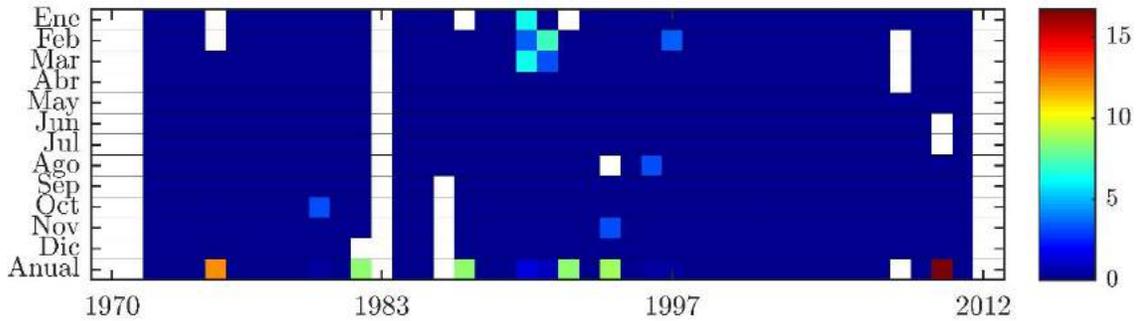


Figura 160. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación Planadas (cod:'estacion_33')

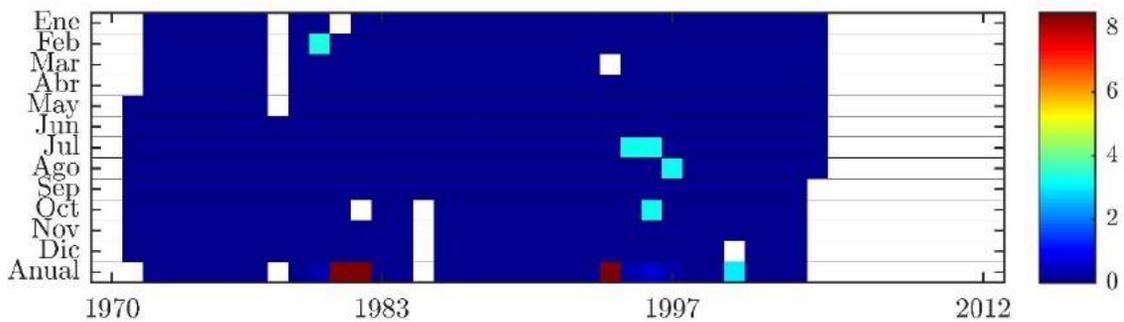


Figura 161. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación La India (cod:'estacion_43')

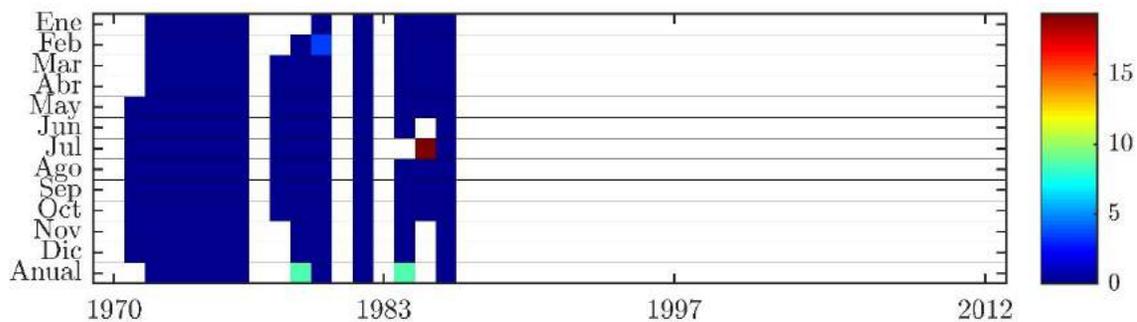


Figura 162. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación La Sierra (cod:'estacion_37')

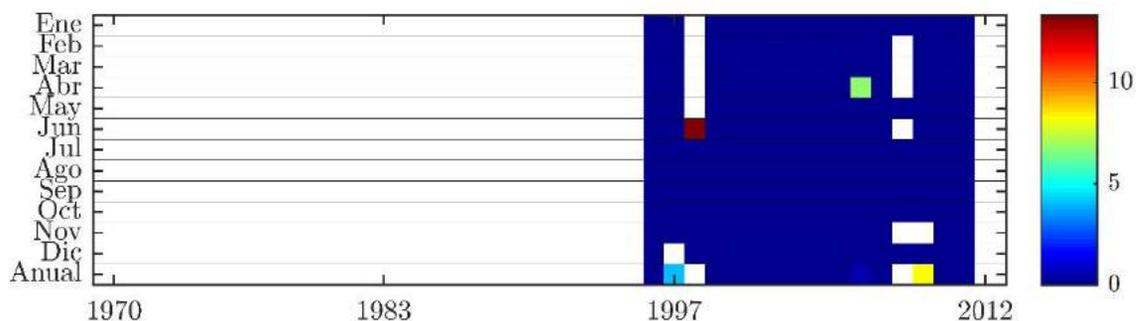


Figura 163. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación CRQ (cod:'estacion_21')

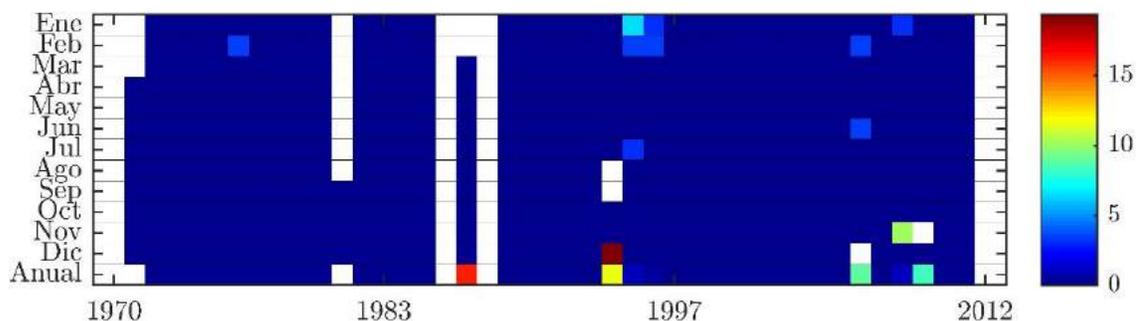


Figura 164. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación Vivero Tebaida (cod:'estacion_26')

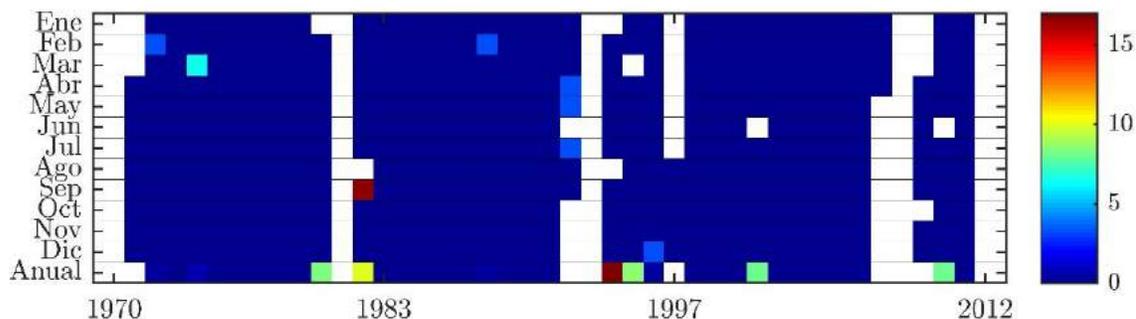


Figura 165. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación La Montaña (cod:'estacion_30')

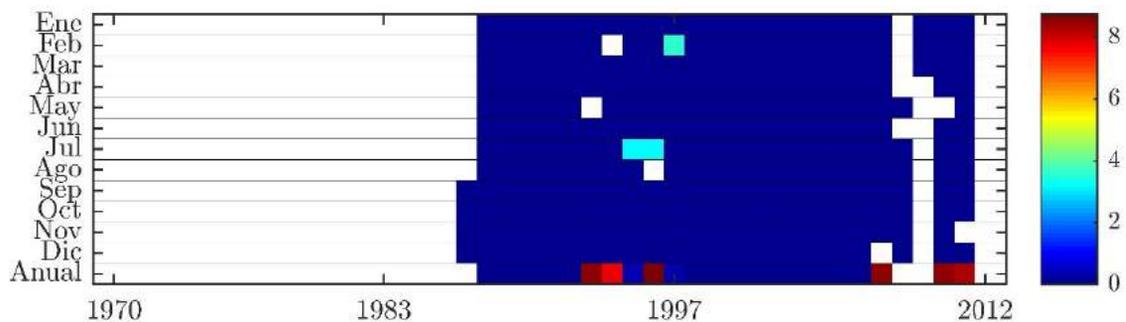


Figura 166. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación La Española (cod:'estacion_04')

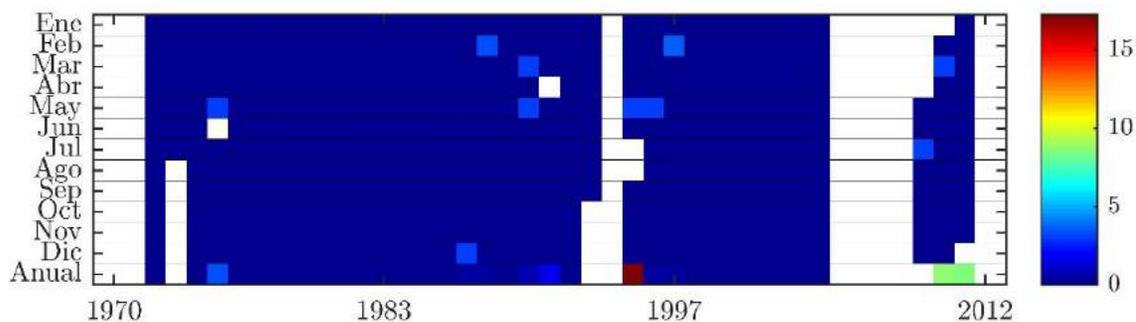


Figura 167. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación Buenos Aires (cod:'estacion_40')

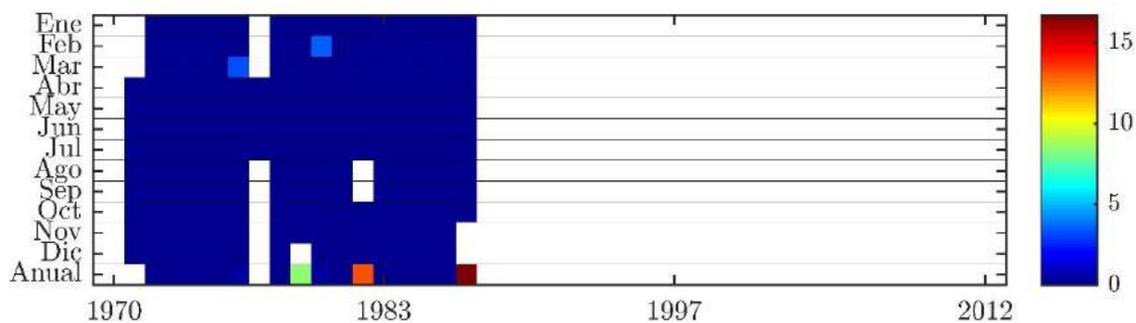


Figura 168. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación Cocora (cod:'estacion_44')

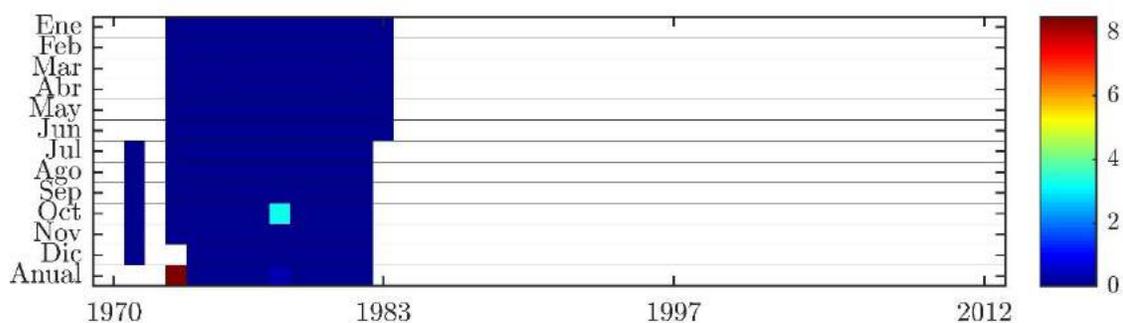


Figura 169. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación el bosque (cod:'estacion_31')

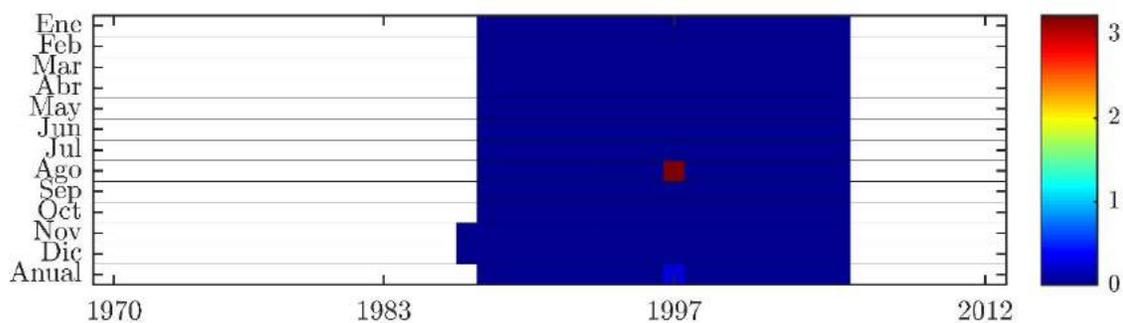


Figura 170. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación Vivero Montenegro (cod:'estacion_28')

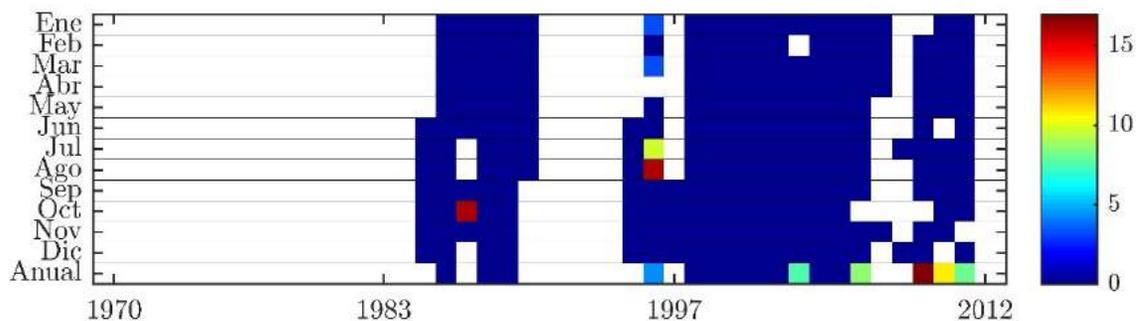


Figura 171. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación Estrella de Agua (cod:'estacion_35')

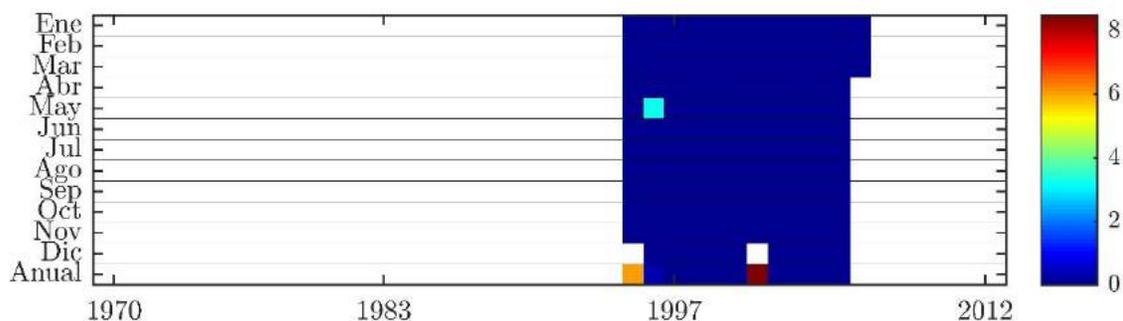


Figura 172. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación Centro Guadua (cod:'estacion_07')

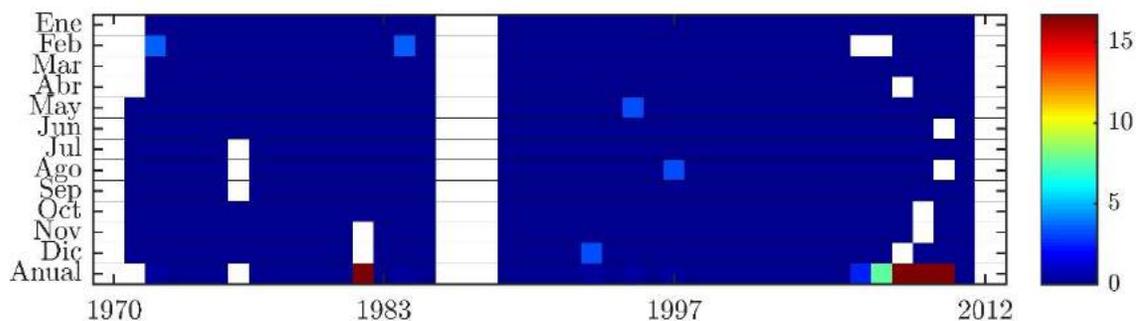


Figura 173. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación Gibraltar (cod:'estacion_25')

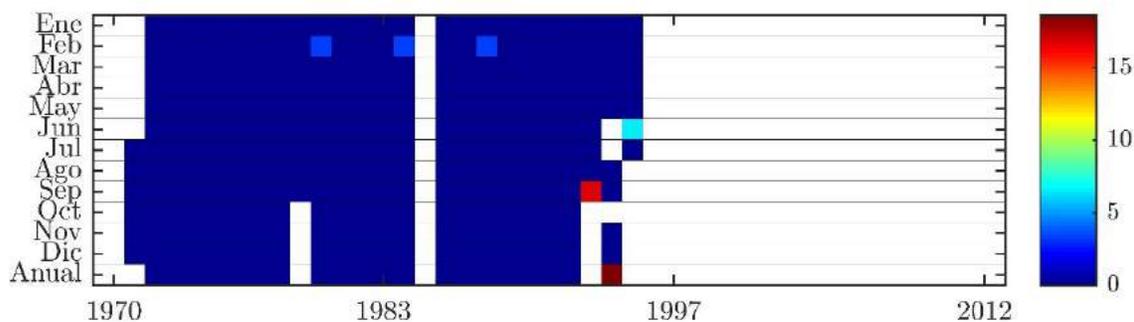


Figura 174. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación Villadora (cod:'estacion_41')

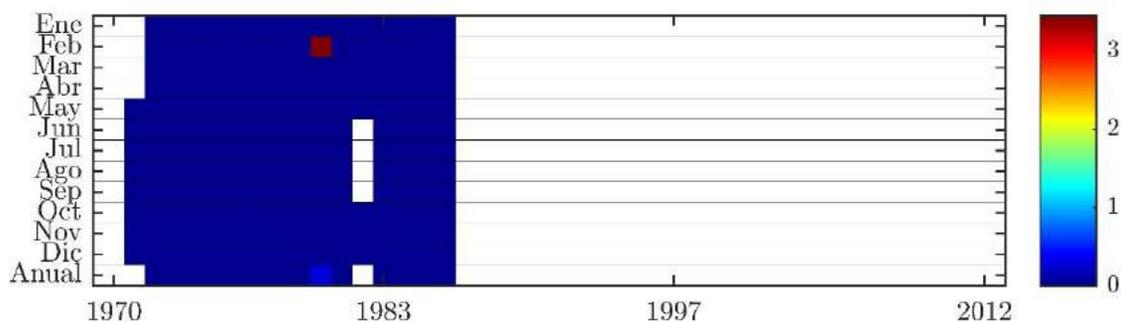


Figura 175. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación La Albania (cod:'estacion_36')

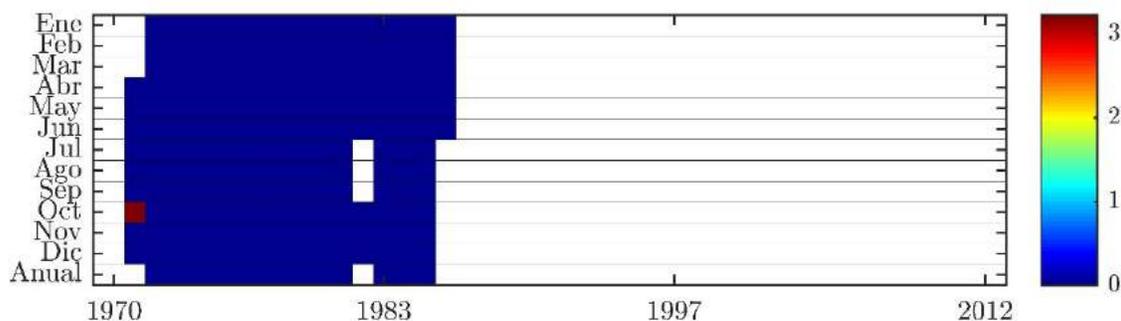


Figura 179. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación El Reposo (cod:'estacion_29')

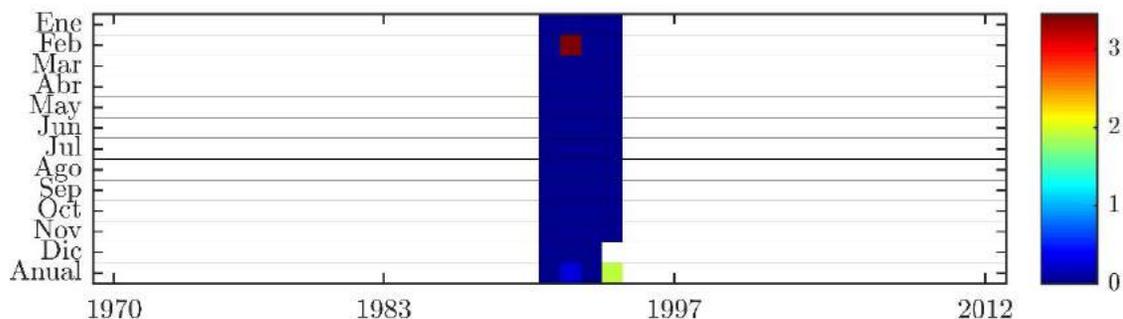


Figura 180. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación El Cairo (cod:'estacion_45')

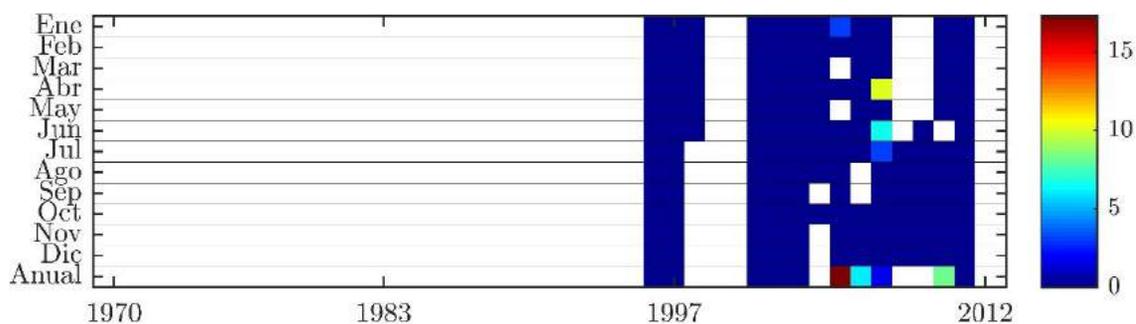


Figura 181. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación El Jardín (cod:'estacion_18')

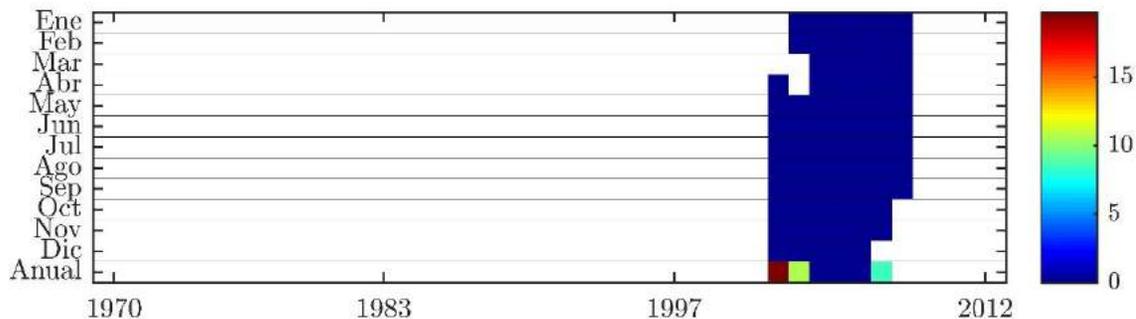


Figura 182. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación Peñas Blancas (cod:'estacion_61')

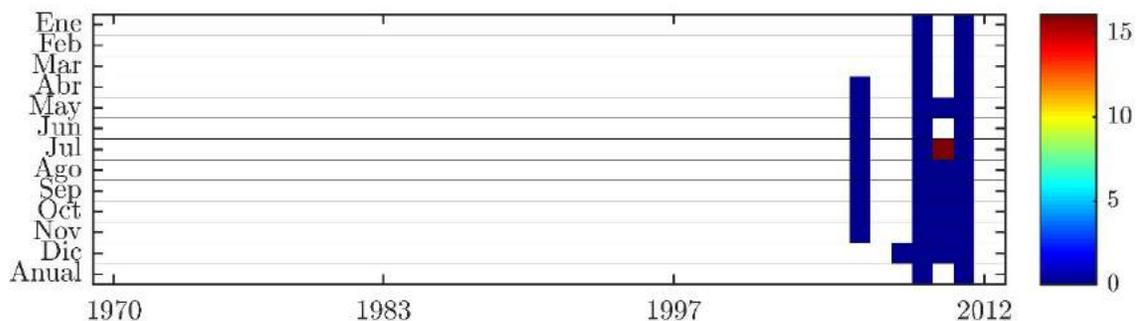


Figura 183. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación Vivero Génova (cod:'estacion_46')

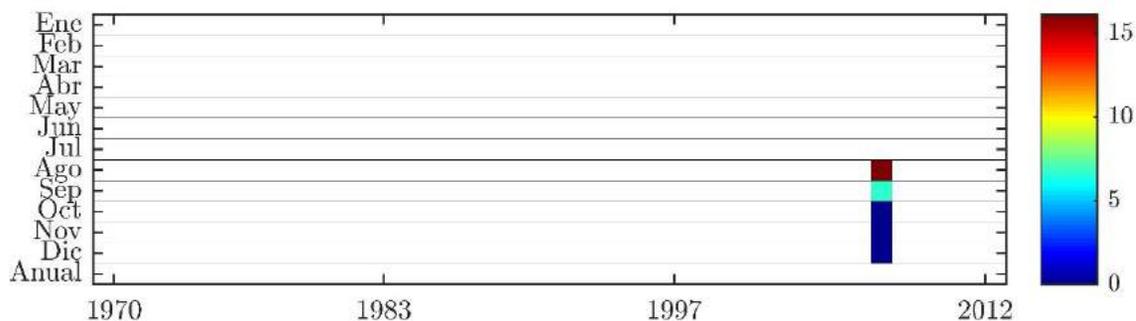


Figura 184. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación El Tapir (cod:'estacion_67')

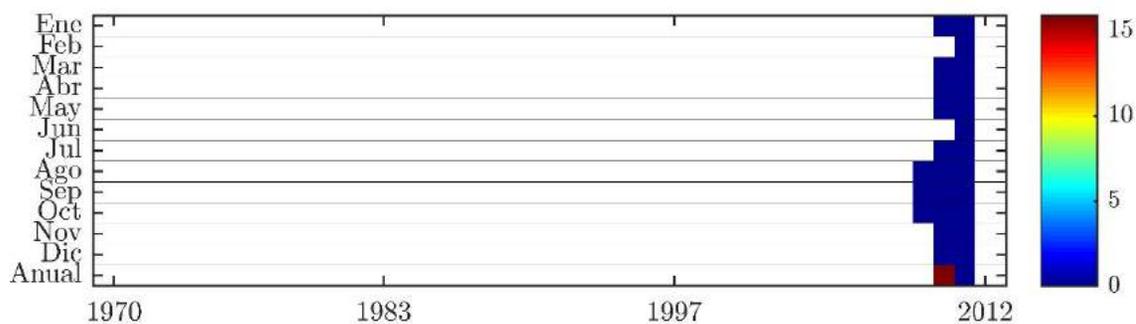


Figura 185. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación q. El Cofre (cod:'estacion_62')

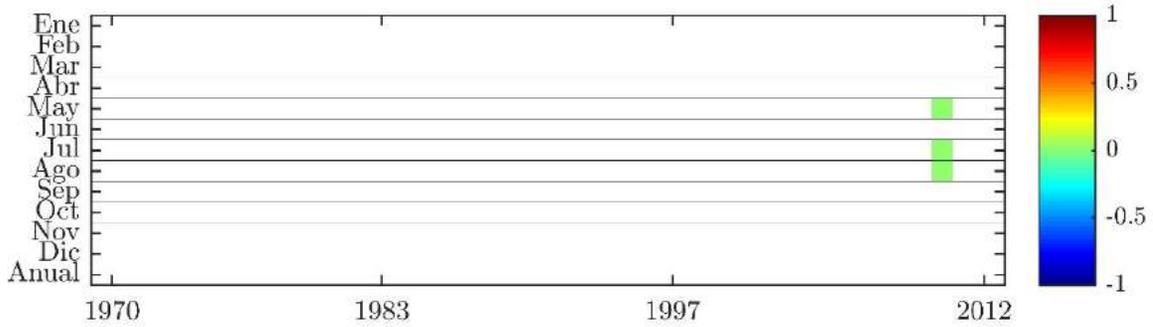


Figura 186. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación obando [26100300]

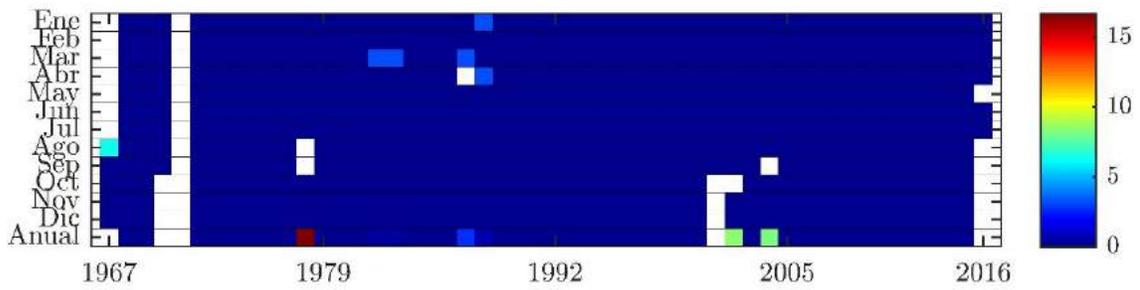


Figura 187. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación alcazar el [26100400]

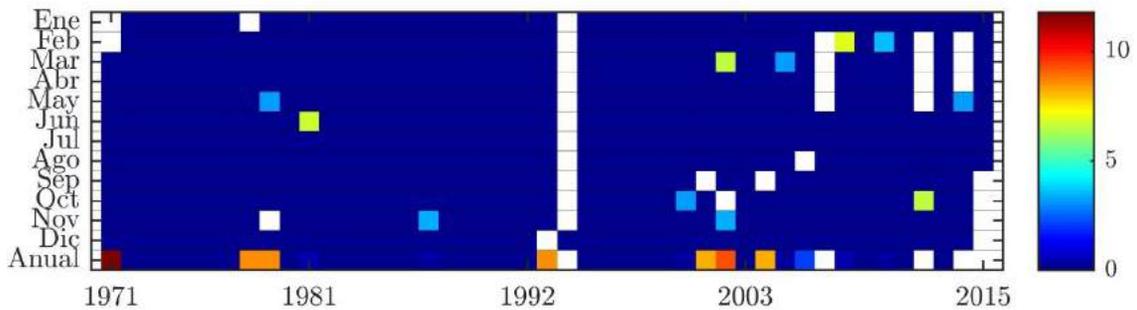


Figura 188. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación italia la [26100790]

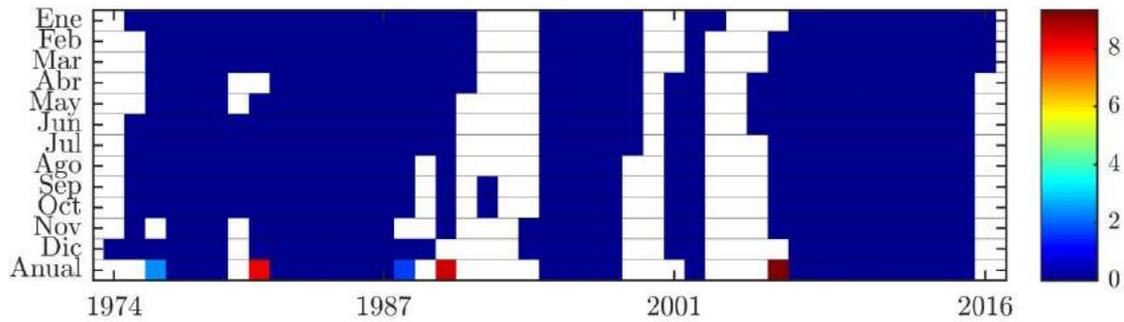


Figura 189. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación palmasola [26100830]

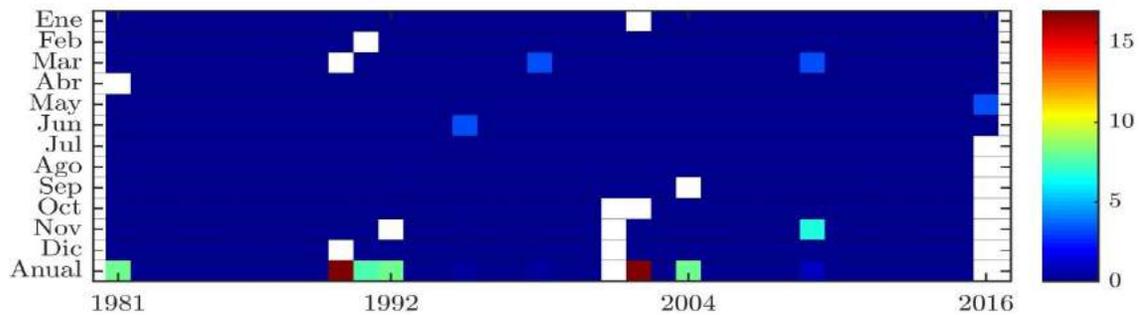


Figura 190. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación barragan [26105140]

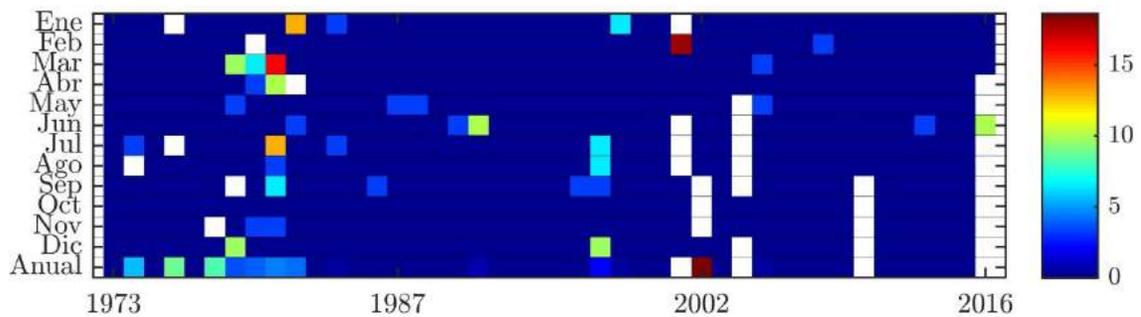


Figura 191. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación camelia la [26120120]

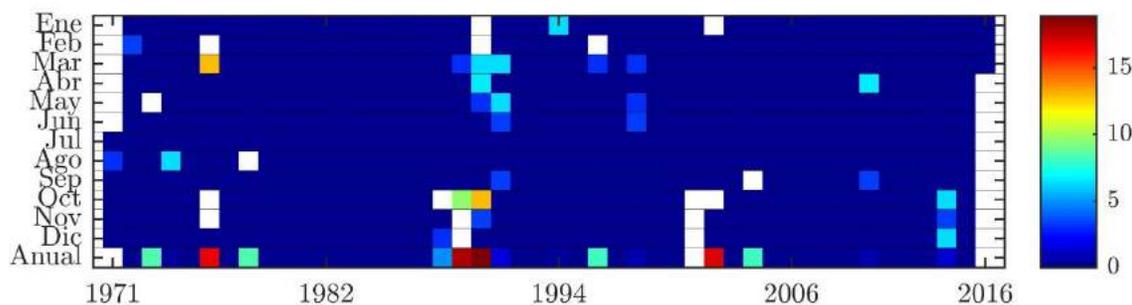


Figura 192. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación corozal [26120130]

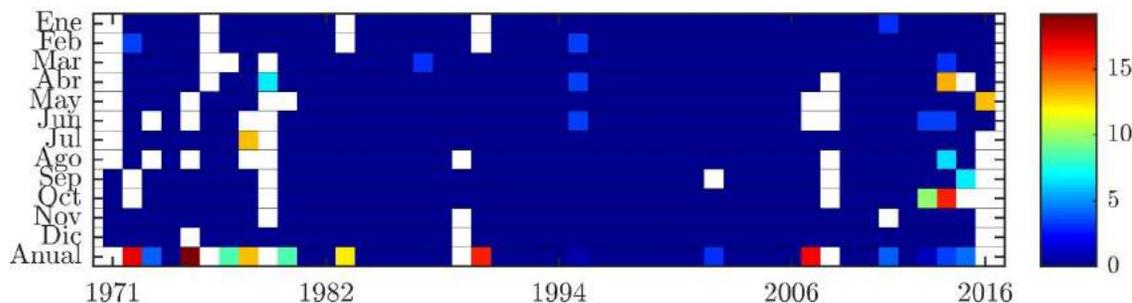


Figura 193. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación alcalá [26120150]

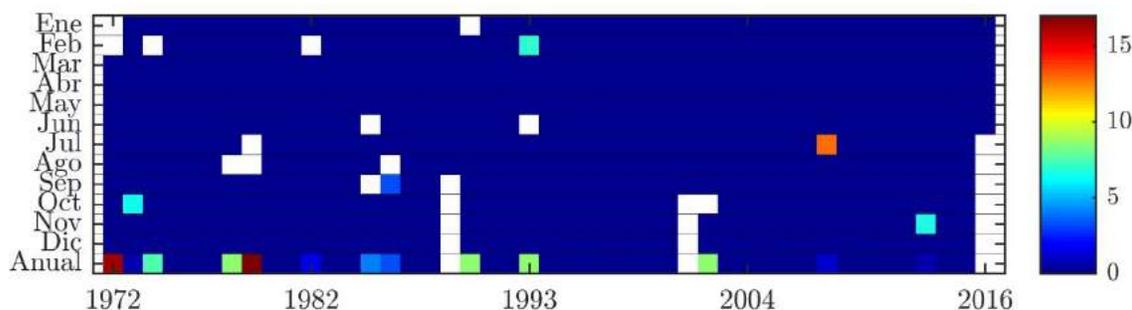


Figura 194. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación salento [26120160]

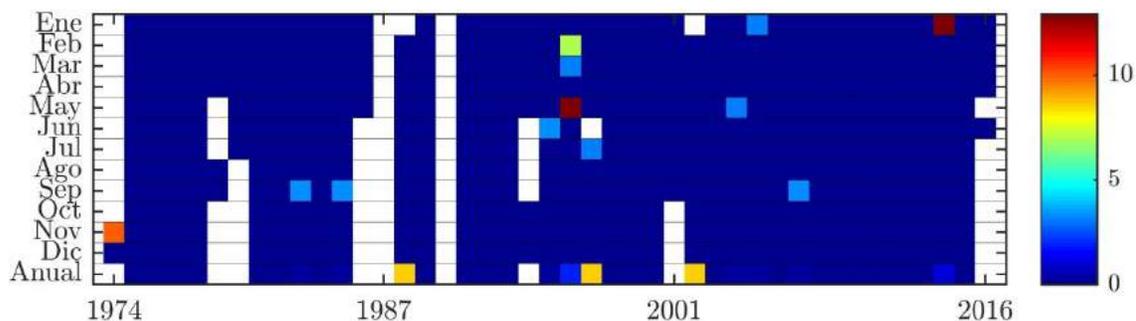


Figura 195. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación pijao [26120170]

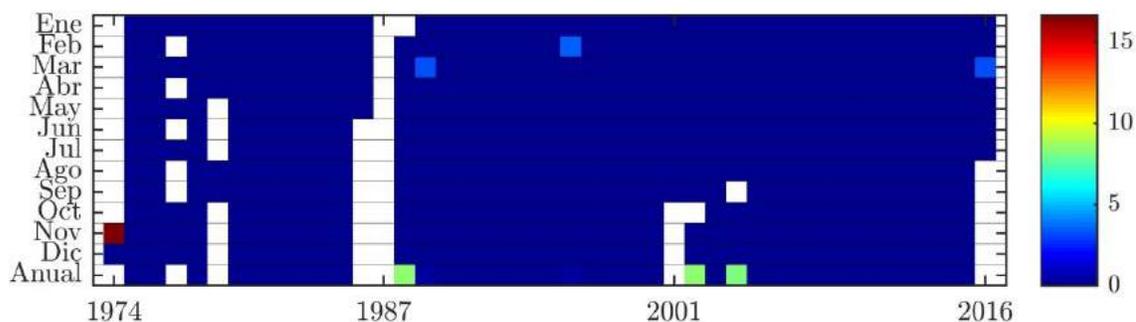


Figura 196. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación alambrado el-alert [26120180]

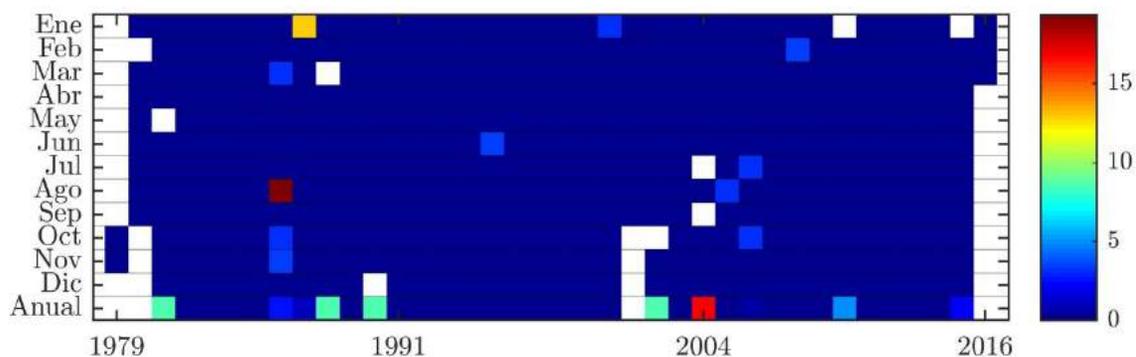


Figura 197. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación apto El Edén [26125060]

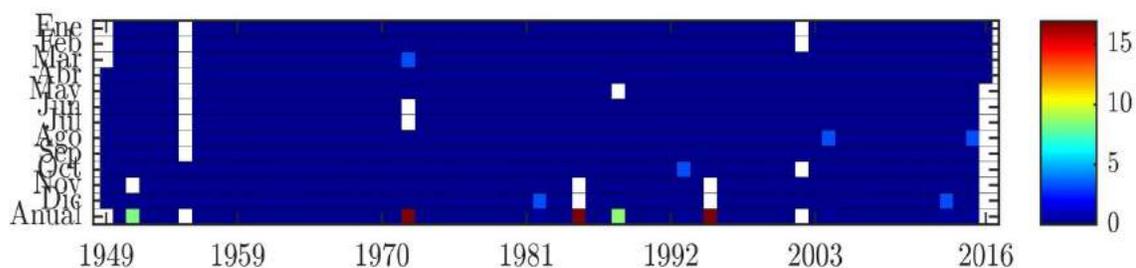


Figura 198. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación Armenia [26125120]

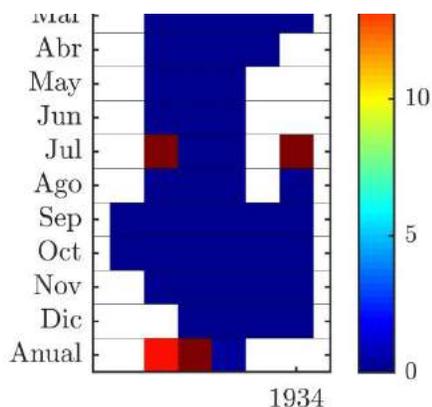


Figura 199. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación Cumarco [26125130]

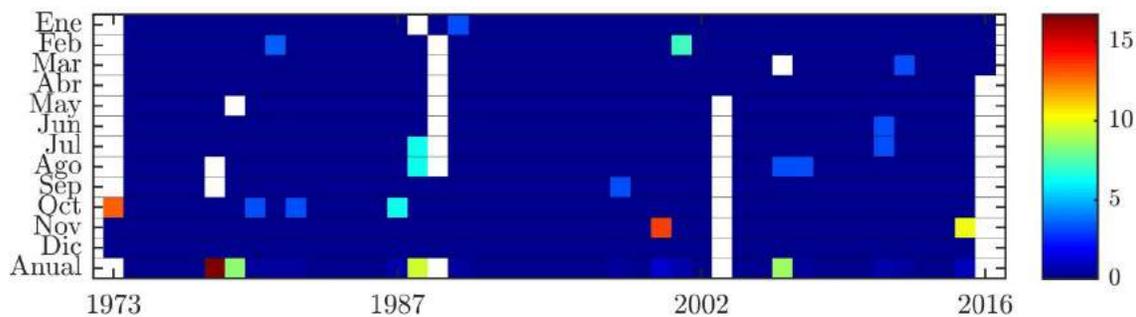


Figura 200. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación san isidro [26130180]

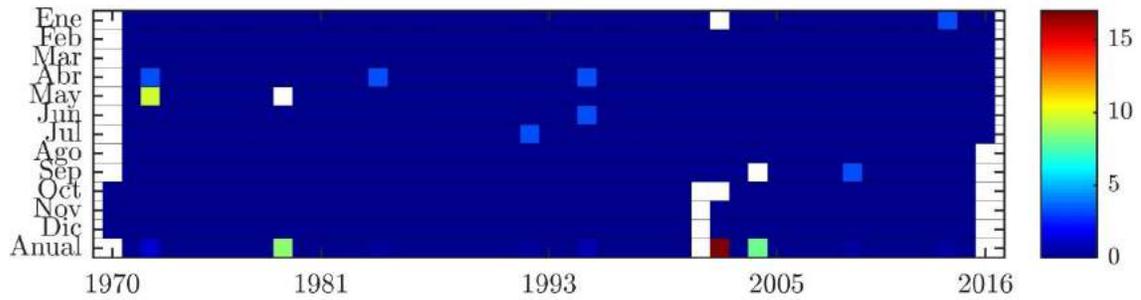


Figura 201. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación maracay [26130220]

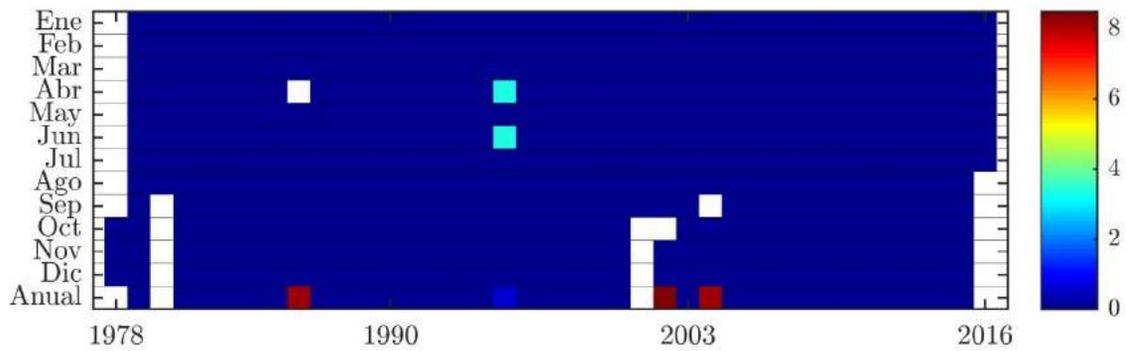


Figura 202. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación playa rica [26130540]

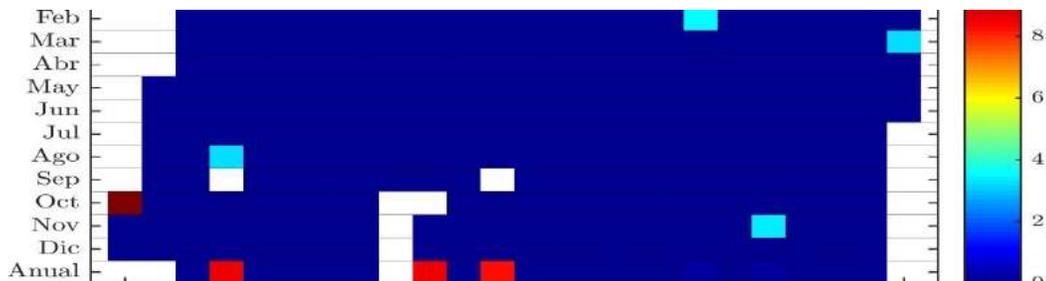


Figura 203. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación pez fresco [26130560]



Figura 204. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación nuevo libare [26130570]

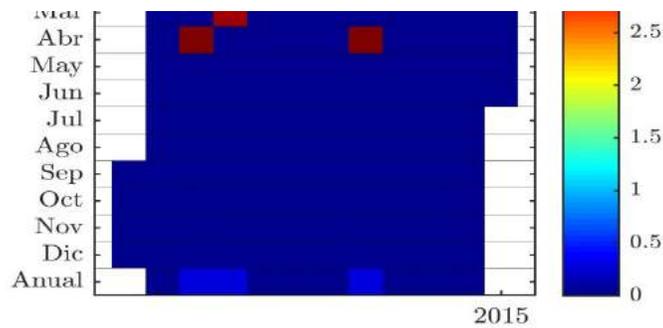


Figura 205. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación apto matecana [26135040]

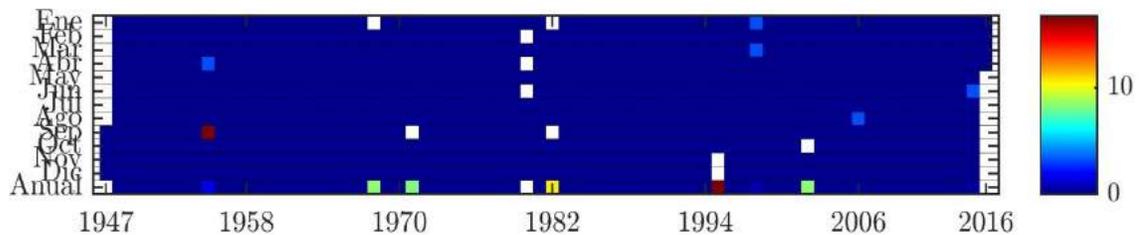


Figura 206. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación univ pereira-utp [26135080]

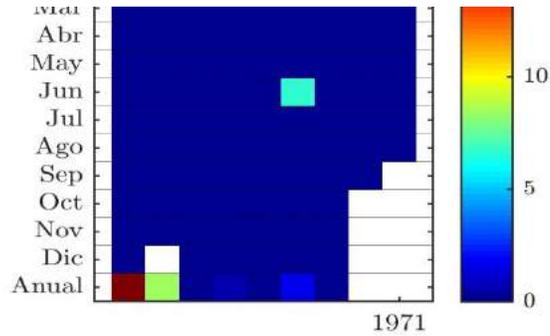


Figura 207. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación delicias las [21210130]

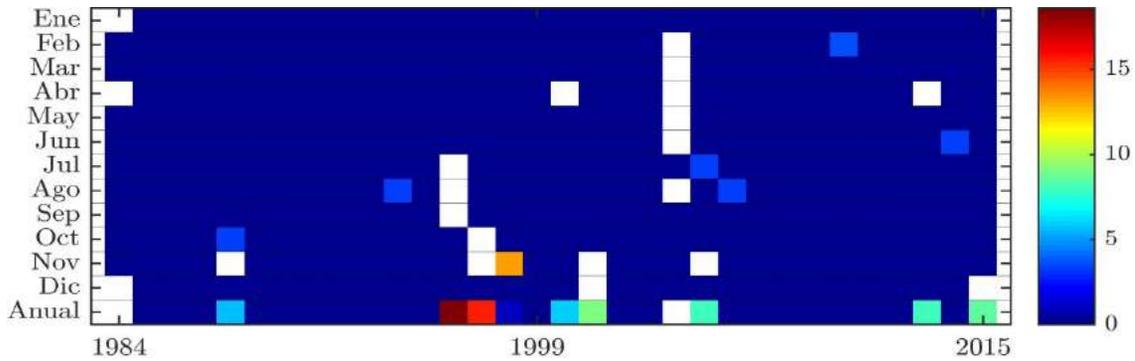


Figura 208. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación plan el [21210140]

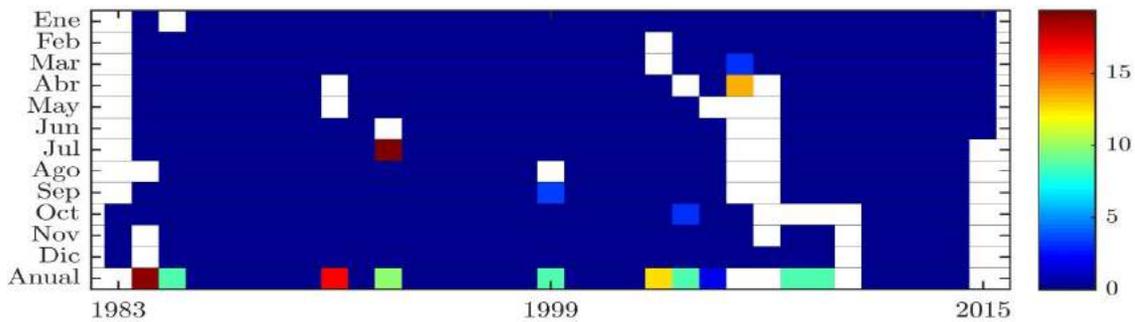


Figura 209. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación cascada la [21210150]

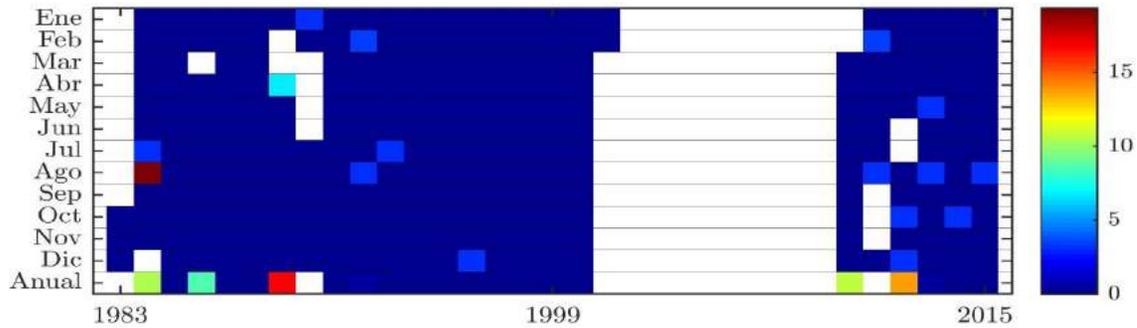


Figura 210. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación silencio el [21210260]

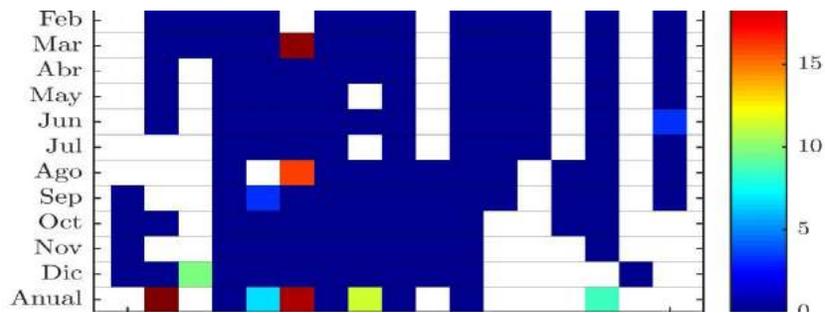


Figura 211. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación paso el [21215050]

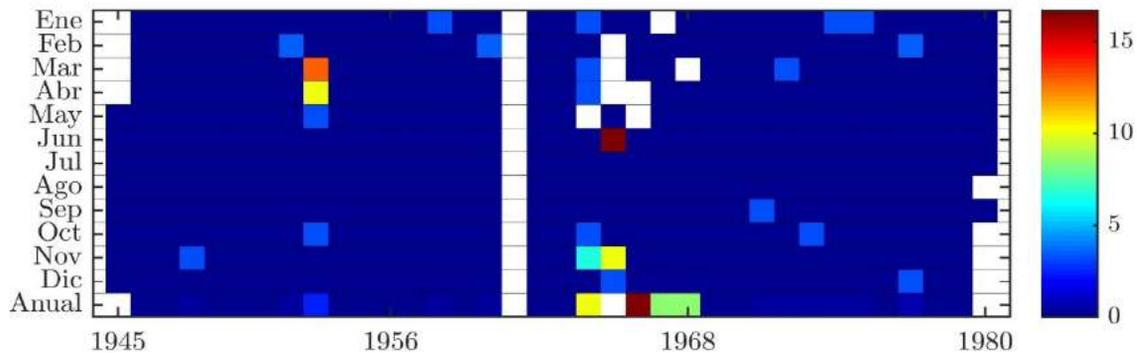
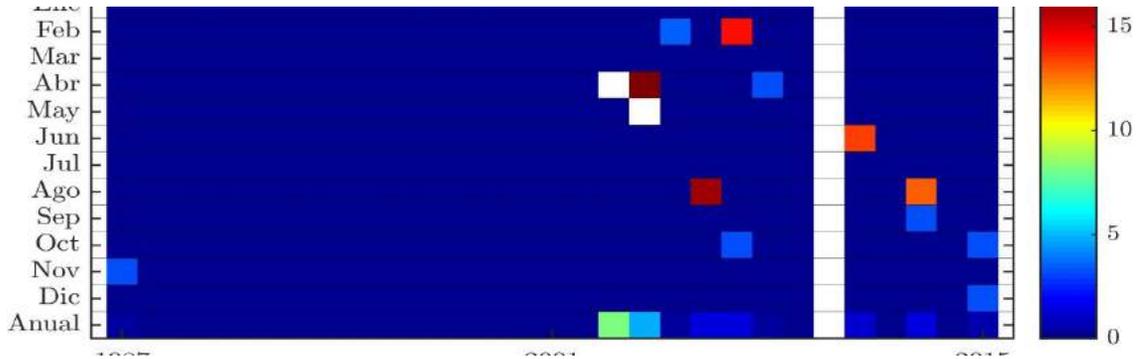


Figura 212. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de precipitación diaria en la estación cucuana hda [21215130]



Las estaciones pluviométricas con información diaria seleccionadas de acuerdo con ambos criterios (longitud mínima de la serie de 30 años y porcentaje de datos faltantes inferior al 20%) son 21 (Tabla 1) y tienen un cubrimiento espacial razonable de la zona de estudio (Figura 1).

Las siguientes figuras (Figura 213 a la Figura 226) presentan la disponibilidad de información de temperatura media diaria en la red de estaciones de CRQ y del IDEAM para el periodo 1970 a 2016, de las cuales fueron seleccionadas 4 estaciones por cumplir con el criterio de continuidad en los registros en un periodo mayor a 30 años y un porcentaje de datos faltantes menor a un 20% (Tabla 2):

Figura 213. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de temperatura media diaria en la estación La Española (Estacion_04)

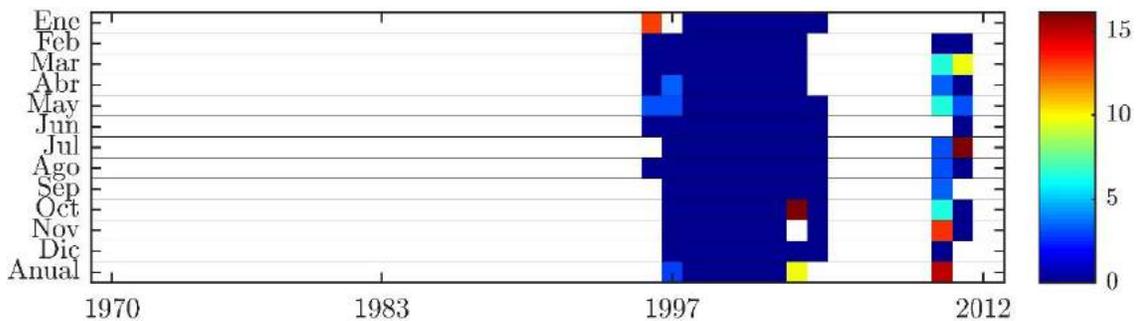


Figura 214. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de temperatura media diaria en la estación Centro de la Guadua (Estacion_07)

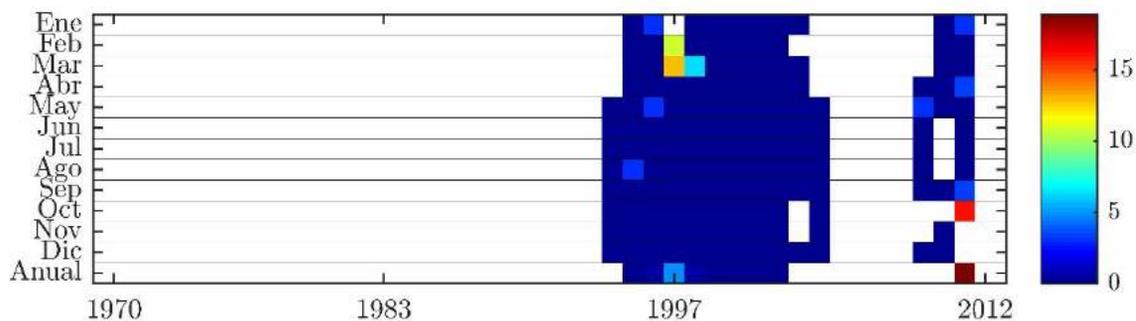


Figura 215. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de temperatura media diaria en la estación CRQ (Estacion_21)

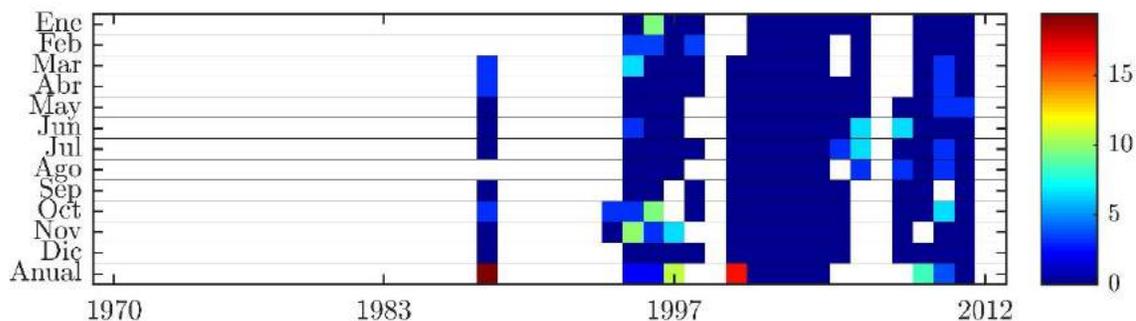


Figura 216. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de temperatura media diaria en la estación Navarco (Estacion_22)

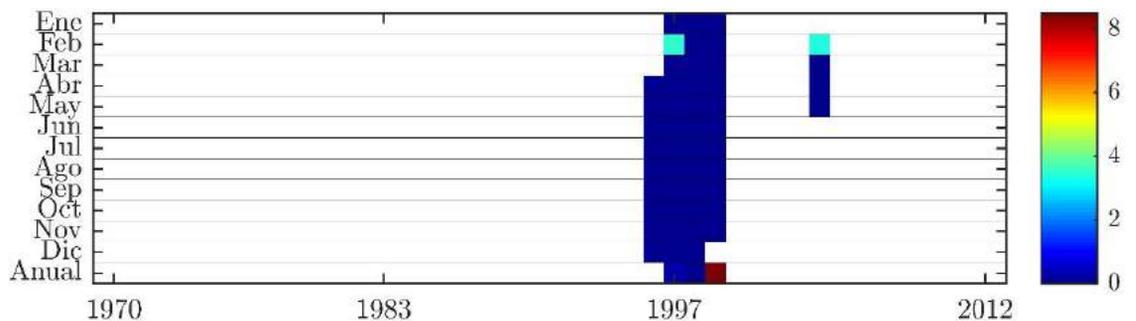


Figura 217. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de temperatura media diaria en la estación Bremen (Estacion_23)

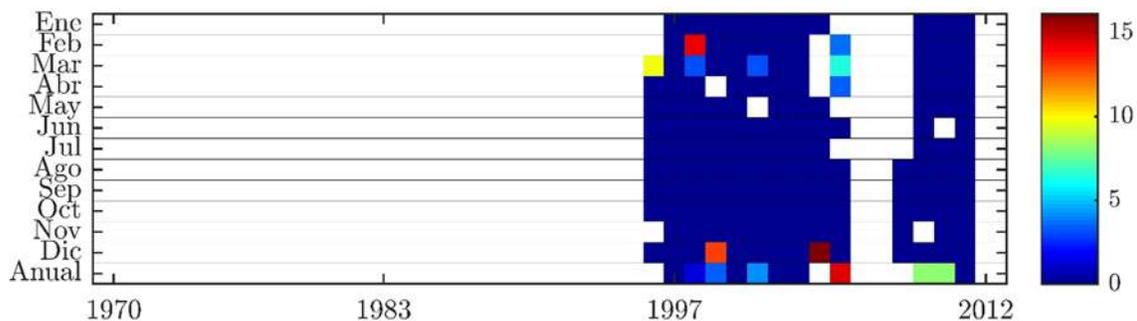


Figura 218. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de temperatura media diaria en la estación La Playa (Estacion_24)

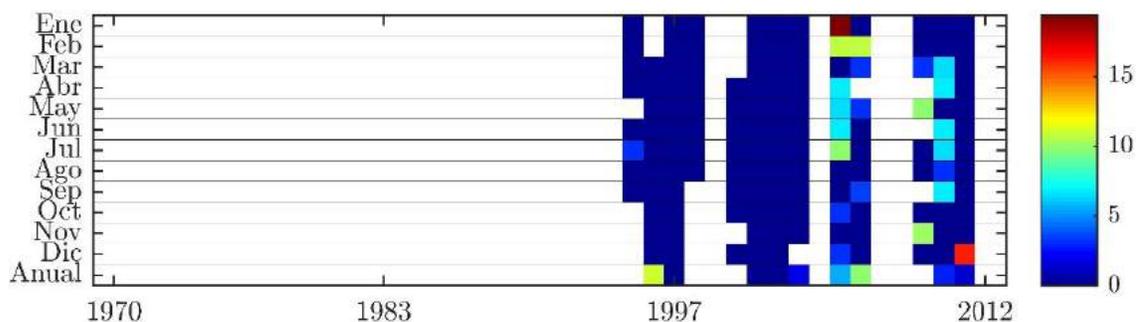


Figura 219. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de temperatura media diaria en la estación El Bosque (Estacion_31)

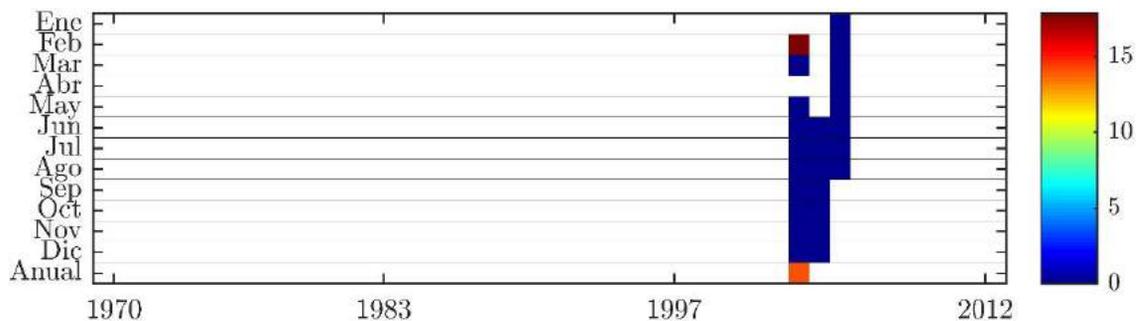


Figura 220. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de temperatura media diaria en la estación Estrella de Agua (Estacion_35)

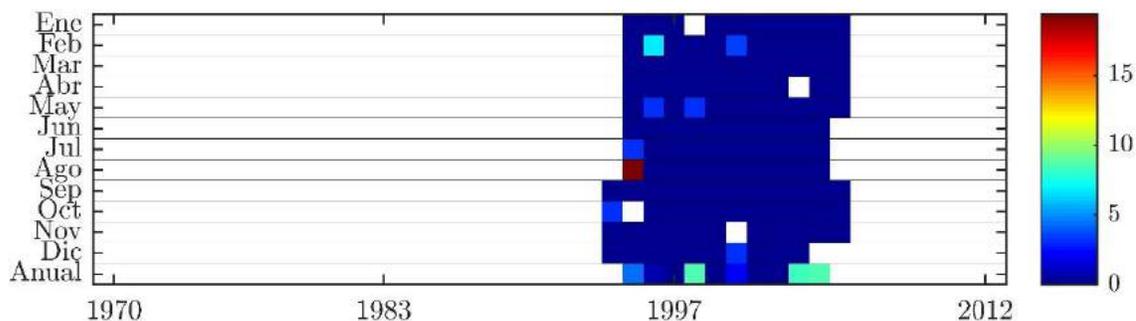


Figura 221. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de temperatura media diaria en la estación La Sierra (Estacion_37)

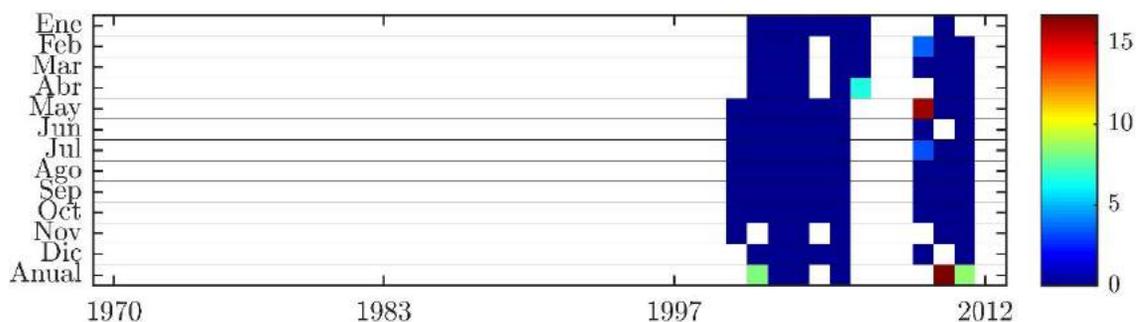


Figura 222. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de temperatura media diaria en la estación El Cairo (Estacion_45)

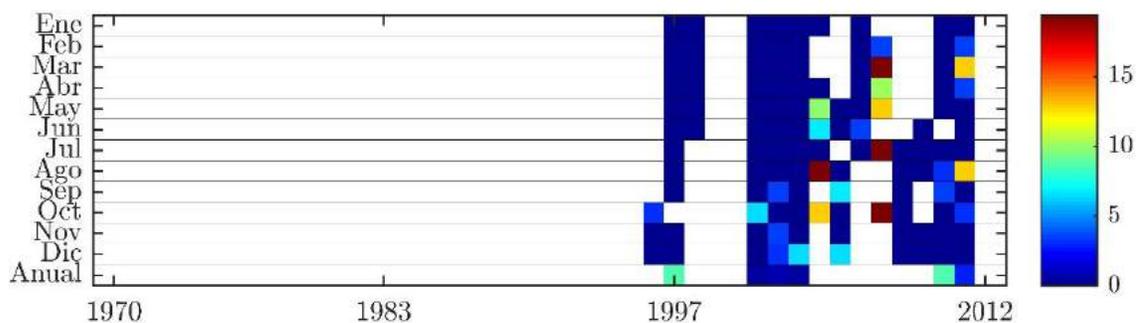


Figura 223. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de temperatura media diaria en la estación Cucuana hda (21215130)

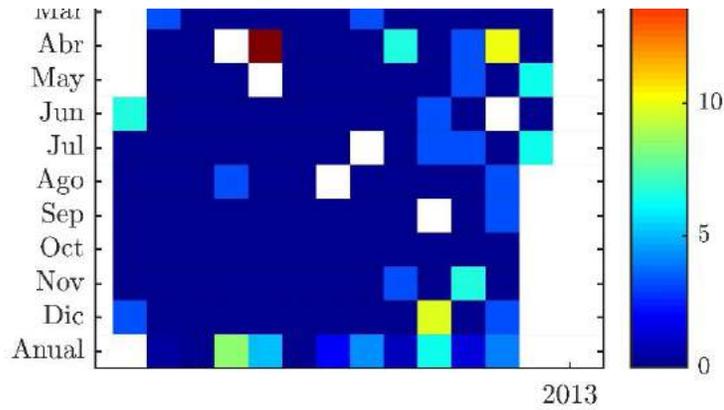


Figura 224. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de temperatura media diaria en la estación Barragán (26105140)

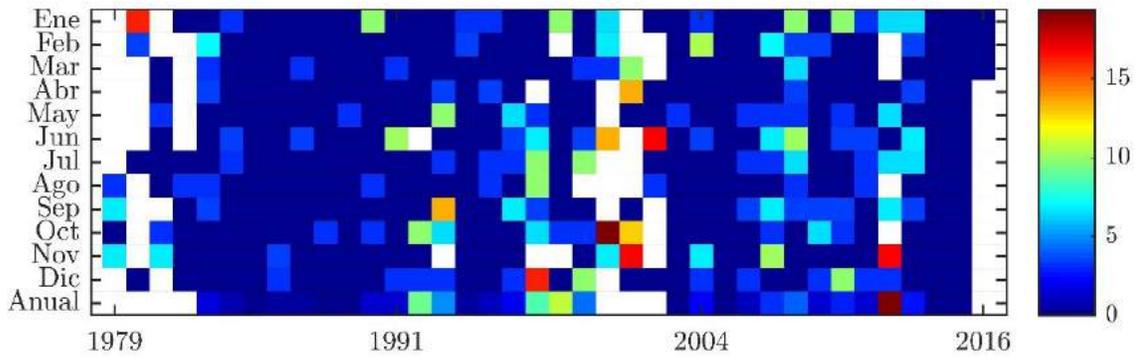


Figura 225. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de temperatura media diaria en la estación Aeropuerto El Edén (2625060)

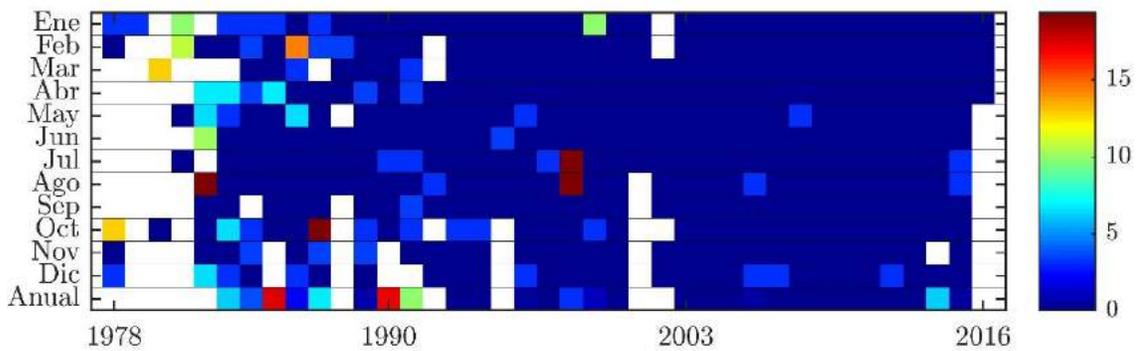


Figura 226. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de temperatura media diaria en la estación Cumbarco (26125130)

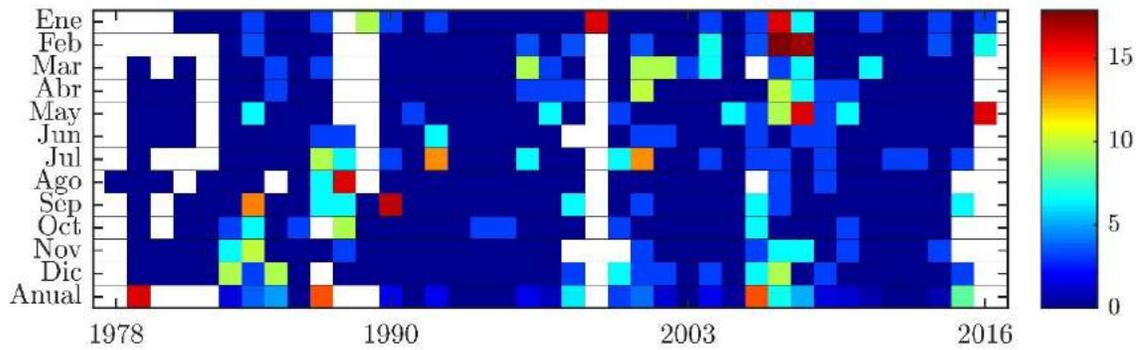
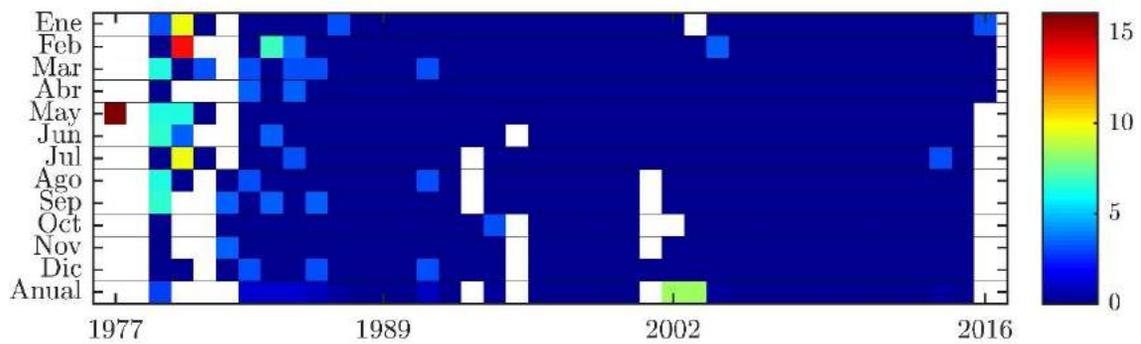


Figura 227. Distribución temporal del porcentaje de datos disponibles de temperatura media diaria en la estación Aeropuerto Matecaña (26135040)



Anexo 2 Modelos hidrológicos ajustados con las series de caudales diarios derivados de los limnómetros

A continuación, se presentan los modelos hidrológicos ajustados con las series históricas diarias de caudales, los modelos reproducen bien los caudales estimados por los limnómetros, sin embargo, dichos caudales (basados en los limnómetros) están sobreestimados por problemas de representatividad de las curvas de gasto.

Modelo Río Quindío

En este caso se realizó la modelación de la cuenca del Río Quindío con punto de cierre en la estación limnigráfica Calle Larga, utilizando las estaciones pluviométricas, climatológicas e hidrométricas ubicadas en la cuenca con una resolución temporal diaria. El periodo de calibración corresponde a los años 2000–2002 que cuenta con información completa en precipitación, temperatura y caudal líquido.

Para la cuenca del Río Quindío se obtuvo un índice de Nash de 0.76, un error cuadrático medio de 0.73. Así mismo, la media de los caudales simulados es de 4.851 m³s⁻¹ y los observados es de 4.849 m³s⁻¹. En este sentido, los parámetros de calibración se presentan en la Tabla 167.

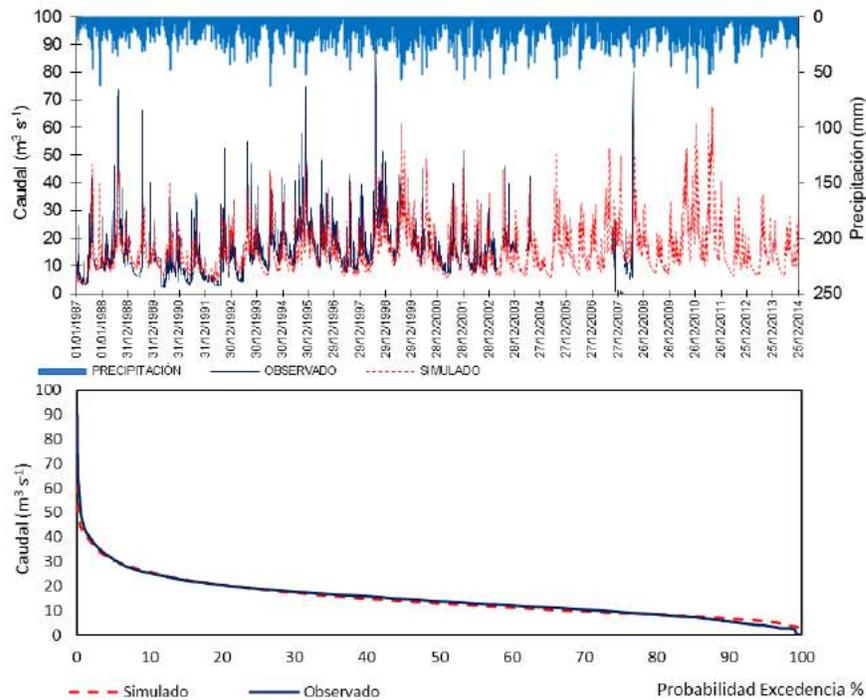
Tabla 167. Resumen calibración modelo Río Quindío – Est. Calle Larga

Parámetros de calibración	Valor	Condiciones Iniciales (mm)	Valor	Análisis de calibración	Valor
Almacenamiento Máximo Capilar	400	Almacenamiento Capilar	10	Caudal medio simulado	4.851
Conductividad Capa Superficial (mm/día)	10	Almacenamiento Agua Superficial	10	Caudal medio observado	4.849
Conductividad Capa Inferior (mm/día)	8.5	Almacenamiento Gravitacional Z Sup	10	Balance	0.04
Pérdidas Subterráneas (mm)	1.8	Almacenamiento Gravitacional Z Inf (acuífero)	200	Índice de Nash	0.76
Tiempo de Residencia Flujo Superficial (días)	11	Otros parámetros de calibración		RMSE	0.73
Tiempo de Residencia Flujo Subsuperficial (días)	9	Exponente Infiltración	1	Media	4.849
Tiempo de Residencia Flujo Base (días)	140	Exponente Evaporación	0.59	Desviación Estándar	3.164

La representatividad de los caudales medios por parte del modelo hidrológico calibrado se puede observar en la curva de duración de caudales simulada respecto de la obtenida con la serie empírica (Figura 228). De manera que es

posible considerar que el modelo representa apropiadamente los caudales medios derivados del limnómetro.

Figura 228. Calibración modelo y Curva de duración de caudales Río Quindío – Est. Calle Larga



Modelo Río Roble

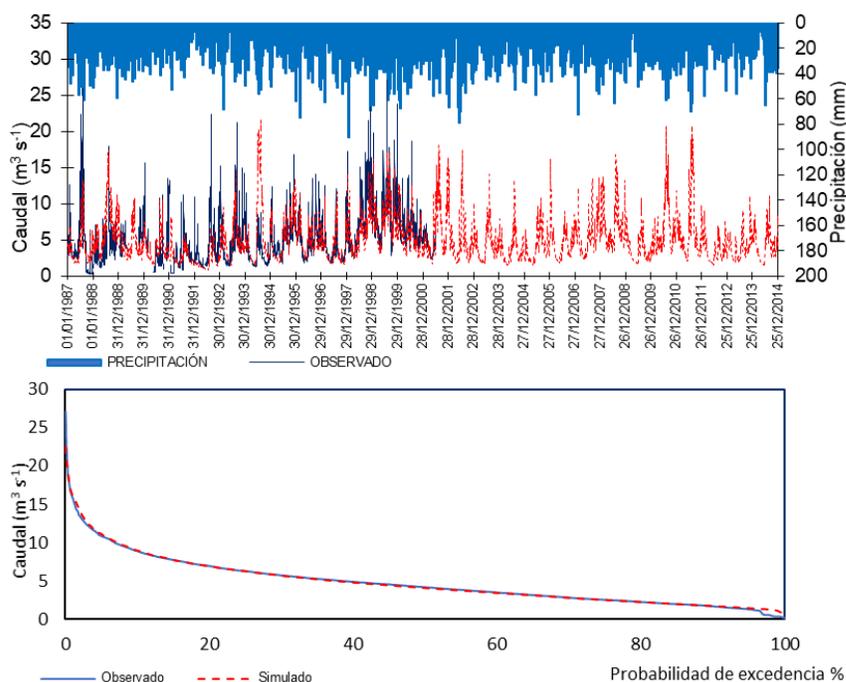
La modelación de la cuenca del Río Roble con punto de cierre en la estación limnográfica La Española fue realizada utilizando las estaciones pluviométricas, climatológicas e hidrométricas ubicadas en la cuenca. En este caso el periodo de calibración corresponde a 1997–2000 que cuenta con información completa en precipitación, temperatura y caudal líquido, con una resolución temporal diaria.

Para la cuenca del Río Roble se obtuvo un índice de Nash de 0.73, un error cuadrático medio de 1.03. Así mismo, la media de los caudales simulados es de $4.851 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y los observados es de $4.549 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. En este sentido, los parámetros de calibración se presentan en la Tabla 168 y Figura 229. El modelo hidrológico representa apropiadamente los caudales medios, lo cual se puede evidenciar en la contrastación de la curva de duración de caudales simulada respecto de la obtenida con la serie empírica (Figura 229).

Tabla 168. Resumen calibración modelo Río Roble – Est. La Española

Parámetros de calibración	Valor	Condiciones Iniciales (mm)	Valor	Análisis de calibración	Valor
Almacenamiento Máximo Capilar	300	Almacenamiento Capilar	100	Caudal medio simulado	4.851
Conductividad Capa Superficial (mm/día)	6	Almacenamiento Agua Superficial	5	Caudal medio observado	4.549
Conductividad Capa Inferior (mm/día)	10	Almacenamiento Gravitacional Z Sup	10	Balance	0.04
Pérdidas Subterráneas (mm)	1.6	Almacenamiento Gravitacional Z Inf (acuífero)	250	Índice de Nash	0.73
Tiempo de Residencia Flujo Superficial (días)	10	Otros Parámetros de calibración		RMSE	1.03
Tiempo de Residencia Flujo Subsuperficial (días)	10	Exponente Infiltración	1	Media	4.843
Tiempo de Residencia Flujo Base (días)	155	Exponente Evaporación	0.59	Desviación Estándar	0.76

Figura 229 Calibración modelo y Curva de duración de caudales Río Roble – Est. La Española



Modelo Río San Juan

En este apartado se presentan los resultados de la calibración del modelo hidrológico de la cuenca del Río San Juan con punto de cierre en la estación

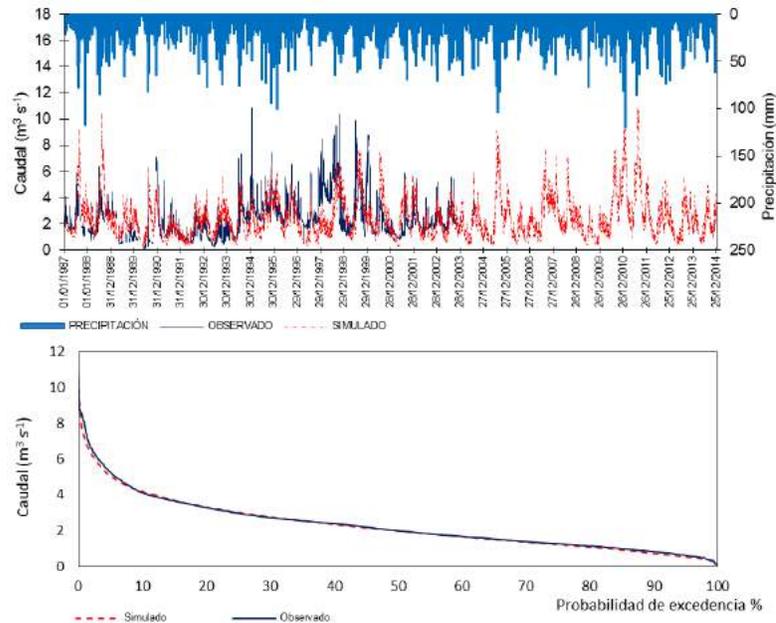
limnigráfica San Juan. El modelo fue implementado con la información disponible de las estaciones pluviométricas, climatológicas e hidrométricas ubicadas en la cuenca con una resolución temporal diaria. En este caso, el periodo de calibración corresponde a 1990–1992 y 1998–2000 que cuentan con información completa en precipitación, temperatura y caudal líquido.

En el ejercicio de calibración del modelo hidrológico de la cuenca del Río San Juan se obtuvo un índice de Nash de 0.67, un error cuadrático medio de 1.92. Así mismo, la media de los caudales simulados es de 2.342 m³s⁻¹ y los observados es de 2.341 m³s⁻¹. En este sentido, los parámetros de calibración se presentan en la Tabla 169 y Figura 230. El modelo hidrológico representa apropiadamente los caudales medios, lo cual puede ser observado en la Figura 230, en donde se presenta la curva de duración de caudales simulada y la obtenida con base en la serie empírica reportada por la CRQ.

Tabla 169. Resumen calibración modelo Río San Juan – Est. San Juan

Parámetros de calibración	Valor	Condiciones Iniciales (mm)	Valor	Análisis de calibración	Valor
Almacenamiento Máximo Capilar	600	Almacenamiento Capilar	20	Caudal medio simulado	2.342
Conductividad Capa Superficial (mm/día)	5	Almacenamiento Agua Superficial	0	Caudal medio observado	2.341
Conductividad Capa Inferior (mm/día)	2.739	Almacenamiento Gravitacional Z Sup	5	Balance	0.040
Pérdidas Subterráneas (mm)	1.5	Almacenamiento Gravitacional Z Inf (acuífero)	500	Índice de Nash	0.670
Tiempo de Residencia Flujo Superficial (días)	30	Otros Parámetros de calibración		RMSE	1.920
Tiempo de Residencia Flujo Subsuperficial (días)	2.758	Exponente Infiltración	1	Media	2.341
Tiempo de Residencia Flujo Base (días)	200	Exponente Evaporación	0.87	Desviación Estándar	0.924

Figura 230. Calibración modelo y Curva de duración de caudales Río San Juan – Est. San Juan



Modelo Río Lejos

El comportamiento de la escorrentía superficial en el Río Lejos se representó mediante la implementación del modelo conceptual TETIS de forma agregada definiendo como punto de cierre la estación limnigráfica Río Lejos. El modelo fue implementado con la información disponible de las estaciones pluviométricas, climatológicas e hidrométricas ubicadas en la cuenca con una resolución temporal diaria. En este caso, no se dispuso de información hidroclimatológica con años completos. De manera que para la calibración solo se contó con series incompletas de caudal en los años 1994, 1997 y 1999.

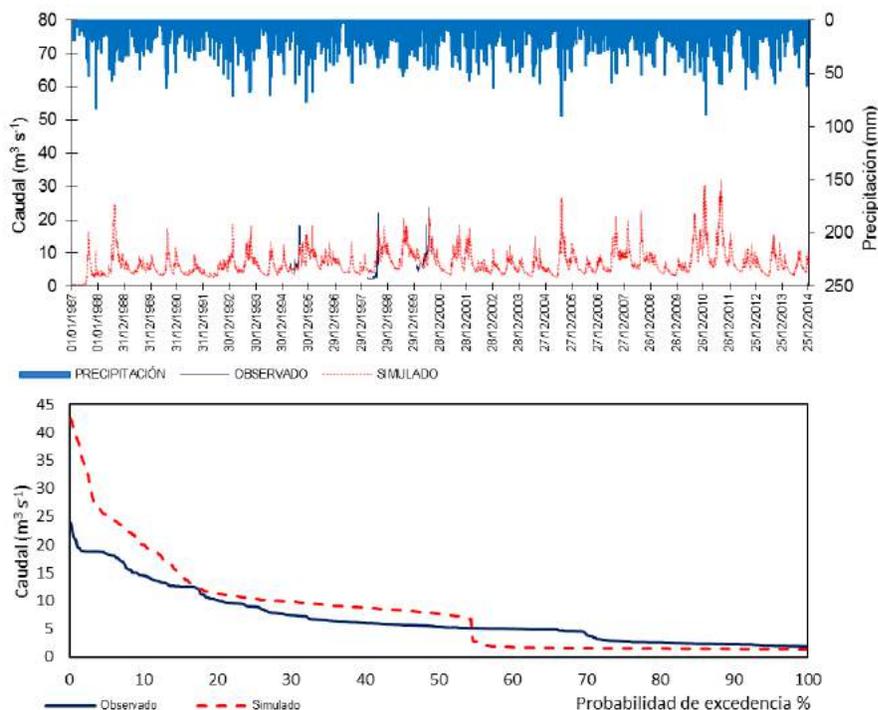
En el proceso de calibración del modelo hidrológico de la cuenca del Río Lejos se obtuvo un índice de Nash de 0.63, un error cuadrático medio de 2.92. Esta calibración es satisfactoria considerando la escasa información disponible para la implementación del modelo. Sin embargo, una mejor representación del ciclo hidrológico en la cuenca demandará la medición y monitoreo de la corriente en un periodo superior a un año, de manera que sea posible describir periodos húmedos y periodos con precipitaciones bajas. Bajo las anteriores consideraciones, el modelo calibrado permitió obtener una media de caudales simulados de 6.955 m³s⁻¹, siendo la media de los observados de

6.945 m³s⁻¹. Los parámetros de calibración se presentan en la Tabla 30 y Gráfico 26.

Tabla 170. Resumen calibración modelo Río Lejos – Est. Río Lejos

Parámetros de calibración	Valor	Condiciones Iniciales (mm)	Valor	Análisis de calibración	Valor
Almacenamiento Máximo Capilar	600	Almacenamiento Capilar	10	Caudal medio simulado	6.955
Conductividad Capa Superficial (mm/día)	29	Almacenamiento Agua Superficial	0	Caudal medio observado	6.945
Conductividad Capa Inferior (mm/día)	7	Almacenamiento Gravitacional Z Sup	0	Balance	0.15
Pérdidas Subterráneas (mm)	1.42	Almacenamiento Gravitacional Z Inf (acuifero)	70	Índice de Nash	0.63
Tiempo de Residencia Flujo Superficial (días)	10	Otros Parámetros de calibración		RMSE	2.92
Tiempo de Residencia Flujo Subsuperficial (días)	208	Exponente Infiltración	1	Media	6.945
Tiempo de Residencia Flujo Base (días)	310	Exponente Evaporación	0.8	Desviación Estándar	4.777

Figura 231. Calibración modelo y Curva de duración de caudales Río Lejos – Est. Río Lejos



Modelo Río Verde

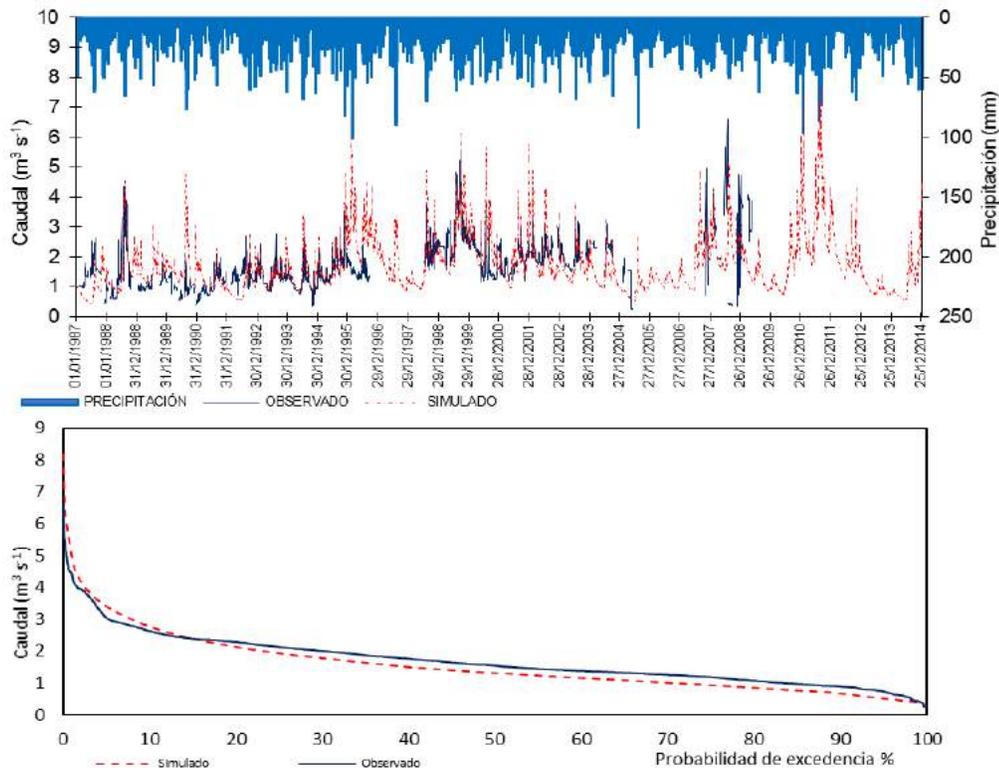
En este apartado se presentan los resultados de la calibración del modelo hidrológico de la cuenca del Río Verde con punto de cierre en la estación limnigráfica Centro de la Guadua. El modelo fue implementado con la información disponible de las estaciones pluviométricas, climatológicas e hidrométricas ubicadas en la cuenca con una resolución temporal diaria. En este caso, el periodo de calibración corresponde a 1992–1994 que cuentan con información completa de precipitación, temperatura y caudal líquido.

En el proceso de calibración del modelo hidrológico de la cuenca del Río Verde se obtuvo un índice de Nash de 0.72, un error cuadrático medio de 0.89. Así mismo, la media de los caudales simulados es de 1.561 m³s⁻¹ y los observados es de 1.433 m³s⁻¹. En este sentido, los parámetros de calibración se presentan en la Tabla 171 y Figura 232. El modelo hidrológico representa apropiadamente los caudales medios, lo cual se puede observar en la Figura 232, en donde se contrasta la curva de duración de caudales obtenida mediante simulación y la que corresponde a la serie empírica.

Tabla 171. Resumen calibración modelo Río Verde – Est. Centro de la Guadua

Parámetros de calibración	Valor	Condiciones Iniciales (mm)	Valor	Análisis de calibración	Valor
Almacenamiento Máximo Capilar	2200	Almacenamiento Capilar	150	Caudal medio simulado	1.561
Conductividad Capa Superficial (mm/día)	9	Almacenamiento Agua Superficial	0	Caudal medio observado	1.433
Conductividad Capa Inferior (mm/día)	10	Almacenamiento Gravitacional Z Sup	0	Balance	8.89
Pérdidas Subterráneas (mm)	1.9	Almacenamiento Gravitacional Z Inf (acuífero)	200	Índice de Nash	0.72
Tiempo de Residencia Flujo Superficial (días)	15	Otros Parámetros de calibración		RMSE	0.89
Tiempo de Residencia Flujo Subsuperficial (días)	15	Exponente Infiltración	0.86	Media	1.433
Tiempo de Residencia Flujo Base (días)	190	Exponente Evaporación	0.0001	Desviación Estándar	0.732

Figura 232. Calibración modelo y Curva de duración de caudales Río Verde – Est. Centro de la Guadua



Modelo Río Santo Domingo

El modelo hidrológico del Río Santo Domingo se implementó con punto de cierre en la estación La Bella y con base en la información disponible de las estaciones pluviométricas, climatológicas e hidrométricas ubicadas en la cuenca. En este caso, el periodo de calibración corresponde a los años 1997 y 2007, en los que se disponía de información completa en precipitación y caudal. Debido a la escasez de información disponible para la implementación del modelo hidrológico, se realizó la simulación continua del ciclo hidrológico en la cuenca con la información de temperatura, evapotranspiración y precipitación en el periodo 1987 y 2014.

En el proceso de calibración del modelo hidrológico de la cuenca del Río Santo Domingo se obtuvo un índice de Nash de 0.52, un error cuadrático medio de 20.40. Esta calibración es aceptable considerando la escasa información disponible para la implementación del modelo. Sin embargo, una mejor representación del ciclo hidrológico en la cuenca demandará la medición y monitoreo de la corriente en un periodo superior a un año, de manera que sea

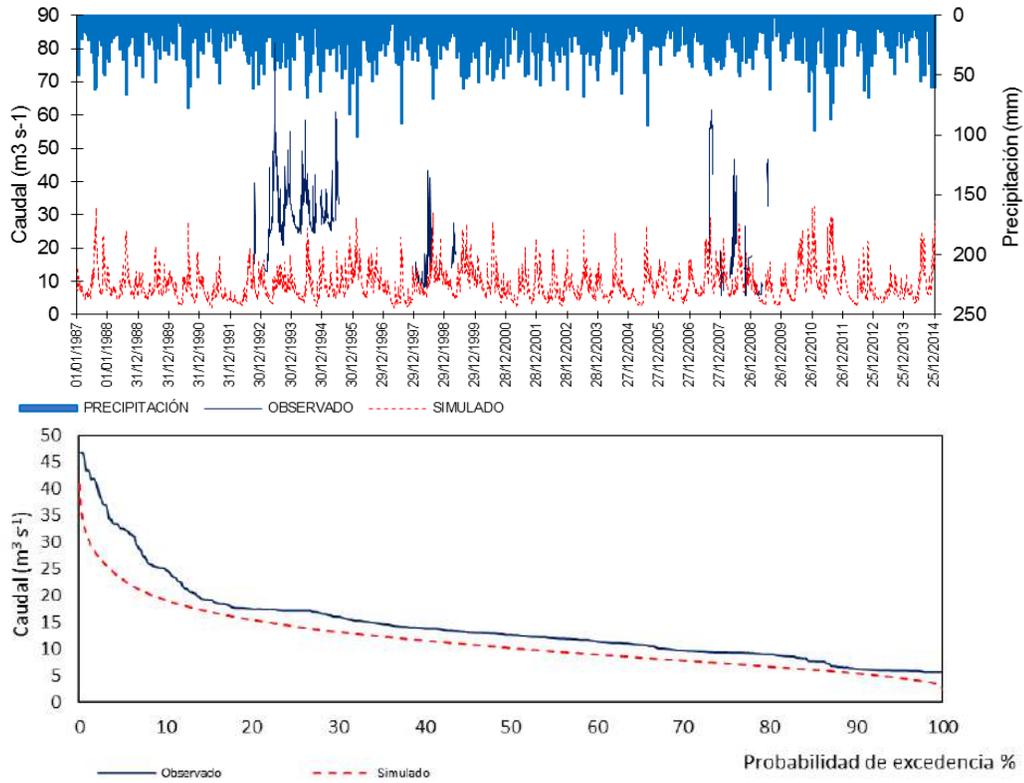
posible describir periodos húmedos y con bajas precipitaciones. Los parámetros de calibración se presentan en la Tabla 172 y Figura 233.

Considerando lo anteriormente expuesto, el modelo calibrado permitió obtener una media de los caudales simulados de 9.076 m³s⁻¹, siendo la media de los observados de 25.224 m³s⁻¹. En este caso, los caudales observados distan de los simulados. Sin embargo, es importante considerar que el periodo de registro de los años 1992 – 1995 presenta problemas de vigencia y representatividad de las curvas de gasto en la corriente. Por lo tanto, dicho periodo fue descartado dentro del proceso de calibración del modelo hidrológico, de manera que su incorporación implicará la corrección de la curva de gasto con los registros de nivel de dicho periodo.

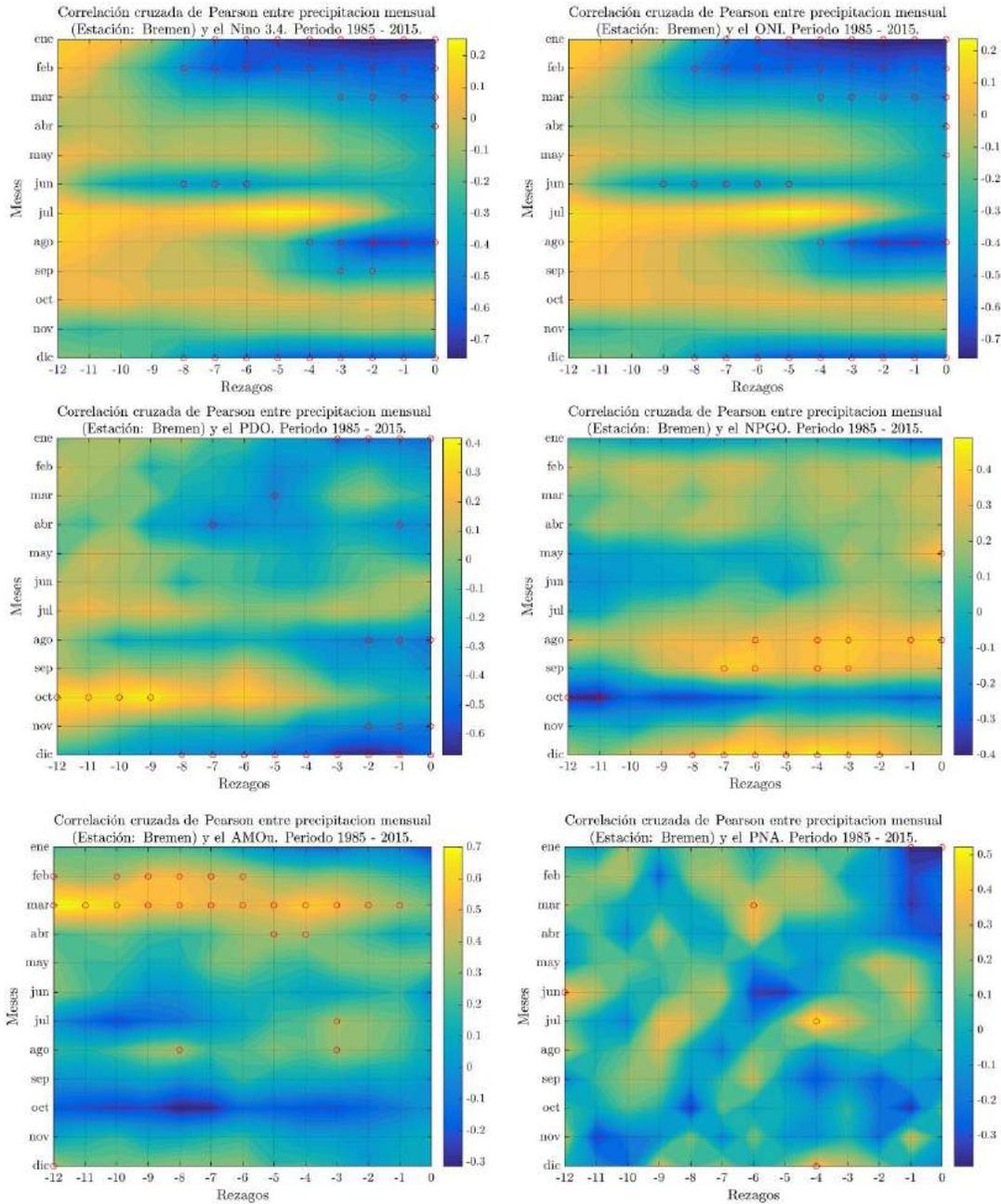
Tabla 172. Resumen calibración modelo Río Santo Domingo – Est. La Bella

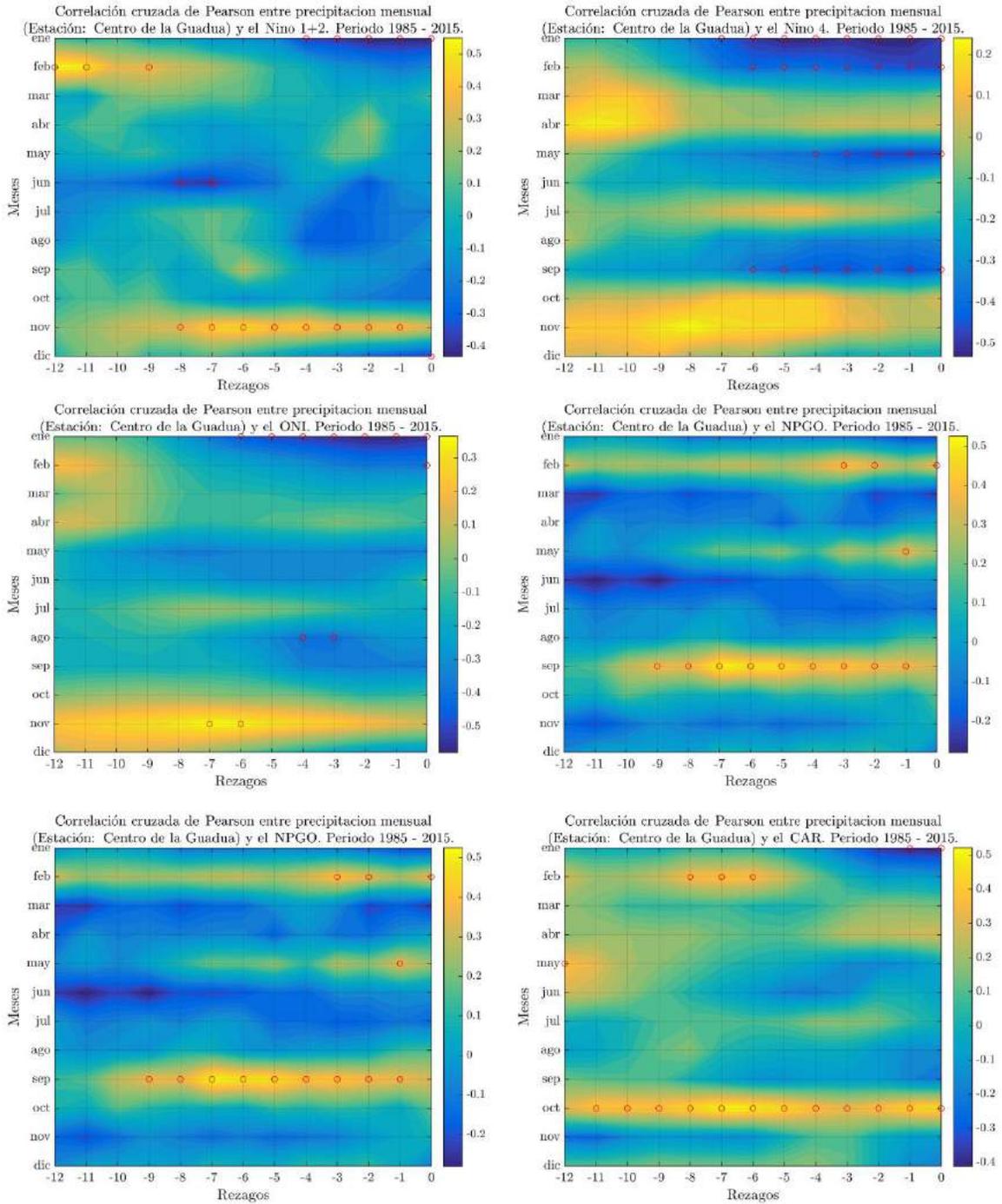
Parámetros de calibración	Valor	Condiciones Iniciales (mm)	Valor	Análisis de calibración	Valor
Almacenamiento Máximo Capilar	200	Almacenamiento Capilar	0	Caudal medio simulado	9.076
Conductividad Capa Superficial (mm/día)	100	Almacenamiento Agua Superficial	0	Caudal medio observado	25.224
Conductividad Capa Inferior (mm/día)	10	Almacenamiento Gravitacional Z Sup	0	Balance	64.02
Pérdidas Subterráneas (mm)	0	Almacenamiento Gravitacional Z Inf (acuífero)	250	Índice de Nash	0.52
Tiempo de Residencia Flujo Superficial (días)	10	Otros Parámetros de calibración		RMSE	20.40
Tiempo de Residencia Flujo Subsuperficial (días)	10	Exponente Infiltración	0.000008	Media	25.224
Tiempo de Residencia Flujo Base (días)	50	Exponente Evaporación	1	Desviación Estándar	12.545

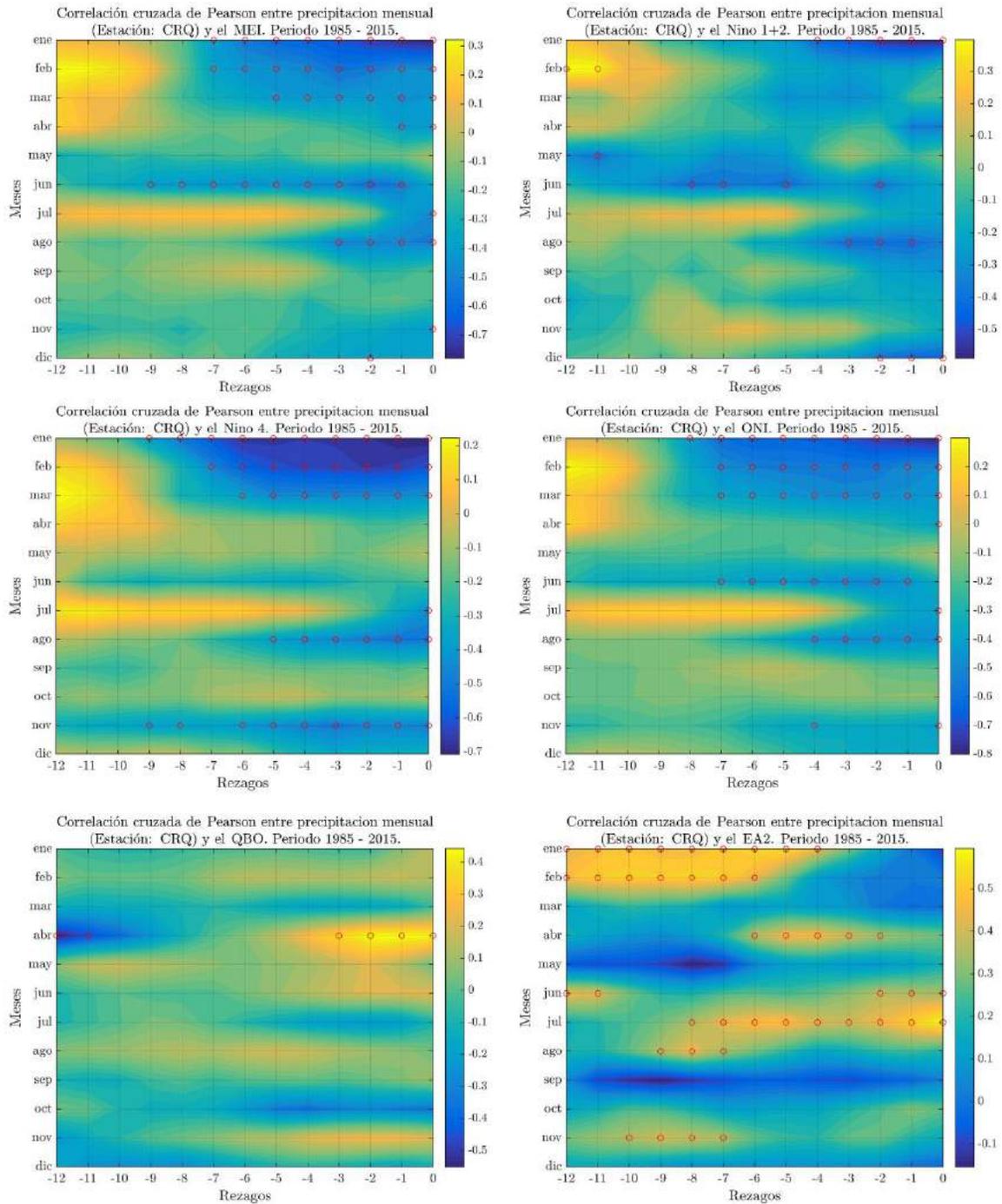
Figura 233. Calibración modelo y Curva de duración de caudales Río Santo Domingo – Est. La Bella

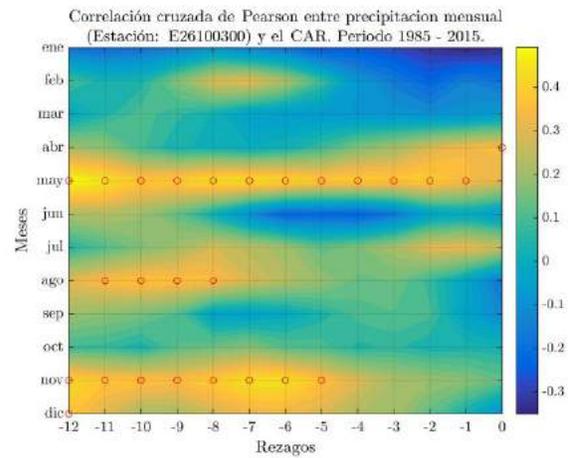
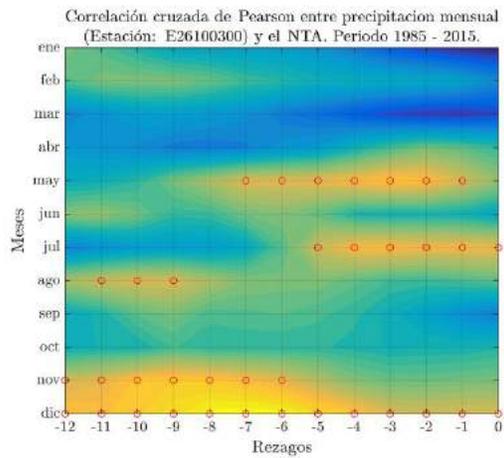
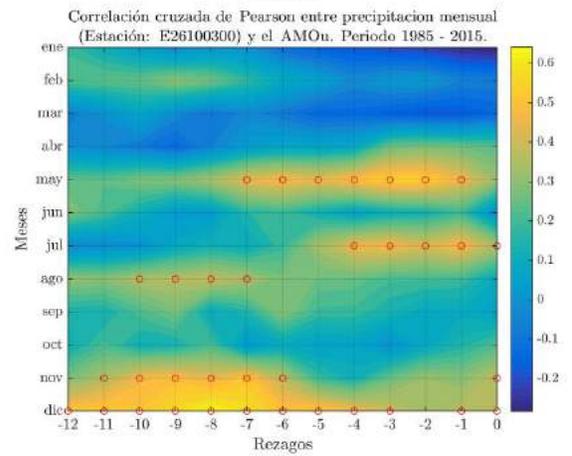
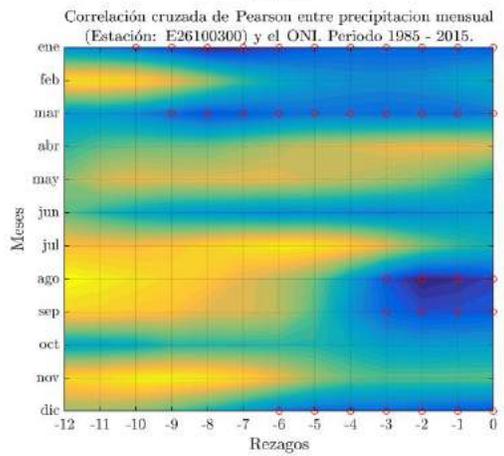
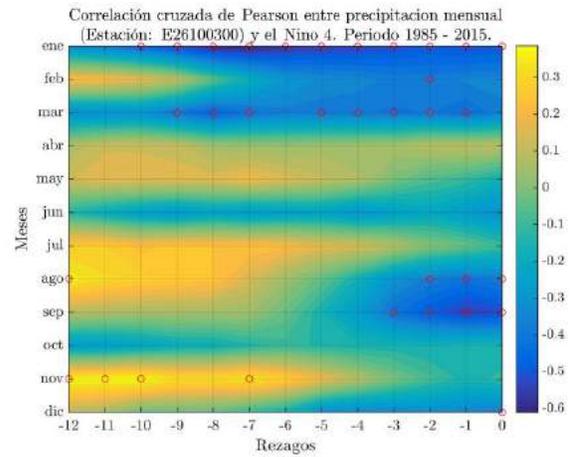
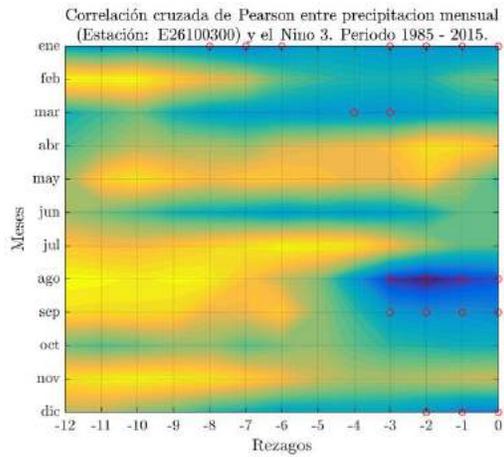


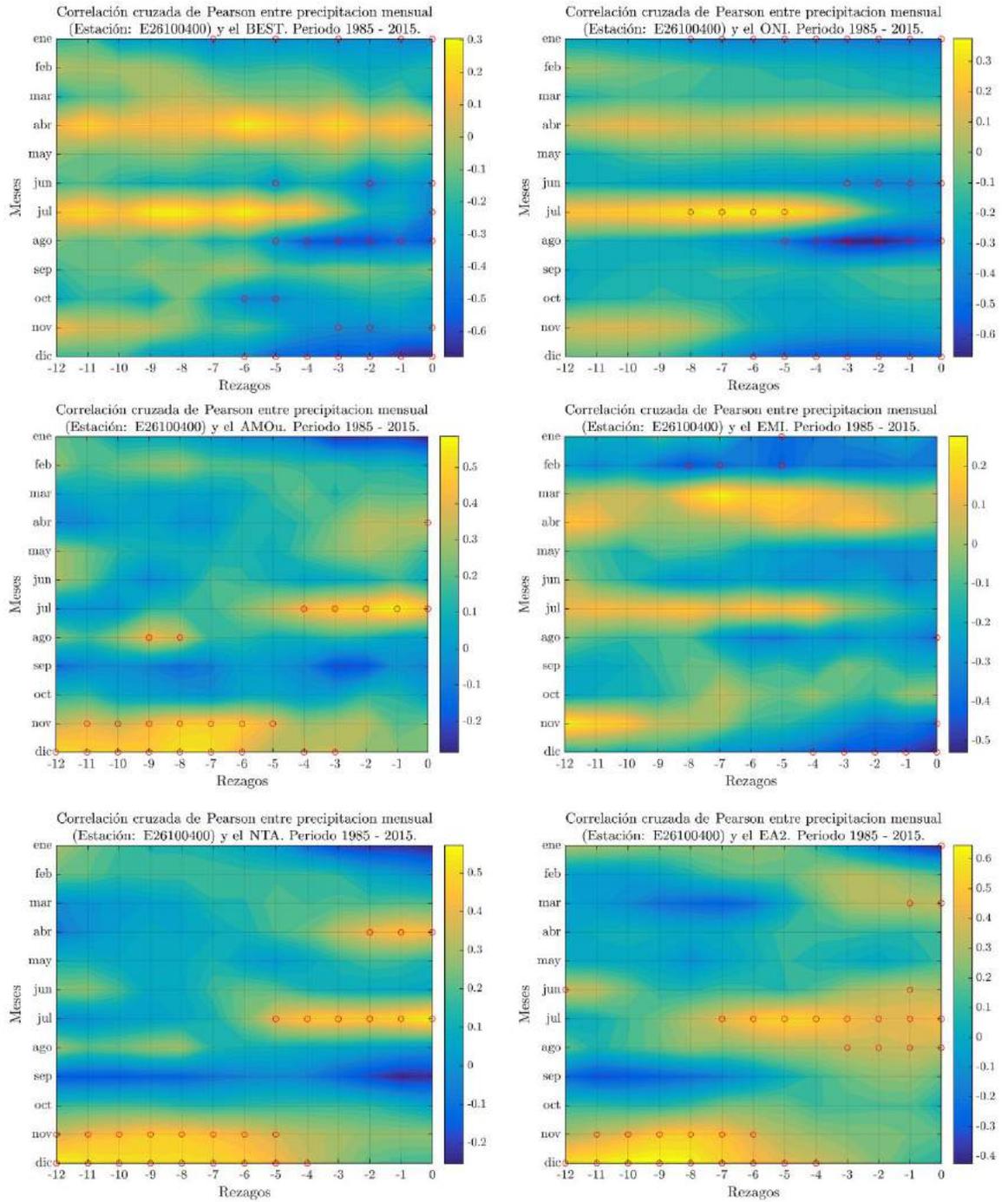
Anexo 3. Matrices de correlación cruzada de Pearson entre los principales índices macroclimáticos, la precipitación y temperatura del departamento del Quindío

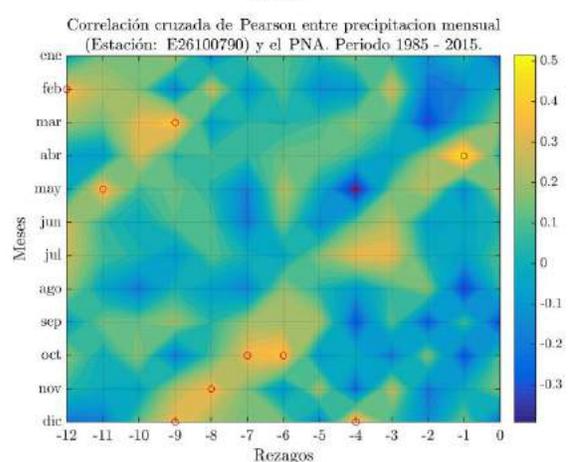
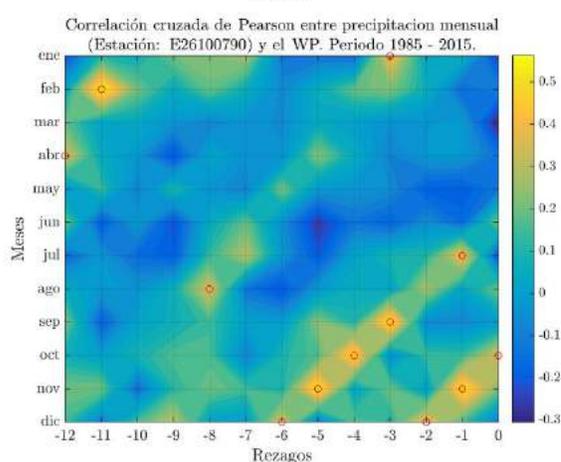
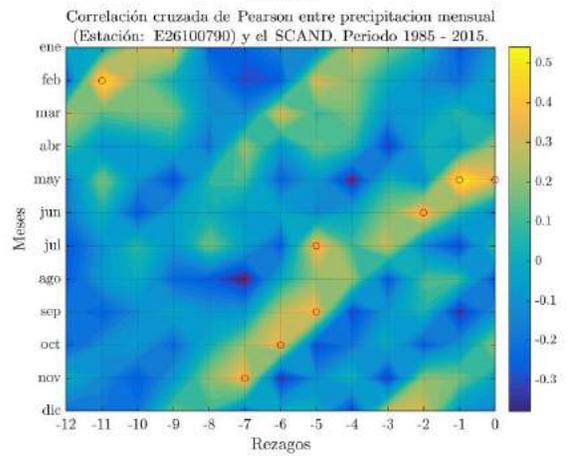
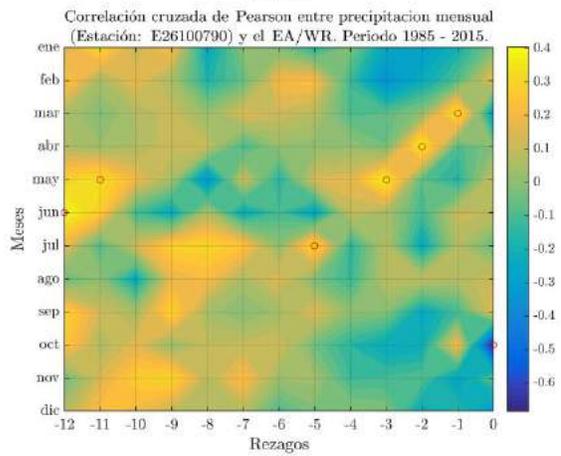
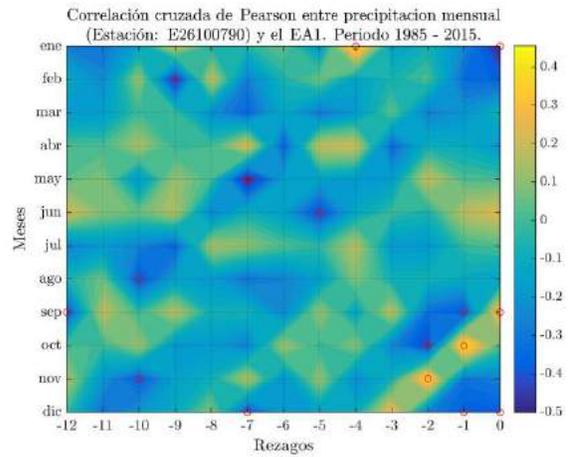
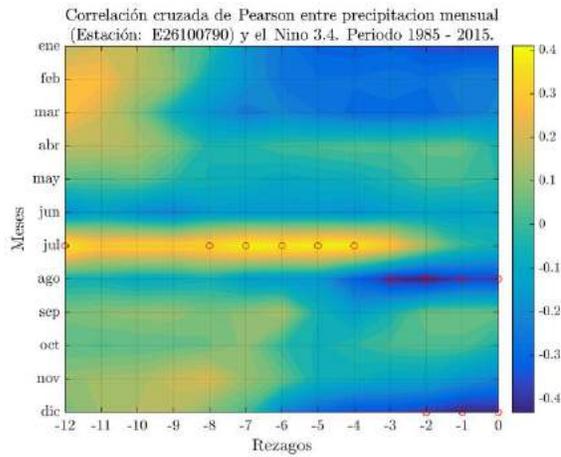


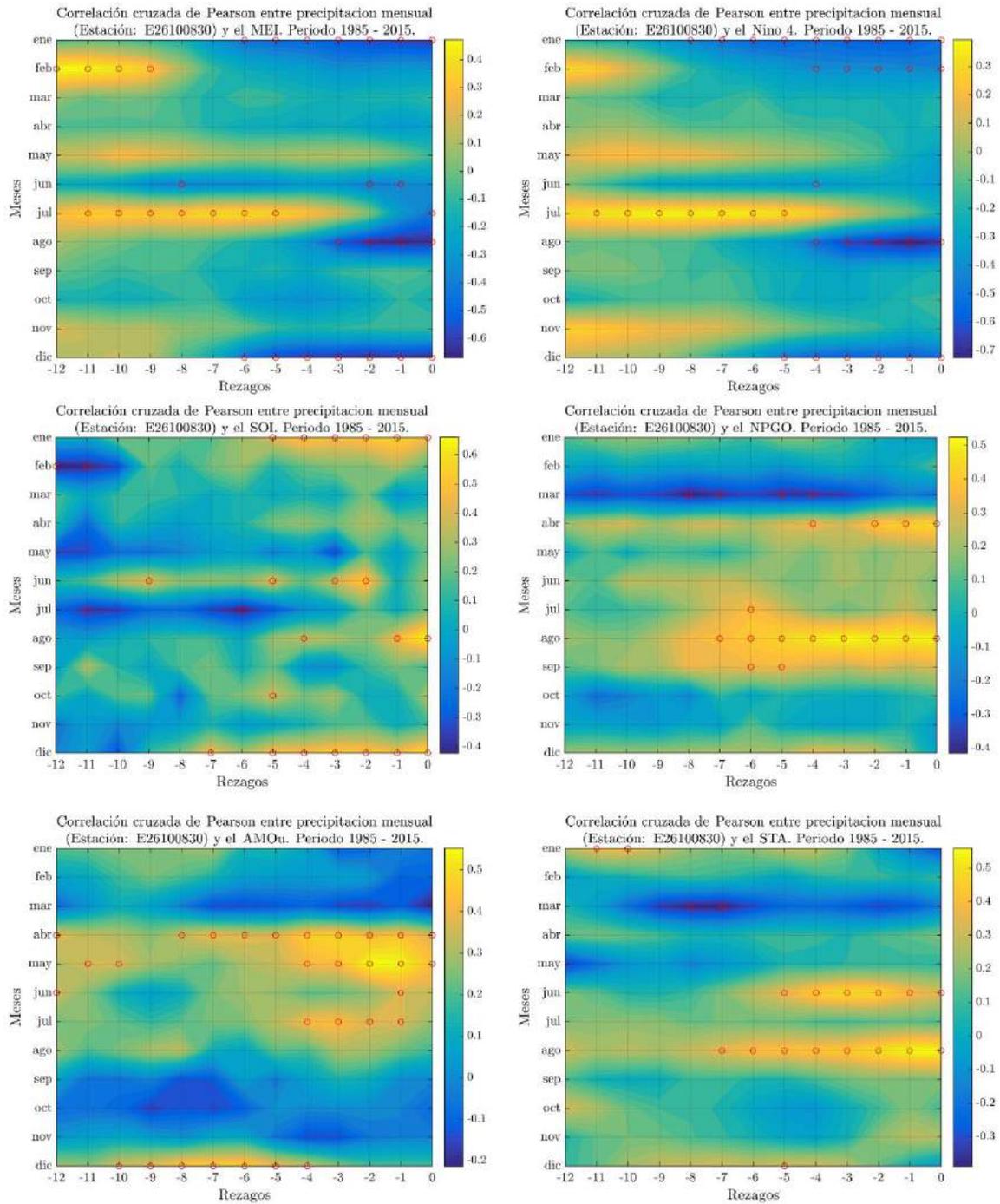


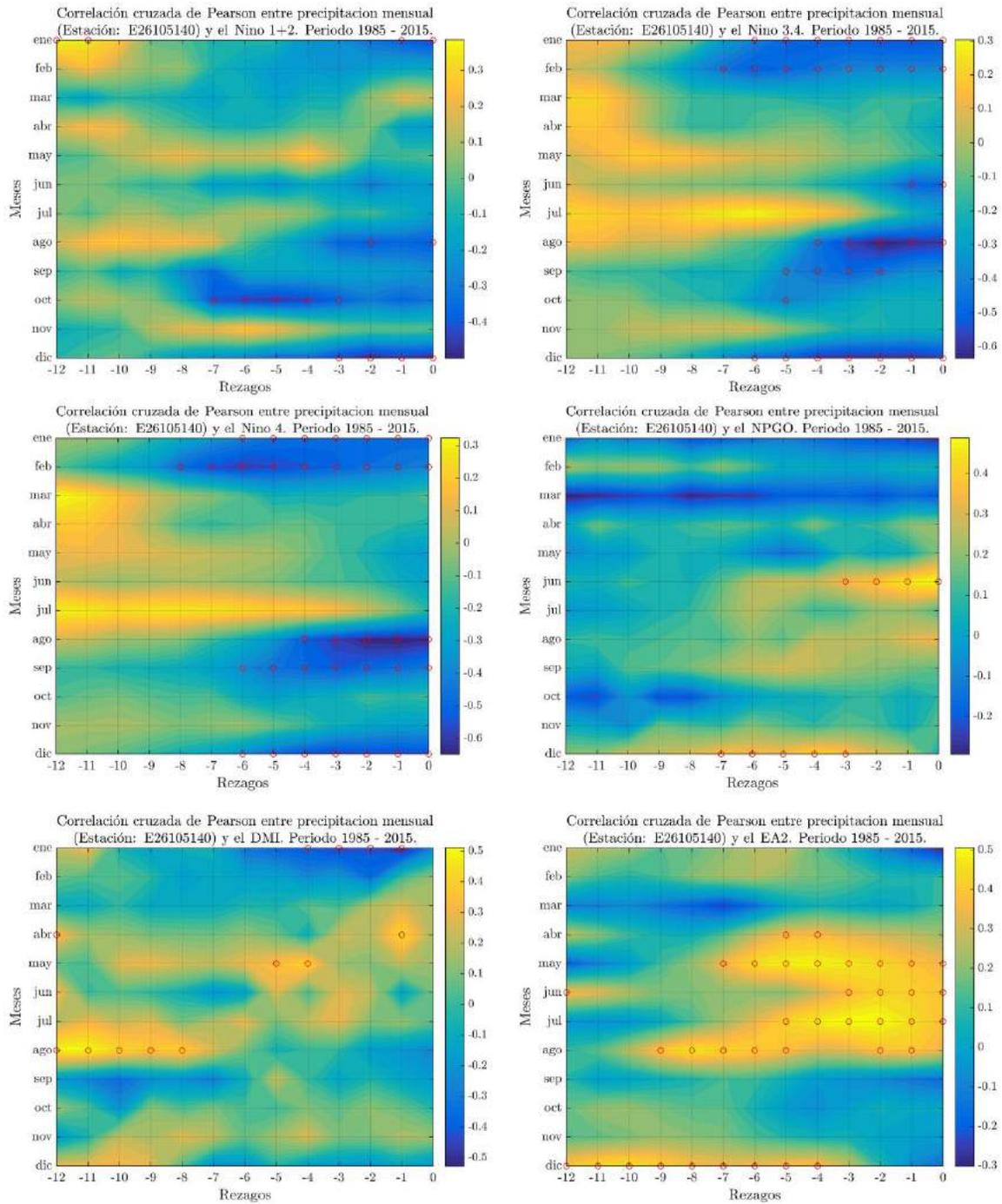


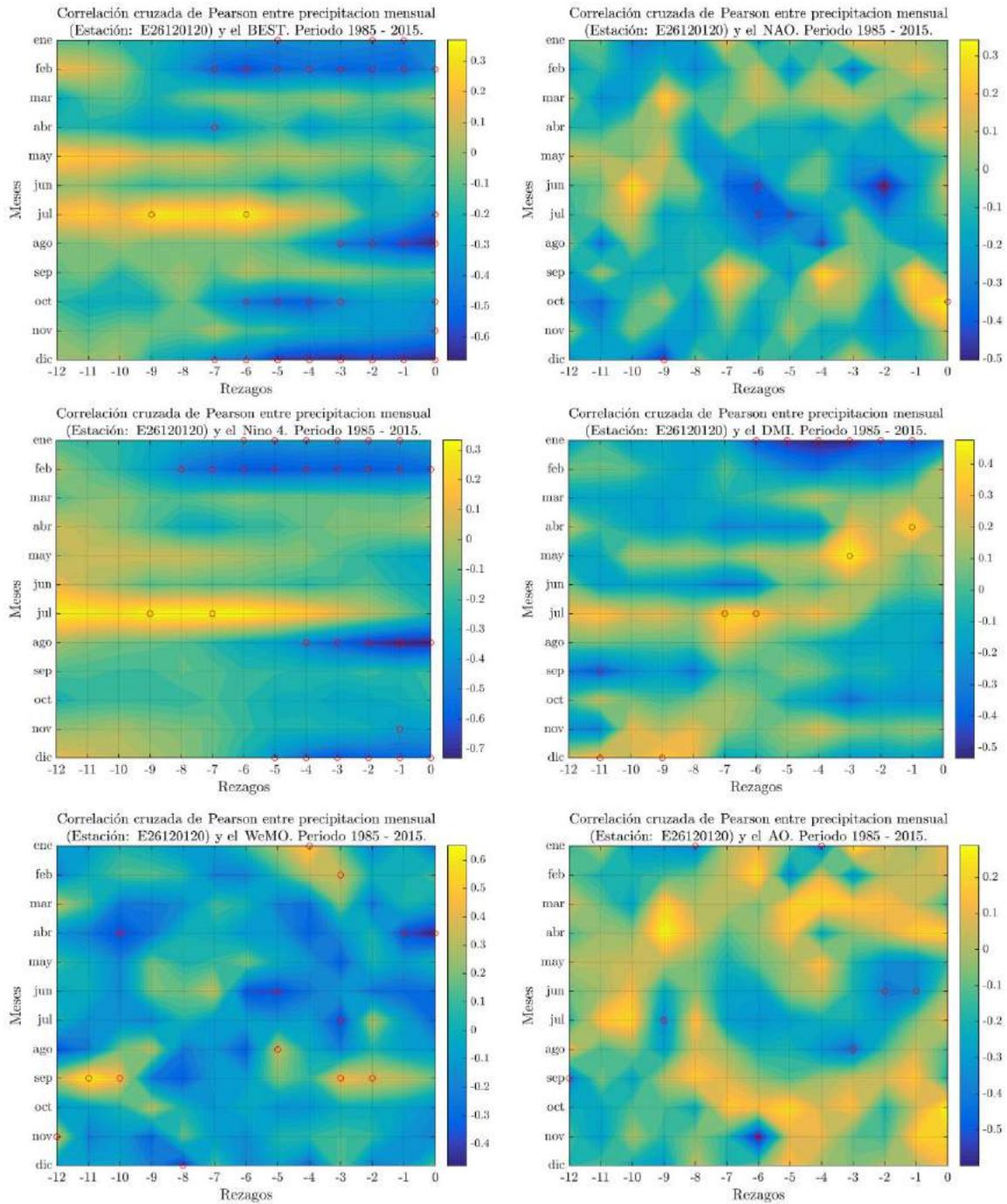


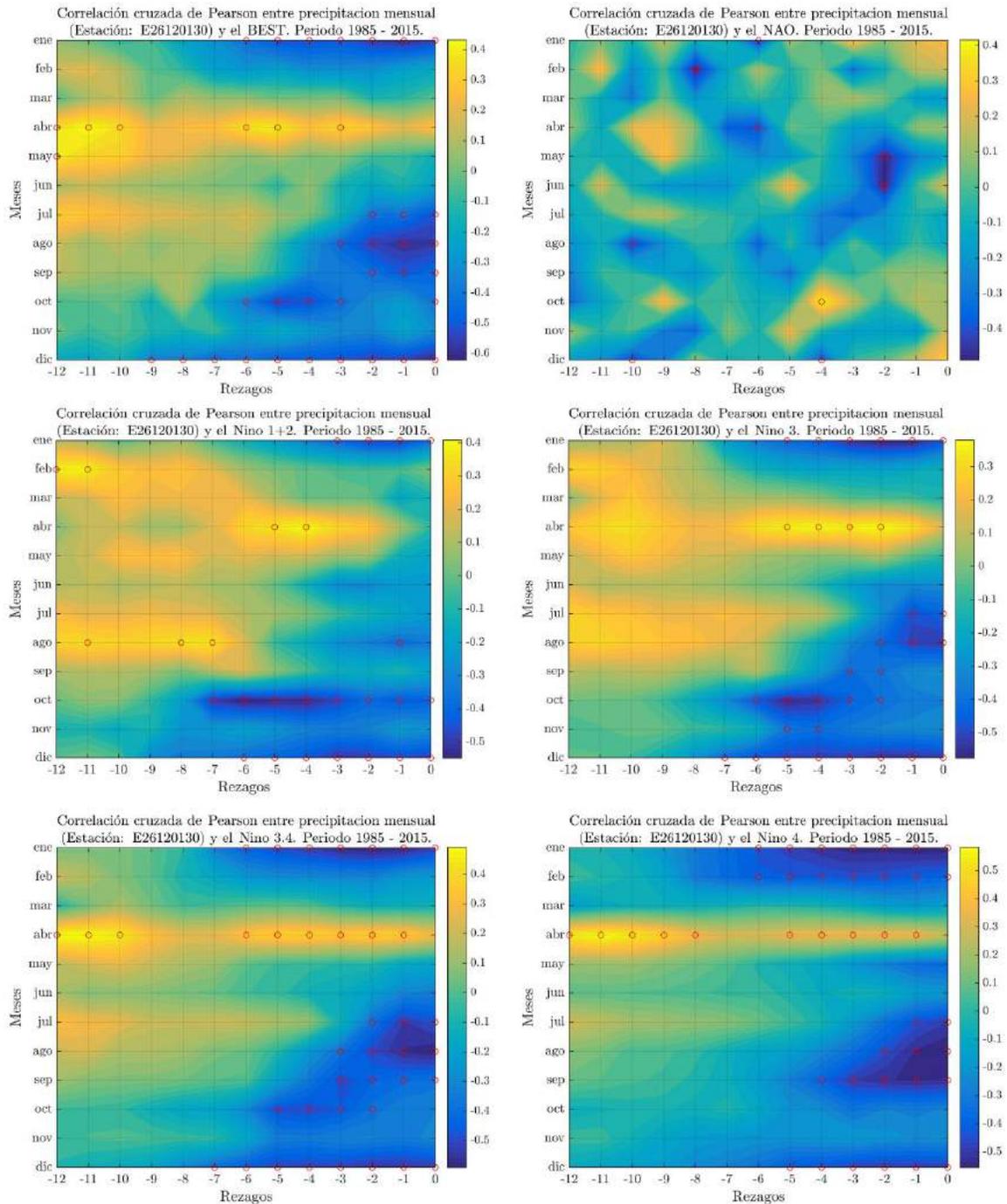


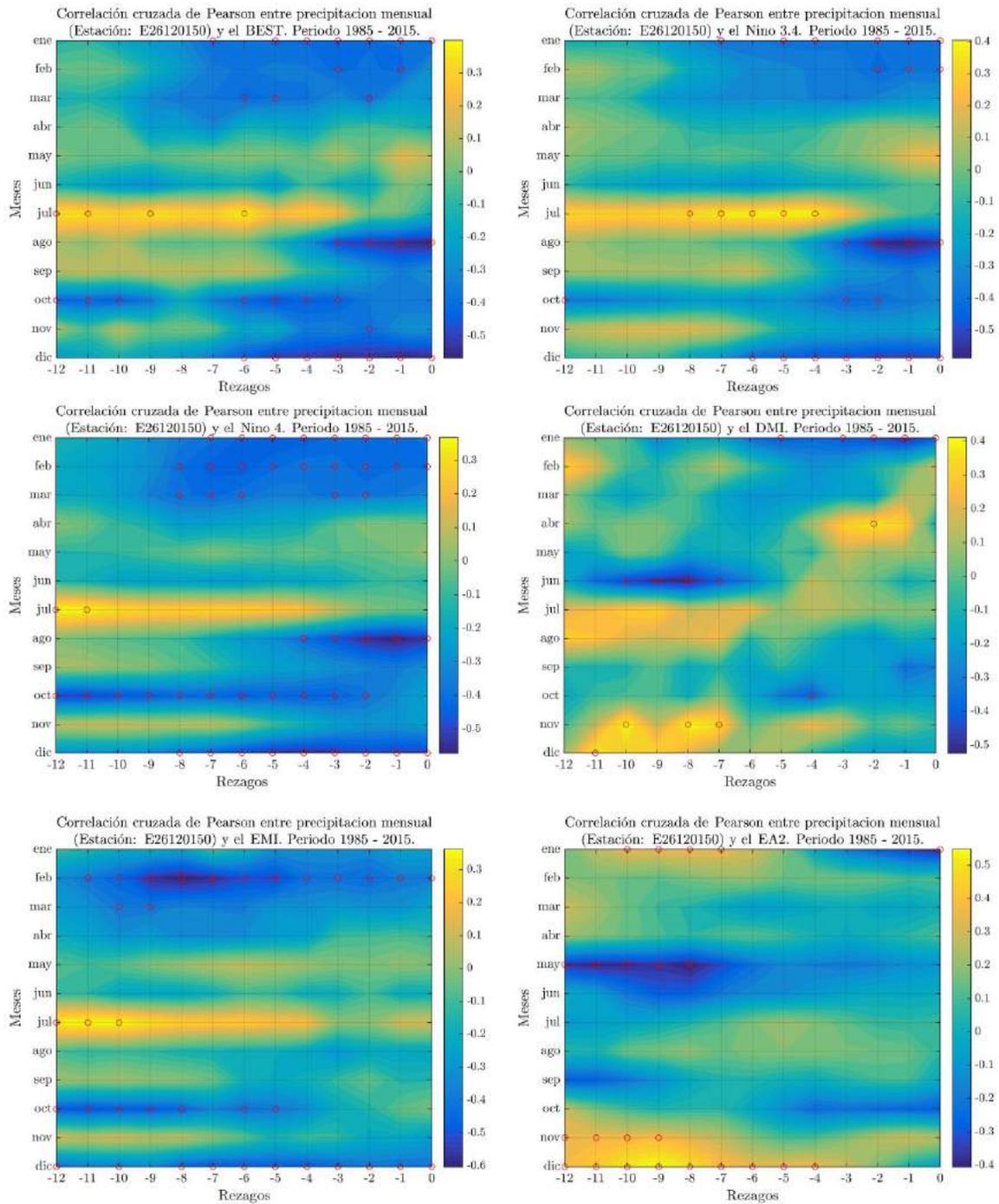


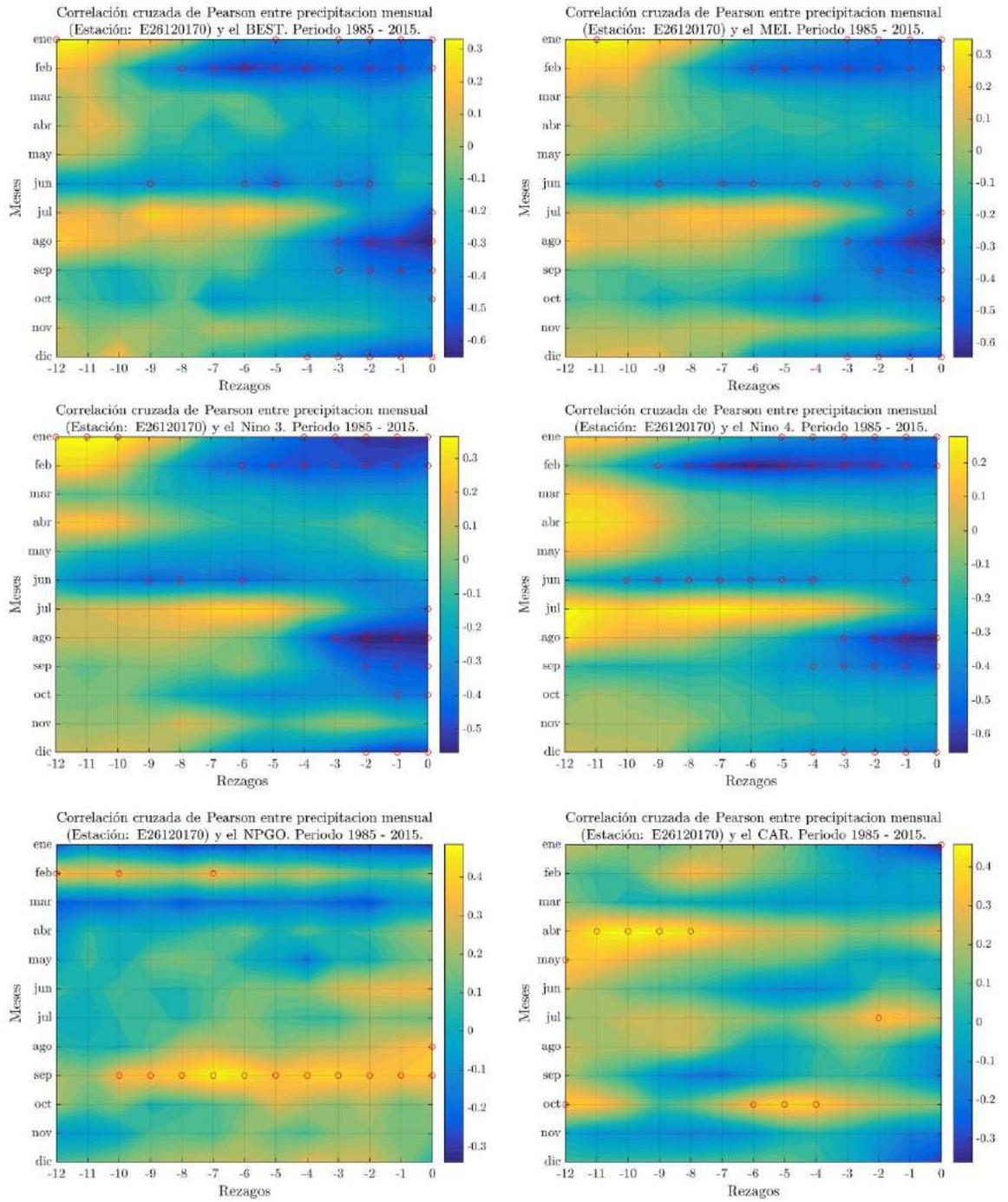


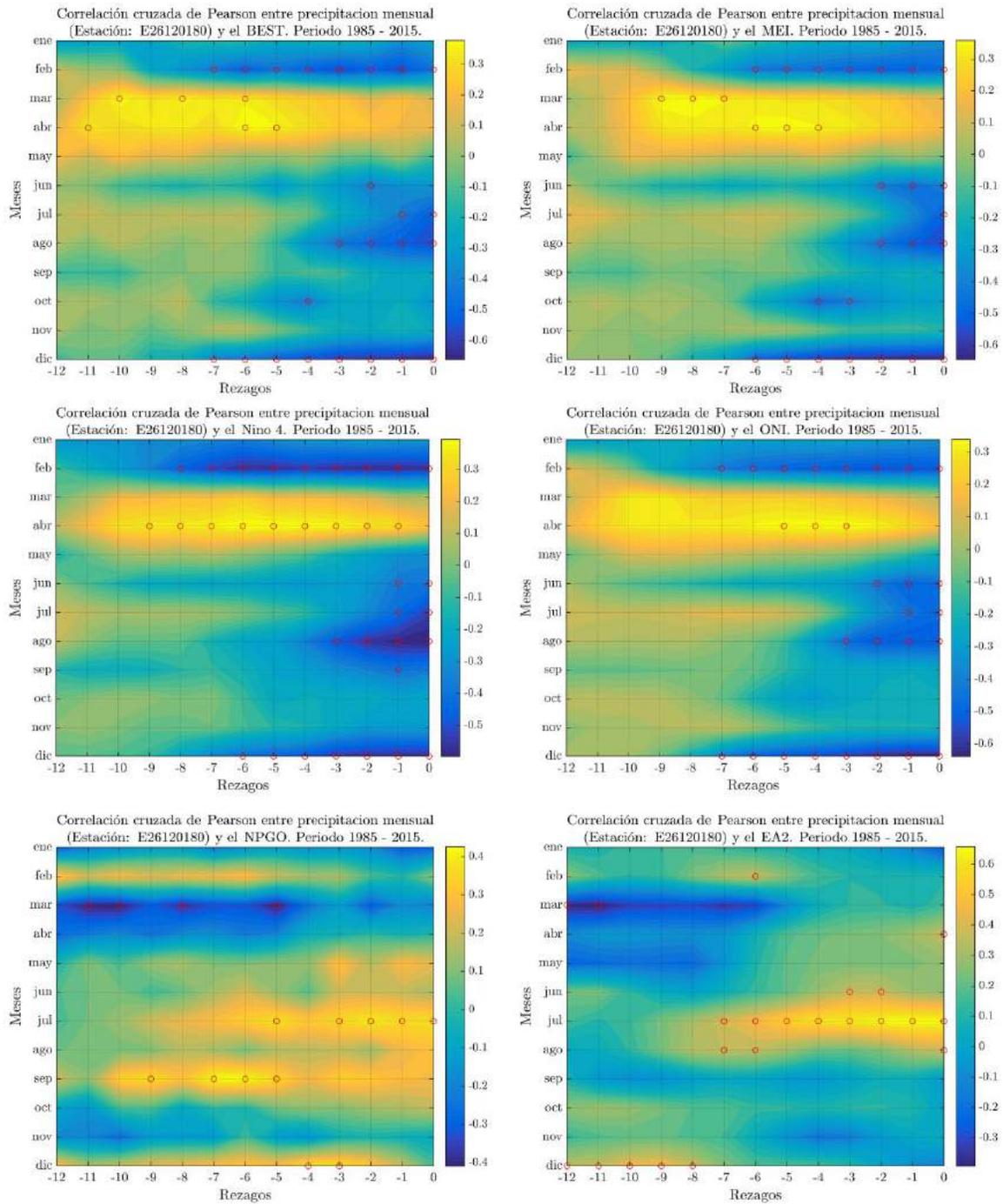


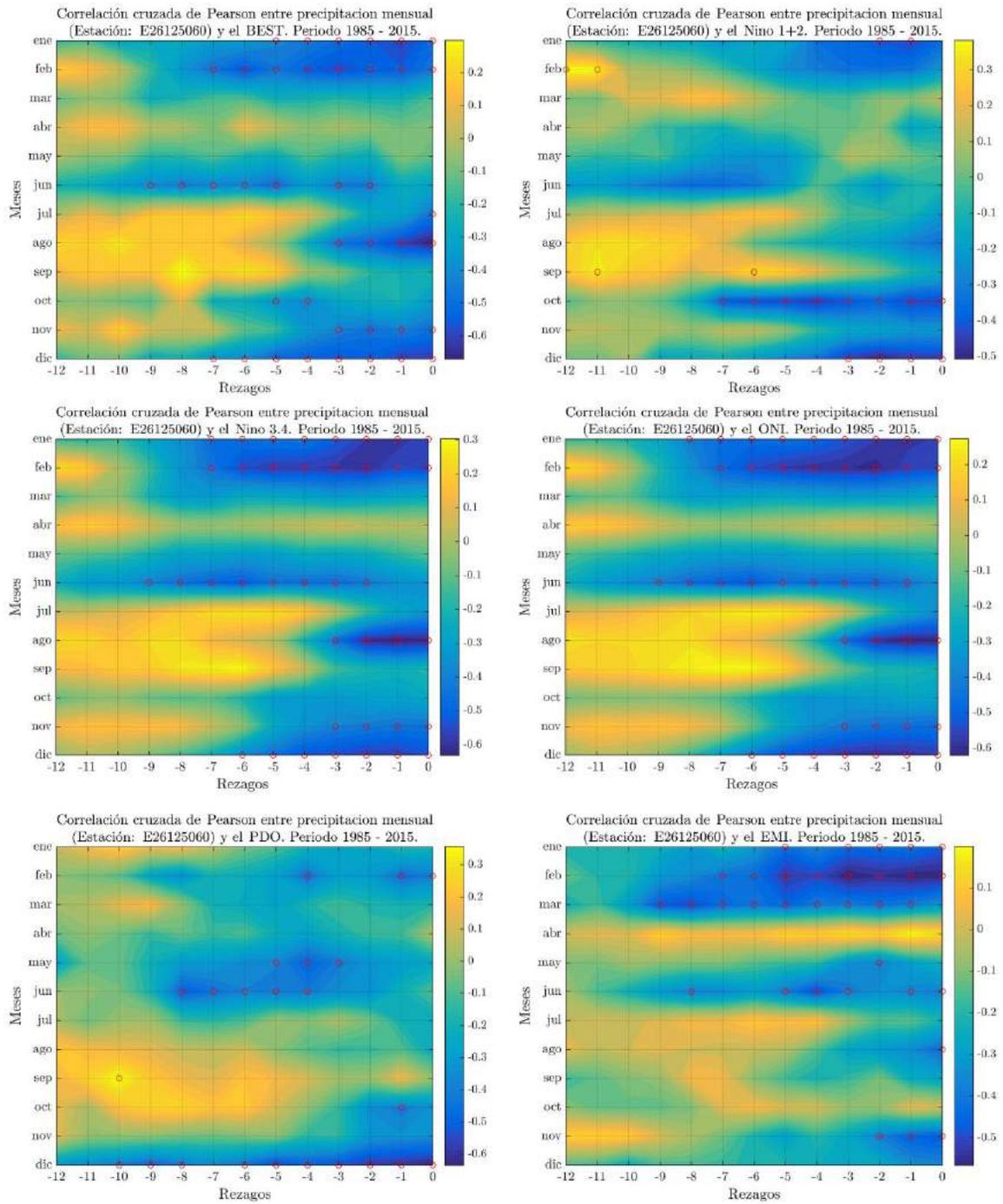


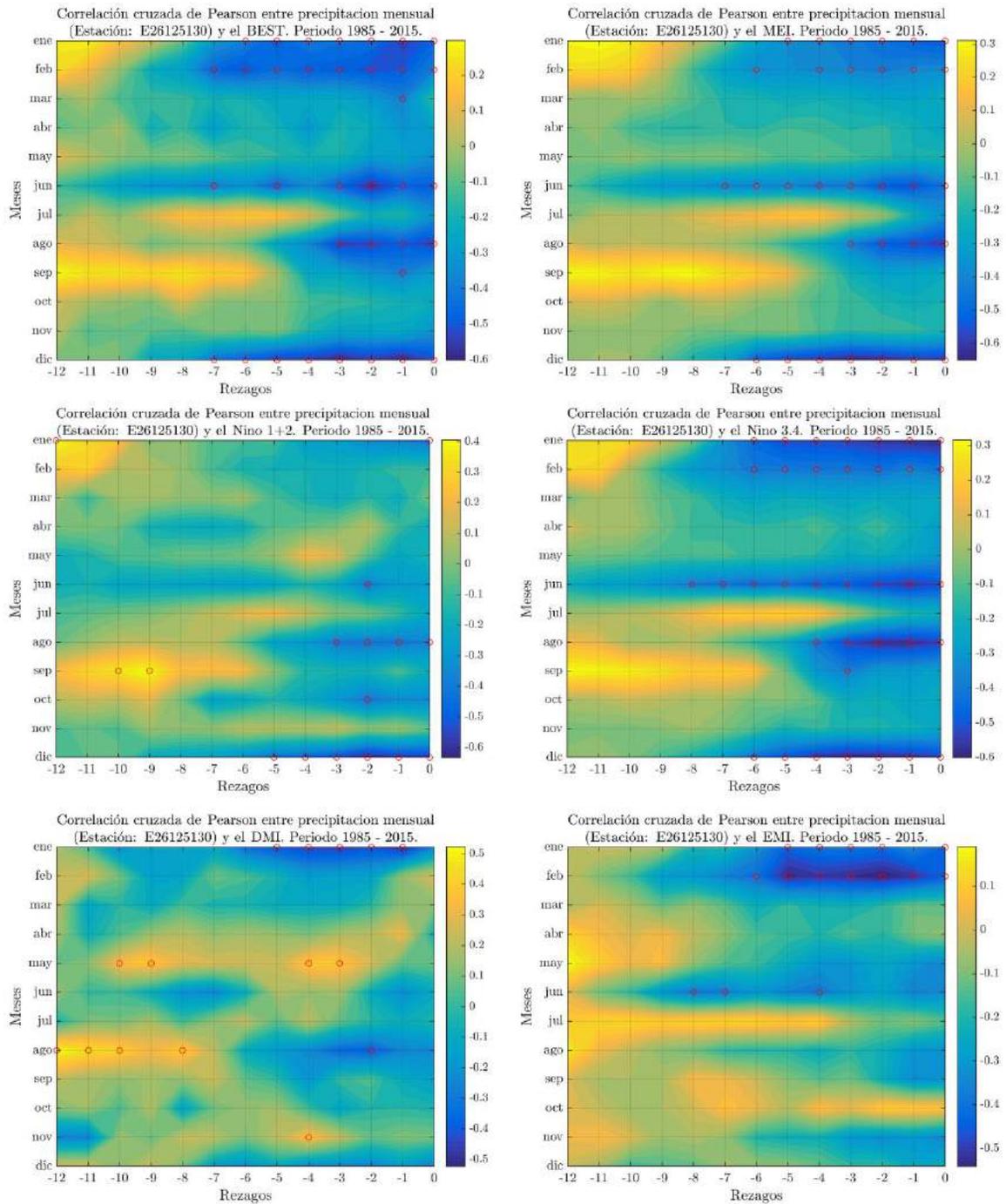


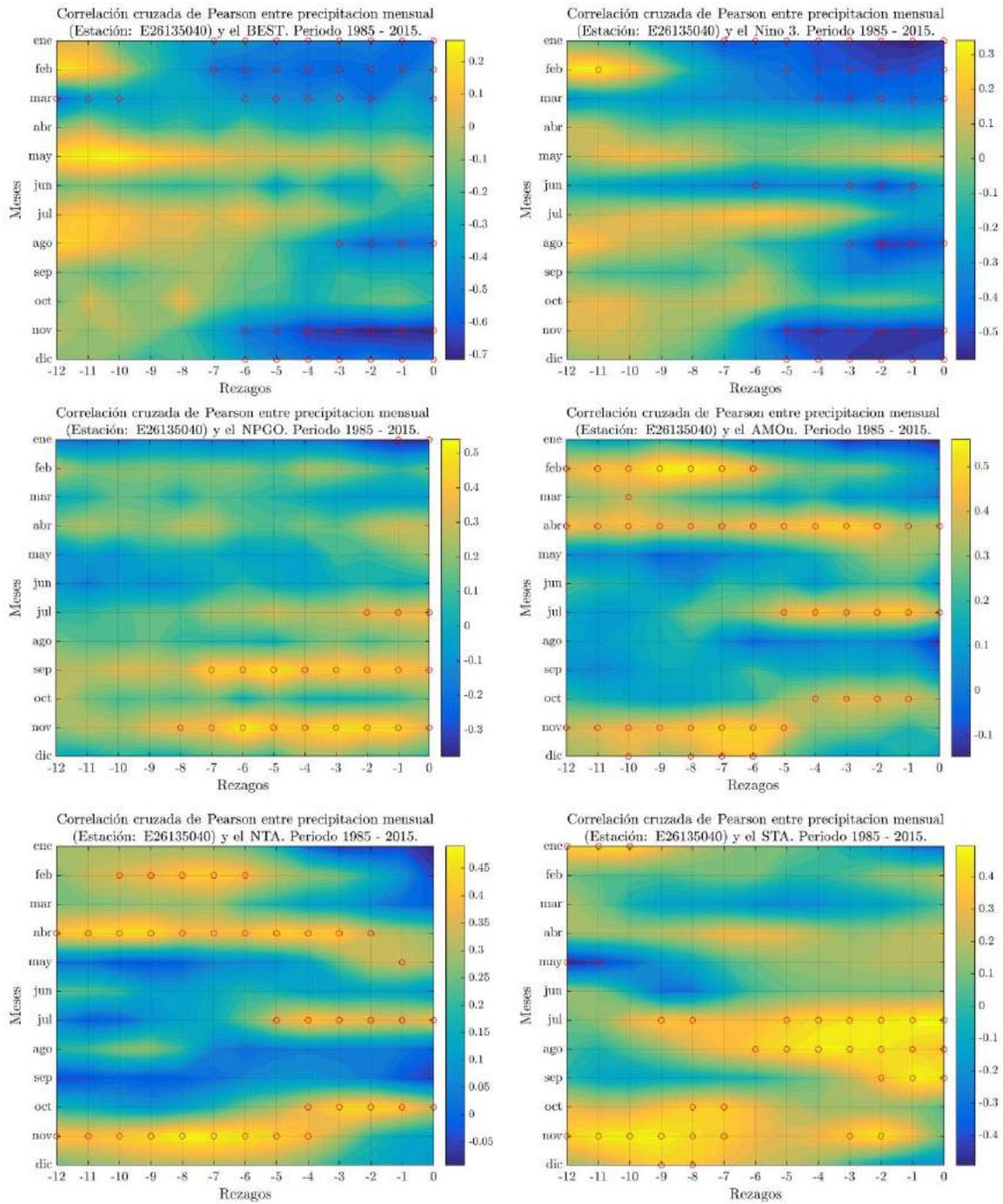


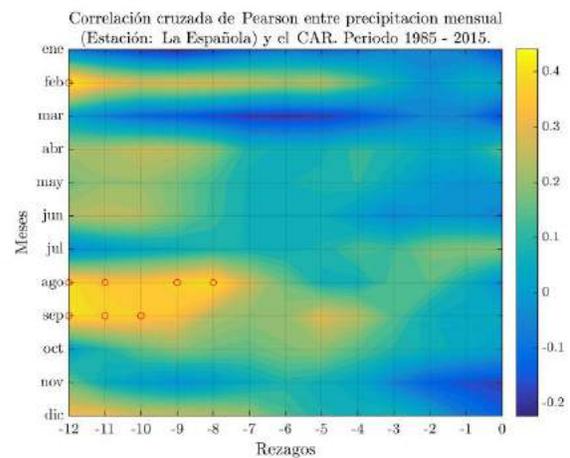
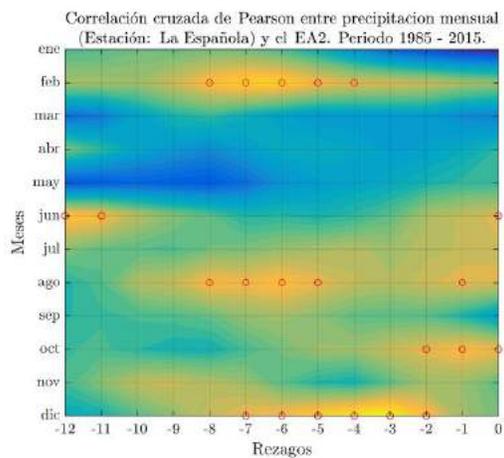
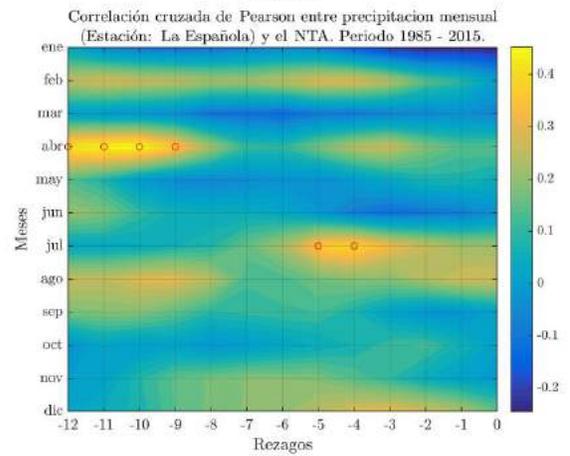
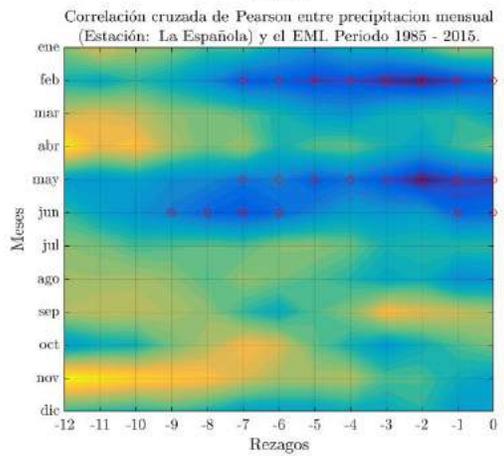
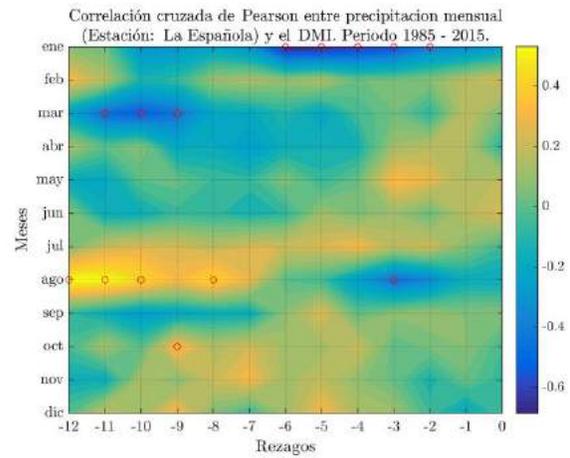
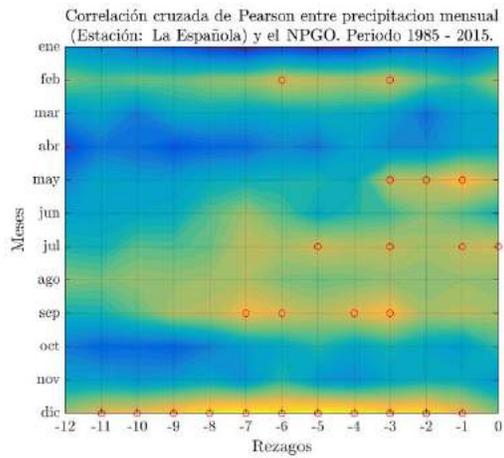


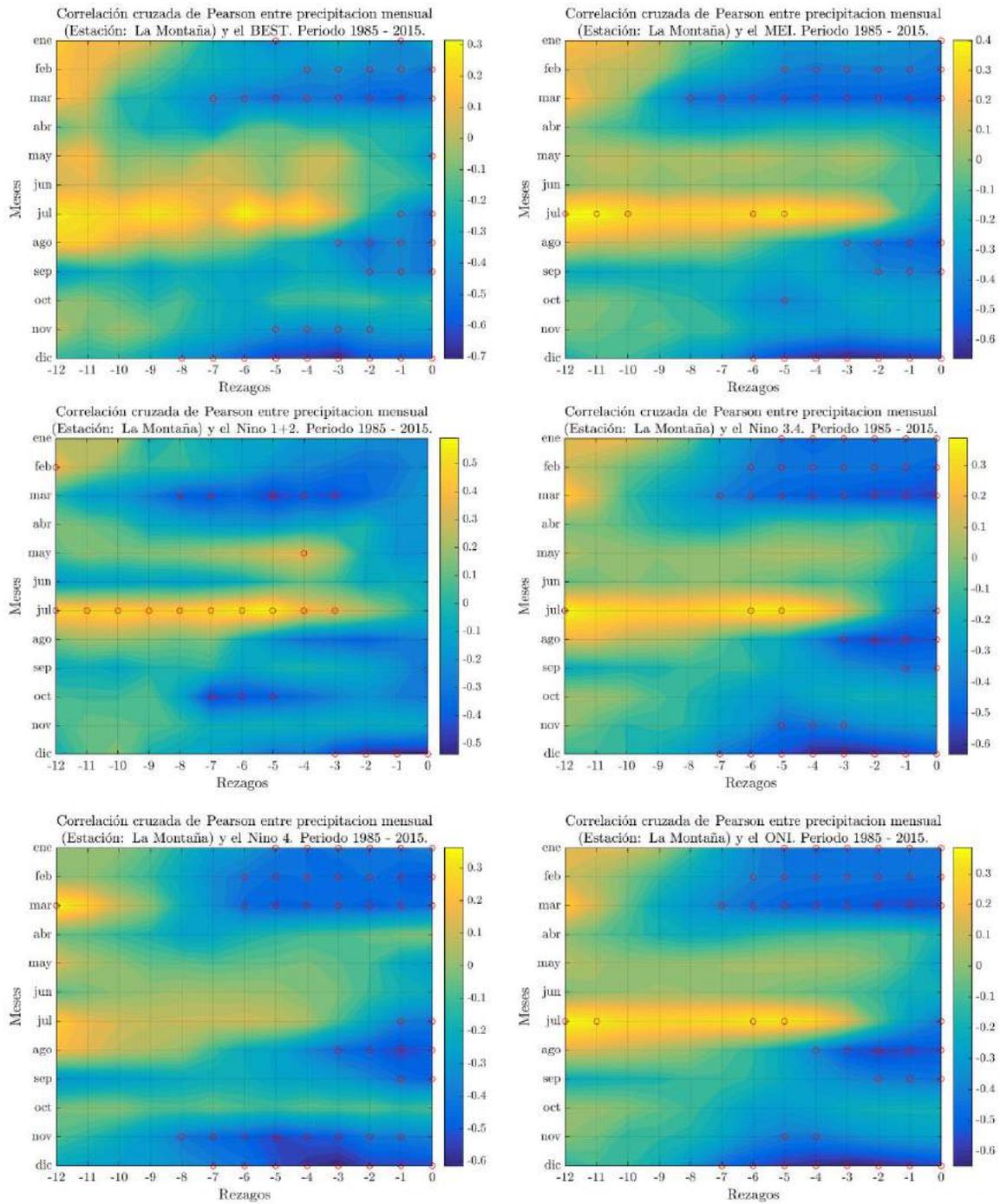


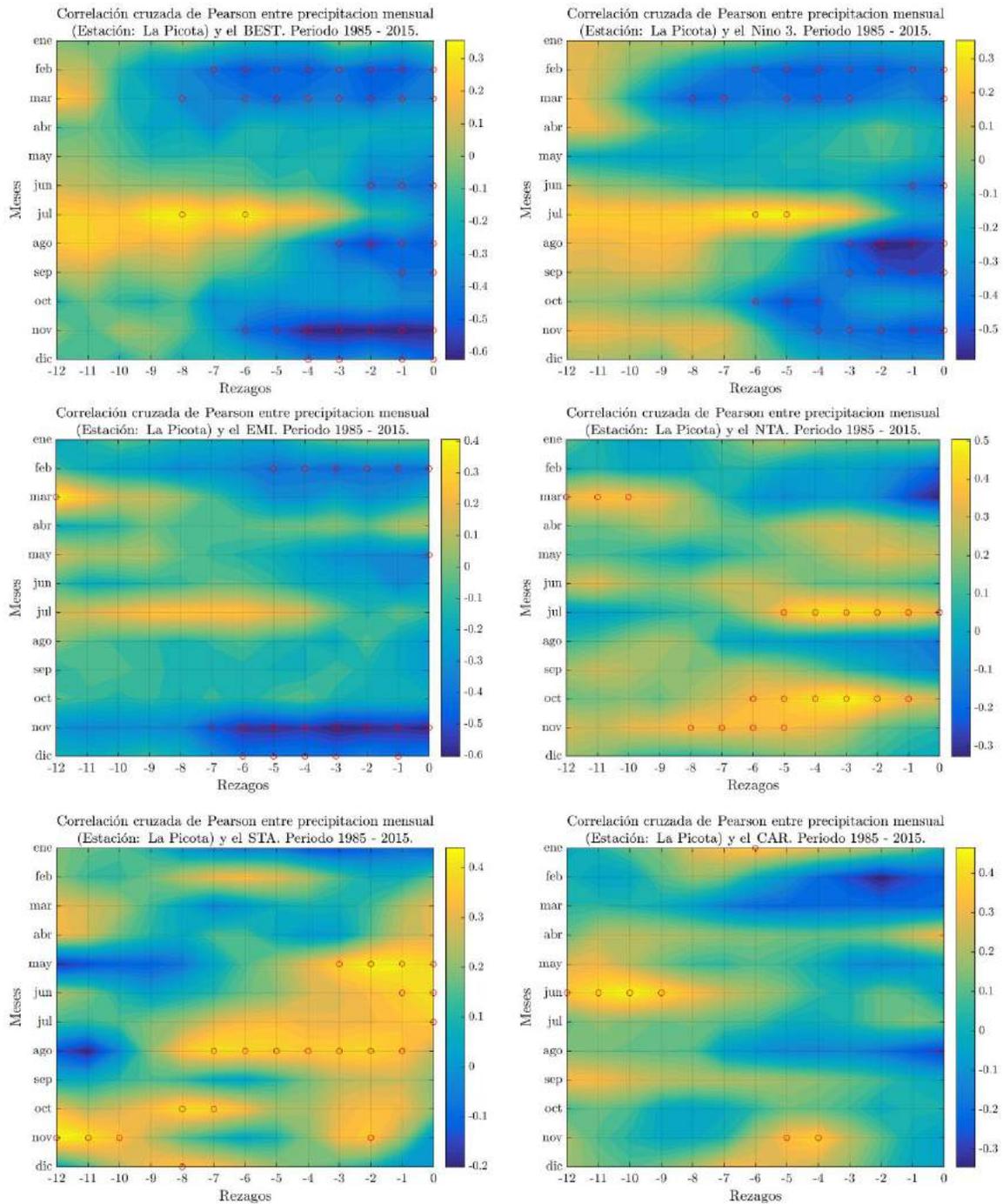


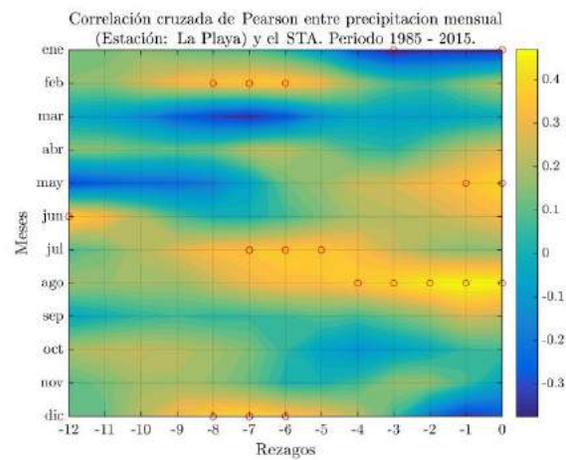
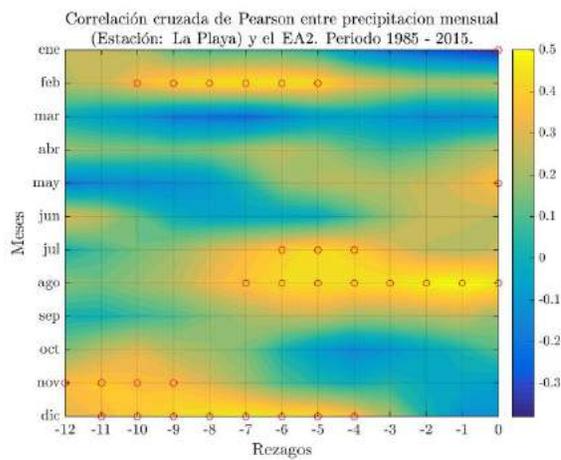
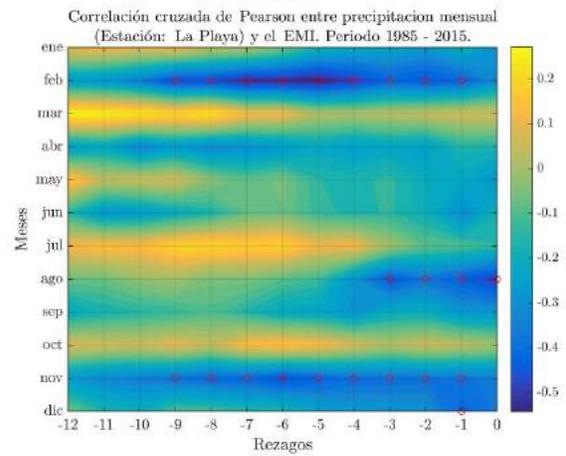
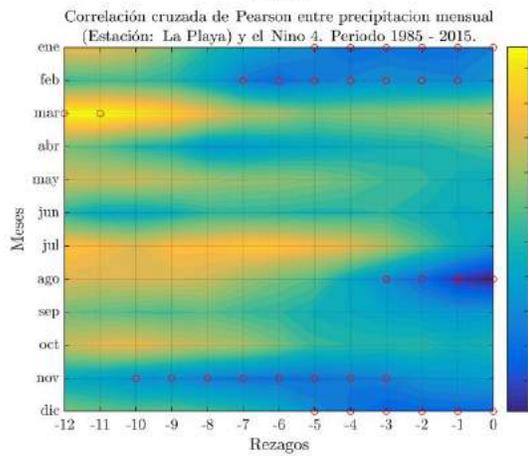
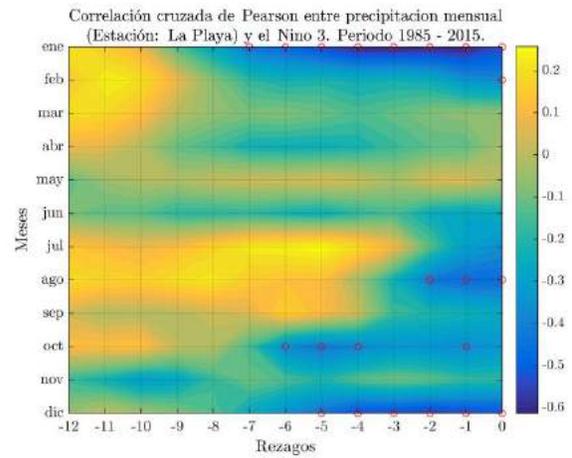
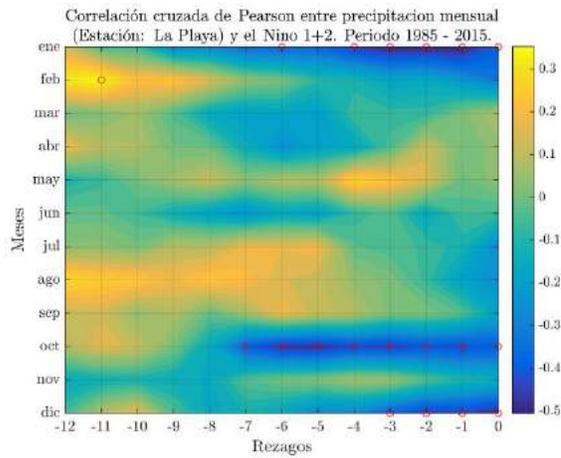


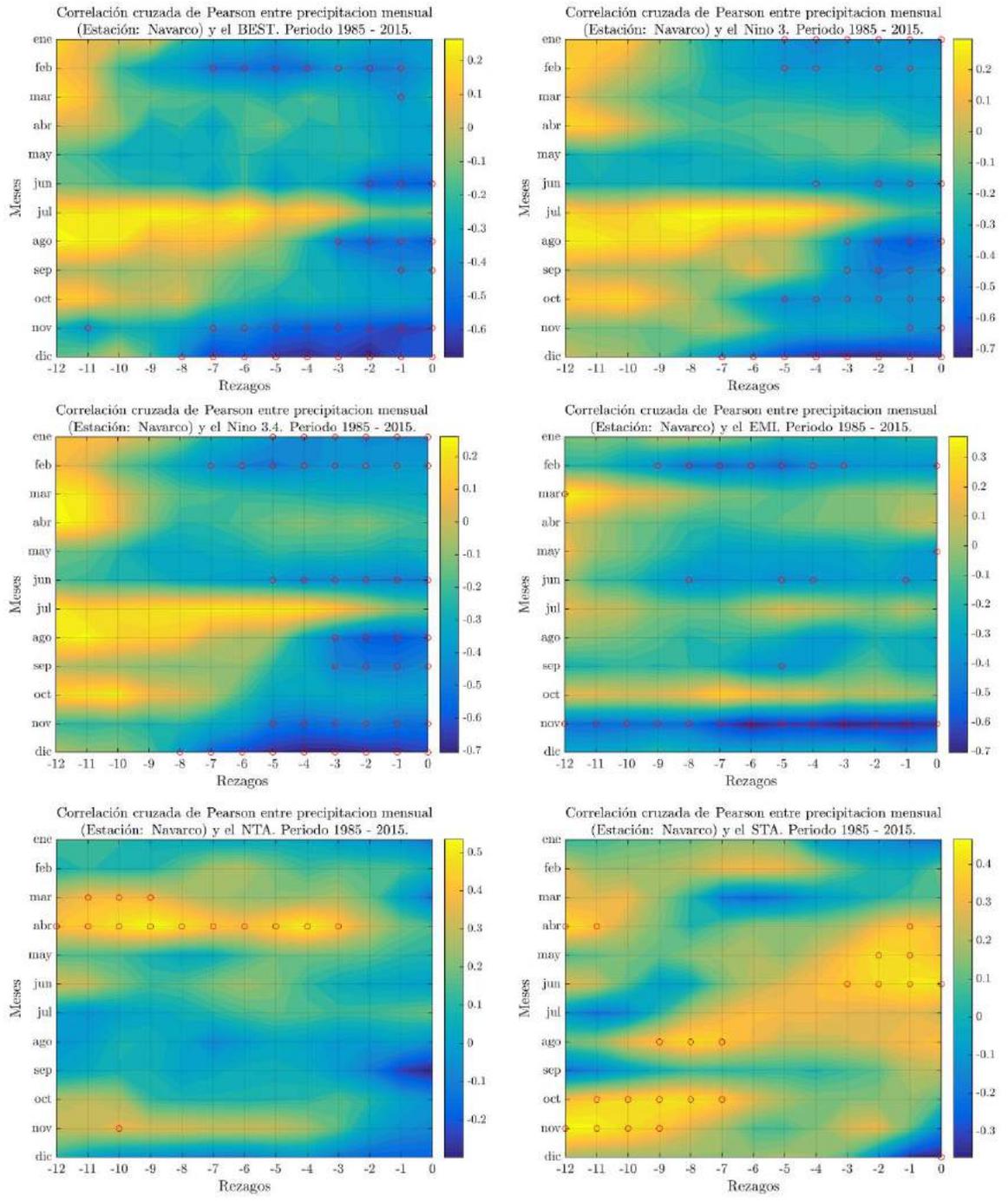












MAXIMAS CORRELACIONES ENTRE ÍNDICES MACROCLIMÁTICOS Y LA PRECIPITACIÓN EN LA RED DE ESTACIONES DE INFLUENCIA EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO

Cód	Nombre	Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1	Apto Matecana	Índice →	BEST	BEST	BEST	AMOU	STA	Nino 3	AMOU	Nino 3	NPGO	NTA	BEST	BEST	
		Coef. R→	-0,52	-0,54	-0,51	0,52	-0,49	-0,47	0,5	-0,51	0,54	0,46	-0,71	-0,55	
		Rezago→	-1	-4	-2	-3	-12	-2	-1	-2	-5	-2	-2	-1	
2	Palmasola	Índice →	SOI	Nino 4	NPGO	NPGO	AMOU	STA	MEI	Nino 4	NPGO	SOI	PNA	Nino 4	
		Coef. R→	0,6	-0,42	0,41	0,48	0,57	0,52	0,43	-	0,35	0,38	0,55	0,55	
		Rezago→	-1	0	-8	0	-2	-3	-6	0,72	-6	-5	-1	-3	
3	Alcala	Índice →	Nino 4	EMI	Nino 4	WeMO	EA2	DMI	Nino 3,4	BEST	SCAND	EMI	EA2	BEST	
		Coef. R→	-0,44	-0,6	-0,39	-0,46	-0,4	-0,52	-0,43	0,56	-	-0,44	-0,48	0,4	-0,56
		Rezago→	-5	-8	-7	-1	-8	-8	-4	0	-1	-11	-9	-1	
4	Bremen	Índice →	Nino 3,4	Nino 3,4	AMOU	ONI	ONI	ONI	PNA	Nino 3,4	NPGO	PDO	PDO	Nino 3,4	
		Coef. R→	-0,75	-0,63	0,73	-0,39	-0,35	-0,4	0,55	-	0,43	0,45	-0,43	-0,61	
		Rezago→	-2	-6	-12	0	0	-6	-4	0,69	-7	-9	0	-1	
5	Picota	Índice →	PNA	BEST	BEST	QBO	STA	CAR	NTA	Nino 3	Nino 3	NTA	EMI	EMI	
		Coef. R→	0,4	-0,5	-0,46	-0,41	0,44	0,49	0,49	0,49	-	-0,49	0,53	-0,6	-0,39
		Rezago→	-7	-6	-2	-12	-2	-10	-4	0,58	-1	-3	-3	-1	
6	La Playa	Índice →	Nino 3	EMI	EP/NP	DMI	STA	MOLI	EA2	Nino 4	WeMO	Nino 1+2	EMI	EA2	
		Coef. R→	-0,61	-0,54	0,47	0,51	0,41	0,57	0,45	0,45	-	0,62	-0,47	-0,45	0,5
		Rezago→	-1	-5	-11	-1	0	-8	-5	0,69	-11	-5	-6	-7	
7	La Montaña	Índice →	Nino 3,4	MEI	MEI	DMI	EA2	PDO	Nino 1+2	Nino 3,4	ONI	Nino 1+2	Nino 4	BEST	
		Coef. R→	-0,45	-0,42	-0,53	0,52	0,55	0,36	0,62	0,55	-	-0,42	-0,43	-0,52	-0,7
		Rezago→	-4	0	0	-1	-5	-3	-5	0,55	0	-7	-5	-3	
8	Obando	Índice →	ONI	EA1	WeMO	MOla	CAR	MOLI	NTA	Nino 3	Nino 4	PNA	AMOU	AMOU	
		Coef. R→	-0,56	-0,52	0,61	0,39	0,52	-0,52	0,48	-	-0,53	-0,54	0,52	0,67	
		Rezago→	-8	-9	-3	-6	-12	-6	-3	0,68	-1	-8	-7	-8	
9	La Española	Índice →	DMI	EMI	DMI	NTA	EMI	EMI	NTA	Nino 3	CAR	EA2	PNA	NPGO	
		Coef. R→	-0,68	-0,55	-0,5	0,47	-0,56	-0,47	0,41	-	0,4	0,42	0,5	0,61	
		Rezago→	-6	-2	-10	-10	-2	-7	-4	0,55	-12	-1	-1	-5	
10	CRQ	Índice →	ONI	ONI	ONI	QBO	WP	MEI	EA2	ONI	WeMO	EA/WR	Nino 4	Nino 1+2	
		Coef. R→	-0,8	-0,54	-0,48	-0,55	-0,4	-0,55	0,61	0,49	0,52	-0,44	-0,48	-0,42	
		Rezago→	0	-2	-3	-12	0	-2	0	-3	-3	-3	-3	0	
11	Navarco	Índice →	WeMO	BEST	NTA	NTA	STA	Nino	PDO	Nino	Nino	Nino 3	EMI	Nino 3	
		Coef. R→	0,6	-0,49	0,4	0,56	0,44	3,4	0,48	3	3,4	-0,43	-0,7	-0,72	

Cód	Nombre	Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
		Rezago→	-4	-5	-10	-9	-2	-0,46	-4	0,59	-0,47	-5	-6	-2	
								-1		-1	-1				
12	Apto El Eden	Índice →	Nino	Nino	EMI	NTA	PDO	ONI	EP/N	BEST	WeMO	Nino	Nino	BEST	
		Coef. R→	3,4	3,4	-0,48	0,39	-0,47	-0,5	-0,42	P	-	0,54	1+2	3,4	-0,6
		Rezago→	-0,59	-0,59	-8	-3	-4	-6	-8	0,67	0	-11	-0,45	-0,42	-1
			-1	-2								0			
13	Alambrado El-Alert	Índice →	PNA	Nino 4	SOI	NTA	DMI	ONI	EA2	MEI	NPGO	Nino	PNA	BEST	
		Coef. R→	0,36	-0,56	-0,47	0,6	0,48	-0,47	0,69	-	0,55	0,45	1+2	0,46	-0,66
		Rezago→	-8	-1	-8	0	-3	-1	-1	0,57	0	-7	-0,51	-6	0
												-4			
14	Corozal	Índice →	BEST	Nino 4	SCAND	Nino 4	NAO	NAO	Nino	BEST	Nino 4	Nino	Nino 3	BEST	
		Coef. R→	-0,6	-0,42	0,42	0,62	-0,47	-0,48	-0,52	3,4	-	-0,52	1+2	-0,55	-0,62
		Rezago→	-1	-3	-6	-11	-2	-2	-1	0,57	-1	-1	-0,54	-5	0
												-6			
15	Centro de la Guadua	Índice →	ONI	Nino 4	NAO	DMI	Nino 4	SOI	STA	STA	NPGO	CAR	Nino	WeMO	
		Coef. R→	-0,57	-0,46	0,39	0,46	-0,47	0,47	0,4	0,48	0,55	0,55	0,5	1+2	-0,48
		Rezago→	-1	0	-2	-3	-1	-5	-4	-2	-7	-7	-6	-4	-4
16	Pijao	Índice →	Nino 3	Nino 4	SCAND	CAR	EA/WR	MEI	AMOU	BEST	NPGO	EP/NP	PNA	Nino 3	
		Coef. R→	-0,54	-0,65	-0,41	0,48	-0,65	-0,43	0,42	0,65	-	0,51	-0,47	0,46	-0,53
		Rezago→	-1	-6	-11	-10	-8	-2	-3	0	0	-7	0	-8	-1
17	Camelia La	Índice →	DMI	Nino 4	WP	EA/WR	DMI	NAO	EA1	Nino	WeMO	BEST	AO	BEST	
		Coef. R→	-0,52	-0,59	-0,42	-0,57	0,5	-0,5	-0,55	4	-	0,68	-0,51	-0,6	-0,67
		Rezago→	-4	-5	-9	-7	-3	-2	-2	0,73	0	-11	-4	-6	0
18	Alcazar El	Índice →	MOIa	EMI	SCAND	NTA	QBO	NAO	EA2	ONI	WeMO	AO	AMOU	BEST	
		Coef. R→	-0,4	-0,42	0,56	0,47	0,43	-0,51	0,58	0,67	0,63	-0,58	0,51	-0,67	
		Rezago→	-10	-8	-3	-1	-12	-2	-5	-2	-11	-2	-7	0	
19	Cumbarco	Índice →	Nino	EMI	PNA	NTA	DMI	BEST	NTA	BEST	Nino	QBO	SCAND	MEI	
		Coef. R→	3,4	-0,54	-0,49	0,39	0,41	-0,56	0,52	-	-	1+2	-0,35	0,47	-0,65
		Rezago→	-0,58	-2	-3	-10	-9	-2	0	0,53	0,44	-9	-3	-4	-3
			0												
20	Italia La	Índice →	AMOU	SCAND	PNA	PNA	SCAND	EA1	EP/N	Nino	WP	EA/WR	WP	PNA	
		Coef. R→	0,42	0,54	0,44	0,54	0,57	-0,39	0,59	P	3,4	0,57	-0,68	0,57	0,44
		Rezago→	-12	-11	-9	-1	-1	-5	-9	0,43	0,43	-3	0	-5	-4
21	Barragan	Índice →	Nino	Nino	EA1	DMI	EA2	NPGO	EA2	Nino	Nino	Nino	PNA	Nino 4	
		Coef. R→	3,4	3,4	-0,52	0,45	0,51	0,51	0,51	0,53	4	3,4	1+2	-0,5	-0,57
		Rezago→	-0,52	-0,5	-6	-1	-4	0	-3	0,64	-	-0,47	-0,44	-11	-3
			0	-6						-1	-3	-5			

MAXIMAS CORRELACIONES ENTRE ÍNDICES MACROCLIMÁTICOS Y LA TEMPERATURA EN LA RED DE ESTACIONES DE INFLUENCIA EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO

Cód	Nombre	Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	Apto Matecana	Índice →	MEI	Nino 3	Nino 3	MEI	BEST	Nino	Nino	Nino	BEST	BEST	BEST	Nino 3
		Coef. R→	0,7	0,79	0,72	0,57	0,37	3,4	4	3	0,61	0,49	0,53	0,84
		Rezago→	-5	-1	-3	0	0	0,66	0,62	0,81	-1	0	-3	-5
12	Apto El Eden	Índice →	Nino	Nino	Nino	ONI	Nino	AMOs	AMOs	Nino	Nino	EMI	PDO	Nino
		Coef. R→	3,4	3,4	3,4	0,58	3,4	-0,54	-0,58	3,4	3,4	0,39	0,43	3,4
		Rezago→	0,8	0,83	0,62	-1	0,55	0	0	0,8	0,53	-8	-1	0,71
			-2	-2	-7	-2	-2	0	0	-2	0	-8	-1	-3
19	Cumbarco	Índice →	MEI	MEI	MEI	MEI	MEI	Nino	Nino	MEI	MEI	MEI	Nino 3	MEI
		Coef. R→	0,66	0,62	0,55	0,48	0,46	3	3	0,59	0,55	0,52	0,37	0,73
		Rezago→	-5	-1	-1	-7	-3	0,42	0,56	0	-2	-4	-1	-3
			-2	-1	-2	-1	0	-2	-1	0	-2	-4	-1	-3
21	Barragan	Índice →	Nino	Nino 4	Nino 3	AMOs	AMOu	AMOu	CAR	Nino	ONI	Nino 3	Nino	Nino
		Coef. R→	3,4	0,64	0,63	-0,57	0,56	0,43	0,52	1+2	0,43	0,5	3,4	3,4
		Rezago→	0,58	-3	-8	0	0	-2	0	0,43	-2	-1	0,56	0,67
			-2	-3	-8	0	0	-2	0	-2	-1	-2	-1	

Anexo 4. Módulos de consumo de agua del sector pecuario reportados para áreas cercanas o en la región del Quindío

Sistema productivo	Cantidad	Unidades	Fuente
Bovinos	0.001	l/s/Animal	CORPOCALDAS
Porcinos	0.0003	l/s/Animal	(2011)
Aves	0.00002	l/s/Animal	
Ovinos	0.0002	l/s/Animal	
Equinos	0.0005	l/s/Animal	
Bovinos (Estabulado)	80	l/día/Animal	CORNARE (2012)
Bovinos (Potrero)	60	l/día/Animal	
Porcinos (Cría)	61	l/día/Animal	
Porcinos (Ciclo completo)	22	l/día/Animal	
Porcinos (Cría - precebo)	19	l/día/Animal	
Porcinos (Precebo)	11	l/día/Animal	
Porcinos (Ceba)	17	l/día/Animal	
Aves (Engorde-Postura)	0.2	l/día/Ave	
Aves (Sacrificio)	10	l/Ave	
Caprinos (Estabulado)	12	l/día/Animal	
Caprinos (Producción de Leche)	15	l/día/Animal	
Equinos (Estabulado)	50	l/día/Animal	
Equinos (Estabulado)	40	l/día/Animal	
Bovino (Leche)	95	l/día/Animal	Loaiza y Osorio
Bovino (Doble propósito)	45	l/día/Animal	(2009)
Bovino (Ceba)	35	l/día/Animal	

Anexo 5. Poblaciones históricas por municipio de especies pecuarias de interés en el departamento del Quindío

Municipio	Bovinos								
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
ARMENIA	7500	7500	7500	6981	6692	5381	5124	5242	
BUENAVISTA	1488	1750	1750	1317	1649	1596	1436	1386	
CALARCA	9517	9517	11041	11158	10881	11267	10845	8877	
CIRCASIA	6670	8433	9635	9170	10204	9471	9508	8201	
CORDOBA	1810	1704	1791	1826	1915	1721	1816	1660	
FILANDIA	6287	6896	8058	7804	7982	7862	7818	6153	
GENOVA	5525	5273	5173	5113	4960	4353	4135	3638	
LA TEBAIDA	10498	10609	10209	10242	10171	8474	6921	5628	
MONTENEGRO	12762	13461	15042	15320	15667	12412	12353	10465	
PIJAO	5696	5696	5701	6081	5930	6111	5524	5470	
QUIMBAYA	9752	10288	10964	11535	11614	10192	10197	10149	
SALENTO	10944	10944	10944	10289	10426	11344	10725	10699	
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	4902	4885	5122	4708	4779	5282	5106	5413	5400
	1080	1019	913	601	765	592	605	775	887
	9194	9093	8289	7766	7942	7912	7864	7906	7514
	7642	8564	7953	7525	8005	8879	9841	9870	9512
	1617	1615	1711	1520	1732	1712	1549	1539	1425
	6911	7509	6694	5987	7046	7584	7358	7793	6269
	3528	3794	3710	3816	3763	3844	3704	4282	3435
	5960	6358	6236	5561	5446	5821	5524	5729	5865
	10542	11453	12306	10056	11134	10621	11692	11313	10956
	5014	5500	5482	5522	5486	5456	4946	5191	4749
	9223	8991	9453	10162	9443	10186	10908	10654	9461
	10378	10982	10508	10357	10829	10798	10313	11323	11341

Municipio	Porcinos			Aves			Ovinos		
	2014	2016	2017	2014	2016	2017	2014	2016	2017
ARMENIA	3641	4711	4785	1981433	2212700	2626100	4	62	74
BUENAVISTA	1946	1470	1138	256000	259600	38100	0	0	1
CALARCA	2690	8204	6871	990482	1037262	1233080	100	39	100
CIRCASIA	24060	30604	30155	809816	831635	1005666	3	44	23
CORDOBA	703	1057	512		1920	1920	40	24	40
FILANDIA	7201	10305	11407	423500	505787	546300	160	32	160
GENOVA	437	603	1350		6720	6720	51	3	51
LA TEBaida	1292	2451	2667	589700	470160	680160	30	0	30
MONTENEGRO	1180	1198	625	1171930	1527905	1651705	25	153	214
PIJAO	480	485	531	144000	149400	206400	20	26	145
QUIMBAYA	6400	7134	6394	1194345	1367715	1534120	300	185	300
SALENTO	2598	1918	2143	126000	182060	155060	14	10	26
Municipio	Caprinos			Equinos			Bufalinos		
	2014	2016	2017	2014	2016	2017	2014	2016	2017
ARMENIA	31	34	31	920	238	920	7	11	19
BUENAVISTA	6	2	6	90	29	90	0	0	0
CALARCA	100	24	150	850	241	850	10	55	72
CIRCASIA	10	46	40	860	366	860	1	4	93
CORDOBA	1	18	3	145	73	145	0	2	2
FILANDIA	60	205	60	400	228	400	0	2	0
GENOVA	20	16	20	370	361	370	0	0	0
LA TEBaida	60	8	60	600	167	600	71	3	25
MONTENEGRO	40	10	40	700	424	700	110	220	197
PIJAO	12	11	12	360	130	360	1	6	0
QUIMBAYA	250	71	250	900	511	900	90	78	100
SALENTO	10	10	10	800	355	800	1	2	1

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias, Quindío 2013–2014, 2014–2015, Inventarios Ganaderos FEDEGAN (2001–2015), Censo Nacional Pecuario 2016 y 2017 (ICA, 2017)

Anexo 6. Áreas cultivadas en hectáreas por tipo de cultivo para cada municipio del departamento según la Evaluación Agropecuaria del Quindío.

Cultivo	ARMENIA	BUENAVISTA	CALARCÁ	CIRCASIA	CÓRDOBA	FILANDIA	GÉNOVA	LA TEBAIDA	MONTENEGRO	PIJAO	QUIMBAYA	SALENTO
Frijol (sem a)	15	0	3	34	9	3	10	1.8	2.5	6	7.6	13
Frijol (sem b)	21	0	14	11	4.5	3	10	2.6	0	2	5.3	13
Maíz (sem a)	50	0	5	36	7	5	5	2.4	78.7	12	115.4	15
Maíz (sem b)	52.4	0	40	36	4	5	5	8.7	55	3	66.4	15
Tomate (sem a)	5.1	0	15	43	0	162	5	2.6	27	1	21.5	2
Tomate (sem b)	9.5	0	15	3.8	0	162	5	1	18	0	10	2
Café	2184. 2	1155. 6	4380. 3	2252. 1	1728. 8	2077. 7	4380. 2	581.2	1432. 9	3159. 8	3188.5	573. 6
Aguacate	430.5	13.1	185	51	27	297	26	173.7	659.1	239.9	293	183
Banano	135.7	134.3	148	26.5	143	28	113	296	351.3	155	380.8	110
Cacao	0	6	5	0	5.3	0	7	137.6	7	1	5	0
Caña	0	3	2.7	16	35	8	36	150	50	22	163	2
Cítricos	534.8	653.1	390	32	163.6	25	175.7	1781. 2	1534	1195.1	747.6	0
Granadilla	0	0	13	0	0	0	23	0	0	0	0	7.1
Lulo	0	0	15	4	0	27	10.5	15.7	0	0	21.6	37.5
Macadamia	4	7	200	0	0	1	0	0	28	0	0	0
Plátano	3883	1747	3685	870	1092	2301	1763	838.9	2536	2158	4772	665
Yuca	46.4	3	10	65	10	0	0	42.6	273.6	8	40.1	1
Piña	72	15	80	0	0	0	0	559	522.4	0	18.6	0
Maracuyá	8	0	0	0	0	0	0	64	0	0	0	0
Mora	0	4	11	0	40	0	24	0	0	0	0	19
Papaya	21	0	0	0	0	0	0	42.2	23.3	0	4.2	0
Aloe-vera	18	0	20	10	3.2	3	3.5	2	15.7	0	16.6	4
Tomate árbol	0	0	0	0	0	0	3	0	0	30	0	0

Pastos	2940	1062	3870	3760	3722	3870	9524	2247	14881	7886	4105.5 2	1495 0
--------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	------	-------------	-----------

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias del Quindío (2015)

Anexo 7. Descripción y resultados de monitoreo de calidad del agua en 130 sitios de muestreo en las unidades hidrográficas del departamento del Quindío

Corresponde a un anexo digital adjunto

Anexo 8. Memoria de cálculo ICA (7)

Corresponde a un anexo digital adjunto

Anexo 9. Memoria de cálculo IACAL

Corresponde a un anexo digital adjunto

Anexo 10. Fichas técnicas de los géneros de perifiton colectados en las cuencas abastecedoras del departamento del Quindío

Superphylum: Heterokonta

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Achnanthes

Familia: Achnantheae

Género: *Achnanthes*, Bory, 1927

Ubicación:

E3 04° 32' 21.2" N 75° 44' 27.2" W

E9 04° 24' 18.4" N 75° 43' 37.2" W

E12 04° 37' 33.6" N 75° 40' 34.8" W

E13 04° 22' 41.6" N 75° 40' 37.1" W

E16 04° 17' 53.0" N 75° 46' 31.8" W

E17 04° 13' 07.3" N 75° 46' 42.3" W

E19 04° 24' 57.2" N 75° 50' 22.8" W

E26 04° 20' 13.5" N 75° 42' 13.5" W

E34 04° 37' 03,0" N, 75° 36' 17,0" W

E38 04° 29' 58,3" N, 75° 34' 33,9" W

E39 04° 38' 12, 7" N, 75° 29' 01,8" W

Sustrato: Roca, tronco

Altura: 1045 - 2387 m

Aspectos ecológicos: Son diatomeas más bien pequeñas, unicelulares de menos de 40 micras de longitud. La célula se une al sustrato ya sea en el rafe directamente con la concha cóncava, o por medio de un vástago gelatinosa. (Baker et al., 2012).



Fuente: Autores (2018)

Superphylum: Heterokonta
Class: Bacillariophyceae
Subclass: Bacillariophycidae
Order: Thalassiophysales
Family: Catenulaceae
Genus: *Amphora*, Ehrenberg ex Kützing, 1844

Ubicación:

Ubicación:

E6 04° 21' 33.7" N 75° 43' 48.7" W
 E10 04° 37' 39.6" N 75° 40' 31.8" W
 E11 04° 37' 37.5" N 75° 38' 02.5" W
 E12 04° 37' 33.6" N 75° 40' 34.8" W
 E16 04° 17' 53.0" N 75° 46' 31.8" W
 E18 04° 12' 49.8" N 75° 47' 49.8" W
 E23 04° 34' 13.7" N 75° 45' 26.0" W
 E24 04° 34' 36.4" N 75° 51' 01.5" W
 E27 04° 18' 48.9" N 75° 43' 19.6" W
 E31 04° 38' 37,6" N, 75° 28' 46,4" W
 E32 04° 38' 16,4" N, 75° 31' 51,1" W
 E33 04° 27' 42,4" N, 75° 35' 39,4" W

Sustrato: Roca, tronco

Altura: 999 - 2426 m

Aspectos ecológicos: Las distribuciones de *Amphora* es la menos parcialmente explicada por variables ambientales. Las ánforas tienen mayor abundancia a altos niveles de pH y nutrientes (Kahlert & Gottschalk, 2014). Son epífitas sobre plantas, piedras y barro, se han encontrado sepas que son aparentemente tóxicas en Canadá, lo cual ha sido cuestionada (Sala et al., 1998).



Fuente: Autores (2018)

Superphylum: Heterokonta
Class: Bacillariophyceae
Order: Achnanthes
Family: Cocconeidaceae
Genus: *Cocconeis*, Ehrenberg, 1837

Ubicación:

E2 04° 33' 19.3" N 75° 40' 22.6" W
 E5 04° 21' 48.6" N 75° 47' 24.4" W
 E6 04° 21' 33.7" N 75° 43' 48.7" W
 E8 04° 24' 21.0" N 75° 43' 38.4" W
 E9 04° 24' 18.4" N 75° 43' 37.2" W
 E11 04° 37' 37.5" N 75° 38' 02.5" W
 E12 04° 37' 33.6" N 75° 40' 34.8" W
 E13 04° 22' 41.6" N 75° 40' 37.1" W
 E14 04° 24' 26.3" N 75° 40' 25.6" W
 E15 04° 11' 48.6" N 75° 47' 24.4" W
 E16 04° 17' 53.0" N 75° 46' 31.8" W
 E17 04° 13' 07.3" N 75° 46' 42.3" W
 E18 04° 12' 49.8" N 75° 47' 49.8" W
 E22 04° 37' 54.1" N 75° 44' 9.9" W
 E23 04° 34' 13.7" N 75° 45' 26.0" W
 E24 04° 34' 36.4" N 75° 51' 01.5" W
 E25 04° 17' 29.4" N 75° 44' 03.1" W
 E26 04° 20' 13.5" N 75° 42' 13.5" W
 E27 04° 18' 48.9" N 75° 43' 19.6" W
 E28 04° 37' 22.0" N 75° 21' 05.2" W
 E30 04° 37' 54.1" N 75° 44' 09.9" W
 E31 04° 38' 37,6" N, 75° 28' 46,4" W
 E33 04° 27' 42,4" N, 75° 35' 39,4" W
 E38 04° 29' 58,3" N, 75° 34' 33,9" W
 E40 04° 37' 22,9" N, 75° 34' 55,1" W

Sustrato: Roca, tronco

Altura: 980 - 2426 m

Aspectos ecológicos: Pueden ser epifitas en otras algas, así como sobre sustratos duros (por ejemplo, roca, arena) (Spaulding & Edlund, 2008).



Fuente: Autores (2018)

Phylum: Ochrophyta
Subphylum: Khakista
Clase: Bacillariophyceae
Subclase: Bacillariophycidae
Superorden: Bacillariophycanae
Orden: Cymbellales
Familia: Cymbellaceae
Genus: *Encyonema*, Kützing, 1834
Ubicación:

E2 04° 33' 19.3" N 75° 40' 22.6" W
 E5 04° 21' 48.6" N 75° 47' 24.4" W
 E6 04° 21' 33.7" N 75° 43' 48.7" W
 E8 04° 24' 21.0" N 75° 43' 38.4" W
 E9 04° 24' 18.4" N 75° 43' 37.2" W
 E11 04° 37' 37.5" N 75° 38' 02.5" W
 E12 04° 37' 33.6" N 75° 40' 34.8" W
 E15 04° 11' 48.6" N 75° 47' 24.4" W
 E16 04° 17' 53.0" N 75° 46' 31.8" W
 E17 04° 13' 07.3" N 75° 46' 42.3" W
 E18 04° 12' 49.8" N 75° 47' 49.8" W
 E22 04° 37' 54.1" N 75° 44' 9.9" W
 E23 04° 34' 13.7" N 75° 45' 26.0" W
 E24 04° 34' 36.4" N 75° 51' 01.5" W
 E25 04° 17' 29.4" N 75° 44' 03.1" W
 E26 04° 20' 13.5" N 75° 42' 13.5" W
 E27 04° 18' 48.9" N 75° 43' 19.6" W
 E28 04° 37' 22.0" N 75° 21' 05.2" W
 E30 04° 37' 54.1" N 75° 44' 09.9" W
 E31 04° 38' 37,6" N, 75° 28' 46,4" W
 E33 04° 27' 42,4" N, 75° 35' 39,4" W
 E38 04° 29' 58,3" N, 75° 34' 33,9" W
 E40 04° 37' 22,9" N, 75° 34' 55,1" W

Sustrato: Roca, tronco

Altura: 980 - 2426 m

Aspectos ecológicos: Se ha reportado en zonas de los ríos donde la velocidad de la corriente es baja y la luminosidad es alta (Hermany et al., 2006).



Fuente: Autores (2018)

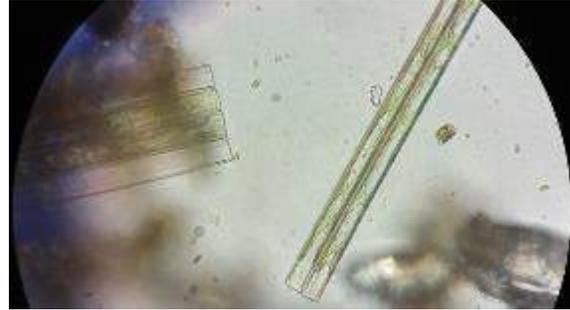
Phylum: Ochrophyta
Subphylum: Bacillariophytina
Clase: Bacillariophyceae
Subclase: Bacillariophycidae
Orden: Fragilariales
Suborden: Fragilariaceae
Familia: Fragilariaceae
Género: *Fragilaria*, Lyngbye, 1819
Ubicación:

E6 04° 21' 33.7" N 75° 43' 48.7" W
E7 04° 24' 13.8" N 75° 43' 31.0" W
E9 04° 24' 18.4" N 75° 43' 37.2" W
E14 04° 24' 26.3" N 75° 40' 25.6" W
E16 04° 17' 53.0" N 75° 46' 31.8" W
E22 04° 37' 54.1" N 75° 44' 9.9" W
E24 04° 34' 36.4" N 75° 51' 01.5" W
E28 04° 37' 22.0" N 75° 21' 05.2" W
E34 04° 37' 03,0" N, 75° 36' 17,0" W
E40 04° 37' 22,9" N, 75° 34' 55,1" W

Altura: 980 - 1561 m

Sustrato: Roca, tronco

Aspectos ecológicos: Se ha podido demostrar que *Fragilaria* posee una alta sensibilidad a variables ambientales impulsadas por el clima en los lagos de montaña, variables como: pH, la temperatura media del agua, la longitud de la capa de hielo y el carbono orgánico disuelto contribuyeron significativamente a explicar la variación en los ensamblajes de diatomeas como *Fragilaria* (Schmidt et al., 2004).



Fuente: Autores (2018)

Phylum: Bacillariophyta
Subphylum: Bacillariophytina
Clase: Bacillariophyceae
Subclase: Bacillariophycidae
Orden: Naviculales
Suborden: Neidiineae
Familia: Amphipleuraceae
Género: *Frustulia*, Rabenhorst, 1853
Ubicación:

E6 04° 21' 33.7" N 75° 43' 48.7" W
 E12 04° 37' 33.6" N 75° 40' 34.8" W
 E19 04° 24' 57.2" N 75° 50' 22.8" W
 E31 04° 38' 37.6" N, 75° 28' 46.4" W
 E32 04° 38' 16.4" N, 75° 31' 51.1" W

Sustrato: Roca, tronco

Altura: 1045 - 2426 m

Sustrato: Roca, tronco

Aspectos ecológicos: Abundante en aguas ácidas con baja conductividad (Baker et al., 2012). Válvula con distintas nervaduras longitudinales medianas formando una punta en los extremos de la válvula, rafe presente entre los nervios longitudinales, estrías finas, punteadas, formando filas transapicales y longitudinales (Spaulding & Edlund, 2008).



Fuente: Autores (2018)

Phylum: Bacillariophyta
Subphylum: Bacillariophytina
Clase: Bacillariophyceae
Subclase: Bacillariophycidae
Orden: Cymbellales
Familia: Gomphonemataceae
Género: *Gomphonema*, Ehrenberg, 1832

Ubicación:

E1 04° 32' 19.3" N 75° 44' 26.3" W
 E3 04° 32' 21.2" N 75° 44' 27.2" W
 E4 04° 21' 54.9" N 75° 46' 21.2" W
 E5 04° 21' 48.6" N 75° 47' 24.4" W
 E6 04° 21' 33.7" N 75° 43' 48.7" W



Fuente: Autores (2018)

E7 04° 24' 13.8" N 75° 43' 31.0" W
 E8 04° 24' 21.0" N 75° 43' 38.4" W
 E11 04° 37' 37.5" N 75° 38' 02.5" W
 E14 04° 24' 26.3" N 75° 40' 25.6" W
 E16 04° 17' 53.0" N 75° 46' 31.8" W
 E19 04° 24' 57.2" N 75° 50' 22.8" W
 E22 04° 37' 54.1" N 75° 44' 9.9" W
 E23 04° 34' 13.7" N 75° 45' 26.0" W
 E24 04° 34' 36.4" N 75° 51' 01.5" W
 E25 04° 17' 29.4" N 75° 44' 03.1" W
 E26 04° 20' 13.5" N 75° 42' 13.5" W
 E27 04° 18' 48.9" N 75° 43' 19.6" W
 E28 04° 37' 22.0" N 75° 21' 05.2" W
 E30 04° 37' 54.1" N 75° 44' 09.9" W
 E32 04° 38' 16,4" N, 75° 31' 51,1" W
 E33 04° 27' 42,4" N, 75° 35' 39,4" W
 E34 04° 37' 03,0" N, 75° 36' 17,0" W
 E38 04° 29' 58,3" N, 75° 34' 33,9" W
 E39 04° 38' 12, 7" N, 75° 29' 01,8" W
 E40 04° 37' 22,9" N, 75° 34' 55,1" W

Altura: 980 - 2387 m

Sustrato: Roca, tronco

Aspectos ecológicos: Algunas especies se encuentran en mayores abundancias en corrientes más húmicas (Kahlert & Gottschalk, 2014).

Phylum: Bacillariophyta

Subphylum: Bacillariophytina

Clase: Bacillariophyceae

Subclase: Bacillariophycidae

Orden: Naviculales

Familia: Pleurosigmataceae

Género: *Gyrosigma*, Hassall, 1845

Ubicación:

E5 04° 21' 48.6" N 75° 47' 24.4" W

E6 04° 21' 33.7" N 75° 43' 48.7" W

Sustrato: Tronco

Altura: 1124 - 1553 m

Aspectos ecológicos: *Gyrosigma* es característico de los hábitats epipelicos y endopelicos. El género está



ampliamente distribuido en aguas dulces, con algunas especies encontradas en aguas salobres (Spaulding & Edlund, 2008).

Fuente: Autores (2018)

Phylum: Bacillariophyta
Subphylum: Coscinodiscophytina
Clase: Coscinodiscophyceae
Subclase: Melosirophyceae
Orden: Melosirales
Familia: Melosiraceae
Género: *Melosira*, C.Agardh 1827

Ubicación:

E5 04° 21' 48.6" N 75° 47' 24.4" W
 E6 04° 21' 33.7" N 75° 43' 48.7" W
 E9 04° 24' 18.4" N 75° 43' 37.2" W
 E18 04° 12' 49.8" N 75° 47' 49.8" W
 E19 04° 24' 57.2" N 75° 50' 22.8" W
 E22 04° 37' 54.1" N 75° 44' 9.9" W
 E26 04° 20' 13.5" N 75° 42' 13.5" W
 E30 04° 37' 54.1" N 75° 44' 09.9" W
 E31 04° 38' 37,6" N, 75° 28' 46,4" W
 E32 04° 38' 16,4" N, 75° 31' 51,1" W
 E33 04° 27' 42,4" N, 75° 35' 39,4" W
 E34 04° 37' 03,0" N, 75° 36' 17,0" W

Altura: 1045 - 2426 m

Sustrato: Roca - Tronco

Aspectos ecológicos: *Melosira* contiene una pequeña cantidad de especies de agua dulce. *M. varians*, una de las especies más comunes del género, crece en hábitats bentónicos de arroyos y lagos eutróficos. (Spaulding & Edlund, 2008).



Fuente: Autores (2018)

Phylum: Bacillariophyta
Clase: Bacillariophyceae
Orden: Naviculales
Familia: Naviculaceae
Género: *Navicula*, Bory de Saint-Vincent, 1822

Ubicación:

E1	04° 32' 19.3" N 75° 44' 26.3" W
E2	04° 33' 19.3" N 75° 40' 22.6" W
E3	04° 32' 21.2" N 75° 44' 27.2" W
E4	04° 21' 54.9" N 75° 46' 21.2" W
E5	04° 21' 48.6" N 75° 47' 24.4" W
E6	04° 21' 33.7" N 75° 43' 48.7" W
E7	04° 24' 13.8" N 75° 43' 31.0" W
E8	04° 24' 21.0" N 75° 43' 38.4" W
E9	04° 24' 18.4" N 75° 43' 37.2" W
E10	04° 37' 39.6" N 75° 40' 31.8" W
E11	04° 37' 37.5" N 75° 38' 02.5" W
E12	04° 37' 33.6" N 75° 40' 34.8" W
E13	04° 22' 41.6" N 75° 40' 37.1" W
E14	04° 24' 26.3" N 75° 40' 25.6" W
E15	04° 11' 48.6" N 75° 47' 24.4" W
E16	04° 17' 53.0" N 75° 46' 31.8" W
E17	04° 13' 07.3" N 75° 46' 42.3" W
E18	04° 12' 49.8" N 75° 47' 49.8" W
E19	04° 24' 57.2" N 75° 50' 22.8" W
E22	04° 37' 54.1" N 75° 44' 9.9" W
E23	04° 34' 13.7" N 75° 45' 26.0" W
E24	04° 34' 36.4" N 75° 51' 01.5" W
E25	04° 17' 29.4" N 75° 44' 03.1" W
E26	04° 20' 13.5" N 75° 42' 13.5" W
E27	04° 18' 48.9" N 75° 43' 19.6" W
E28	04° 37' 22.0" N 75° 21' 05.2" W
E30	04° 37' 54.1" N 75° 44' 09.9" W
E31	04° 38' 37.6" N, 75° 28' 46.4" W
E32	04° 38' 16.4" N, 75° 31' 51.1" W
E33	04° 27' 42.4" N, 75° 35' 39.4" W
E34	04° 37' 03.0" N, 75° 36' 17.0" W
E38	04° 29' 58.3" N, 75° 34' 33.9" W
E39	04° 38' 12, 7" N, 75° 29' 01,8" W
E42	04° 30' 0,01 N, 75° 38' 46,0" W

Altura: 980 - 2426 m**Sustrato:** Roca, tronco

Aspectos ecológicos: Algunas especies del género son abundante a finales del invierno y principios de la primavera en los ríos circunneutrales con un enriquecimiento moderado de nutrientes en Europa (Kelly et al., 2009).

**Fuente:** Autores (2018)

Phylum: Ochrophyta
Subphylum: Chlorophytina
Clase: Bacillariophyceae
Orden: Naviculales
Familia: Neidiaceae
Género: *Neidium*, Pfitzer, 1871
Ubicación:

E1 04° 32' 19.3" N 75° 44' 26.3" W
E3 04° 32' 21.2" N 75° 44' 27.2" W
E4 04° 21' 54.9" N 75° 46' 21.2" W
E6 04° 21' 33.7" N 75° 43' 48.7" W
E7 04° 24' 13.8" N 75° 43' 31.0" W
E30 04° 37' 54.1" N 75° 44' 09.9" W
E31 04° 38' 37,6" N, 75° 28' 46,4" W
E32 04° 38' 16,4" N, 75° 31' 51,1" W
E39 04° 38' 12, 7" N, 75° 29' 01,8" W
E40 04° 37' 22,9" N, 75° 34' 55,1" W

Altura: 1117 - 2426 m

Sustrato: Roca, tronco

Aspectos ecológicos: *Neidium* rara vez es abundante en las colectas, pero el género está ampliamente distribuido. Las especies de *Neidium* a menudo crecen en aguas ligeramente ácidas (Spaulding & Edlund, 2008).



Fuente: Autores (2018)

Phylum: Bacillariophyta
Clase: Bacillariophyceae
Orden: Naviculales
Familia: Pinnulariaceae
Género: *Pinnularia*, Ehrenberg, 1843

Ubicación:

E1	04° 32' 19.3" N 75° 44' 26.3" W
E2	04° 33' 19.3" N 75° 40' 22.6" W
E3	04° 32' 21.2" N 75° 44' 27.2" W
E4	04° 21' 54.9" N 75° 46' 21.2" W
E5	04° 21' 48.6" N 75° 47' 24.4" W
E6	04° 21' 33.7" N 75° 43' 48.7" W
E7	04° 24' 13.8" N 75° 43' 31.0" W
E8	04° 24' 21.0" N 75° 43' 38.4" W
E9	04° 24' 18.4" N 75° 43' 37.2" W
E10	04° 37' 39.6" N 75° 40' 31.8" W
E11	04° 37' 37.5" N 75° 38' 02.5" W
E12	04° 37' 33.6" N 75° 40' 34.8" W
E13	04° 22' 41.6" N 75° 40' 37.1" W
E14	04° 24' 26.3" N 75° 40' 25.6" W
E15	04° 11' 48.6" N 75° 47' 24.4" W
E16	04° 17' 53.0" N 75° 46' 31.8" W
E17	04° 13' 07.3" N 75° 46' 42.3" W
E18	04° 12' 49.8" N 75° 47' 49.8" W
E19	04° 24' 57.2" N 75° 50' 22.8" W
E22	04° 37' 54.1" N 75° 44' 9.9" W
E23	04° 34' 13.7" N 75° 45' 26.0" W
E24	04° 34' 36.4" N 75° 51' 01.5" W
E25	04° 17' 29.4" N 75° 44' 03.1" W
E26	04° 20' 13.5" N 75° 42' 13.5" W
E27	04° 18' 48.9" N 75° 43' 19.6" W
E28	04° 37' 22.0" N 75° 21' 05.2" W
E30	04° 37' 54.1" N 75° 44' 09.9" W
E31	04° 38' 37.6" N, 75° 28' 46.4" W
E32	04° 38' 16.4" N, 75° 31' 51.1" W
E33	04° 27' 42.4" N, 75° 35' 39.4" W
E34	04° 37' 03.0" N, 75° 36' 17.0" W
E38	04° 29' 58.3" N, 75° 34' 33.9" W
E39	04° 38' 12, 7" N, 75° 29' 01,8" W
E40	04° 37' 22,9" N, 75° 34' 55,1" W

Sustrato: Roca, Tronco

Altura: 980 - 2426 m

Aspectos ecológicos: *Pinnularia* contiene un gran número de especies a menudo abundante en baja conductancia y aguas ligeramente ácidas (Spaulding & Edlund, 2008).



Fuente: Autores (2018)

Phylum: Bacillariophyta
Subphylum: Bacillariophytina
Clase: Bacillariophyceae
Subclase: Bacillariophycidae
Orden: Cymbellales
Familia: Rhoicospheniaceae
Género: *Rhoicosphenia*, Grunow,
 1860

Ubicación:

E1	04° 32' 19.3" N 75° 44' 26.3" W
E2	04° 33' 19.3" N 75° 40' 22.6" W
E4	04° 21' 54.9" N 75° 46' 21.2" W
E5	04° 21' 48.6" N 75° 47' 24.4" W
E6	04° 21' 33.7" N 75° 43' 48.7" W
E7	04° 24' 13.8" N 75° 43' 31.0" W
E8	04° 24' 21.0" N 75° 43' 38.4" W
E9	04° 24' 18.4" N 75° 43' 37.2" W
E10	04° 37' 39.6" N 75° 40' 31.8" W
E12	04° 37' 33.6" N 75° 40' 34.8" W
E13	04° 22' 41.6" N 75° 40' 37.1" W
E15	04° 11' 48.6" N 75° 47' 24.4" W
E16	04° 17' 53.0" N 75° 46' 31.8" W
E17	04° 13' 07.3" N 75° 46' 42.3" W
E18	04° 12' 49.8" N 75° 47' 49.8" W
E19	04° 24' 57.2" N 75° 50' 22.8" W
E23	04° 34' 13.7" N 75° 45' 26.0" W
E24	04° 34' 36.4" N 75° 51' 01.5" W
E25	04° 17' 29.4" N 75° 44' 03.1" W
E26	04° 20' 13.5" N 75° 42' 13.5" W
E27	04° 18' 48.9" N 75° 43' 19.6" W
E30	04° 37' 54.1" N 75° 44' 09.9" W
E31	04° 38' 37.6" N, 75° 28' 46.4" W
E32	04° 38' 16.4" N, 75° 31' 51.1" W
E33	04° 27' 42.4" N, 75° 35' 39.4" W
E38	04° 29' 58.3" N, 75° 34' 33.9" W
E39	04° 38' 12, 7" N, 75° 29' 01,8" W
E40	04° 37' 22,9" N, 75° 34' 55,1" W

Sustrato: Roca, tronco

Altura: 999 - 2426 m

Aspectos ecológicos: *Rhoicosphenia* es un epífito muy común de algas filamentosas (especialmente *Cladophora*) y común en el epilítón, particularmente en ríos eutróficos (Kelly et al., 2005).



Fuente: Autores (2018)

Phylum: Bacillariophyta
Subphylum: Bacillariophytina
Clase: Bacillariophyceae
Subclase: Fragilariophycidae
Orden: Fragilariales
Familia: Fragilariaceae
Género: *Synedra*, Ehrenberg, 1830

Ubicación:

E2 04° 33' 19.3" N 75° 40' 22.6" W
 E3 04° 32' 21.2" N 75° 44' 27.2" W
 E6 04° 21' 33.7" N 75° 43' 48.7" W
 E7 04° 24' 13.8" N 75° 43' 31.0" W
 E8 04° 24' 21.0" N 75° 43' 38.4" W
 E9 04° 24' 18.4" N 75° 43' 37.2" W
 E12 04° 37' 33.6" N 75° 40' 34.8" W
 E14 04° 24' 26.3" N 75° 40' 25.6" W
 E15 04° 11' 48.6" N 75° 47' 24.4" W
 E18 04° 12' 49.8" N 75° 47' 49.8" W
 E19 04° 24' 57.2" N 75° 50' 22.8" W
 E22 04° 37' 54.1" N 75° 44' 9.9" W
 E23 04° 34' 13.7" N 75° 45' 26.0" W
 E24 04° 34' 36.4" N 75° 51' 01.5" W
 E38 04° 29' 58.3" N, 75° 34' 33.9" W
 E40 04° 37' 22.9" N, 75° 34' 55.1" W

Sustrato: Roca, tronco**Altura:** 999 - 2387 m

Aspectos ecológicos: Género ampliamente extendido, común como una epífita en plantas acuáticas, donde forma colonias irradiadas, unidas por una almohadilla de mucílago en la base. También se encuentra en las rocas (Kelly et al., 2005).

**Fuente:** Autores (2018)

Phylum: Chlorophyta
Clase: Chlorophyceae
Orden: Volvocales
Familia: Chaetophoraceae
Género: *Chaetophora*, Schrank 1783

Ubicación:

E10 04° 37' 39.6" N 75° 40' 31.8" W

E19 04° 24' 57.2" N 75° 50' 22.8" W

E23 04° 34' 13.7" N 75° 45' 26.0" W

E26 04° 20' 13.5" N 75° 42' 13.5" W

Altura: 1501 - 1686 m**Sustrato:** Tronco, roca

Aspectos ecológicos: Especies como *Chaetophora incrassata* pueden proliferar en ambientes con bajas concentraciones de fósforo y nitrógeno (John et al., 2007)

**Fuente:** Autores (2018)

Phyllum: Charophyta
Clase: Zygnemophyceae
Orden: Desmidiales
Familia: Closteriaceae
Género: *Closterium*, Nitzsch ex Ralfs, 1848

Ubicación:

E14 04° 24' 26.3" N 75° 40' 25.6" W

E15 04° 11' 48.6" N 75° 47' 24.4" W

E27 04° 18' 48.9" N 75° 43' 19.6" W

Sustrato: Tronco**Altura:** 1522 - 1561 m

Aspectos ecológicos: Son alargadas y cilíndricas, unicelulares a menudo con forma semilunar compuesta de dos semicélulas simétricas individuales, los cloroplastos axiales con muchos pirenoides en cada semicélula. Las vacuolas muy visibles en los extremos de la célula con CaSO₄ (yeso) y con los cristales "bailando" entre las mismas (Guiry & Guiry 2017).

**Fuente:** Autores (2018)

Superphylum: Chlorophyta

Clase: Chlorophyceae

Orden: Chaetophorales

Familia: Chaetophoraceae

Género: *Stigeoclonium*, Kützing, 1843

Ubicación:

E31 04° 38' 37,6" N, 75° 28' 46,4" W

Altura: 2426 m

Sustrato: Tronco

Aspectos ecológicos:

Stigeoclonium es un género común de algas de agua dulce en aguas tranquilas y corrientes, a veces flotando libremente pero más a menudo adherido a otras plantas o superficies duras (John et al., 2002).



Fuente: Autores (2018)

Phylum: Cyanobacteria

Clase: Hormogoneae

Orden: Chroococcales

Familia: Chroococcaceae

Género: *Chroococcus*, Nägeli, 1849

Ubicación:

E1 04° 32' 19,3" N 75° 44' 26,3" W

E2 04° 33' 19,3" N 75° 40' 22,6" W

E13 04° 22' 41,6" N 75° 40' 37,1" W

E15 04° 11' 48,6" N 75° 47' 24,4" W

E31 04° 38' 37,6" N, 75° 28' 46,4" W

E32 04° 38' 16,4" N, 75° 31' 51,1" W

E38 04° 29' 58,3" N, 75° 34' 33,9" W

Sustrato: Roca, Tronco

Altura: 1250 - 2387 m

Aspectos ecológicos: No tienen heterocistes y, por lo tanto, son incapaces de fijar nitrógeno (Llimona et al., 1985).



Fuente: Autores (2018)

Phylum: Cyanobacteria
Clase: Cyanophyceae
Orden: Chroococcales
Familia: Microcystaceae
Género: *Microcystis*, Kützing, 1846

Ubicación:

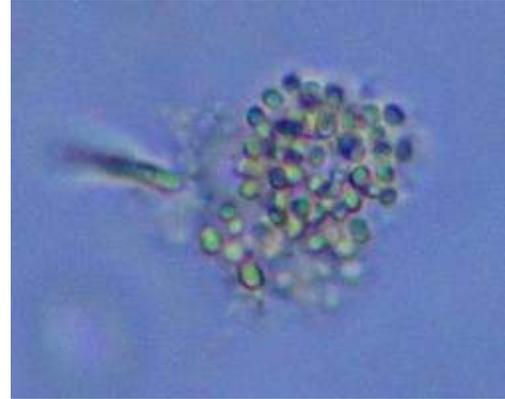
E12 04° 37' 33.6" N 75° 40' 34.8" W

E15 04° 11' 48.6" N 75° 47' 24.4" W

Altura: 1511 - 1541 m

Sustrato: Tronco, roca

Aspectos ecológicos: Tienden a formar grandes colonias en cuerpos de agua dulce cuando las condiciones son apropiadas. Debido a su dominancia sobre la comunidad de algas y un crecimiento acelerado cuando el cuerpo de agua presenta una cantidad de nutrientes elevada también puede ser utilizado como indicador de aguas contaminadas o ricas en nutrientes (Guiry & Guiry 2017).



Fuente: Autores (2018)

Phylum: Rotifera
Clase: Eurotatoria
Orden: Ploima
Familia: Lepadellidae
Género: *Colurella*, Bory de Saint-Vincent, 18244

Ubicación:

E32 04° 38' 16,4" N, 75° 31' 51,1" W

Altura: 1718 m

Sustrato: Roca

Aspectos ecológicos: Especies como *Colurella adriática* ha sido reportada en lagos de alta salinidad y pH altamente alcalinos (Echaniz et al., 2005)



Fuente: Autores (2018)

Phylum: Ciliophora
Clase: Oligohymenophorea
Orden: Parameciidae
Familia: Parameciidae
Género: *Paramecium*, Müller, 1773
Ubicación:
 E3 04° 32' 21.2" N 75° 44' 27.2" W
Altura: 1248 m
Sustrato: Tronco
Aspectos ecológicos: la presencia de *Paramecium* es probablemente asociado la disponibilidad de alimentos (bacterias) asociada con el oxígeno disuelto y las altas temperaturas (Gomes &.Godinho. 2003)



Fuente: Autores (2018)

Phylum: Chlorophyta
Subphylum: Chlorophytina
Clase: Trebouxiophyceae
Orden: Chlorellales
Familia: Oocystaceae
Género: *Oocystis*, Nägeli ex A.Braun, 1855
Ubicación:
 E1 04° 32' 19.3" N 75° 44' 26.3" W
 E2 04° 33' 19.3" N 75° 40' 22.6" W
 E3 04° 32' 21.2" N 75° 44' 27.2" W
 E8 04° 24' 21.0" N 75° 43' 38.4" W
 E9 04° 24' 18.4" N 75° 43' 37.2" W
 E10 04° 37' 39.6" N 75° 40' 31.8" W
 E12 04° 37' 33.6" N 75° 40' 34.8" W
 E13 04° 22' 41.6" N 75° 40' 37.1" W
 E15 04° 11' 48.6" N 75° 47' 24.4" W
 E16 04° 17' 53.0" N 75° 46' 31.8" W
 E17 04° 13' 07.3" N 75° 46' 42.3" W
 E18 04° 12' 49.8" N 75° 47' 49.8" W
 E19 04° 24' 57.2" N 75° 50' 22.8" W
 E23 04° 34' 13.7" N 75° 45' 26.0" W
 E25 04° 17' 29.4" N 75° 44' 03.1" W
 E28 04° 37' 22.0" N 75° 21' 05.2" W
 E32 04° 38' 16.4" N, 75° 31' 51.1" W
 E33 04° 27' 42.4" N, 75° 35' 39.4" W



Fuente: Autores (2018)

E38 04° 29' 58,3" N, 75° 34' 33,9" W

E40 04° 37' 22,9" N, 75° 34' 55,1" W

Altura: 980 - 2387 m

Sustrato: Roca, tronco

Aspectos ecológicos: Es un género cosmopolita estudiado por ser parasitado por hongos de la especie *Chytridium deltanum* (Masters, 1971).

Phylum: Charophyta

Clase: Zygnematophyceae

Orden: Desmidiiales

Familia: Peniaceae

Género: *Penium*, Ralfs, 1848

Ubicación:

E3 04° 32' 21.2" N 75° 44' 27.2" W

E19 04° 24' 57.2" N 75° 50' 22.8" W

Altura: 1248 - 1045 m

Sustrato: Tronco

Aspectos ecológicos: Algunas especies del género son indicadoras de eutrofización en los cuerpos de agua (Schneider & Lindstrøm, 2011).



Fuente: Autores (2018)

Anexo 11. Fichas técnicas de los géneros de macroinvertebrados acuáticos colectados en las cuencas abastecedoras del departamento del Quindío.

<p>Orden: Ephemeroptera Familia: Baetidae Género: <i>Americabaetis</i> Estación: E1, E6, E7, E8, E13, E14, E15, E17, E19, E20, E21, E22, E23, E26, E27. Altura: 1250 msnm, 1553, 1162, 1167, 1561, 1749, 1368, 1541, 1045, 1066, 1061, 1064, 1263, 1686, 1522. Aspectos ecológicos: Son abundantes en el sustrato roca, ya que poseen adaptaciones morfológicas para resistir la presión hidráulica tales como patas robustas y uñas con numerosos denticulos.</p>	
<p>Orden: Plecoptera Familia: Perlidae Género: <i>Anacroneuria</i> Estación: E28, E13, E14, E15, E17, E20, E21, E23, E24, E28, E3, E5, E7. Altura: 980 msnm, 1561, 1749, 1368, 1541, 1066, 1061, 1263, 999, 980, 1461, 1117, 1162 Aspectos ecológicos: Las ninfas viven en ambientes lóticos de aguas rápidas, frías, turbulentas y altamente oxigenadas (Romero, 2001). Son bioindicadores de aguas con una alta calidad biológica (Roldán, 1992). Se encuentran debajo de piedras, troncos, ramas y hojas (Roldán, 1988).</p>	

<p>Orden: Coleóptera Familia: Ptilodactylidae Género: <i>Anchytarsus</i> Estación: E13, E14, E17, E28, E8 Altura: 1561 msnm, 1749, 1541, 980, 1167. Aspectos ecológicos: Los adultos son terrestres y algunas larvas son acuáticas (Archangelsky, 2001). No obstante los adultos, los cuales son terrestres, generalmente se encuentran en márgenes de arroyos, sobre plantas herbáceas. (Roldan, 1988). Generalmente son herbívoras o detritívoras (Roldan, 1988).</p>	
<p>Orden: Trichoptera Familia: Leptoceridae Género: <i>Atanatolica</i>. Estación: E1, E10, E14, E15, E17, E18, E20, E21, E23, E24, E26, E27, E3, E5, E6, E7, E8 Altura: 1250 msnm, 1590, 1749, 1368, 1541, 1202, 1066, 1061, 1064, 1263, 999, 1686, 1522, 1461, 1117, 1553, 1162, 1167 Aspectos ecológicos: Son larvas detritívoras o depredadoras y viven en aguas lentas o en las áreas de los ríos de menor corriente. Generalmente viven cerca del sustrato, aunque algunas larvas pueden nadar moviendo sus patas metatorácicas como remos (Holzenthal, 1994).</p>	

<p>Orden: Trichoptera Familia: Hydrobiosidae Género: <i>Atopsyche</i> Estación: E13, E14, E17, E22, E23, E24, E27, E28, E6, E7, E8 Altura: 1561 msnm, 1749, 1541, 1064, 1263, 999, 1522, 980, 1553, 1162, 1167 Aspectos ecológicos: La mayoría de los individuos de esta familia se les encuentra sobre piedras en corrientes de agua fría de las montañas; sólo unas pocas habitan en ríos de tierras bajas. Se sabe que algunas especies habitan densas masas de plantas entrelazadas que se desarrollan sobre piedras dentro de las corrientes de agua (Holzenthal, 1994).</p>	
<p>Orden: Coleóptera Familia: Elmidae Género: <i>Austrolimnius</i> Estación: E30 Altura: 1377 msnm Aspectos ecológicos: Son importantes constituyentes de la comunidad bentónica de ríos y arroyos de todo el mundo. Son típicos de ambientes lóticos, de elevada velocidad de corriente y aguas bien oxigenadas. Tanto las larvas como los adultos se encuentran adheridos a diferentes sustratos, principalmente en ríos y arroyos (Roldan, 1988).</p>	

<p>Orden: Ephemeroptera Familia: Baetidae Género: <i>Baetodes</i> Estación: E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E13, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22, E23, E24, E25, E26, E27, E28 Altura: 1461 msnm, 1124, 1117, 1553, 1162, 1167, 1153, 1590, 1511, 1501, 1561, 1749, 1368, 1476, 1541, 1202, 1045, 1066, 1061, 1064, 1263, 999, 1419, 1686, 1522, 980 Aspectos ecológicos: Las ninfas viven generalmente en aguas lóxicas bien oxigenadas debajo de troncos, rocas, hojas, adheridos a vegetación sumergida y en fondos arenosos. Indicadores de aguas limpias o ligeramente contaminadas (Roldán, 1988).</p>	
<p>Orden: Odonata Familia: Libellulidae Género: <i>Brechmorhoga</i> Estación: E10, E23, E25, E27, E6, E7 Altura: 1590 msnm, 1263, 999, 1419, 1686, 1522, 1553, 1162 Aspectos ecológicos: Todas son ninfas acuáticas, pueden habitar desde aguas con corrientes fuertes a quietas y poco profundas, se pueden encontrar en la vegetación sumergida, fondos de arena, lodo y grava; soportan condiciones extremas de altas temperaturas y aguas eutrofizadas (Roldán, 1988).</p>	 <p>© M. Zumbado</p>

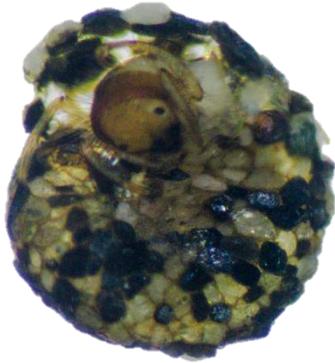
<p>Orden: Ephemeroptera Familia: Baetidae Género: <i>Camelobaetidius</i>. Estación: E10, E12, E15, E19, E20, E21, E22, E24, E26, E5, E6 Altura: 1590 msnm, 1501, 1368, 1045, 1066, 1061, 1064, 999, 1686, 1117, 1553 Aspectos ecológicos: Las ninfas viven generalmente en aguas lólicas bien oxigenadas debajo de troncos, rocas, hojas, adheridos a vegetación sumergida y en fondos arenosos. Indicadores de aguas limpias o ligeramente contaminadas (Roldán, 1988).</p>	
<p>Orden: Díptera Familia: Empididae Género: <i>Chelifera</i> Estación: E32 Altura: 2028 msnm Aspectos ecológicos: Sus estadios inmaduros se encuentran en el suelo y material vegetal en descomposición. Las larvas como los adultos suelen ser depredadores, son acuáticas e higropetrícolas (Smith, 1989).</p>	
<p>Orden: Trichoptera Familia: Philopotamidae Género: <i>Chimarra</i> Estación: E5 Altura: 1117 msnm. Aspectos ecológicos: Prefiere hábitats con poca corriente o remansos (Guevara 2004). pertenece al grupo colector-filtrador, indicado a partir de su perfil alimentario, dominado por materia orgánica particulada fina y de la morfología de su aparato bucal, apta para filtrar partículas a través de la</p>	

<p>membrana del labro (Wiggins 2004)</p>	
<p>Orden: Díptera Familia: Chironomidae Género: <i>Chironominae sp</i> Estación: E1, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E13, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22, E23, E24, E25, E26, E27, E28 Altura: 1250 msnm, 1461, 1124, 1117, 1553, 1162, 1167, 1153, 1590, 1511, 1501, 1561, 1749, 1368, 1476, 1541, 1202, 1045, 1066, 1061, 1064, 1263, 999, 1419, 1686, 1522, 980 Aspectos ecológicos: Se encuentra en charcas, estanques y receptáculos de plantas. Las larvas pueden ser bioindicadoras, herbívoras, detritívoras, y predadoras (González y Carrejo, 1992).</p>	
<p>Orden: Diptera Familia: Psychodidae Género: <i>Clogmia</i> Estación: E15, E2 Altura: 1368 msnm, 1248 Aspectos ecológicos: Habitan aguas lénticas contaminadas y materia orgánica en descomposición, mientras que otros género como Maruina se encuentran en ecosistemas lóticos, corrientes oxigenados (Roldán, 1984). Las especies acuáticas se encuentran en receptáculos de plantas, pantanos o en el borde de aguas dulces donde el suelo esta húmedo y es</p>	

<p>ocasionalmente sumergido (Duckhouse, 1981 citado por González y Carrejo, 1992).</p>	
<p>Orden: Odonata Familia: Polythoridae Género: <i>Cora</i> Estación: E13, E17, Altura: 1561 msnm, 1541 Aspectos ecológicos: Las larvas se caracterizan por tener la cabeza ancha y sus tres agallas caudales son lobuladas con proyecciones digitiformes, poseen branquias abdominales laterales. Se encuentran agarradas de rocas y otros soportes en áreas de corriente rápida de ríos y arroyos sombreados o en humedales con agua corriente en la espesura de la selva.</p>	 <p>Fuente: piraguacorantioquia.com.co</p>
<p>Orden: Megaloptera Familia: Corydalidae Género: <i>Corydalus</i> Estación: E10, E14, E21, E24, E28, E5, E6 Altura: 1590 msnm, 1749, 1061, 999, 980, 1117, 1553 Aspectos ecológicos: Viven en aguas de corrientes limpias, debajo de troncos, piedras y vegetación sumergida, se les ha catalogado como grandes depredadores. Se alimentan de una amplia variedad de pequeños animales acuáticos incluyendo larvas otros insectos (Romero, 2001).</p>	

<p>Orden: Hemiptera Familia: Notonectidae Género: <i>Cryphocricos</i> Estación: E10 Altura: 1768 msnm Aspectos Ecológicos: Se encuentra normalmente en sistemas lenticos y loticos en la zona del litoral con hidrófitas vasculares. Son organismos intolerantes a la contaminación orgánica.</p>	 <p>© M. Zumbado</p>
<p>Orden: Trichoptera Familia: Glossosomatidae Género: <i>Culoptila</i> Estación: E10, E15, E20, E21, E24, E25, E27, E3, E6, E8 Altura: 1590 msnm, 1368, 1066, 1061, 999, 1419, 1522, 1461, 1553, 1167. Aspectos ecológicos: El tipo de construcción no permite el agrandamiento a medida que crece la larva, por lo que en cada estadio deben construir uno nuevo. Antes de empupar, la larva corta y elimina la brida ventral de su capullo y fija los bordes de la bóveda al sustrato; dentro de este, teje un refugio de seda, totalmente cerrado en el que empupan (Angrisano, 1998).</p>	
<p>Orden: Coleoptera Familia: Elmidae Género: <i>Cylloepus</i> Estación: E10, E11, E13, E14, E15, E16, E17, E27, E30, E4, E6. Altura: 1768 msnm, 1480, 1525, 1746, 1359, 1715, 1540, 1502, 1377, 1079, 1555 Aspectos Ecológicos: Presente en</p>	 <p>©Monte, Cinzia & Mascagni, Alessandro, 2016</p>

<p>sistemas lóticos entre rocas y en aguas bien oxigenadas. Son organismos intolerantes a la contaminación orgánica.</p>	
<p>Orden: Coleoptera Familia: Limnichidae Género: <i>Eulimnichus</i> Estación: E10 Altura: 1768 msnm Aspectos Ecológicos: Organismos semiacuáticos y se encuentran en la interfase aire-agua de sistemas lóticos, lóticos y manglares (Spangler, 1982). Tienen hábitos béntónicos pero sus requerimientos ambientales son poco conocidos.</p>	 <p>© 2012 Jerry Wilson</p>
<p>Orden: Tricladida Familia: Planariidae Género: <i>Girardia</i> Estación: E1, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E13, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22, E23, E24, E25, E26, E27, E28 Altura: 1250 msnm, 1461, 1124, 1117, 1553, 1162, 1167, 1153, 1590, 1511, 1501, 1561, 1749, 1368, 1476, 1541, 1202, 1045, 1066, 1061, 1064, 1263, 999, 1419, 1686, 1522, 980 Aspectos ecológicos: Viven en aguas poco profundas, tanto corrientosas como estancadas, debajo de piedras, troncos, ramas, hojas y sustratos similares, en ambientes acuáticos bien oxigenados, pero algunas especies pueden resistir cierto grado de contaminación, son fuente de alimento para ninfas de odonatos y otros insectos acuáticos (Roldán</p>	

1996).	
<p>Orden: Ephemeroptera Familia: Leptohiphidae Género: <i>Haplohyphes</i> Estación: E31, E38, E39 Altura: 2457 msnm, 2439, 2384 Aspectos ecológicos: Esta familia habita ambientes de aguas frías y cálidas. Se encuentra asociada a hojarasca, sobre troncos, piedras y en fondos lodosos o arenosos. Es excavadora, filtradora y la mayoría se alimenta de algas (Zúñiga y Rojas, 1995).</p>	
<p>Orden: Trichoptera Familia: Helicopsychidae Género: <i>Helicopsyche</i> Estación: E21, E23, E28 Altura: 1061 msnm, 1263, 980 Aspectos ecológicos: Las larvas suelen encontrarse en aguas con corriente de todo tipo y son muy tolerantes a aguas de altas temperaturas. Se alimentan raspando algas y detritus de la parte superior de las piedras (Holzenthal, 1994; Margalef, 1983).</p>	

<p>Orden: Rhynchobdellida Familia: Glossiphoniidae Género: <i>Helobdella</i> Estación: E11, E2, E24, E7 Altura: 1511 msnm, 1248, 999, 1162 Aspectos ecológicos: Considerados típicamente depredadores que se han encontrado en lagos con gran disponibilidad de materia orgánica y restos vegetales registran predominancia de hábitos detritívoros e incluso carroñeros (Sket & Trontelj,2008)</p>	 <p>©CBG Photography Group</p>
<p>Orden: Díptera Familia: Empididae Género: <i>Hemerodromia</i> Estación: E25 Altura: 1419 msnm Aspectos ecológicos: Sus estadios inmaduros se encuentran en el suelo y material vegetal en descomposición. Las larvas como los adultos suelen ser depredadores, son acuáticas e higropetrícolas (Smith, 1989).</p>	
<p>Orden: Odonata Familia: Calopterygidae Género: <i>Hetaerina</i> Estación: E25, E27, E5, E7, E8 Altura: 1419 msnm, 1522, 1117, 1162, 1167 Aspectos ecológicos: Son ninfas acuáticas en sistemas lóticos, se encuentran sobre la vegetación sumergida, desechos de plantas y rocas; trepan a las raíces de las plantas por medio de sus largas patas. Son indicadores de aguas oligomesotróficas (Roldán, 1988)</p>	

<p>Orden: Coleóptera Familia: Elmidae Género: <i>Heterelmis</i> Estación: E10, E11, E13, E14, E15, E17, E18, E22, E23, E25, E26, E27, E30, E35, E4, E5, E6, E7, E9 Altura: 1768 msnm, 1480, 1525, 1746, 1359, 1540, 1200, 1057, 1247, 1427, 1664, 1502, 1377, 1499, 1079, 1091, 1555, 1148, 1133</p> <p>Aspectos ecológicos: Esta familia es acuática; aunque los adultos de algunas especies se han encontrado fuera del agua (McCafferty, 1981). Tanto las larvas como los adultos se encuentran adheridos a diferentes sustratos, principalmente en ríos y arroyos (Roldan, 1988).</p>	
<p>Orden: Coleoptera Familia: Elmidae Género: <i>Hexacylloepus</i> Estación: E33, E39 Altura: 1694 msnm, 2384</p> <p>Aspectos ecológicos: Son importantes constituyentes de la comunidad bentónica de ríos y arroyos de todo el mundo. Son típicos de ambientes lóticos, de elevada velocidad de corriente y aguas bien oxigenadas. Tanto las larvas como los adultos se encuentran adheridos a diferentes sustratos, principalmente en ríos y arroyos (Roldan, 1988).</p>	

<p>Orden: Díptera Familia: Tipulidae Género: <i>Hexatoma</i> Estación: E17, E31 Altura: 1540 msnm, 2457 Aspectos ecológicos: Se encuentran en ecosistemas loticos y lenticos, entre fango y materia orgánica en descomposición (Roldan, 1994). El hábitat acuático más común de los Tipulidae es el lodo, fango y fragmentos orgánicos en las márgenes de arroyos, charcos, pantanos, los cojines de algas o briofitas, márgenes arenosos de arroyos poco profundos (Byers, 1981, citado por González y Carrejo, 1992).</p>	
<p>Orden: Coleóptera Familia: Elmidae Género: <i>Huleechius</i>. Estación: E10, E15, E30 Alturas: 1768 msnm, 1359, 1377 Aspectos ecológicos: Esta familia es acuática; aunque los adultos de algunas especies se han encontrado fuera del agua (McCafferty, 1981). Tanto las larvas como los adultos se encuentran adheridos a diferentes sustratos, principalmente en ríos y arroyos (Roldan, 1988), entre los cuales se encuentran troncos y hojas en descomposición, grava, piedras, arena y vegetación sumergente y emergente.</p>	

<p>Orden: Amphipoda Familia: Hyallellidae Género: <i>Hyallella</i> Estación: E38 Altura: 2439 msnm Aspectos ecológicos: Viven en aguas corrientes y remansos de quebradas, se encuentran asociados a materia orgánica en descomposición, donde forman densas poblaciones (Roldán, 2003). Algunas especies son detritívoras y depredadoras de zooplancton y larvas de quironómidos (Peralta, 2001).</p>	
<p>Orden: Neotaenioglossa Familia: Hydrobiidae Género: <i>Hydrobiidae sp</i> Estación: E12, E21, E8 Altura: 1501 msnm, 1061, 1167. Aspectos ecológicos: Se establecen en zonas fangosas, arenosas y con preferencia de zonas rocosas. Concha de 5 - 6 mm de altura con 6 o 7 vueltas de espira, poco abombadas, de forma cónica alargada y con el ápice redondeado.</p>	
<p>Orden: Trichoptera Familia: Hydroptilidae Género: <i>Hydroptila</i> Estación: E31 Altura: 2457 Aspectos ecológicos: Organismos cosmopolitas normalmente asociados con la categoría trófica de colector-recolector. Sin embargo algunos autores como Wiggins & Mackay (1978) y Wiggins (1996) lo proponen como el grupo funcional de los trituradores.</p>	

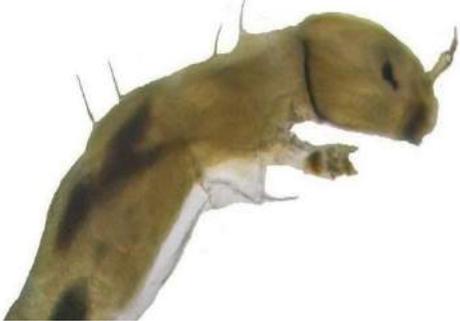
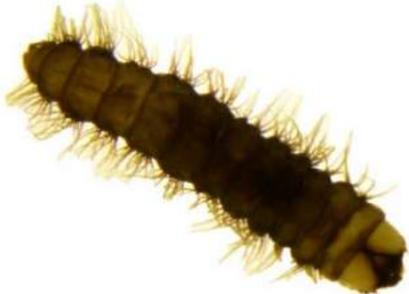
<p>Orden: Ephemeroptera Familia: Leptohiphidae Género: <i>Leptohyphes</i> Estación: E1, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E13, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22, E23, E24, E25, E26, E27, E28 Altura: 1250 msnm, 1461, 1124, 1117, 1553, 1162, 1167, 1153, 1590, 1511, 1501, 1561, 1749, 1368, 1476, 1541, 1202, 1045, 1066, 1061, 1064, 1263, 999, 1419, 1686, 1522, 980 Aspectos ecológicos: Esta familia habita ambientes de aguas frías y cálidas. Se encuentra asociada a hojarasca, sobre troncos, piedras y en fondos lodosos o arenosos. Es excavadora, filtradora y la mayoría se alimenta de algas (Zúñiga y Rojas, 1995).</p>	
<p>Orden: Trichoptera Familia: Hydropsychidae Género: <i>Leptonema</i> Estación: E1, Q13, Q14, Q15, Q17, E21, E23, E28, E5, Q6, Q7, Q8, Q9 Altura: 1250 msnm, 1561, 1749, 1368, 1541, 1061, 1263, 980, 1117, 1553, 1162, 1167, 1153 Aspectos ecológicos: Estas larvas hilan una red de captura de seda en la abertura del refugio. Algunas construyen sus refugios y redes arriba del nivel del agua, sobre la superficie del agua y sobre las piedras, en la zona de corriente rápida.</p>	

<p>Orden: Tubificida Familia: Naididae Género: <i>Limnodrilus</i> Estación: E1, E10, E11, E14, E19, E2, E22, E3, E6 Altura: 1229 msnm, 1768, 1480, 1746 1034, 1229, 1057, 1467, 1555</p> <p>Aspectos ecológicos: Normalmente se encuentran en aguas tranquilas, sin embargo pueden tolerar aguas turbulentas</p>	 <p>© JungHo, Park</p>
<p>Orden: Díptera Familia: Blephariceridae Género: <i>Limonicola</i> Estación: E22 Altura: 1064 msnm Aspectos ecológicos: Los estados preimaginales viven en o cerca de aguas torrenciales, en este ambiente forman grupos en las porciones de los arroyos, donde el agua corre más fuerte. Las larvas se adhieren a la superficie lisa de las rocas ayudadas por ventosas ventrales que les permiten desplazarse, las pupas se fijan permanentemente al sustrato hasta la emergencia del adulto (Hogue, 1981, citado por González y Carrejo, 1992).</p>	
<p>Orden: Coleóptera Familia: Elmidae Género: <i>Macrelmis</i> Estación: E1, E21 Altura: 1250 msnm, 1061 Aspectos ecológicos: Esta familia es acuática; aunque los adultos de algunas especies se han encontrado fuera del agua (McCafferty, 1981). Tanto las larvas como los adultos se encuentran adheridos a diferentes sustratos,</p>	

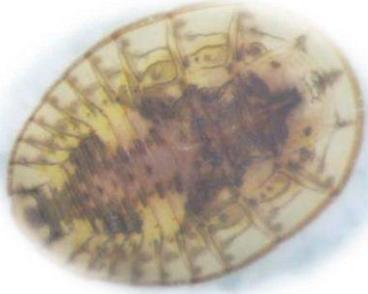
<p>principalmente en ríos y arroyos (Roldan, 1988).</p>	
<p>Orden: Díptera Familia: Psychodidae Género: <i>Maruina</i> Estación: E14 Altura: 1749 msnm Aspectos ecológicos: Habitan aguas lénticas contaminadas y materia orgánica en descomposición, mientras que otros género como <i>Maruina</i> se encuentran en ecosistemas lóticos, correntosos oxigenados (Roldán, 1984). Las especies acuáticas se encuentran en receptáculos de plantas, pantanos o en el borde de aguas dulces donde el suelo esta húmedo y es ocasionalmente sumergido (Duckhouse, 1981 citado por González y Carrejo, 1992).</p>	
<p>Orden: Neotaenioglossa Familia: Thiaridae Género: <i>Melanooides</i> Estación: E6, E26, E27 Altura: 1553 msnm, 1686, 1522 Aspectos ecológicos: Distribuido en regiones tropicales y subtropicales del mundo (Lo y Lee, 1996; Facon et al., 2003; Pointier et al., 2003); señalado como hospedador de digeneos de importancia ecológica y epidemiológica (Gold y Lengy, 1974), algunos factores limitantes de la distribución del caracol en los ambientes lóticos son la velocidad de la corriente de agua y la cantidad de materia orgánica.</p>	

<p>Orden: Coleóptera Familia: Elmidae Género: <i>Microcyloepus</i> Estación: E14, E23, E3, E7 Altura: 1746 msnm, 1247, 1467, 1148 Aspectos ecológicos: Esta familia es acuática; aunque los adultos de algunas especies se han encontrado fuera del agua (McCafferty, 1981). Tanto las larvas como los adultos se encuentran adheridos a diferentes sustratos, principalmente en ríos y arroyos (Roldan, 1988).</p>	
<p>Orden: Díptera Familia: Tipulidae Género: <i>Molophilus</i> Estación: E21, E22, E5 Altura: 1061 msnm, 1064, 1117 Aspectos ecológicos: Se encuentran en ecosistemas loticos y lenticos, entre fango y materia orgánica en descomposición (Roldan, 1994). El hábitat acuático más común de los Tipulidae es el lodo, fango y fragmentos orgánicos en las márgenes de arroyos, charcos, pantanos, los cojines de algas o briofitas, márgenes arenosos de arroyos poco profundos (Byers, 1981, citado por González y Carrejo, 1992).</p>	

<p>Orden: Ephemeroptera Familia: Baetidae Género: <i>Nanomis</i> Estación: E30 Altura: 1377 msnm Aspectos ecológicos: se han registrado en altas concentraciones de oxígeno disuelto, abundante vegetación riparia y oferta de varios sustratos, aspectos que contribuyen de manera importante a la presencia de esta biota (Domínguez et al., 2006).</p>	 <p>© Yeisson Gutiérrez; Lucimar G. Dias</p>
<p>Orden: Coleoptera Familia: Elmidae Género: <i>Notelmis</i> Estación: E13, E14 Altura: 1525 msnm, 746 Aspectos ecológicos: Las larvas y los adultos de la mayoría de las especies se encuentran en aguas corrientes bien oxigenadas y en gran variedad de microhábitats. Se alimentan de algas y detritos (Vannucchi et al. 2013), por lo que cumplen importantes funciones en las redes tróficas de los ecosistemas hídricos y son ampliamente utilizados en estudios de bioindicación ambiental por su baja tolerancia a la contaminación orgánica (von Ellenrieder 2007).</p>	

<p>Orden: Trichoptera Familia: Leptoceridae Género: <i>Oecetis</i> Estación: E31 Altura: 2457 Aspectos ecológicos: Construye casitas en forma de cono, más cortas que las demás especies de la familia, utilizando material orgánico o mineral; se encuentra en una amplia variedad de hábitats dentro de los ríos (Springer, 2010).</p>	 <p style="text-align: right;">© Mark Melton</p>
<p>Orden: Díptera Familia: Chironomidae Género: <i>Orthocladinae sp</i> Estación: E1, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E13, E15, E16, E17, E18, E21, E22, E23, E24, E25, E26, E27, E28 Altura: 1250 msnm, 1461, 1124, 1117, 1553, 1162, 1167, 1153, 1590, 1511, 1501, 1561, 1749, 1368, 1476, 1541, 1202, 1045, 1066, 1061, 1064, 1263, 999, 1419, 1686, 1522, 980 Aspectos ecológicos: Se encuentra tanto en ambientes naturales como artificiales; en charcas, estanques y receptáculos de plantas.</p>	
<p>Orden: Lepidoptera Familia: Crambidae Género: <i>Petrophila</i> Estación: E17, E20, E8 Altura: 1541 msnm, 1066, 1167 Aspectos ecológicos. Las larvas viven tanto en aguas lénticas como lólicas, sobre fondos pedregosos y vegetación sumergida (Roldán 1988), los Argyractini viven en aguas muy oxigenadas, de curso rápido, bajo telas sedosas, tejidas sobre las superficies rocosas sumergidas y se</p>	

<p>alimentan de algas, se pueden indicadoras de aguas oligotróficas (Roldán 1988).</p>	
<p>Orden: Coleóptera Familia: Elmidae Género: <i>Phanocerus</i>. Estación: E14, E21, E23 Altura: 1749 msnm, 1061, 1263 Aspectos ecológicos: Esta familia es acuática; aunque los adultos de algunas especies se han encontrado fuera del agua (McCafferty, 1981). Tanto las larvas como los adultos se encuentran adheridos a diferentes sustratos, principalmente en ríos y arroyos (Roldan, 1988), entre los cuales se encuentran troncos y hojas en descomposición, grava, piedras, arena y vegetación sumergente y emergente. De acuerdo con los hábitos alimenticios existen algunos herbívoros, mientras que otros son detritívoros (Merritt y Cummins, 1984).</p>	
<p>Orden: Basommatophora Familia: Physidae Género: <i>Physa</i> Estación: E1, E8 Altura: 1229 msnm, 1144 Aspectos ecológicos: Los organismos como los gasterópodos tienen una función trófica de importancia en la dinámica de los ecosistemas acuáticos, además son herramientas biológicas esenciales para evaluar la respuesta a contaminantes (Pynnonen, 1995)</p>	 <p>©Hardy Puscoes</p>

<p>muchos de estos caracoles se alimentan de algas, diatomeas y detritus.</p>	
<p>Orden: Odonata Familia: Gomphidae Género: <i>Progomphus</i> Estación: E11, E15, E16, E17, E26, E3, E6, E7 Altura: 1480 msnm, 1359, 1715, 1540, 1664, 1467, 1555, 1148 Aspectos ecológicos: Son depredadores voraces, incluso caníbales. Las presas son en su mayoría invertebrados acuáticos, juveniles de peces y otros organismos acuáticos. Los estadios tempranos pueden consumir microorganismos, como protozoarios. Las ninfas de Odonata generalmente se mueven poco, prefiriendo esperar a que las presas naden cerca de ellos para atraparlas.</p>	 <p>© Bryan Pfeiffer</p>
<p>Orden: Coleóptera Familia: Psephenidae Género: <i>Psephenops</i> Estación: E5, E8 Altura: 1117 msnm, 1167 Aspectos ecológicos: En los organismos de esta familia, solo el estado larval es acuático; sin embargo, los adultos pueden ser vistos en las riberas de los ríos y estanques, por cuestiones de ovoposición (Merritt y Cummins, 1984). Las larvas por lo general se les hallan adheridas debajo de rocas en ríos y arroyos. Se</p>	

<p>alimentan de algas adheridas al sustrato donde residen (Archangelsky, 2001).</p>	
<p>Orden: Hemiptera Familia: Veliidae Género: <i>Rhagovelia</i> Estación: E17, E19, E3, E5, E8 Altura: 1541 msnm, 1045, 1461, 1117, 1167 Aspectos ecológicos: Habitan en aguas loticas y lenticas, remansos de corrientes, entre la vegetación emergente y algunos viven en aguas salobres. Son patinadores y se consideran indicadores de aguas oligomesotróficas (Roldán, 2003).</p>	
<p>Orden: Díptera Familia: Simuliidae Género: <i>Simulium</i> Estación: E1, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E13, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22, E23, E24, E25, E26, E27, E28 Altura: 1250 msnm, 1461, 1124, 1117, 1553, 1162, 1167, 1153, 1590, 1511, 1501, 1561, 1749, 1368, 1476, 1541, 1202, 1045, 1066, 1061, 1064, 1263, 999, 1419, 1686, 1522, 980 Aspectos ecológicos: Sus estados preimaginales son acuáticos, fundamentalmente de aguas lóaticas, habitan cuerpos de agua con variadas características, encontrándose con mayor frecuencia en aguas correntosas.</p>	

<p>Orden: Trichoptera Familia: Hydropsychidae Género: <i>Smicridea</i>. Estación: E1, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E13, E14, E15, E16, E17, E20, E21, E24, E25, E26, E27, E28 Altura: 1250 msnm, 1461, 1124, 1117, 1553, 1162, 1167, 1153, 1590, 1511, 1501, 1561, 1749, 1368, 1476, 1541, 1202, 1045, 1066, 1061, 1064, 1263, 999, 1419, 1686, 1522, 980 Aspectos ecológicos: Estas larvas hilan una red de captura de seda en la abertura del refugio. Algunas construyen sus refugios y redes arriba del nivel del agua, sobre la superficie del agua y sobre las piedras, en la zona de corriente rápida (Muñoz-Q, 1997; Holzenthal, 1994).</p>	
<p>Orden: Coleoptera Familia: Staphylinidae Género: <i>Stenus</i> Estación: E23, E24 Altura: 1263 msnm, 999 Aspectos ecológicos: En general, tienen la capacidad de tolerar amplias variaciones en los niveles de oxígeno disuelto, en las cadenas tróficas de ecosistemas acuáticos, ya que van desde el nivel de consumidor primario hasta el de descomponedor (Merritt & Cummins 1996).</p>	

<p>Orden: Odonata Familia: Libellulidae Género: <i>Sympetrum</i> Estación: E13, E20, E26, E27, E3, E5, E6, E7, E8 Altura: 1561 msnm, 1066, 1686, 1522, 1461, 1117, 1553, 1162, 1167 Aspectos ecológicos: Todas son ninfas acuáticas, pueden habitar desde aguas con corrientes fuertes a quietas y poco profundas, se pueden encontrar en la vegetación sumergida, fondos de arena, lodo y grava; soportan condiciones extremas de altas temperaturas y aguas eutrofizadas (Roldán, 1988).</p>	
<p>Orden: Díptera Familia: Chironomidae Género: <i>Tanypodinae sp</i> Estación: E15, E20, E8 Altura: 1368 msnm, 1066, 1167 Aspectos ecológicos: Se encuentra tanto en ambientes naturales como artificiales; en charcas, estanques y receptáculos de plantas. Las larvas de muchas especies muestran una gran selectividad de hábitat (Indicadores ecológicos), otras son herbívoras, detritívoras, pero algunas pueden ser predadoras (González y Carrejo, 1992).</p>	

<p>Orden: Ephemeroptera Familia: Leptophlebiidae Género: <i>Thraulodes</i> Estación: E10, E13, E14, E15, E17, E21, E22, E23, E28, E3, E5, E6, E7, E8 Altura: 1590 msnm, 1561, 1749, 1368, 1541, 1061, 1064, 1263, 980, 1461, 1117, 1553, 1162, 1167 Aspectos ecológicos: Las ninfas habitan aguas lóaticas y lénticas, asociadas a hojarasca, troncos y rocas. Se alimentan de material vegetal. Sensibles a la contaminación orgánica y déficit de oxígeno, aunque algunas pueden tolerar aguas ligeramente contaminadas (Roldan, 1988; Zúñiga y Rojas, 1995).</p>	
<p>Orden: Diptera Familia: Tipulidae Género: <i>Tipula</i> Estación: E32, E34, E39 Altura: 2028 msnm, 1647, 2384 Aspectos ecológicos: Se encuentran en ecosistemas loticos y lenticos, entre fango y materia orgánica en descomposición (Roldan, 1994). El hábitat acuático más común de los Tipulidae es el lodo, fango y fragmentos orgánicos en las márgenes de arroyos, charcos, pantanos, los cojines de algas o briofitas, márgenes arenosos de arroyos poco profundos (Byers, 1981, citado por González y Carrejo, 1992).</p>	

<p>Orden: Coleoptera Familia: Hydrophilidae Género: <i>Tropisternus</i> Estación: E15 Altura: 1359 msnm Aspectos ecológicos: Ampliamente distribuido en la región neotropical. Los adultos pueden ser saprófagos y sus larvas depredadoras con digestión preoral; de hábitos acuáticos o semiacuáticos. Los huevos son protegidos por ootecas adheridas a las plantas subacuáticas (Jerez, V. & J. Moroni, 2006).</p>	
<p>Orden: Tubificida Familia: Naididae Género: <i>Tubifex</i> Estación: E31, E32, E33, E34, E38, E39 Altura: 2457 msnm, 2028, 1694, 1647, 2439, 2384 Aspectos ecológicos: Normalmente se encuentran en aguas tranquilas, sin embargo pueden tolerar aguas turbulentas (van Haaren, T .; Timm, T .; Erséus, C. ;2017)</p>	
<p>Orden: Coleóptera Familia: Elmidae Género: <i>Xenelmis</i> Estación: E7, E8 Altura: 1162 msnm, 1167 Aspectos ecológicos: Esta familia es acuática; aunque los adultos de algunas especies se han encontrado fuera del agua (McCafferty, 1981). Tanto las larvas como los adultos se encuentran adheridos a diferentes sustratos, principalmente en ríos y arroyos (Roldan, 1988), entre los cuales se encuentran troncos y hojas en</p>	

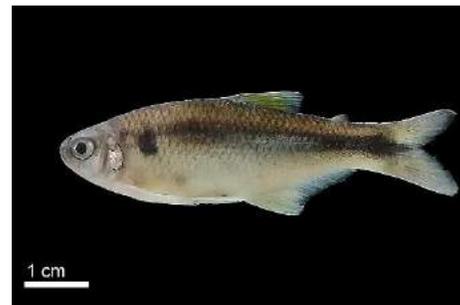
descomposición, grava, piedras, arena y vegetación sumergente y emergente.	
--	--

Anexo 12. Fichas técnicas de las especies de peces colectadas en las cuencas abastecedoras del departamento del Quindío

Orden: Characiformes
Familia: Bryconidae
Género: *Brycon*
Especie: *Brycon henni*
Nombre común: Sabaleta
Estación: E35, E37, E7, E8, E9, E12, E16, E28, E30.
Altura: 1081msnm a 1583msnm.
Hábitat: Estaciones con sustratos de roca y grava con presencia de vegetación ribereña en ríos con corrientes fuertes y turbulentas.
Categoría: LC (Preocupación menor) (UICN 2017).
Aspectos ecológicos: Se alimenta desde frutos, flores y hojas hasta insectos que caen al agua desde la vegetación marginal, insectos acuáticos y raramente peces pequeños (Maldonado-Ocampo et al. 2005).



Orden: Characiformes
Familia: Characidae
Género: *Hemibrycon*
Especie: *Hemibrycon caucanus*
Nombre común: Sardina
Estación: E3, E4, E7, E8, E10, E11, E12, E16, E20, E28, E30, E34, E35, E36, E37, E42.
Altura: 1059msnm a 1768msnm.
Hábitat: Habita sitios de corriente baja, con vegetación asociada o sumergida y palizadas.
Categoría: LC (Preocupación menor) (UICN 2017).
Aspectos ecológicos: su alimentación se basa en el consumo de insectos acuáticos como dípteros y coleópteros; insectos terrestres que caen al agua como hormigas; escamas de peces, material vegetal y semillas,



lo cual evidencia una dieta de tipo generalista (Maldonado-Ocampo et al. 2005).

Orden: Characiformes

Familia: Characidae

Género: *Carlastyanax*

Especie: *Carlastyanax aurocaudatus*

Nombre común: Sardina coliroja

Estación: E11, E12, E29, E34, E35.

Altura: 1233msnm a 1647msnm.

Hábitat: Habita en remansos y aguas poco profundas y con vegetación riparia.

Categoría: NT (Casi amenazada) (Mojica et al. 2012).

Aspectos ecológicos: Su dieta está compuesta principalmente por larvas de mosquito y detritus orgánico; se reproduce durante los meses de julio y agosto cuando se observaron adultos maduros; durante este periodo adquieren una coloración más vistosa, especialmente en las aletas anal y caudal que se tornan de un color rojo fuerte (Maldonado-Ocampo et al. 2005).

Orden: Characiformes

Familia: Characidae

Género: *Creagrutus*

Especie: *Creagrutus brevipinnis*

Nombre común:

Estación: E5, E20, E7.

Altura: 1059msnm a 1091msnm.

Hábitat: Remansos con sustratos de arena y grava con vegetación riparia.

Categoría: LC (Preocupación menor) (UICN 2017).



Aspectos ecológicos: la dieta es diversa, predominando los insectos (Diptera, Simuliidae, Ephemeroptera), y el material vegetal; a su vez no existen diferencias significativas entre las preferencias tróficas de la especie entre la época seca y la época de lluvias (Maldonado-Ocampo et al. 2005).

Orden: Characiformes

Familia: Characidae

Género: *Gephyrocharax*

Especie: *Gephyrocharax caucanus*

Nombre común: Sardina.

Estación: E20.

Altura: 1059msnm.

Hábitat: Se registró en corrientes rápidas y fuertes, con sustratos de roca y vegetación sumergida.

Categoría: NT (Casi amenazado) (Mojica-Corzo et al. 2002).

Aspectos ecológicos: Su dieta está especializada en la ingestión de larvas de mosquitos y otro insectos acuáticos (Ortega-Lara et al. 2002).

Orden: Characiformes

Familia: Characidae

Género: *Hemibrycon*

Especie: *Hemibrycon boquiae*

Nombre común: Sardina

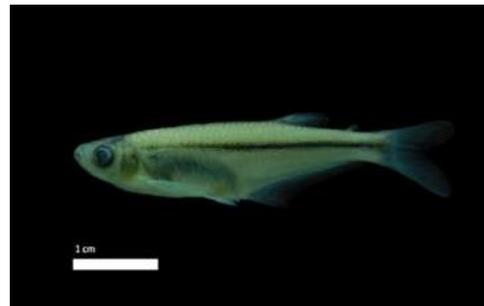
Estación: E7, E15, E16, E17, E18, E27, E35, E40, E41.

Altura: 1148msnm a 1721msnm.

Hábitat: Se encuentra en aguas correntosas con sustratos de grava.

Categoría: LC (Preocupación menor) (UICN 2017).

Aspectos ecológicos: es una



especie omnívora que consume material vegetal (flores, frutos y hojas) e insectos terrestres que caen al agua, no se ha registrado si consume peces juveniles de otras especies; es considerada una especie sensible a la contaminación y en especial a la baja concentración de oxígeno; además requiere de un ambiente con buena vegetación marginal que es su principal fuente de alimento (Maldonado-Ocampo et al. 2005).

Orden: Characiformes

Familia: Characidae

Género: *Astyanax*

Especie: *Astyanax fasciatus*

Nombre común: Sardinita

Estación: E24.

Altura: 991msnm.

Hábitat: Estaciones con sustratos de roca y grava con presencia de vegetación ribereña en ríos con corrientes fuertes.

Categoría: LC (Preocupación menor) (UICN 2017).

Aspectos ecológicos: Habita en aguas claras y correntosas de sustratos rocoso-arenosos (Vargas-Tisnes 1989) o en arroyos y pantanos (Galvis et al. 1997); se encuentra entre 1030 y 1650 m de altitud a temperaturas entre 19 - 23°C (Vargas-Tisnes 1989); es una especie omnívora (Galvis et al. 1997).



Orden: Characiformes
Familia: Crenuchidae
Género: *Characidium*
Especie: *Characidium boavistae*
Nombre común: Rollicito.
Estación: E24.
Altura: 991msnm.

Hábitat: Su abundancia está relacionada con corrientes fuertes, sustratos pedregosos de granulometría gruesa y aguas claras, siendo utilizadas como indicadores de la buena condición de los ríos (Rodríguez-Olarte et al. 2006).

Categoría: LC (Preocupación menor) (UICN 2017).

Aspectos ecológicos: especie bentónica que se alimenta de perifiton y pequeños insectos acuáticos (Maldonado-Ocampo et al. 2005).

Orden: Characiformes
Familia: Crenuchidae
Género: *Characidium*
Especie: *Characidium caucanus*
Nombre común: Rolloncito
Estación: E4.

Altura: 1079msnm.

Hábitat: Se registró en corrientes rápidas y con sustratos de roca y grava.

Categoría: VU (Vulnerable) (Mojica et al. 2012).

Aspectos ecológicos: Se alimentan principalmente de pequeños insectos acuáticos como chironómidos; no se tiene información sobre sus hábitos reproductivos. (Maldonado-Ocampo et al. 2005).



Orden: Siluriformes
Familia: Astroblepidae
Género: *Astroblepus*
Especie: *Astroblepus* cf. *unifasciatus*

Nombre común: Babosa
Estación: E7, E11, E13, E14, E25, E26, E27, E35.

Altura: 1148msnm a 1746msnm.

Hábitat: Habita en corrientes fuertes con abundante vegetación ribereña.

Categoría: LC (Preocupación menor) (UICN 2017).

Aspectos ecológicos: como la mayoría de los astroblépidos su dieta consta principalmente de insectos acuáticos como dípteros (Maldonado-Ocampo et al. 2005).

Orden: Siluriformes
Familia: Astroblepidae
Género: *Astroblepus*
Especie: *Astroblepus grixalvii*
Nombre común: Pez negro
Estación: E1, E6, E7, E10, E11, E13, E17, E18, E27, E30, E41, E42.

Altura: 1148msnm a 1768msnm.

Hábitat: Habita en corrientes fuertes con sustrato rocoso.

Categoría: LC (Preocupación menor) (UICN 2017).

Aspectos ecológicos: sus hábitos alimentarios se basan principalmente en insectos acuáticos que capturan entre las rocas y material vegetal acumulado en los intersticios, es sensible a los cambios bruscos de temperatura, prefiriendo aguas frías de 18-24 °C (Maldonado-Ocampo et al. 2005).



Orden: Siluriformes
Familia: Astroblepidae
Género: *Astroblepus*
Especie: *Astroblepus* sp1.
Nombre común: Babosa
Estación: E6, E13, E14, E15, E17, E26.

Altura: 1359msnm a 1746msnm.

Hábitat: Habita en corrientes fuertes con abundante vegetación ribereña fondos rocosos.

Categoría:

Aspectos ecológicos: No hay información.

Orden: Siluriformes
Familia: Astroblepidae
Género: *Astroblepus*
Especie: *Astroblepus* cf *chapmani*
Nombre común: Pez negro
Estación: E6, E13, E14, E27.
Altura: 1502msnm a 1746.

Hábitat: Habita en corrientes fuertes con sustrato rocoso.

Categoría: LC (Preocupación menor) (UICN2017).

Aspectos ecológicos: Esta especie es muy abundante en aguas frías; se encuentra por lo general en las partes altas y medias antes de llegar a la zona plana, en ríos que presentan buenas condiciones en la calidad del agua y sustrato; es una especie bentónica que prefiere los ríos y quebradas con alta pendiente, en donde hay turbulencia y corrientes fuertes; se alimenta de insectos acuáticos bentónicos y material vegetal; es sensible a los cambios bruscos de temperatura (Ortega-Lara et al. 1999, 2000, 2002).



Orden: Siluriformes
Familia: Astroblepidae
Género: *Astroblepus*
Especie: *Astroblepus* sp2.
Nombre común: Pez negro o Güilo
Estación: E9, E17, E18.
Altura: 1133msnm a 1540msnm.
Hábitat: Habita en corrientes fuertes con sustrato rocoso.
Categoría: No aplica.
Aspectos ecológicos: No hay información.



Orden: Siluriformes
Familia: Astroblepidae
Género: *Astroblepus*
Especie: *Astroblepus* sp3.
Nombre común: Pez negro o Güilo
Estación: E14.
Altura: 1746msnm.
Hábitat: Habita en corrientes fuertes con sustrato rocoso.
Categoría: No aplica.
Aspectos ecológicos: No hay información.



Orden: Gymnotiformes
Familia: Apterontidae
Género: *Apterontus*
Especie: *Apterontus mariae*.
Nombre común: Caloche
Estación: E4, E28.
Altura: 1079msnm a 1583msnm.
Hábitat: Esta especie fue colectada en aguas de flujo lento con sustrato rocosos ricos en materia orgánica.
Categoría: LC (Preocupación menor) (UICN 2017).
Aspectos ecológicos: su alimentación se basa principalmente en restos de insectos acuáticos.



Orden: Siluriformes
Familia: Heptapteridae
Género: *Rhamdia*
Especie: *Rhamdia guatemalensis*
Nombre común: Barbudo negro, Guabina.
Estación E4, E37.

Altura: 1079msnm a 1081msnm.

Hábitat: Se encuentra en aguas de baja corriente, oculta en la vegetación sumergida.

Categoría: No aplica.

Aspectos ecológicos: Se alimenta de insectos acuáticos, peces y material vegetal nutritivo (frutos, semillas y flores que caen al agua) que cae al agua, evidenciando una dieta muy flexible; su reproducción está sincronizada con la época lluviosa (Maldonado-Ocampo et al. 2005).

Orden: Siluriformes
Familia: Heptapteridae
Género: *Cetopsorhamdia*
Especie: *Cetopsorhamdia boquillae*
Nombre común: Capitán
Estación: E4, E5, E7, E10, E12, E20, E28, E29, E33, E34, E35, E36, E37 E40, E41, E42.

Altura: 1059msnm a 1768msnm.

Hábitat: Se oculta entre las rocas o la vegetación sumergida cerca de las orillas de ríos pequeños, poco profundos y con corrientes débiles.

Categoría: LC (Preocupación menor) (UICN 2017).

Aspectos ecológicos: es una especie de hábitos bentónicos, que se alimenta de insectos acuáticos bentónicos; considerada como una especie endémica en el Alto Cauca (Maldonado-Ocampo et al. 2005).

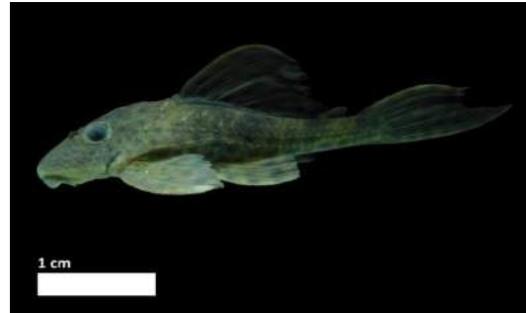


Orden: Siluriformes
Familia: Heptapteridae
Género: *Imparfinis*
Especie: *Imparfinis usmai*
Nombre común: Bagresito
Estación: E4, E8, E20, E24, E37.
Altura: 991msnm a 1144msnm.
Hábitat: Se encuentra en aguas de baja corriente, oculta en la vegetación sumergida.
Categoría: No aplica.
Aspectos ecológicos: Es una especie invertívora su alimentación está basada en insectos acuáticos con preferencia por Simuliidae, su estrategia reproductiva está sincronizada con la época lluviosa (Villa-Navarro et al. 2014).

Orden: Siluriformes
Familia: Heptapteridae
Género: Gen. Nov.
Especie: Sp. Nov.
Nombre común: No aplica
Estación: E24, E37.
Altura: 991msnm 1081msnm.
Hábitat: En remansos con sustratos de roca y con vegetación raparúa.
Categoría: No aplica.
Aspectos ecológicos: No hay información.



Orden: Siluriformes
Familia: Loricariidae
Género: *Hypostomus*
Especie: *Hypostomus* sp.
Nombre común: No registra
Estación: E2, E4, E24, E28, E37.
Altura: 991msnm a 1583msnm.
Hábitat: Se encuentra en remansos con sustratos de roca y grava.
Categoría: No aplica.
Aspectos ecológicos: No hay información.



Orden: Siluriformes
Familia: Loricariidae
Género: *Lasiancistrus*
Especie: *Lasiancistrus caucanus*.
Nombre común: Coroncoro, coronchito.
Estación: E20.
Altura: 1054msnm.
Hábitat: Habita en ríos pequeños y medianos, en zonas de aguas quietas o de baja corriente, con sustratos lodosos, con acumulación de hojarasca, troncos y ramas sumergidas; aparentemente prefiere aguas con alta acumulación de material vegetal (Ortega-Lara et al. 1999, 2002).
Categoría: No aplica.
Aspectos ecológicos: No se conocen sus hábitos alimentarios, pero por las características de su hábitat aparentemente es detritívoro; se desconocen sus épocas reproductivas (Ortega-Lara et al. 1999, 2002).



Orden: Siluriformes
Familia: Loricariidae
Género: *Chaetostoma*
Especie: *Chaetostoma cf. fischeri*
Nombre común: Cucha
Estación: E5, E7, E8, E9, E16, E24, E28, E30, E34, E36, E37.
Altura: 991msnm a 1715msnm.

Hábitat: Habita en ríos de aguas rápidas, donde el substrato está constituido por rocas y gravas, aunque también se puede encontrar en zonas de aguas quietas con substratos duros y acumulación de perifiton.

Categoría: No aplica.

Aspectos ecológicos: El perifiton es su principal fuente de alimento; es una especie herbívora, de hábitos bentónicos que permanece oculta en cuevas o debajo de troncos durante el día (Maldonado-Ocampo et al. 2005).

Orden: Siluriformes
Familia: Loricariidae
Género: *Sturisomatichthys*
Especie: *Sturisomatichthys leightoni*

Nombre común: Cucho pitero

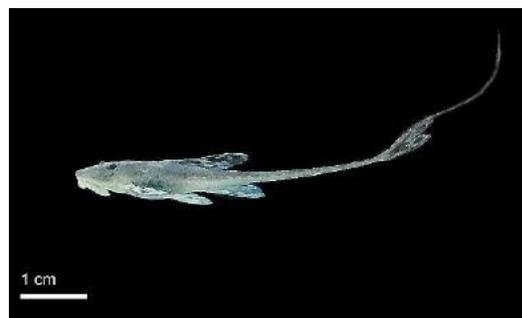
Estación: E4, E20, E36, E37.

Altura: 1059msnm a 1281msnm.

Hábitat: Prefiere aguas de corrientes moderadas y poco profundas con substratos compuestos por arenas gruesas o gravas finas.

Categoría: LC (Preocupación menor) (UICN 2017).

Aspectos ecológicos: Suele desovar en el fondo en donde el macho se ocupa de la incubación (Maldonado-Ocampo et al. 2005).



Orden: Siluriformes
Familia: Trichomycteridae
Género: *Trichomycterus*
Especie: *Trichomycterus chapmani*
Nombre común: Jabonero
Estación: E2, E4, E5, E7, E8, E9, E10, E11, E12, E16, E20, E24, E28, E29, E30, E33, E35, E36, E37, E40, E41.

Altura: 991msnm a 1768msnm.

Hábitat: Entre la vegetación sumergida, rocas y gravas; prefiere aguas correntosas de pequeñas quebradas y ríos medianos.

Categoría: LC (Preocupación menor) (UICN 2017).

Aspectos ecológicos: Se alimenta de insectos acuáticos (Leptoceridae, Helicopsychidae, Hydropsychidae, Tricorythidae, Baetidae, Simuliidae, Culicidae, Tabanidae, Psychodidae, Chironomidae y Vellidae), artrópodos, Hydra, Anélida, Nemátoda y restos Vegetales (Maldonado-Ocampo et al. 2005).

Orden: Cyprinodontiformes

Familia: Poeciliidae

Género: *Poecilia*

Especie: *Poecilia caucana*

Nombre común: Gupi

Estación: E4, E5, E37.

Altura: 1079msnm a 1091msnm.

Hábitat: Se encuentra asociada a sitios con vegetación acuática y terrestre sumergida en zonas donde la velocidad de la corriente es baja.

Categoría: No aplica.

Aspectos ecológicos: Su alimentación se basa



principalmente en larvas de insectos especialmente de mosquitos (Maldonado-Ocampo et al. 2005).

Orden: Cyprinodontiformes

Familia: Poeciliidae

Género: *Poecilia*

Especie: *Poecilia reticulata*

Nombre común: Gupi

Estación: E1, E3, E5, E7, E36, E37, E42.

Altura: 1081msnm a 1467msnm.

Hábitat: Se encuentra asociada a sitios con vegetación acuática y terrestre sumergida en zonas donde la velocidad de la corriente es baja.

Categoría: No aplica.

Aspectos ecológicos: Omnívora, se alimenta de algas, larvas de invertebrados y detritos bentónicos; es una especie introducida.

Orden: Characiformes

Familia: Lebiasinidae

Género: *Lebiasina*

Especie: *Lebiasina ortegai*

Nombre común: Guabina

Estación: E1.

Altura: 1229msnm.

Hábitat: Se encontró cerca a la desembocadura de la quebrada Armenia, sus aguas son oscuras y contaminadas. Asociada a sitios de remanso con arena, roca y grava.

Categoría: No aplica.

Aspectos ecológicos: No hay información.



Orden: Characiformes
Familia: Crenuchidae
Género: *Characidium*
Especie: *Characidium grup zebra*
Nombre común: Rollito
Estación E4.

Altura: 1079msnm.

Hábitat: Presente en remansos con fondos de arena, guijarro y roca.

Categoría: No aplica

Aspectos ecológicos: es una especie bentónica que se alimenta de perifiton y pequeños insectos acuáticos que captura entre las piedras; no se tienen datos de su reproducción (Ortega-Lara et al. 1999, 2002).

Orden: Salmoniformes

Familia: Salmonidae

Género: *Oncorhynchus*

Especie: *Oncorhynchus mykiss*

Nombre común: Trucha

Estación: E31, E32, E39.

Altura: 2028msnm a 2457msnm.

Hábitat: Habita en aguas corrientosas o rápidos con sustratos rocosos.

Categoría: No aplica

Aspectos ecológicos: Se alimenta en su mayor parte de insectos acuáticos, moluscos, pequeños crustáceos y peces pequeños. Es una especie introducida.

