



Corporación para el desarrollo sostenible del sur de la Amazonia- CORPOAMAZONIA

FUNDACIÓN AGRITEAM – Proyecto Comunica.

INFORME FINAL:

Resultados del monitoreo participativo del agua en fuentes hídricas priorizadas del departamento del Putumayo

PROGRAMA 3. Gestión Integral del Agua
Plan de Acción Institucional “AMAZONIAS VIVAS”

Equipo de trabajo:

Grupo de monitoreo participativo del agua
IAKU:

Tulia Elena Quistial
Karen Andrea Villota
Rut Belén Ortega
John Pesillo
Sandra López
María del Carmen Villareal
Guillermo Mora Díaz
Nelcy Aracely Becerra
Francy Graciela Romo
Laura Delgado
Jose Ignacio Burbano
Dolly Yeisney Iles
Enith Blandón
Luz Mary Castillo
Blanca Ruth Tapia
Leidy Viviana Casanova
Eduardo Pérez
Alex Arbeláez

Equipo de apoyo técnico
Subdirección de Administración Ambiental
CORPOAMAZONIA

Sol Yadira Torres Viveros
Alejandra Milena Carvajal Hernández
Julián Quiroga Buchelly
Juliana Caterine Sánchez Navisoy

Equipo de apoyo técnico Proyecto Comunica
Fundación Agriteam

Jerson Villarreal
Sergio Suarez

San Miguel de Agreda de Mocoa,
Diciembre de 2020



TABLA DE CONTENIDO

FIGURAS	5
1. INTRODUCCIÓN	9
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. OBJETIVOS	11
3.1 OBJETIVO GENERAL:	12
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	12
4. MARCO NORMATIVO	12
5. METODOLOGÍA	13
5.3 MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	18
5.3.4 PROTOCOLOS DE MUESTREO	22
5.3.5 MEDICIÓN DE CAUDAL	22
6. RESULTADOS	34
6.1 MUNICIPIO DE MOCOA	34
RÍO MOCOA	34
6.1.1 PH	35
6.1.2 TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	36
6.1.3 OXÍGENO DISUELTO (MG/L) Y PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (%)	37
6.1.4 CONDUCTIVIDAD (US/CM)	38
6.1.5 TURBIEDAD (NTU) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (MG/L TDS)	39
6.1.6 COLIFORMES TOTALES Y FECALES (NMP/100 ML)	40
6.1.7 ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	41
RÍO SANGOYACO	42
6.1.8 PH	42
6.1.9 TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	43
6.1.10 OXÍGENO DISUELTO (MG/L) Y PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (%)	44
6.1.11 CONDUCTIVIDAD (US/CM)	45
6.1.12 TURBIEDAD (NTU) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (MG/L TDS)	46
6.1.13 COLIFORMES TOTALES Y FECALES (NMP/100 ML)	47
6.1.14 ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	48
RÍO MULATO	48
6.1.15 PH	49



6.1.16	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	50
6.1.17	OXÍGENO DISUELTO (MG/L) Y PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (%)	51
6.1.18	CONDUCTIVIDAD (US/CM)	52
6.1.19	TURBIEDAD (NTU) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (MG/L TDS)	53
6.1.20	COLIFORMES TOTALES Y FECALES (NMP/100 ML)	53
6.1.21	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	54
6.2	MUNICIPIO DE VILLAGARZÓN	55
	RÍO MOCOA	55
6.2.1	PH	56
6.2.2	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	57
6.2.3	OXÍGENO DISUELTO (MG/L) Y PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (%).	57
6.2.4	CONDUCTIVIDAD (US/CM)	58
6.2.5	TURBIEDAD (NTU) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (MG/L TDS)	59
6.2.6	COLIFORMES FECALES Y COLIFORMES TOTALES (NMP/100ML)	59
6.2.7	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	60
	RÍO NABOYACO	61
6.2.8	PH	62
6.2.9	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	63
6.2.10	OXÍGENO DISUELTO (MG/L) Y PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (%).	63
6.2.11	CONDUCTIVIDAD (US/CM)	64
6.2.12	TURBIEDAD (NTU) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (MG/L TDS)	65
6.2.13	COLIFORMES FECALES Y COLIFORMES TOTALES (NMP/100ML)	66
6.2.14	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	66
6.3	MUNICIPIO DE PUERTO ASÍS	67
	RÍO PUTUMAYO	67
6.3.1	PH	68
6.3.2	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	69
6.3.3	OXÍGENO DISUELTO (MG/L) Y PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (%)	70
6.3.4	CONDUCTIVIDAD (US/CM)	71
6.3.5	TURBIEDAD (NTU) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (MG/L TDS)	71
6.3.6	COLIFORMES TOTALES Y FECALES (NMP/100 ML)	72
6.3.7	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	73
	QUEBRADA SAN NICOLÁS	73
6.3.8	PH	74
6.3.9	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	75
6.3.10	OXÍGENO DISUELTO (MG/L) Y PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (%)	76
6.3.11	CONDUCTIVIDAD (US/CM)	77
6.3.13	COLIFORMES TOTALES Y FECALES (NMP/100ML)	78
6.3.14	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	79
	QUEBRADA SINGUIYÁ	79
6.3.15	PH	80
6.3.16	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	81
6.3.17	OXÍGENO DISUELTO (MG/L) Y PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (%)	82
6.3.18	CONDUCTIVIDAD (US/CM)	83



6.3.19	TURBIEDAD (NTU) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (MG/L TDS)	83
6.3.20	COLIFORMES TOTALES Y FECALIS (NMP/100ML)	84
6.3.21	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	85
6.4	MUNICIPIO DE VALLE DEL GUAMUEZ	86
	QUEBRADA LA HORMIGA	86
6.4.1	PH	86
6.4.2	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	87
6.4.3	OXÍGENO DISUELTO (MG/L) Y PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (%).	87
6.4.4	CONDUCTIVIDAD (US/CM)	88
6.4.5	TURBIEDAD (NTU) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (MG/L TDS)	89
6.4.6	COLIFORMES FECALIS Y COLIFORMES TOTALES (NMP/100ML)	90
6.4.7	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	90
6.5	MUNICIPIO DE SAN MIGUEL	91
	QUEBRADA LA DORADA	91
6.5.1	PH	92
6.5.2	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	93
6.5.3	OXÍGENO DISUELTO (MG/L) Y PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (%)	93
6.5.4	CONDUCTIVIDAD (US/CM)	94
6.5.5	TURBIEDAD (NTU) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (MG/L TDS)	95
6.5.6	COLIFORMES FECALIS Y COLIFORMES TOTALES (NMP/100ML)	96
6.5.7	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	96
6.6	MUNICIPIO DE PUERTO GUZMÁN	97
	RÍO CAQUETÁ	97
6.6.1	PH	98
6.6.2	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	99
6.6.3	OXÍGENO DISUELTO (MG/L) Y PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (%)	99
6.6.4	CONDUCTIVIDAD (US/CM)	100
6.6.5	TURBIEDAD (NTU) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (MG/L TDS)	101
6.6.6	COLIFORMES FECALIS Y COLIFORMES TOTALES (NMP/100ML)	102
6.6.7	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	102
6.7	MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO	103
	RÍO SAN FRANCISCO	103
6.7.1	PH	104
6.7.2	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	105
6.7.3	OXÍGENO DISUELTO (MG/L) Y PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (%)	106
6.7.4	CONDUCTIVIDAD (US/CM)	107
6.7.5	TURBIEDAD (NTU) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (MG/L TDS)	108
6.7.6	COLIFORMES TOTALES Y FECALIS (NMP/100 ML)	108
6.7.7	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	109
6.8	MUNICIPIO DE COLÓN	110
	CANAL D	110
6.8.1	PH	111
6.8.2	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	112
6.8.3	OXÍGENO DISUELTO (MG/L) Y PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (%)	112



6.8.4	CONDUCTIVIDAD (US/CM)	113
6.8.5	TURBIEDAD (NTU) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (MG/L TDS)	114
6.8.6	COLIFORMES FECALES Y COLIFORMES TOTALES (NMP/100ML)	114
6.8.7	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	115
6.9	MUNICIPIO DE SIBUNDOY	115
	QUEBRADA LA HIDRÁULICA	115
6.9.1	PH	116
6.9.2	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	117
6.9.3	OXÍGENO DISUELTO (MG/L) Y PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (%)	117
6.9.4	CONDUCTIVIDAD (US/CM)	119
6.9.5	TURBIEDAD (NTU) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (MG/L TDS)	119
6.9.6	COLIFORMES FECALES Y COLIFORMES TOTALES (NMP/100ML)	120
6.9.7	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	121
6.10	MUNICIPIO DE SANTIAGO	121
	QUEBRADA CHAQUILMAYAYACO	121
	CANAL B	122
6.10.1	PH	123
6.10.2	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	124
6.10.3	OXÍGENO DISUELTO (MG/L) Y PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (%)	125
6.10.4	CONDUCTIVIDAD (US/CM)	128
6.10.5	TURBIEDAD (NTU) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (MG/L TDS)	129
6.10.6	COLIFORMES FECALES Y COLIFORMES TOTALES (NMP/100ML)	130
6.10.7	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	132
6.11	MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS.	133
7.	CONCLUSIONES	140
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	141
	ANEXOS	143

FIGURAS

Figura 1.	División político-administrativa del departamento del Putumayo.	14
Figura 2.	Subzonas hidrográficas del departamento del Putumayo. Fuente (PDA,2020).	16
Figura 3.	Calibración y medición de parámetros fisicoquímicos	20
Figura 4.	Toma y preservación de muestras de agua para análisis en laboratorio	21
Figura 5.	Medición del área de la sección transversal de un cuerpo de agua	22
Figura 6.	Aforo de caudal por medio del molinete	23
Figura 7.	Ubicación de los puntos de muestreo del Río Mocoa.	35
Figura 8.	Resultados de medición de PH para el Río Mocoa.	36
Figura 9.	Resultados medición de temperatura del agua (°C) del rio Mocoa	37



Figura 10. Resultados de oxígeno disuelto (mg/l) para el río Mocoa.	37
Figura 11. Resultados de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) para el Río Mocoa.	38
Figura 12. Resultados de conductividad para el Río Mocoa.	39
Figura 13. . Resultados de sólidos disueltos totales y turbiedad para el Río Mocoa.	40
Figura 14. Resultados de coliformes fecales y totales Río Mocoa.	41
Figura 15. Ubicación de los puntos de muestreo del río Sangoyaco.	42
Figura 16.. Resultados de medición de PH para el Río Sangoyaco.....	43
Figura 17. Resultados medición de temperatura del agua (°C) del rio Sangoyaco.	44
Figura 18. Resultados de oxígeno disuelto (mg/l) para el río Sangoyaco.	44
Figura 19. Resultados de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) para el Río Sangoyaco.	45
Figura 20. Resultados de conductividad para el Río Sangoyaco.	46
Figura 21.. Resultados de sólidos disueltos totales y turbiedad para el Río Sangoyaco.....	47
Figura 22. Resultados de coliformes fecales y totales Río Sangoyaco.	48
Figura 23. Resultado del índice de calidad de agua (ICA) para el río Sangoyaco.....	48
Figura 24. Ubicación de los puntos de muestreo en el Río mulato.	49
Figura 25. . Resultados de medición de PH para el Río Mulato.	50
Figura 26. Resultados medición de temperatura del agua (°C) del rio Mulato.....	51
Figura 27. . Resultados de oxígeno disuelto (mg/l) para el río Mulato.....	51
Figura 28. Resultados de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) para el Río Mulato. ...	52
Figura 29. . Resultados de conductividad para el Río Mulato.....	53
Figura 30. Resultados de sólidos disueltos totales y turbiedad para el Río Mulato.	53
Figura 31. Resultados de coliformes fecales y totales Río Mulato.....	54
Figura 32.. Resultado del índice de calidad de agua (ICA) para el río Mulato.	55
Figura 33. Ubicación de puntos de muestreo para el Río Mocoa-Villagarzón.	56
Figura 34. Resultados de medición de pH para el Río Mocoa.....	56
Figura 35. Resultados temperatura del agua (°C) para el Río Mocoa.	57
Figura 36. Resultados de oxígeno disuelto para el Río Mocoa.	58
Figura 37. Resultados saturación de oxígeno para el Río Mocoa.	58
Figura 38. Resultados de conductividad para el Río Mocoa.	59
Figura 39. Resultados de Turbiedad y sólidos disueltos totales para el Río Mocoa.	59
Figura 40. Resultados de medición de coliformes fecales y totales para el Río Mocoa.	60
Figura 41. Resultados de índice de calidad de agua para el Río Mocoa.	61
Figura 42. Ubicación de puntos de muestreo para el Río Naboyaco.	62
Figura 43. Resultados de medición de pH para el Río Naboyaco.....	63
Figura 44. Resultados de medición temperatura del agua (°C) para el río Naboyaco.	63
Figura 45. Resultados de oxígeno disuelto para el Río Naboyaco.	64
Figura 46. Resultados saturación de oxígeno para el Río Naboyaco.	64
Figura 47. Resultados de medición de conductividad para el Río Naboyaco.	65
Figura 48. Resultados de medición de Turbiedad y Sólidos Disueltos Totales para el Río Naboyaco.	65
Figura 49. Resultados de medición de coliformes fecales y totales para el Río Naboyaco.	66
Figura 50. Resultado del índice de calidad de agua (ICA) para el río Naboyaco.	67
Figura 51. Ubicación de puntos de muestreo Río Putumayo.....	68



Figura 52.. Resultados de medición de Ph para el Río Putumayo.	69
Figura 53.Resultados medición de temperatura del agua (°C) para el Rio Putumayo.....	70
Figura 54.. Resultados de oxígeno disuelto (mg/l) para el río Putumayo.....	70
Figura 55. . Resultados de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) para el Río Putumayo.	70
Figura 56. Resultados de conductividad para el Río Putumayo.....	71
Figura 57. Resultados de sólidos disueltos totales y turbiedad para el Río Putumayo.	72
Figura 58. . Resultados de Coliformes Totales y Fecales para el Río Putumayo.	72
Figura 59. Índice de calidad de agua (ICA) para el río Putumayo.	73
Figura 60. Ubicación de puntos de muestreo Quebrada San Nicolás.....	74
Figura 61. Resultados de medición de Ph para La Quebrada San Nicolas.	75
Figura 62.. Resultados medición de temperatura del agua (°C) para la Qda San Nicolas.....	76
Figura 63.Resultados de oxígeno disuelto (mg/l) para la Qda San Nicolas.....	76
Figura 64. Resultados de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) para la Qda San Nicolas.	77
Figura 65. Resultados de conductividad para la Qda San Nicolas.....	77
Figura 66. Resultados de sólidos disueltos totales y turbiedad para la Qda San Nicolas.	78
Figura 67.. Resultados de Coliformes Fecales y Totales para la Qda San Nicolas.....	79
Figura 68. Índice de calidad de agua (ICA) Quebrada San Nicolás.....	79
Figura 69. Ubicación de puntos de muestreo Quebrada Singuiyá.....	80
Figura 70.. Resultados de medición de Ph para La Quebrada Singuiyá.	81
Figura 71. Resultados medición de temperatura del agua (°C) para la Qda Singuiyá.....	82
Figura 72. Resultados de oxígeno disuelto (mg/l) para la Qda Singuiyá.....	82
Figura 73. Resultados de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) para la Qda Singuiyá. 83	
Figura 74.. Resultados de conductividad para la Qda Singuiyá.....	83
Figura 75. . Resultados de sólidos disueltos totales y turbiedad para la Qda Singuiyá.	84
Figura 76. Resultados de Coliformes Fecales y Totales para la Qda Singuiyá.....	85
Figura 77. Índice de calidad de agua de la Quebrada Singuiyá.....	85
Figura 78. Ubicación puntos de muestreo Quebrada La Hormiga.....	86
Figura 79. Resultados de medición de pH para la Quebrada La Hormiga.....	87
Figura 80. Resultados de medición de temperatura del agua de la Quebrada La Hormiga.	87
Figura 81. Resultados de oxígeno disuelto para La Quebrada La Hormiga.....	88
Figura 82. Resultados saturación de oxígeno para la Quebrada La Hormiga.	88
Figura 83. Resultados de medición de conductividad para la Quebrada La Hormiga.	89
Figura 84. Resultado de medición de turbiedad y sólidos disueltos totales para la Quebrada La Hormiga.....	89
Figura 85. Resultados de medición de coliformes fecales y totales para la Quebrada La Hormiga . 90	
Figura 86. Índice de calidad de agua para la Quebrada La Hormiga.....	91
Figura 87. Ubicación de puntos de muestreo de la Quebrada La Dorada.	92
Figura 88. Resultados de medición de pH para la Quebrada La Dorada.....	93
Figura 89. Resultados de medición de temperatura del agua °C de la Quebrada La Dorada.....	93
Figura 90. Resultados de oxígeno disuelto para La Quebrada La Dorada.....	94
Figura 91. Resultados de saturación de oxígeno para la Quebrada La Dorada.	94
Figura 92. Resultados de la medición de conductividad de la Quebrada La Dorada.....	95



Figura 93. Resultados de medición de Turbiedad y sólidos disueltos totales en la Quebrada La Dorada.....	95
Figura 94. Resultados de coliformes totales y fecales para la Quebrada La Dorada.....	96
Figura 95. Índice de calidad de agua (ICA) para la Quebrada La Dorada.....	97
Figura 96. Ubicación de puntos de muestreo en el Río Caquetá.....	98
Figura 97. Resultados de medición de pH para el Río Caquetá.....	98
Figura 98. Resultados de medición de temperatura del agua °C del Río Caquetá.....	99
Figura 99. Resultados de medición de oxígeno disuelto (mg/l) en el Río Caquetá.....	100
Figura 100. Resultados de medición de saturación de oxígeno en el Río Caquetá.....	100
Figura 101. Resultados de medición de conductividad del Río Caquetá.....	101
Figura 102. Resultados de medición de Turbiedad y Sólidos Disueltos Totales del Río Caquetá...	101
Figura 103. Resultados de coliformes fecales y totales para el Río Caquetá.....	102
Figura 104. Índice de calidad de agua (ICA) para el Río Caquetá.....	103
Figura 105. Ubicación de puntos de muestreo en el río San Francisco.....	104
Figura 106. Resultados de medición de Ph para el Río San Francisco.....	105
Figura 107. Resultados medición de temperatura del agua (°C) para el municipio de San Francisco.....	106
Figura 108. Resultados de oxígeno disuelto (mg/l) para el río San Francisco.....	106
Figura 109. Resultados de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) para el Río San Francisco.....	107
Figura 110. Resultados de conductividad para el Río San Francisco.....	108
Figura 111. Resultados de sólidos disueltos totales y turbiedad para el Río San Francisco.....	108
Figura 112. Resultados de coliformes fecales y totales Río San Francisco.....	109
Figura 113. Resultado del índice de calidad de agua (ICA) para el río San Francisco.....	110
Figura 114. Ubicación de puntos de muestreo Canal D.....	111
Figura 115. Resultados de medición de pH para el Canal D.....	111
Figura 116. Resultados de medición de temperatura del agua °C Canal D.....	112
Figura 117. Resultados de medición de oxígeno disuelto para el Canal D.....	112
Figura 118. Resultados de medición de saturación de oxígeno para el Canal D.....	113
Figura 119. Resultados de medición de conductividad para el Canal D.....	113
Figura 120. Resultados de medición de Turbiedad y Sólidos Disueltos Totales para el Canal D...	114
Figura 121. Resultados de Coliformes totales y fecales para el Canal D.....	115
Figura 122. Índice de calidad de agua (ICA) para el Canal D.....	115
Figura 123. Ubicación de puntos de muestreo de la Quebrada La Hidráulica.....	116
Figura 124. Resultados de medición de pH para Quebrada La Hidráulica.....	117
Figura 125. Resultados de medición de temperatura del agua °C Quebrada La Hidráulica.....	117
Figura 126. Resultados de medición de oxígeno disuelto para la Quebrada Hidráulica.....	118
Figura 127. Resultados de medición de saturación de oxígeno para la Quebrada Hidráulica.....	118
Figura 128. Resultados de medición de conductividad para la Quebrada Hidráulica.....	119
Figura 129. Resultados de medición de Turbiedad y Sólidos Disueltos Totales para la Quebrada Hidráulica.....	120
Figura 130. Resultados de Coliformes totales y fecales para la Quebrada La Hidráulica.....	121
Figura 131. Índice de calidad de agua (ICA) para la Quebrada La Hidráulica.....	121
Figura 132. Ubicación de puntos de muestreo Quebrada Chaquilmayayaco.....	122



Figura 133. Ubicación puntos de muestreo para el Canal B.	123
Figura 134. . Resultados de medición de pH para Quebrada Chaquilmayayaco.	124
Figura 135. Resultados de medición de pH para el Canal B.	124
Figura 136. Resultados de medición de temperatura del agua °C Canal B.	125
Figura 137. Resultados de medición de temperatura del agua °C Quebrada Chaquilmayayaco ...	125
Figura 138. Resultados de medición de oxígeno disuelto para el Canal D.	126
Figura 139. Resultados de medición de oxígeno disuelto para la Quebrada La Hidráulica	126
Figura 140. Resultados de medición de saturación de oxígeno para el Canal D.	127
Figura 141. Resultados de medición de saturación de oxígeno para la Quebrada Chaquilmayayaco.	127
Figura 142. Resultado de medición de conductividad para el Canal B.	128
Figura 143. Resultado de medición de conductividad para la Quebrada Chaquilmayayaco.	129
Figura 144. Resultados de medición de Turbiedad y Sólidos Disueltos Totales para el Canal B. ...	129
Figura 145. Resultados de medición de Turbiedad y Sólidos Disueltos Totales para la Quebrada Chaquilmayayaco.	130
Figura 146. Resultados de Coliformes totales y fecales para el Canal B.	131
Figura 147. Resultados de Coliformes totales y fecales para la Quebrada Chaquilmayayaco.	132
Figura 148. Índice de calidad de agua (ICA) para el Canal B.	132
Figura 149. Índice de calidad de agua para la Quebrada Chaquilmayayaco.	132

RESUMEN:

Durante los días 21 a 30 de septiembre de 2020 con el acompañamiento del Grupo de Monitoreo Participativo del agua IAKU se realizó un estudio para evaluar la calidad del agua superficial de fuentes hídricas seleccionadas. Se analizaron las características fisicoquímicas y microbiológicas y se determinó el índice de calidad de agua (ICA) de 16 fuentes hídricas ubicadas en las principales cabeceras municipales del departamento del Putumayo cuyo uso principal corresponde a fuentes receptoras de vertimientos domésticos. Adicionalmente, en la parte alta de las cabeceras municipales se realizó muestreo de macroinvertebrados para realizar el análisis del estado ecológico de los ríos. Se encontraron bajos niveles de concentración de DBO, SST y DQO sugiriendo la capacidad de asimilación y depuración de las descargas contaminantes de aguas residuales domésticas, no obstante, los resultados del índice de calidad de agua para el 77% de las fuentes hídricas es Regular lo que se considera una moderada contaminación, algunas variables como coliformes fecales presentaron valores superiores a los permisibles establecidos por la normatividad colombiana.

Palabras claves: ICA, monitoreo participativo, macroinvertebrados

1. INTRODUCCIÓN

Las aguas superficiales, como arroyos, ríos, humedales y lagos, son una de las fuentes más importantes de agua para la vida humana y la producción industrial y a su vez, las más vulnerables a la contaminación debido a su fácil acceso en la función de eliminación de aguas residuales (Sagan, y otros, 2020). Esto genera grandes desafíos para el uso sostenible y multifuncional de los ríos.

En nuestro país, el deterioro de la calidad del agua superficial y subterránea es el resultado de múltiples causas y fuentes de contaminación. Entre ellas se encuentran el atraso en las coberturas



de acueducto, alcantarillado y sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas (Camacho, 2020).

Evaluar las tendencias temporales y espaciales de la calidad de agua, es de suma importancia para proporcionar información sobre los usos potenciales que pueden obtenerse de los ecosistemas acuáticos. por esta razón, es indispensable contar con herramientas como el monitoreo de calidad de agua, el cual puede ayudar a comprender, proteger y mejorar los hábitats acuáticos, cuantificar los cambios ambientales y desarrollar las mejores prácticas de gestión para tomar decisiones informadas. (Jiang, y otros, 2020).

El monitoreo también permite determinar en qué lugares la calidad del agua está sometida a presión y dónde se mantiene en su estado natural. Así mismo, permite informar a los responsables de las decisiones sobre dónde conviene dirigir los recursos para reducir la contaminación, y permite medir la eficacia de las estrategias de prevención y mitigación de la contaminación (ONU,2018).

Determinar estado de los cuerpos de agua constituye un objetivo establecido en el indicador 6.3.2 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) sobre la buena calidad de agua ambiental. Sin embargo, en nuestro país y particularmente en nuestra región el monitoreo de agua no se ha analizado de manera sistemática y continua a escalas espaciales y temporales.

En las últimas décadas, los sistemas de monitoreo de la calidad del agua han evolucionado desde el enfoque de monitoreo manual en laboratorio al enfoque de monitoreo manual in situ y al monitoreo de sensores remotos (Chen & Han, 2018). Sin embargo, en el departamento del Putumayo existen grandes lagunas en el conocimiento y los métodos a utilizar lo que implica oportunidades y retos en la gestión del recurso hídrico, especialmente porque el diseño y la implementación de este tipo de procesos involucran no solo aspectos técnicos, sino también económicos, legales y científicos.

Para mejorar el conocimiento de los recursos hídricos y el bienestar de la comunidad, en nuestra región desde el año 2018 se ha llegado a una transición hacia enfoques colaborativos e integradores en la manejo de los recursos hídricos a través de la participación de actores locales involucrados directa o indirectamente en el uso y aprovechamiento del agua, principalmente para responder preocupaciones de la comunidad sobre calidad del agua para abastecimiento, uso recreativo y para el cuidado de sus recursos hídricos, mediante la recolección, análisis y comunicación de datos.

Esta experiencia piloto en el departamento constituida a través del grupo de monitoreo participativo del agua IAKU reporta el surgimiento de un mayor involucramiento de las comunidades, una mejor organización, la creación de vínculos y construcción de sinergias con otras comunidades, la adopción e introyección del concepto de cuenca para el control de la contaminación y la planeación de medidas para el cuidado del recurso hídrico en la región.

El presente documento tiene como objetivo presentar los principales resultados de las actividades de monitoreo de aguas realizadas con el apoyo del grupo de monitoreo participativo del agua IAKU donde se integra medición de parámetros fisicoquímicos, así como de biomonitoreo a través de la identificación de macroinvertebrados acuáticos.

2. JUSTIFICACIÓN

Realizar el monitoreo de agua en términos de calidad y cantidad permite conocer las características del agua y sus condiciones de variabilidad antes y después de los vertimientos o alteraciones a lo



largo de un tramo de un cuerpo de agua. Así mismo, permite analizar los parámetros de calidad como indicadores para determinar el uso potencial teniendo en cuenta las concentraciones y sus afectaciones por el volumen de agua para establecer la carga y el grado de asimilación de la fuente hídrica.

En el caso de las aguas residuales domésticas, es de relevante importancia tener información de los contaminantes presentes no sólo para actuar en el momento de un impacto actual, sino también para prevenir la contaminación de aguas subterráneas, ríos y humedales, que va de la mano con la afectación de los ecosistemas allí presentes. Adicionalmente, porque los vertimientos domésticos constituyen la principal fuente de contaminación de las fuentes hídricas del departamento de acuerdo con el uso destinado del agua.

Para analizar la calidad del agua generalmente se realiza la definición de puntos de monitoreo e identificación de los puntos de vertimientos sobre los diferentes tramos de un cuerpo de agua, de forma que permitan conocer el comportamiento de la calidad del agua y diseñar estrategias para atender a las problemáticas más comunes, basados en la definición de objetivos de calidad y de acuerdo a las actividades económicas predominantes.

Es claro que el monitoreo del agua debe ser integrado con el territorio, donde exista una planificación participativa que permita incluir los diferentes intereses y necesidades de los actores, percepciones y conocimiento de este recurso, dado que las presiones directamente sobre el mismo dependen y están condicionadas a las dinámicas socioeconómicas y culturales en las que se encuentra.

De acuerdo con el artículo 27 del Decreto 2667 de 2012 compilado en el artículo 2.2.9.7.6.2. del Decreto 1076 de 2015 las autoridades ambientales competentes deberán realizar Programas de Monitoreo de las fuentes hídricas en por lo menos, los siguientes parámetros de calidad: Temperatura ambiente y del agua in situ, DBO5, SST, DQO, Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales y pH.

Adicionalmente, según el artículo 2.2.9.7.5.3 del Decreto 1076 de 2015 los recaudos de la tasa retributiva por vertimientos al agua se destinarán a proyectos de inversión en descontaminación hídrica y monitoreo de la calidad del agua. Dando cumplimiento a esta normatividad, CORPOAMAZONIA con el apoyo de la Fundación Agriteam Canadá y a través del grupo comunitario IAKU presenta la metodología y resultados principales de monitoreo de aguas durante el periodo muestreado.

3. OBJETIVOS

De conformidad con lo establecido en el Decreto 1076 de 2015 en materia de aguas, el seguimiento y control asociado al monitoreo tiene por objetivo ofrecer una visión general, coherente y completa del estado de los cuerpos de agua en términos de calidad, que incluye el seguimiento del estado ecológico y químico de los cuerpos de agua superficiales.

A lo largo de este periodo se programaron unos muestreos para cada uno de los elementos de calidad, con las frecuencias necesarias para la obtención de los datos suficientes y ajustados a los requerimientos normativos, de tal manera que una vez finalizado este periodo, sea posible la



evaluación del estado de todos los cuerpos de agua que comprenden las áreas hidrográficas del departamento del Putumayo.

3.1 OBJETIVO GENERAL:

Determinar en conjunto con el grupo de monitoreo participativo del agua IAKU, el estado de calidad del agua de 16 fuentes hídricas del departamento del Putumayo, en cumplimiento al plan de Acción Institucional 2020-2023 “Amazonias Vivas”.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar el análisis fisicoquímico, microbiológico e hidromorfológico de las fuentes hídricas priorizadas en el departamento del Putumayo para analizar estado de calidad de agua.
- Evaluar el estado y calidad de las fuentes hídricas priorizadas en el departamento del Putumayo a través de la estimación del Índice de Calidad de Agua (ICA).
- Determinar a través del ensamble de comunidades de macroinvertebrados, el nivel de calidad de agua registrada en las fuentes hídricas priorizadas del departamento.

4. MARCO NORMATIVO

La Política para la Gestión Integral del Recurso Hídrico enmarca todas las normativas técnicas relacionadas al monitoreo del recurso hídrico. Esta normativa fue emitida en el año 2010 por el Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible – MADS y establece un marco de actuación en el marco de la política de este recurso, obligando a las Autoridades Ambientales a la adopción de una serie de medidas dirigidas a que los cuerpos de agua alcancen los objetivos de calidad de agua deseados. La manera de alcanzar dichos objetivos es la planificación hidrológica, la que se ha de elaborar a partir de un diagnóstico del estado de cada una de las masas de agua.

Dentro de la política se encuentra la estrategia 3.3 relacionada al *monitoreo, seguimiento y evaluación de la calidad del agua* que permite articular y optimizar las redes y articular los programas institucionales de monitoreo del agua mediante acciones como los protocolos de monitoreo. En relación de la cantidad del agua se encuentra la estrategia 1.1 relacionada al conocimiento para tener balances hídricos confiables y estrategia 2.1 es la *caracterización y cuantificación de la demanda del agua en cuencas priorizadas*

Uno de los instrumentos de la política para poder obtener los datos necesarios para la elaboración del diagnóstico de la problemática de los cuerpos de agua en cada subzona hidrográfica, abordada por la planificación hidrológica, son los programas de seguimiento y control del estado de los cuerpos de agua que permitan conocer el estado ecológico o el potencial ecológico y el estado químico de las aguas superficiales.

A nivel nacional se cuenta con los siguientes documentos soportes que permiten tener información adicional para determinar las variables químicas a realizar, las frecuencias de muestreo, etc. Estos documentos son:

- Protocolo de Monitoreo del agua del IDEAM realizado en el año 2007 por el IDEAM. (IDEAM, 2007)
- Evaluaciones Regionales del Agua (ERA) en el año 2013 las cuales establecen lineamientos para el levantamiento de información del recurso hídrico (IDEAM, 2013).



- El Ministerio de Ambiente publicó en el año 2014 la guía técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas- POMCAS establece la caracterización y estimación de la oferta, demanda, balances hídricos, evaluación de la calidad de agua existente y el cálculo de diferentes índices, que aunque no necesariamente establece protocolos de monitoreo si es importante una línea base de la información para la cual debe existir información de monitoreo.
- Resolución 0330 de 2017 por medio de la cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico.
- Estudio Nacional del agua (ENA) en el año 2018 el cual establece lineamientos sobre el monitoreo del recurso hídrico a nivel nacional (IDEAM, 2018).
- Guía de Modelación del recurso hídrico en el año 2018 que establece la necesidad de un levantamiento de información para la calibración y validación del modelo conceptual lo cual requiere una caracterización fisicoquímica e hidrológica del cuerpo de agua así como análisis de cargas contaminantes.
- El Ministerio de Ambiente publicó en el año 2018 la guía técnica para el ordenamiento del recurso hídrico continental superficial donde se prioriza para los cuerpos de agua el análisis de 60 parámetros de sistemas lóticos, lénticos y de vertimientos. Además da una línea base para caracterizar las cuencas hidrográficas.
- Guía de caudal ambiental en el año 2019 adoptada mediante resolución MADS 2130 de 2019 establece la metodología para la estimación del régimen hidrológico natural y monitoreo de calidad y cantidad de aguas superficiales, especialmente para el río Bogotá, pero aplicable a otras fuentes hídricas.
- Guía de monitoreo de Recurso hídrico en ecosistemas de páramos del IAvH.

5. METODOLOGÍA

5.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El departamento del Putumayo se encuentra localizado en la zona suroccidental de Colombia, limita al norte con los departamentos de Cauca y Caquetá, al oriente con los departamentos de Caquetá y

Amazonas, al sur con los países de Perú y Ecuador y al occidente con Nariño. Cuenta con una extensión de 25.977 km² distribuidos en 13 municipios cuya capital es la ciudad de Mocoa.

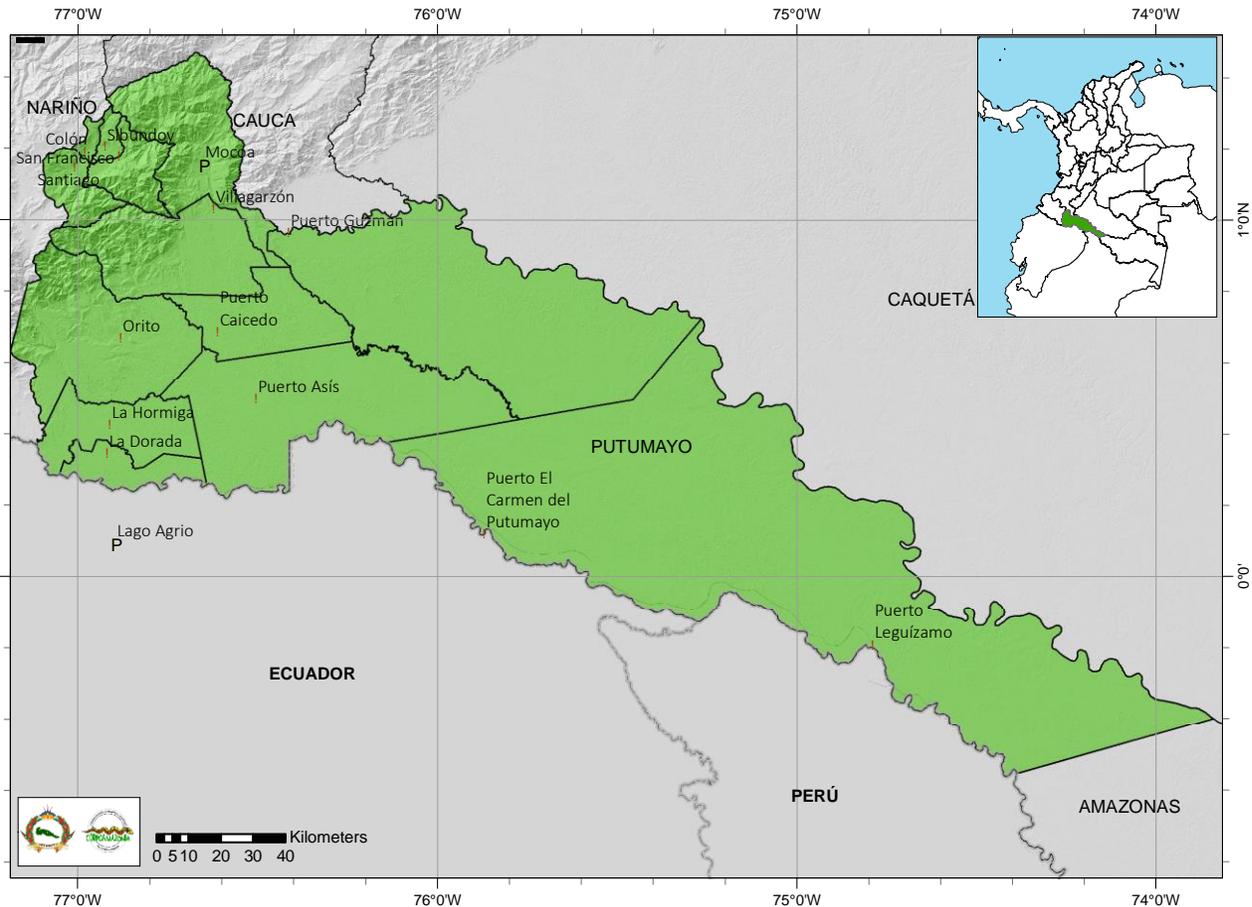


Figura 1. División político-administrativa del departamento del Putumayo.

Morfológicamente, el territorio del departamento de Putumayo posee tres unidades: la **llanura amazónica**, el **pedemonte** y un flanco oeste de la **cordillera oriental** que se extiende hasta las estribaciones amazónicas. Se destaca, una zona montañosa al occidente, en los límites con el departamento de Nariño, en la que sobresalen los cerros Patascoy y Putumayo, con alturas que sobrepasan los 3.500 msnm. Por su parte, al oriente se destacan zonas planas o ligeramente onduladas, con alturas inferiores a los 300 msnm (Corpoamazonia, 2008).

Según Hernández & Naranjo (2007) En las montañas que bordean la región, nacen numerosos ríos de las hoyas hidrográficas del Caquetá y el Putumayo, ambos pertenecientes a la gran cuenca del Amazonas. Entre los ríos principales se destacan el Conejo, San Juan, Acae, Espinayaco, Estero, Mocoa, Orito, Rumiayaco, San Juan y San Miguel y varios de estos ríos son fuentes de abastecimiento para acueductos municipales y veredales.

En general el patrón de drenaje prevaleciente en la región es de tipo subparalelo a subdendrítico, con una alta densidad de drenajes y una baja disección, con pendientes que oscilan entre el 1 y 10% en la llanura, entre el 10 y 30% en el piedemonte y superior al 30% en la cordillera, con excepciones puntuales. (Corpoamazonia, 2008).



El clima del Departamento de Putumayo es producto de la interacción de varios factores, entre ellos, su localización geográfica dentro de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), las masas de aire regionales, la orografía, la precipitación y la vegetación (Corpoamazonia, 2007).

En la región del piedemonte, con el aumento de la altitud, las precipitaciones inicialmente aumentan hasta llegar a su óptimo pluviométrico entre los 2.300 y 3.500 mm, para luego descender rápidamente. La llanura se caracteriza por las altas temperaturas superiores a los 27°C, con una precipitación promedio anual de 3.900 mm; todo el departamento tiene una humedad relativa del aire superior al 80%. Sus tierras se distribuyen en los pisos térmicos cálido, templado y bioclimático páramo.

La economía del departamento del Putumayo está basada principalmente en la producción agropecuaria desarrollada principalmente en el piedemonte (Hernández & Naranjo, 2007), y en la explotación de los recursos petroleros y forestales de su jurisdicción. Se destacan los cultivos de maíz, plátano, la caña panelera, yuca, piña, chontaduro, caña de azúcar y en menor escala arroz, ñame, ajonjolí, hortalizas y frijol. La ganadería presenta grandes excedentes principalmente en el valle de Sibundoy, se desarrollan los aspectos lecheros y de cría, levante y ceba de vacunos.

En términos de zonificación hidrográfica para el departamento se identifican dos zonas hidrográficas principalmente, la zona hidrográfica del Río Putumayo y la del Río Caquetá, adicionalmente, se encuentran las siguientes subzonas hidrográficas:

Tabla 1. Zonificación Hidrográfica Departamento del Putumayo

Área hidrográfica	Zona hidrográfica	Código	Sub zona hidrográfica	Área (km ²)*
Amazonas 4	Río Putumayo 47	4701	Alto Río Putumayo	5637
		4702	Río San Miguel	1155
		4703	Río Putumayo medio	5096
		4704	Río Putumayo directos	1207
		4705	Río Cara-Paraná	352
	Río Caquetá 44	4401	Alto Caquetá	1431
		4402	Río Caquetá Medio	4760
		4408	Río Mecaya	4563
		4409	Río Sencella	1753

*área representativa en el departamento del Putumayo. Fuente: IDEAM (2012).



Puerto Asís	Río Putumayo								
Puerto Guzmán	Río Caquetá								
Mocoa	Río Mocoa								
Mocoa	Río Mulato								
Mocoa	Río Sangoyaco								
San Francisco	Río San Francisco								
Sibundoy	Quebrada Hidráulica La								
Colón	Canal D								
Santiago	Canal D								
Santiago	Quebrada Chachimayayaco								

En total se realizaron 9 salidas de campo de acuerdo con el cronograma de trabajo acordado con el equipo de monitoreo participativo del agua. En cada una de las jornadas se hizo toma de muestras de agua y mediciones *in situ* de calidad de agua en tres sitios predeterminados que permitan identificar la capacidad de asimilación de los cuerpos de agua.

En cada municipio se seleccionó un tramo representativo del río o corriente a muestrear definido según representatividad del área en términos de distancia e influencia de actividad antrópica, caminos rurales que facilitaron el acceso a los puntos de muestreo, y el uso de los cuerpos de agua, especialmente como fuente receptora de vertimientos domésticos.

Se distribuyó en cada fuente hídrica una parte alta (P1) donde se consideró una baja intervención antrópica. Posteriormente, una parte media (P2) donde se presentaba la descarga de un vertimiento municipal y finalmente una parte baja (P3) donde se pretendía realizar medición de la capacidad de asimilación de vertimientos. Adicionalmente, se tuvieron en cuenta, los siguientes criterios:

- **Accesibilidad:** el punto de muestreo debe estar en un lugar fácilmente accesible con las vías de acceso vehicular y peatonal que sean necesarias, de tal manera que faciliten obtener las muestras y transportar la carga que implican los equipos y materiales de muestreo.
- **Representatividad:** el punto de recolección de las muestras debe ser lo más representativo posible de las características totales del cuerpo de agua, esto significa que el cuerpo de agua debe estar mezclado totalmente en el lugar de muestreo, relacionado específicamente con la turbulencia, velocidad y apariencia física del mismo, adquiriendo que la muestra sea lo más homogénea posible.
- **Seguridad:** el punto de muestreo, sus alrededores y las condiciones meteorológicas deben garantizar la seguridad de las personas responsables del muestreo, minimizando los riesgos de accidentes y de lesiones personales, es por esto que es recomendable tomar siempre todas las precauciones y utilizar los equipos de seguridad y de protección personal necesarios. En los ríos se debe prestar especial atención a posibles crecientes, deslizamientos o arrastre de objetos sólidos grandes hacia la corriente.

Cada punto de muestreo contiene un código para facilitar el análisis de los datos, el cual se asignó de la siguiente manera:

- Nombre de P1, P2 o P3 según sea el caso y ubicación de la toma de muestras de agua (parte alta-P1, parte media-P2 y parte baja-P3).



- Seguimiento de las iniciales del cuerpo de agua, por ejemplo para el caso del río Mocoa, el código asignado fue RM.
- Finalmente se diligencia el código del municipio asignado por la Codificación de la división política administrativa de Colombia, que es una nomenclatura estandarizada, diseñada por el DANE para la identificación de Entidades Territoriales (departamentos, distritos y municipios), Áreas No Municipalizadas y Centros Poblados, mediante la asignación de un código numérico único a cada una de las unidades territoriales; tal y como se detalla a continuación:

Para el caso del Río San Francisco, localizado en el municipio de San Francisco del departamento de Putumayo, su código asignado fue:

- Parte Alta del río San Francisco: P1-RS-755
- Parte media del río San Francisco: P2-RS-755
- Parte Baja del río San Francisco: P3-RS-755

Las jornadas se desarrollaron en conjunto con el grupo de monitoreo participativo IAKU a través del apoyo del proyecto Comunica. Este grupo se conforma por una red de líderes comunitarios enfocados hacia el monitoreo del agua en departamento del Putumayo que busca generar y divulgar información, promoviendo la participación y articulación de actores interesados en pro de la sostenibilidad del recurso hídrico de la región.

Antes de cada jornada se gestionaba lugar, fecha y hora del encuentro para el desarrollo conjunto del monitoreo. Cabe señalar que los participantes de monitoreo variaban dependiendo de las actividades (académicas y/o productivas) que debían atender, por lo que salían en cada monitoreo de 3 a 6 personas, apoyando y turnándose en la aplicación de técnicas de monitoreo en cada sitio y el llenado de hojas de campo.

Posteriormente en cada municipio, CORPOAMAZONIA realizó una presentación de las personas que acompañan la jornada especialmente del grupo de monitoreo participativo del agua, y describe el objetivo de la toma de muestras y los criterios a tener en cuenta en la selección del punto de muestreo, quien con el apoyo de las unidades operativas de la entidad y las Empresas de Agua Potable y Saneamiento básico del municipio, se identificó los cuerpos de agua receptores de aguas residuales domésticas de las cabeceras municipales de los 10 municipios del departamento del Putumayo.

Seguidamente, se describe la metodología de calibración de la sonda multiparamétrica para algunos participantes que no tienen conocimiento de su manejo. Esta actividad fue realizada por una integrante del grupo de monitoreo participativo y la entidad. Es así como una vez calibrada la sonda, se realizó en la parte alta, media y baja la medición de los siguientes parámetros in situ y toma de muestras de agua que fueron enviadas a un laboratorio acreditado por el IDEAM, para análisis e interpretación de resultados.

5.3 MEDICIÓN DE PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS

5.3.1 MEDICIÓN DE PARÁMETROS *IN SITU*



En cada jornada de campo, se realizó medición de parámetros fisicoquímicos *insitu* con una sonda multiparámetro HANNA 9829, la cual mide entre otras, las siguientes variables:

Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos medidos

Parámetro	Unidad de medida
Conductividad	$\mu\text{S}/\text{cm}$
Temperatura del agua	$^{\circ}\text{C}$
Oxígeno disuelto	Mg/l
Saturación de oxígeno disuelto	%
Turbiedad	NTU
pH	Unidades de pH
Salinidad	PSU
Resistividad	$\Omega - \text{m}$
Sólidos disueltos Totales	Mg/l
Potencial de oxido reducción	mV

Antes de cada jornada de campo se realizó la calibración de la sonda multiparamétrica mediante el método de calibración rápida para verificar la precisión en la medición de los parámetros fisicoquímicos en campo especialmente para la calibración uniputno del pH, conductividad y oxígeno disuelto. A continuación se describe de manera general el proceso de calibración realizado:

1. Se agrega al vaso de calibración del equipo una cantidad suficiente de solución de calibración HI 9828-25 (2/3 de la capacidad).
2. Se introduce lentamente los sensores dentro de la solución, enroscando el vaso de calibración completamente en el cuerpo de la sonda. Es posible que se reboce un poco de solución.
3. Se espera unos minutos a que el sistema se estabilice, y se ubica en la opción de menú “calibración” seleccionando la “calibración rápida”
4. Cuando la señal de “pH y Conductividad” este estable, aparece el mensaje “Listo”. Se pulsa Confirmar para almacenar los datos de calibración
5. El mensaje “vaciar el vaso” que aparecerá en la pantalla se hace únicamente para oxígeno disuelto. Para ello, se agita la sonda y el vaso para eliminar cualquier resto de líquido. No debe quedar ninguna gota en la membrana del sensor.

6. Cuando oxígeno disuelto se establezca presiona confirmar y espere a que se actualicen los datos. Posteriormente, se realiza el registro y medición de los parámetros fisicoquímicos en campo.



Figura 3. Calibración y medición de parámetros fisicoquímicos

5.3.2 TOMA DE MUESTRAS DE AGUA

En aguas superficiales, el equipo (sondas multiparamétricas) se sumerge directamente en la mitad de la sección transversal, a una profundidad entre 20 y 30 cm de la superficie, en una zona de poca turbulencia y se procede a la lectura. Si esto no es posible, ya sea por la turbulencia o por la longitud del cable, se purga el muestreador, se toma una muestra, que se transfiere a un balde plástico evitando la agitación e inmediatamente se procede a la medición.

Parámetros microbiológicos: Se tomaron las muestras de agua puntuales en frascos de vidrio esterilizados, superficialmente y en contra corriente, permitiendo que quedara una cámara de aire en el frasco de aproximadamente un cuarto de su capacidad. Los frascos fueron debidamente rotulados y preservados en nevera para su transporte al laboratorio donde se analizaron los Coliformes Totales y Fecales (coliformes/100ml ó NMP).

Parámetros Fisicoquímicos: Se tomaron muestras de agua para análisis de Nitrógeno Total (mg/l), Fósforo Total (mg/l), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO-mg/l), Demanda Química de Oxígeno (DQO-mg/l), grasas y aceites y Sólidos Suspendidos Totales (SST- mg/l). Las muestras de agua fueron colectadas en frascos plásticos superficialmente y en contra corriente. Los frascos fueron debidamente rotulados y preservados en nevera para su transporte al laboratorio. Para el caso de la DQO y grasas y aceites, se adicionó H_2SO_4 hasta alcanzar $pH < 2$ para su preservación.



Figura 4. Toma y preservación de muestras de agua para análisis en laboratorio

5.3.3 FACTORES FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS.

A continuación se describe de manera general la importancia de medición de cada uno de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos tomados en campo:

- **pH:** El intervalo de la concentración adecuado para la proliferación y desarrollo de la vida acuática es bastante estrecha y crítico, la mayoría de animales acuáticos prefieren un rango de 6.5 a 8.0, fuera de este rango se reduce a la diversidad por estrés fisiológico y la reproducción.
- **Turbiedad:** La turbiedad es producida por materiales en suspensión como arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica, organismos planctónicos y demás microorganismos. La turbiedad define el grado de opacidad producido en el agua por la materia particulada en suspensión. Debido a que los materiales que provocan la turbiedad son los responsables del color, la concentración de las sustancias determinan la transparencia del agua puesto que limita el paso de luz a través de ella.
- **Demanda Biológica de Oxígeno (DBO):** mide la cantidad de oxígeno disuelto consumido, bajo condiciones preestablecidas por la oxidación microbiológica de la materia orgánica presente en el agua.
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Es una medida de la cantidad de oxígeno disuelto consumido, bajo condiciones preestablecidas por la oxidación química de la materia orgánica biodegradable presente en el agua.
- **Oxígeno disuelto y saturación de oxígeno:** Es la medida de la concentración de oxígeno en el agua, usando como referencia el 100% de saturación de oxígeno en el aire. Por su parte, cuando el porcentaje de saturación de oxígeno es del 100%, el agua tiene una saturación igual a la atmosférica, cuando esta es menor, se indica que algunos microorganismos están utilizando el oxígeno para oxidar la materia orgánica con una tasa superior a la normal, es decir que hay un uso de oxígeno superior lo que indica un aumento en la concentración de

materia orgánica originado por un vertido de aguas residuales. Por otro lado, si el agua está sobresaturada (mayor a 100%) indica una presencia superior de productores primarios.

- **Conductividad:** Es una medida de las cargas iónicas que circulan dentro del agua. Esta medida nos ofrece una información general de la concentración de sales e iones presentes en el agua.

5.3.4 PROTOCOLOS DE MUESTREO

En los anexos 1 y 2 se presentan los protocolos de muestreo de macroinvertebrados y medición de parámetros fisicoquímicos y formatos de registro de datos campo utilizados durante las jornadas de monitoreo.

5.3.5 MEDICIÓN DE CAUDAL

En las fuentes hídricas vadeables se procedió a realizar sobre los aforos por medio del molinete hidráulico. A continuación se presenta la metodología para el cálculo de caudal por este método.

- Escoger la sección transversal aforar teniendo en cuenta que:
 - La sección elegida debe estar situada en un tramo recto y ser lo más homogénea posible a lo largo de dicho tramo.
 - Verificar que la sección sea adecuada para el tamaño del molinete.
 - Examinar las obstrucciones presentes en la sección y en caso de ser necesario remover las piedras pesadas que puedan dificultar una correcta medición. Todo esto debe ser realizado antes de comenzar el aforo, para así no alterar las condiciones del flujo.
- Una vez escogido el sitio de medición se debe colocar una cuerda de un extremo a otro para marcar bien la perpendicularidad al cauce, cabe resaltar que esta cuerda se encuentra señalado cada metro (m) (ver figura 5)



Figura 5. Medición del área de la sección transversal de un cuerpo de agua

- una vez calculado el ancho de la sección transversal del cauce, se divide la sección cada metro y en cada una de las abscisas se mide profundidad y se procede a multiplicar este

resultado por 0,2 (m/s) y por 0,8 (m/s) respectivamente, con el fin de calcular la velocidad media de la sección transversal del cauce ((m/s) (ver figura 6).



Figura 6. Aforo de caudal por medio del molinete

Una vez identificado la velocidad media del cauce (m/s), se multiplica por el área de la sección transversal, resultando así, la medición del caudal (m^3/s) que pasa por dicha sección.

5.3.6 CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLÓGICA.

Adicionalmente, con el apoyo y participación de todos los acompañantes se realiza el reconocimiento y porcentaje de representatividad de hábitats, uso del suelo y caracterización del bosque de ribera en general.

Dentro de esta descripción, se consideró la posibilidad de analizar las fuentes receptoras de vertimientos antes de recibir las descargas municipales como punto de referencia donde se realizará muestreo de macroinvertebrados como indicadores de referencia del estado y calidad de los cuerpos de agua priorizados.

Cabe resaltar que solamente para la parte alta del cuerpo de agua a monitorear se realiza muestreo de macroinvertebrados utilizados como bioindicadores de referencia para posterior identificación taxonómica y evaluación de los macroinvertebrados, tomando como consideración el tipo de hábitat, microhábitats, nombre de microhabitats, porcentaje (%) de representatividad, no de unidades de muestreo.

Adicionalmente se procede a describir generalidades del sitio de muestreo como son: Profundidad media (m), Ancho del cauce (m), tipo de Lecho, vegetación de ribera, Perturbación aguas arriba, aspectos generales del agua, usos del suelo: y condiciones climáticas del periodo muestreado.

5.3.7 ANÁLISIS DE DATOS



Cada uno de los datos registrados en los formatos de campo correspondientes fueron consolidados y digitalizados para su posterior análisis. Esto fue realizado durante diversas jornadas de trabajo en conjunto con el grupo de monitoreo entre los meses de octubre y noviembre.

Los valores fisicoquímicos y microbiológicos se compararon con la norma de vertimientos correspondiente a la Resolución 631 de 2015 para las fuentes receptoras de vertimientos, y en algunos casos donde la fuente corresponde a abastecedora, se analizó con los parámetros de la Resolución 2115 de 2007.

5.3.8 ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)

La calidad del agua, se analiza como el conjunto de grupos de parámetros y parámetros específicos como representativos del estado de un cuerpo de agua, que puede evaluarse con relativa facilidad utilizando los métodos establecidos anteriormente.

Por ejemplo, la medición de la conductividad permite analizar el aporte de sales, mientras que el nitrógeno y el fósforo constituyen una medida de indicador de las aportaciones de nutrientes al agua y como subproducto de la descomposición de la materia orgánica y para valorar el grado de eutrofia en el medio. Por su parte, el oxígeno disuelto tiene el papel biológico fundamental de definir la presencia o ausencia potencial de especies acuáticas y el Ph es un elemento clave para entender procesos de oxidación y reducción.

La presencia de sólidos en suspensión en los cuerpos de agua indica cambio en el estado de las condiciones hidrológicas de la corriente. Dicha presencia puede estar relacionada con procesos erosivos, vertimientos industriales, extracción de materiales y disposición de escombros. La demanda química de oxígeno 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.

La solubilidad del oxígeno en el agua está afectada por la temperatura. Así a mayor temperatura menos solubilidad y viceversa.

De esta manera, es posible evaluar el Índice de calidad del agua (ICA). Este índice tiene como resultado un valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco o seis variables, registradas en una estación de monitoreo j en el tiempo t .

El indicador refleja las condiciones fisicoquímicas generales de la calidad de una corriente de agua, y en alguna medida permite reconocer problemas de contaminación de manera ágil en un punto determinado en un intervalo de tiempo específico. El indicador se calcula a partir de los datos de concentración de un conjunto de cinco o seis variables que determinan, en gran parte, la calidad de las aguas corrientes superficiales.

Los valores optativos que puede llegar a tomar el indicador han sido clasificados en categorías, de acuerdo a ellos se califica la calidad del agua de las corrientes superficiales, al cual se le ha asociado un color como señal de alerta. En la siguiente tabla se registra la relación entre valores y calificación:

Tabla 4. Calificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA.



Categorías de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta
0-0.25	MUY MALA	Red
0.26-0.50	MALA	Naranja
0.51-0.70	REGULAR	Amarillo
0.71-0.90	ACEPTABLE	Verde
0.91-1.0	BUENA	Azul

Para este ejercicio de monitoreo y en especial para el cálculo del Índice de Calidad de Agua – ICA se tuvo en cuenta el formato del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, en el que se puede calcular el ICA de dos maneras, con 6 y 7 variables o parámetros. Para este caso se utilizaron siete (07) parámetros para el cálculo, teniendo como resultado que aproximadamente el 60 % de las fuentes hídricas priorizadas del departamento del Putumayo se encuentra con un Índice de Calidad de Agua – ICA con calificación Regular, en el 40% restante se encuentran fuentes que en sus tramos medios los cuales son objetos de distintos vertimientos (Domésticos e industriales) con ICA Malo y un porcentaje menor con calidad Aceptable.

Esto nos da a entender que estamos vertiendo una gran cantidad de carga contaminante a nuestras fuentes hídricas, afectando principalmente los ecosistemas que habitan en ellas y posteriormente la afectación a las comunidades que se tienen que ver obligadas a captar agua de estos cuerpos de agua contaminados. Los índices de Calidad de Agua – ICA para las fuentes priorizadas los encontramos más adelante donde se los detalla por municipio.

En las jornadas de campo se realizara la colecta de macroinvertebrados en la parte alta de las fuentes hídricas a muestrear, donde se diligenciará el formato de registro de datos de muestreo macroinvertebrados acuáticos (ver anexos); se tomara como referencia un tramo de 50 metros aguas arriba de la toma de parámetros fisicoquímicos para que no se altere el hábitat, este será dividido en tres sub zonas de colecta, teniendo en cuenta que se debe recoger en la muestra la mayor diversidad posible de estos organismos, explorando de manera minuciosa cada uno de los hábitats identificados esto incluye el sustrato de fondo (piedra, arena, lodo, restos de vegetación), macrofitas acuáticas (flotantes, emergentes y sumergidas), raíces sumergidas de árboles con una durabilidad de colecta de 20 minutos, poniendo en práctica los métodos aprendidos en las jornadas de formación.

5.4.1 MÉTODOS Y EQUIPOS DE MUESTREO

Para entender y escoger el método adecuado de muestreo en macroinvertebrados se debe tener en cuenta

- Recolección manual:

Aunque se puede realizar en cualquier río de fondo pedregoso y con vegetación flotante, es recomendable hacerlo en ríos corrientosos y con piedras grandes. No es aconsejable hacerlo en ríos que tienen fondo arenoso o arcilloso y que no tienen hojarasca en las orillas.



- Red rectangular

Se utiliza en ríos medianamente torrentosos por los que se puede caminar, y poseen cualquier tipo de sustrato: fango, hojas, troncos, piedras, etcétera.

- Red surber

Se utiliza en ríos de poca profundidad, con corrientes más o menos torrentosas y fondo de piedras pequeñas, donde el agua no supere los 45 centímetros o el borde superior de una bota de caucho. No es recomendable realizar este muestreo en ríos donde el agua esté tranquila y el fondo sea de arena o lodo.

(Carrera, C. y Fierro, K. 2001. Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. EcoCiencia. Quito.)

a. Métodos de recolección cualitativos:

— Red tipo rectangular:

Esta red se usa para hacer un “barrido” (por las orillas debajo de la vegetación flotante) o “pateo” (duración 30 min de pateo uniforme y constante), a lo largo de las orillas o introducirla en contra corriente en el fondo del lecho de la fuente. esta red posee un ojo de malla de 150 micras de abertura, lo cual permite que los macroinvertebrados no la atraviesen y se queden incrustados en el fondo de esta; su estructura rectangular 45 cm X 20 cm, con bordes reforzados en reata de dos pulgadas y su marco conformado por doble platina en aluminio de 1”X1/8”, protege la malla de desgastes al momento de realizar los muestreos, su manga: de 30 cm de profundidad, con cuerpo en tela sintética con fondo en malla de 500 micra y un mango: cilíndrico en madera, de 1.5 m de longitud por 3.5 cm de diámetro el cual nos indica que puede ser empleada en profundidades menores a 1 metro.

Una vez se realizada la recolección este material se debe vaciar en un cedazo o una bandeja para la limpieza y retiro de material grueso previa revisión del mismo asegurándose que no quede ningún espécimen incrustado, para ser guardado en un recipiente plástico con un porcentaje de formol o alcohol al 70% y rotulado con la fecha, lugar donde se tomó la muestra y código de la fuente. Posteriormente se realizará la identificación de la muestra.

— Recolección manual:

Este método es el más fácil de emplear ya que no limita la compra de quipos sofisticados, solo tener en cuenta que para obtener una mejor experiencia y mayor obtención de muestra lo ideal es llevar una lupa, pizas o depiladores, pincel de cerdas suaves (recomendable pincel de pelo de marta) y una bandeja, al ser un método económico se requiere de mayor tiempo de muestreo ya que se debe realizar la revisión exhaustiva de la fuente hídrica tanto en la superficie, fondo y lecho en las rocas,



ramas y hojas existentes; siendo estos los hábitats a observar, es por ello que este método se realiza en ríos con lechos y fondos pedregosos y con abundante vegetación flotante; para obtener una muestra homogénea es recomendable guiarse en el porcentaje de los microhábitats que se puedan observar en la fuente formando grupos de muestreo a lo largo del tramo de 50 m y en la división de las tres sub zonas.

Una vez se realizada la recolección este material debe ser guardado en un recipiente plástico con un porcentaje de formol o alcohol al 70% y rotulado con la fecha, lugar donde se tomó la muestra y código de la fuente. Posteriormente se realizará la identificación de la muestra.

b. Métodos de recolección cuantitativos:

— Red surber

Consta de dos marcos cuadrados de 30 cm en aluminio, al cual está sujeta una red de manga cónica de 75 cm de profundidad y con una abertura de ojo de malla de aproximadamente 150 micras. Se ubica el marco en el fondo del lecho y asegurándose que la red este ubicada en contra corriente y suavemente se remueve el material que está dentro del marco cuadrado en el fondo, de esta manera las partículas y organismos de tamaño superior a la apertura de ojo de la maya quedaran atrapados en esta, se deben realizar tres repeticiones en cada punto de muestreo mas no en cada sub zona delimitada en los 50 mt quedando atrapados los organismos en la red. Esta operación se repite al menos tres veces en cada estación de muestreo.

Una vez se realizada la recolección este material se debe vaciar en un cedazo o una bandeja para la limpieza y retiro de material grueso previa revisión del mismo asegurándose que no quede ningún espécimen incrustado, para ser guardado en un recipiente plástico con un porcentaje de formol o alcohol al 70% y rotulado con la fecha, lugar donde se tomó la muestra y código de la fuente. Posteriormente se realizará la identificación de la muestra.

5.4.2 LIMPIEZA, OBSERVACIÓN EN ESTEREOSCOPIO E IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE MACROINVERTEBRADOS:

a. LIMPIEZA:

para realizar este paso se tuvo en cuenta lo estipulado en la guía de IDEAM denominada MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS – DETERMINACIÓN TAXONÓMICA – CONTEO.

Estipulando los siguientes pasos y teniendo en cuenta que se debe realizar una separación de la muestra completa para que de esta manera se obtenga una buena preservación, manejo y confiabilidad en los resultados:

...()

7.1 Priorice para procesar alguna muestra por lote (por ej., fecha de colección, cuenca específica o proyecto), complete el formato y verifique que las muestras hayan llegado al laboratorio, en condiciones apropiadas.



7.2 Lave pequeñas porciones de la muestra en un tamiz de 500 μm de malla para remover el preservativo y el sedimento fino. El material orgánico grande (hojas enteras, ramitas, algas o macrófitas, etc.) no se desecha en el campo, sino que debe enjuagarse, inspeccionarse visualmente y descartarse en el laboratorio. Si las muestras se han preservado en alcohol, es necesario remojar la muestra en agua por cerca de 15 minutos para hidratar los organismos bénticos, lo cual evita que floten sobre la superficie del agua durante la separación. Si la muestra fue almacenada en más de un recipiente, el contenido de todos los recipientes para una muestra debe combinarse al mismo tiempo. Mezcle la muestra suavemente con la mano mientras se enjuaga para homogeneizar.

7.3 Después de lavar cada porción de la muestra, extienda equitativamente sobre una bandeja blanca y se adicione una pequeña cantidad de agua para facilitar la separación.

7.4 Deposite los residuos de detritos separados ó revisados en otro recipiente y rotúlelos con una etiqueta, que registre "Residuos separados" adicione toda la información primaria de la muestra y presérvela con etanol al 95% ó solución de formol al 40%.

7.5 Coloque los organismos separados en viales y presérvelos en etanol al 70%. Rotule los viales con la identificación de la muestra o número de lote, fecha, nombre de la corriente, localización del muestreo y grupo taxonómico. Si es necesario más de un vial, cada uno deber ser rotulado separadamente y numerado (por ej., 1 de 2, 2 de 2). Por conveniencia en la lectura de las etiquetas dentro de los viales, inserte la etiqueta primero. Si la determinación se lleva a cabo inmediatamente después de la separación, puede usar una caja de petri o un vidrio de reloj en cambio de viales.

7.6 Monte en láminas portaobjetos en un medio apropiado (ej. Euparal, CMC-9 ó bálsamo de Canadá), las cápsulas cefálicas de dípteros larvas y pupas de (Chironomidae); marque las láminas con sitio, fecha de colección e iniciales del colector. Al igual que con las larvas de dípteros los gusanos (Oligochaeta) deben también montarse en láminas que deben rotularse apropiadamente.

7.7 Llene los encabezados de los formatos de laboratorio. Si se hizo control de calidad sobre una muestra en particular, la persona que hace el control de calidad debe anotar lo que haya encontrado en la parte posterior del formato de laboratorio y añadir una etiqueta de revisión con apellido, inicial del primer nombre y las siglas det. Al final. Calcule el porcentaje de eficiencia de separación para determinar si el esfuerzo de separación pasa o no.

7.8 Anote la fecha de separado y montaje de láminas, si es aplicable a los formatos como documentación del avance y estado de terminación de toda la muestra.

...()

b. OBSERVACIÓN EN ESTEREOSCOPIO



Una vez limpiadas las muestras se debe proceder a realizar la identificación de las muestras con la ayuda del estereoscopio, lupas de mano y lupas de celular; cabe aclarar que se debe realizar la limpieza de las muestras que se van a procesar de lo contrario no se debe cortar la cadena de frío para que de esta manera se preserven las muestras hasta su previa identificación.

Para tener una buena observación es necesario tener 5 portaobjetos por muestra para estar constantemente cambiando de espécimen y de esta manera será más rápido el proceso de identificación.

c. IDENTIFICACIÓN TAXONOMICA DE MACROINVERTEBRADOS

Para la identificación de macroinvertebrados se deben recopilar información secundaria por medio de fichas o claves taxonómicas teniendo en cuenta que los estudios de este tipo en Colombia son pocos y es indispensable apoyarse de bibliografía de otros países con la precaución de que algunas especies no se encuentran en este país.

Se toma la foto desde la cámara que viene integrada en el estereoscopio de preferencia, para obtener una imagen clara y de máxima resolución; una vez tomada la foto se realizara una base de datos con estas imágenes para su identificación en jornadas o mesas de trabajo y de igual manera si es posible se deberá realizara la identificación in-situ.

La identificación se la realizara únicamente hasta familia ya que el resultado a obtener es el cálculo del índice BMWP, por lo cual debemos tener en cuenta que tanto los ordenes como las familias reflejan datos de calidad, puesto que los organismos que están dentro de estos grupos con características similares tienen tolerancias similares; para entender un poco más el concepto de orden y familia se presentan a continuación:

a. Orden: Orden:

categoría taxonómica básica empleada en la clasificación de los animales. Constituye la principal división de una Clase y está ubicado entre ésta y la Familia. Cada orden está formado por una o más familias relacionadas (Álvarez, Daza; 2005), la definición de algunos ordenes que se van a encontrar en el estudio Machado y Ramírez; 2002 en su ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA DEL RIOGRANDE (DEPARTAMENTO DE ANTIOQUÍA) MEDIANTE EL USO DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES, los definen como:

...()

Características ecológicas de los grupos determinados

— Orden Ephemeroptera.

Son insectos acuáticos de vida corta en su estado adulto, que viven regularmente en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas (Roldán, 1988). En general se consideran indicadores de aguas limpias o de buena calidad biológica (Clase I). Se encuentran adheridos a rocas, troncos, material vegetal en descomposición, en la arena o en la vegetación de orilla. Su alimento consiste en algas y tejido vegetal y son la base de alimentación de otros insectos y peces.



Son muy sensibles a los cambios físicos y químicos del agua. en la zona neotropical se ha reportado más de 18 géneros.

— Orden Odonata.

Llamados también libélulas. Su periodo de larva puede durar hasta tres años. Viven en pozos, charcas, márgenes de los ríos y lagos, en aguas limpias o en aguas mesotróficas. Sus larvas son generalmente depredadoras y cumplen un papel importante como control biológico. Algunos son buenos indicadores de aguas limpias y otros de aguas medianamente contaminadas (Clase II). En los ecosistemas acuáticos tropicales su número puede ser mayor de 50 géneros. Viven sobre la vegetación, material en descomposición, rocas, arena y grava, entre otros.

Viven en aguas rápidas, bien oxigenadas, debajo de las piedras, troncos, ramas, y hojas (Roldán, 1988). Son buenos indicadores de aguas limpias (Clase I). Son muy sensibles a los cambios físicoquímicos, principalmente de oxígeno, temperatura y conductividad. Sólo un género (Anacroneuria) es el más representativo en los ecosistemas tropicales.

— Orden Hemiptera

Denominados también “chinchas de agua” viven en zonas de remanso en los ríos, embalses, lagos, charcos y ciénagas. Son depredadores. Se encuentran en la vegetación de orilla y sumergente, sobre la superficie del agua (patinadores) y en grava. La mayoría son indicadores de aguas limpias. Sobrepasan los 40 géneros.

— Orden Trichoptera

Algunos géneros se caracterizan por la construcción de casas o refugios durante su etapa larval. Sus larvas viven en los sistemas acuáticos en aguas limpias y oxigenadas, en sustratos de grava, donde adhieren sus casas, material vegetal y algas. Algunas larvas son depredadoras. Son buenos indicadores de aguas limpias y medianamente contaminadas.

— Orden Coleóptera.

La mayoría se encuentran en el agua en forma de larvas y adultos y son comunes en aguas lólicas y lénticas. El hábitat más común son troncos, hojas en descomposición, vegetación sumergente, grava, piedras, arena, vegetación acuática. Pueden ser herbívoros, carnívoros o detritívoros. Su distribución altitudinal es muy amplia y son indicadores de aguas limpias. Constituyen la mayor diversidad en los ecosistemas acuáticos.

— Orden Diptera

Son los más complejos en su determinación taxonómica. Sus larvas carecen de patas torácicas. Se encuentran en ríos, arroyos y lagos. Son herbívoros y carnívoros. La mayoría de sus géneros se encuentran en forma de larva. Viven en zonas de arena, materia orgánica en descomposición, sobre piedras, vegetación y grava. Algunos son indicadores de aguas limpias (Clase I), aguas medianamente contaminadas (Clase II) y contaminadas (Clase III).



— Orden Neuroptera o Megaloptera

Viven en aguas corrientes limpias debajo de piedras, troncos y vegetación sumergida; son grandes depredadores. En general se pueden considerar indicadores de aguas oligotróficas o levemente mesotróficas.

— Orden Lepidóptera

Los lepidópteros acuáticos son quizás el grupo más desconocido en el trópico. Se conocen como habitantes de las rocas y se alimentan de algas y particularmente de diatomeas. Viven en aguas muy oxigenadas de curso rápido, bajo telas sedosas tejidas sobre las superficies de rocas sumergidas. Se pueden considerar indicadores de aguas limpias.

— Ordenes Mesogastropoda, Basommatoptora y Stylommatoptora

Pertenecen a la clase Gastropóda. Cerca de las tres cuartas partes de moluscos son gastrópodos. El conocimiento de los moluscos acuáticos en Sudamérica aún es escaso. La mayoría de los gastrópodos son herbívoros, que se alimentan de algas y residuos vegetales. Viven por lo general en ambientes con muchas sales, especialmente de carbonato de calcio. En general se les puede considerar como indicadores de aguas duras y alcalinas. La mayor parte de los taxones requieren altas concentraciones de oxígeno, pero algunas pueden sobrevivir en grandes números en lugares con vegetación acuática y restos orgánicos.

— Orden Gordioidea

*Los gordiáceos (gusanos) viven en aguas limpias, adheridos a la vegetación y debajo de piedras en las orillas de los ríos y arroyos. Se encuentran tanto en los trópicos como en las zonas templadas. Se conocen más de 100 taxones de gordiáceos de agua dulce, todos pertenecientes al orden Gordioidea. Debido a la falta de estudio para Suramérica, aún no existen claves adecuadas para su clasificación. Se ha determinado un género (*Neochordodes*) en la parte alta del río Medellín (Instituto Mi Río, 1997).*

— Orden Glossiphoniiformes

Las sanguijuelas tienen tamaños que varían desde 5 mm hasta 45 cm de longitud. Su cuerpo es aplanado y se caracterizan por poseer una ventosa anterior que rodea la boca y otra posterior o caudal, las cuales utilizan para fijarse fuertemente al sustrato. Algunas se alimentan de residuos orgánicos, pero la mayoría son carnívoras y se alimentan de caracoles, insectos, lombrices de agua y otros pequeños invertebrados. Viven por lo general en aguas quietas o de poco movimiento, sobre troncos, plantas, rocas o residuos vegetales. Toleran bajas concentraciones de oxígeno y altas concentraciones de materia orgánica, por lo que se consideran indicadores de aguas contaminadas por efecto de la contaminación orgánica (Clases II y III).

— Orden Haplotaxida

Los oligoquetos son un grupo complejo y poco conocido en nuestro medio. Los oligoquetos acuáticos tienen la misma estructura que los terrestres. Su alimentación consiste principalmente en algas filamentosas, diatomeas y detritus de plantas y animales. La mayoría de los oligoquetos viven en aguas contaminadas, sobre el fondo fangoso y con



abundante cantidad de detritus. Pueden vivir en condiciones extremas como a varios metros de profundidad donde el oxígeno escasea y en ríos contaminados con materia orgánica y aguas negras, constituyéndose por esto en indicadores de contaminación acuática (Clase III). La familia más representativa de este orden es Tubificidae, con los géneros Tubifex y Limmnodrilus. Viven en hábitat con mucha materia orgánica en descomposición. Son detritívoros y juegan un papel importante como mineralizados de la materia orgánica. Son indicadores de aguas contaminadas.

...()

- b. Familia: Familia: categoría taxonómica básica empleada en la clasificación de los organismos vivos. Constituye la principal división de un orden y está ubicada entre éste y el género. Cada familia está conformada por uno o más géneros relacionados. (Álvarez, Daza; 2005).

5.4.3 ÍNDICE BMWP

La calidad biológica se evalúa de tres grandes grupos: flora acuática, fauna bentónica de invertebrados y los peces. En esta campaña se realizará muestreo de que permita la obtención de datos cuantitativos y cualitativos de la fauna invertebrada bentónica para calcular el índice de calidad de agua denominado IBMWP.

De manera general, el muestreo de macroinvertebrados es relativamente sencillo, requiere poco personal, no es costoso y no provoca grandes efectos en el resto de la biota, lo que favorece su muestreo.

El valor del indicador de los macroinvertebrados se da a dos niveles: a nivel individual teniendo en cuenta que cada especie tiene unos requerimientos ecológicos y una sensibilidad y tolerancia a las perturbaciones del medio, y a nivel de comunidad dado que también es un indicador del estado de calidad del agua.

Figura 7 Puntos asignados a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del BMWP/Col1.



Familias				Puntos
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae,	Ptilodactylidae, Chordodidae, Gripopterygidae	Lampyridae, Odontoceridae, Perlidae	Polymitarcyidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Coryphoridae, Ephemeraeidae, Euthyplociidae,	Gomphidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae	Limnephilidae, Oligoneuriidae, Philopotamidae	Platystictidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae	9
Atyidae, Calamoceratidae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydraenidae,	Hydroptilidae, Leptoceridae, Limnephilidae, Lymnaeidae, Naucoridae	Palaemonidae, Planorbidae (cuando es dominante Biomphalaria)	Pseudothelphusidae, Saldidae, Sialidae, Sphaeriidae	8
Ancyliidae, Baetidae, Calopterygidae, Coenagrionidae,	Dictyriidae, Dixidae, Glossosomatidae, Hyalellidae	Hydrobiidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Lestidae	Pyrilidae, Simuliidae, Veliidae	7
Aeshnidae, Ampullariidae, Caenidae, Corydalidae,	Dryopidae, Dugesidae, Elmidae, Hyriidae	Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae	Mycetopodidae, Pleidae, Staphylinidae	6
Ceratopogonidae, Corixidae, Gelastocoridae,	Glossiphoniidae, Gyrinidae, Libellulidae	Mesoveliidae, Nepidae, Notonectidae	Tabanidae, Thiaridae	5
Belostomatidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Ephyridae,	Haliplidae, Hydridae, Muscidae	Scirtidae, Empididae, Dolichopodidae	Hydrometridae, Noteridae, Sciomyzidae	4
Chaoboridae, Cyclobdellidae,	Hydrophilidae (larvas)	Physidae, Stratiomyidae	Tipulidae	3
Chironomidae (cuando no es la familia dominante, si domina es 1)		Culicidae, Psychodidae	Syrphidae	2
Tubificidae				1

Fuente: (modificado de Roldán, 2003 por Álvarez, 2006)

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

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Significado	Color
I	Buena	≥ 150	Aguas muy limpias	Blue
		123-149	Aguas no contaminadas	Light Blue
II	Aceptable	71-122	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	Green
III	Dudosa	46-70	Aguas moderadamente contaminadas	Yellow
IV	Crítica	21-45	Aguas muy contaminadas	Orange
V	Muy crítica	< 20	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica	Red

Fuente: grupo de trabajo

Tipo de bioindicadores. Desde el punto de vista de la contaminación, los macroinvertebrados se agrupan en tres categorías generales:

Clase I: son organismos indicadores de aguas claras, en su mayoría muy sensibles a los cambios. Entre ellos están en términos generales los grupos taxonómicos de los Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, algunos Diptera, Odonata, Neuroptera. Como ejemplos tenemos los géneros, Helicopsyche, Anacroneuria, Laclania, Nectopsyche, Baetodes, Tetraglossa, Macrelmis, Atopsyche, y Moribaetis, entre otros



Clase II: son indicadores de aguas medianamente contaminadas. En general son tolerantes a la contaminación de tipo orgánico. Se encuentran en hábitat de poca contaminación. Dentro de éste grupo tenemos algunos Odonata, Trichoptera, Ephemeroptera, algunos dípteros, y coleópteros como, los géneros Hetaerina (Odonata), Gerris (Hemiptera, y Smicridea (Trichoptera), Tropisternus (Coleoptera), Dixella, Probozzia, Limnophora, Limnicola (Diptera), Helisoma y Succinea (Gastropoda).

Clase III: son organismos tanto estenoicos como eurioicos. Se encuentran en medios contaminados por materia orgánica. Se destacan la familia Chironomidae (Diptera), el Phylum Mollusca y la clase Hirudinea como algunos caracoles (Physa, Limnaea) y sanguijuelas respectivamente.

Clase IV: son Indicadores de aguas muy contaminadas por materia orgánica. Por ejemplo, los grupos taxonómicos de la clase Annelida, con los géneros, Limnodrilus y Tubifex (Machado, Ramírez; 2002)

6. RESULTADOS

6.1 MUNICIPIO DE MOCOA

RÍO MOCOA

Tabla 5. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

Código de Punto de Muestreo	Latitud (Y)	Longitud (X)	Altura (msnm)
P1RM001	1.21378	-76.60965	701
P2RM001	1.143050	-76.6424	568
P3RM001	1.125139	-76.6264	550

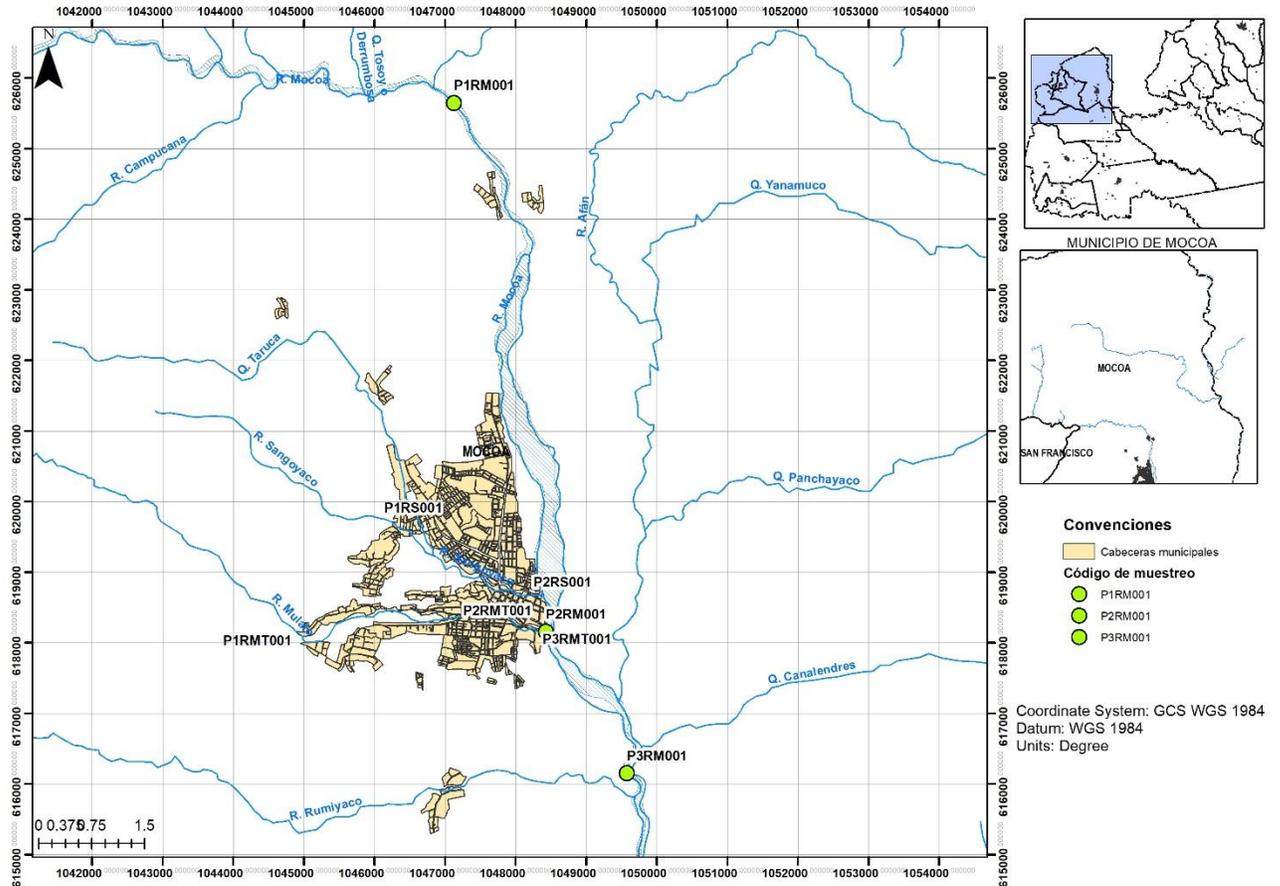


Figura 8. Ubicación de los puntos de muestreo del Río Mocoa

6.1.1 pH

El pH presenta valores entre 6,69 a 7,83 con un promedio de 7,31. En general, se observa que la medición del pH se encuentra dentro del rango normal de este parámetro, siendo óptimo para la vida acuática, cuyos valores encuentran en el rango de 6,5-8,5, lo que indica que corresponden a aguas poco contaminadas.

Específicamente la parte alta del río Mocoa presenta un PH de 7,83, la parte media 6,69 y la parte baja 7,41, por lo tanto, se observa que a pesar de que la distancia entre las partes, el PH presenta valores similares, con una variación entre 0,62 y 0,52 unidades de PH

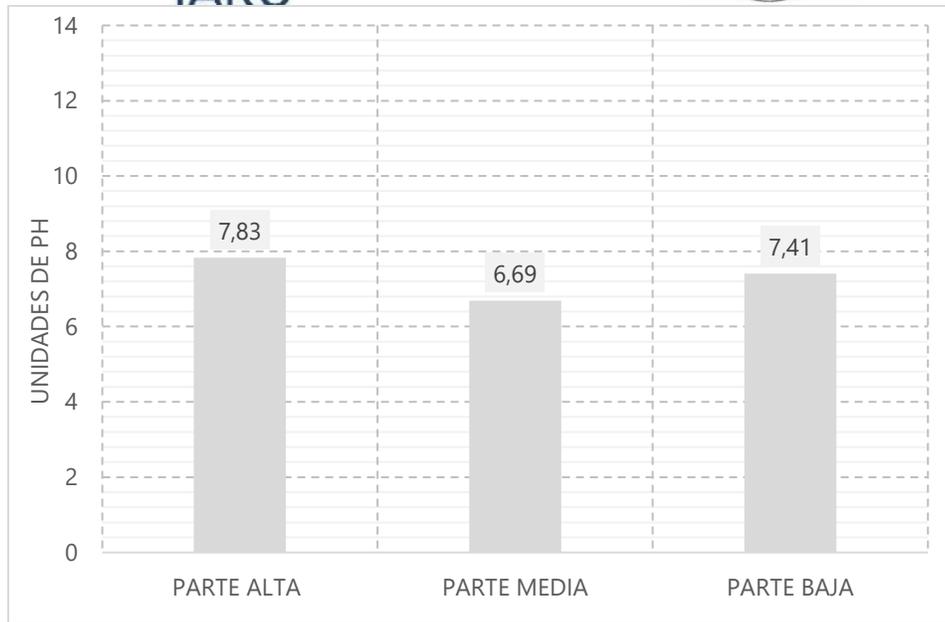


Figura 9. Resultados de medición de PH para el Río Mocoa.

6.1.2 Temperatura del Agua (°C)

Es importante conocer la temperatura del agua porque puede ayudar a predecir y confirmar otras condiciones del agua. La temperatura tiene influencia directa en otros factores de la calidad del agua tales como el oxígeno disuelto (OD), la demanda biológica de oxígeno (DBO) y la supervivencia de algunas especies biológicas.

La temperatura puede afectar a los índices de reproducción de algunas especies acuáticas; algunas especies podrían dejar de reproducirse en aguas más calientes de lo habitual. En aguas más calientes puede aumentar la susceptibilidad de los organismos acuáticos a las enfermedades porque bacterias y otros organismos que causan enfermedades crecen con más rapidez en aguas cálidas.

En este caso, en el municipio de Mocoa cuya altura sobre el nivel del mar es aproximadamente de 604 msnm la temperatura del agua tuvo un promedio de 19.4°C. Este valor se encuentra dentro del rango óptimo (< 35 °C) establecido para la biota acuática.

El valor más bajo se presentó en la parte alta del río, probablemente también influenciado por la hora del muestreo la cual se realizó en horas de la mañana, mientras que la parte media y baja donde el valor es mayor (con una diferencia entre las partes de 1,08 °C), el muestreo se realizó cercano al medio día donde la radiación solar es mayor.

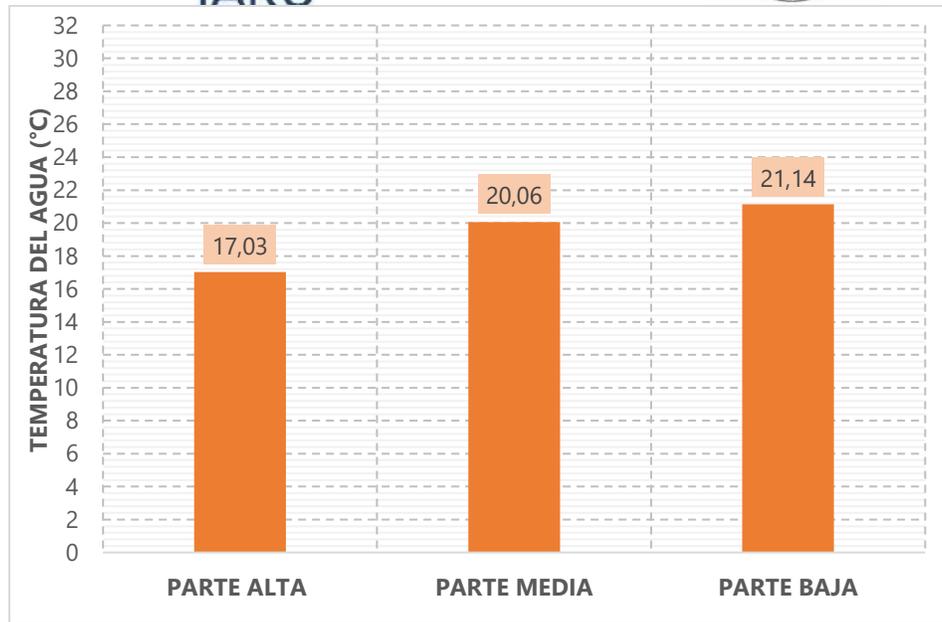


Figura 10. Resultados medición de temperatura del agua (°C) del río Mocoa

6.1.3 Oxígeno Disuelto (mg/l) y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%)

El Oxígeno disuelto presenta un valor promedio de 8.7 mg/l cuyo valor más alto se registró en la parte alta del río Mocoa, seguido por la parte baja y finalmente por la media. Por lo tanto, la parte alta y baja, fueron los puntos de muestreo con la mayor concentración de oxígeno disuelto con una variación mínima de 0,02 mg/l, mientras que la parte media del río la concentración de oxígeno disuelto presenta una variación de 1,94 mg/l, con relación a la parte alta. En general, el resultado se considera dentro del rango promedio para la mayoría de fauna acuática tropical cuyos valores especialmente para hábitats de peces se establece que debe ser mayor a 4 mg/l.

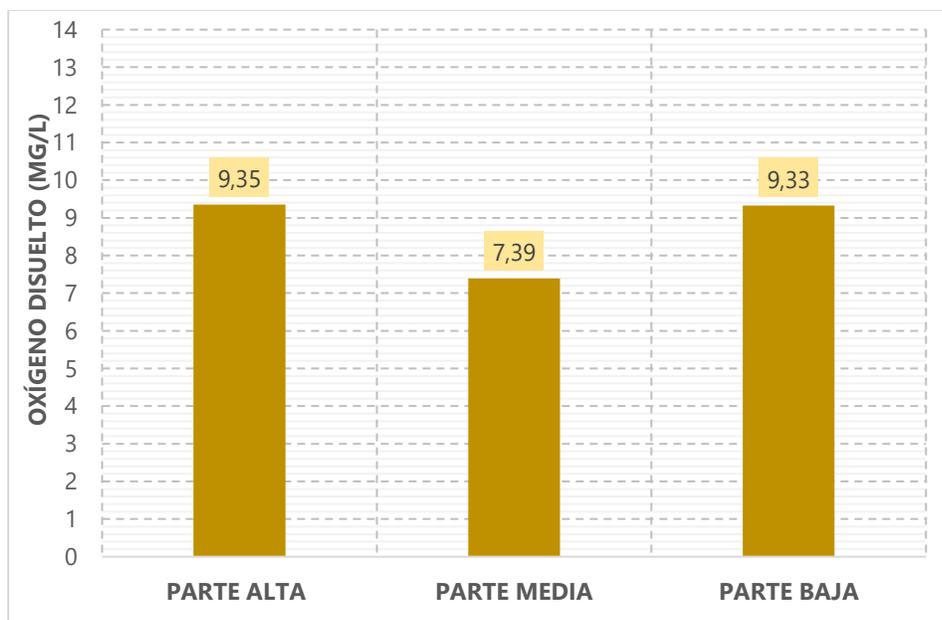


Figura 11. Resultados de oxígeno disuelto (mg/l) para el río Mocoa.

Por su parte, la saturación de oxígeno disuelto promedio correspondió a un valor promedio de 101.20% siendo mayor en la parte alta del río Mocoa.

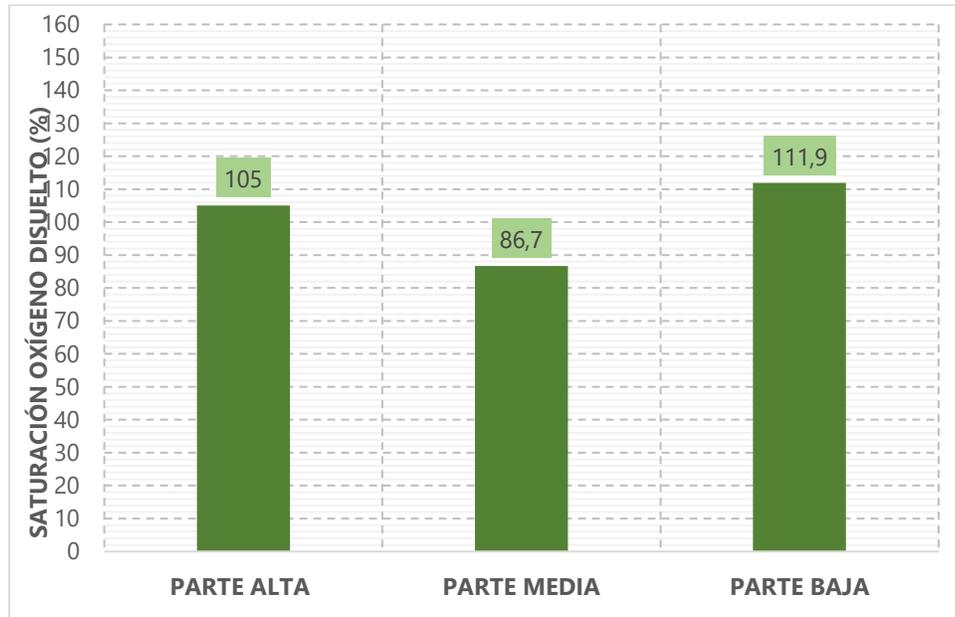


Figura 12. Resultados de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) para el Río Mocoa.

El porcentaje de saturación de OD (%), se define como el porcentaje de oxígeno disuelto en 1 litro de agua, respecto la cantidad máxima de oxígeno disuelto que puede contener 1 litro de agua, resultando para esta muestra que se encuentra dentro del rango aceptable para la mayoría de fauna acuática en el agua cuyos valores corresponden entre 86,7 a 105%. Valores inferiores al 70% estarían indicando algún grado de contaminación.

6.1.4 Conductividad (us/cm)

La conductividad presenta un valor promedio de 72 us/cm, el mayor valor se presentó en la parte alta del río Mocoa con un total de 101 us/cm, la parte media un total de 16 us/cm y en la parte baja el valor de conductividad es de 99 us/cm. El valor de conductividad reportado se encuentra dentro del rango aceptable para el uso de consumo humano, especialmente en la parte alta del río, se abastecen poblaciones rurales dispersas del municipio.

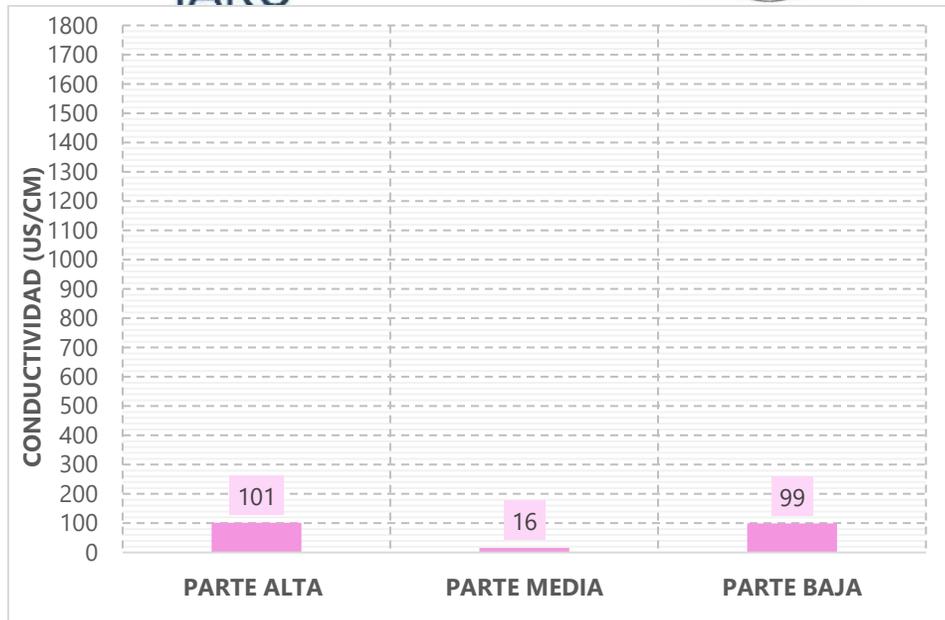


Figura 13. Resultados de conductividad para el Rio Mocoa.

6.1.5 Turbiedad (NTU) y Sólidos disueltos Totales (mg/l TDS)

El promedio del nivel de turbiedad del rio de Mocoa es 19,97 UTN (Unidades nefelométricas de turbiedad), por lo tanto, teniendo en cuenta la resolución 2115 de 2007, por medio del cual se establece como valor máximo aceptable sobre los cuerpos de agua usados para consumo humano, como en este caso: 2 UTN, por lo tanto, es posible afirmar que el cuerpo de agua, no es apto para consumo humano. Por su parte, sólidos disueltos totales en promedio es de 36,33 mg/l, valor que se encuentra dentro de los límites permisibles establecidos para calidad de agua referente a hábitat para peces, cuyo valor es de 100 mg/l.

Es importante tener en cuenta que turbiedad y los sólidos suspendidos afectan directamente a los organismos, puesto que reduce su visibilidad, dificultando la alimentación y reduciendo la producción primaria de los organismos fotosintéticos.

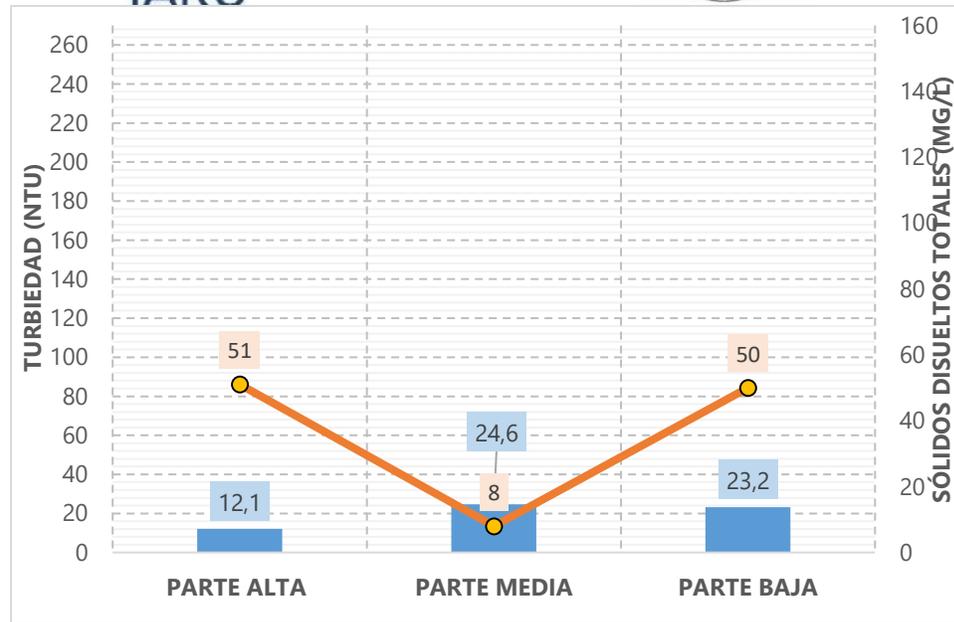


Figura 14. . Resultados de sólidos disueltos totales y turbiedad para el Río Mocoa.

6.1.6 Coliformes Totales y Fecales (NMP/100 ml)

Esta variable presentó un promedio de 1467 NMP/100ml, siendo superior a lo reportado por la normativa colombiana para agua potable (0 UFC). De forma similar, el agua con potencial para hábitat de peces sugiere un valor de 10 UFC, estando bastante por encima del valor sugerido. Esto señala la existencia de vertimientos de aguas residuales.

Las coliformes totales presentaron un promedio de 4793 NMP/100 ml siendo superior a lo sugerido para aguas con potencial para la biota acuática (450 NMP/100 ml). De igual forma, la calidad de agua referente a coliformes totales cumple con lo dispuesto en la normativa Colombiana según el Decreto 1076 de 2015 (20000 NMP/100 ml).

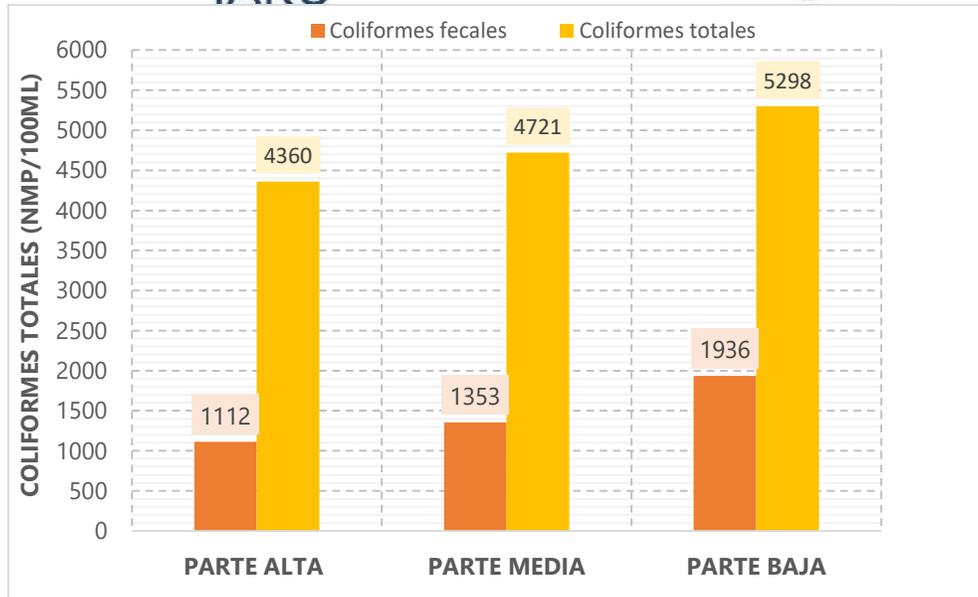


Figura 15. Resultados de coliformes fecales y totales Río Mocoa

6.1.7 Índice de Calidad de Agua (ICA)

Los índices de calidad de agua para la parte alta y media del río Mocoa, dan como resultado la clasificación (ICA) de REGULAR lo que indica que el cuerpo de agua se encuentra medianamente contaminado, mientras que en la parte baja del río Mocoa, el ICA es aceptable.

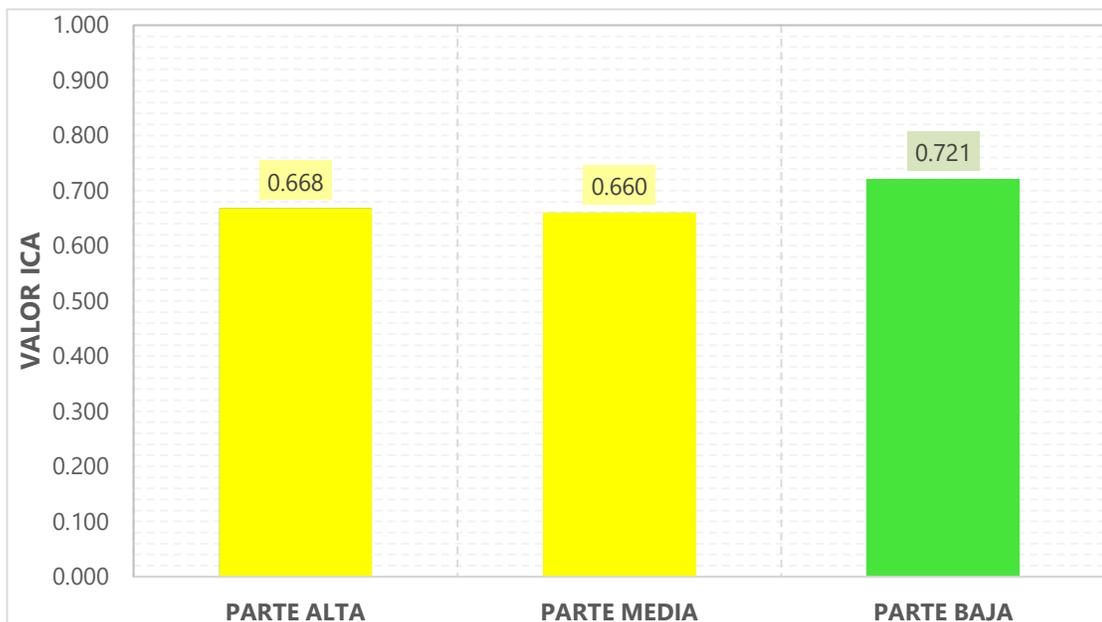


Figura 8. Resultado del índice de calidad de agua (ICA) para el río Mocoa.

RIO SANGOYACO

Tabla 6. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

Código de Punto de Muestreo	Latitud (Y)	Longitud (X)	Altura (msnm)
P1RS001	1.157583	-76.6629	670
P2RS001	1.148250	-76.6444	587
P3RS001	1.148250	-76.6444	582

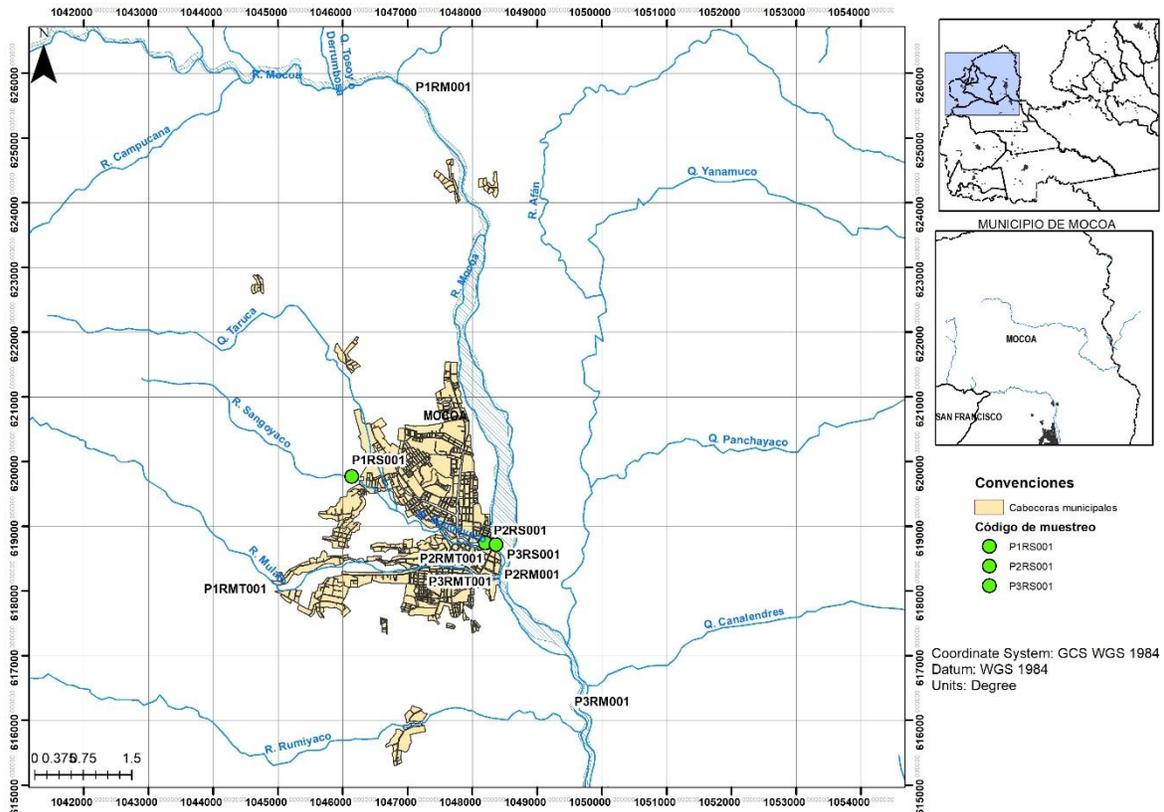


Figura 16. Ubicación de los puntos de muestreo del río Sangoyaco

6.1.8 pH

El pH presenta valores entre 7,32 a 7.92 con un promedio de 7.563. En general, se observa que la medición del pH se encuentra dentro del rango normal de este parámetro, siendo óptimo para la vida acuática, cuyos valores encuentran en el rango de 6.5-8.5, lo que indica que corresponden a aguas poco contaminadas.

Específicamente la parte alta del río Sangoyaco presenta un PH de 7,92, la parte media 7,32 y la parte baja 7,45, por lo tanto, se observa que a pesar de que la distancia entre las partes, el PH presenta valores similares, con una variación entre 0,357 y 0,113 unidades de PH

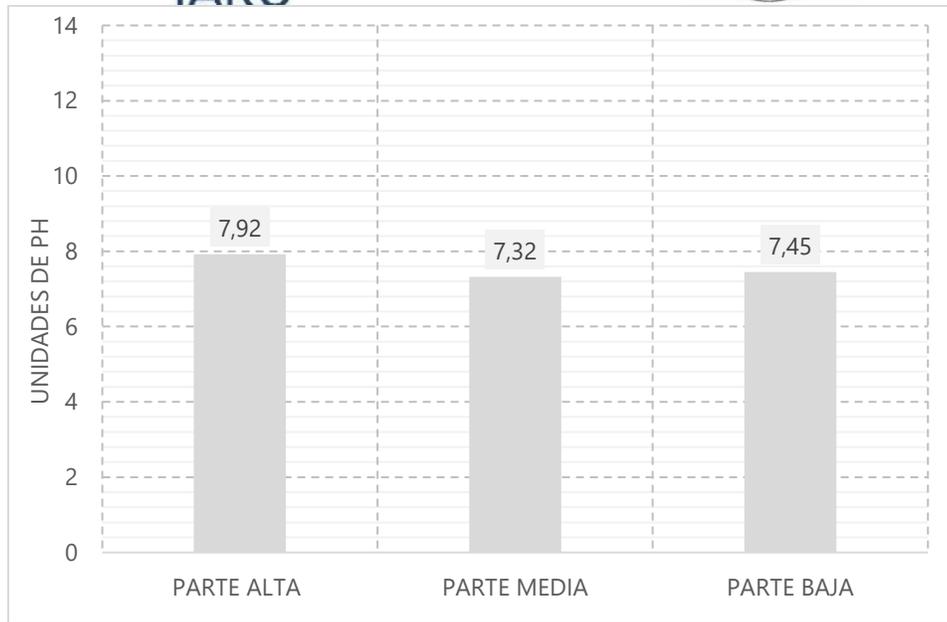


Figura 17.. Resultados de medición de PH para el Río Sangoyaco.

6.1.9 Temperatura del Agua (°C)

En este caso, en el municipio de Mocoa cuya altura sobre el nivel del mar es aproximadamente de 604 msnm la temperatura del agua del río Sangoyaco tuvo un promedio de 23.7°C. Este valor se encuentra dentro del rango óptimo (< 35 °C) establecido para la biota acuática.

El valor más bajo se presentó en la parte alta del río, probablemente también influenciado por la hora del muestreo la cual se realizó a las 3:24 pm, mientras que la parte media y baja fueron realizadas a un minuto de diferencia, resultando valores del PH son muy similares con una diferencia mínima entre las partes de 0,01 °C, esto probablemente debido a que la parte baja fue tomada 100 metros aguas abajo de la parte media y a que la radiación solar fue mayor que al momento de medir el PH en la parte alta del río.

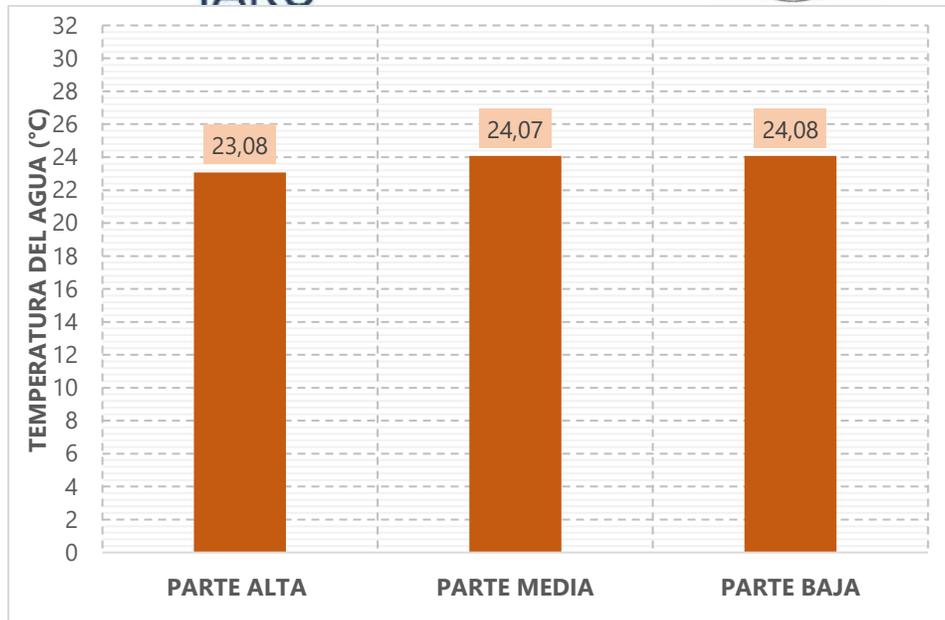


Figura 18. Resultados medición de temperatura del agua (°C) del río Sangoyaco.

6.1.10 Oxígeno Disuelto (mg/l) y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%)

El Oxígeno disuelto presenta un valor promedio de 7.3 mg/l cuyo valor más alto se registró en la parte alta del río Sangoyaco, seguido por la parte baja y finalmente por la media. Por lo tanto, la parte alta y baja, fueron los puntos de muestreo con la mayor concentración de oxígeno disuelto con una variación de 0,87 mg/l, mientras que la parte media del río la concentración de oxígeno disuelto presenta una variación de 1,5 mg/l, con relación a la parte alta. En general, el resultado se considera dentro del rango promedio para la mayoría de fauna acuática tropical cuyos valores especialmente para hábitats de peces se establece que debe ser mayor a 4 mg/l.

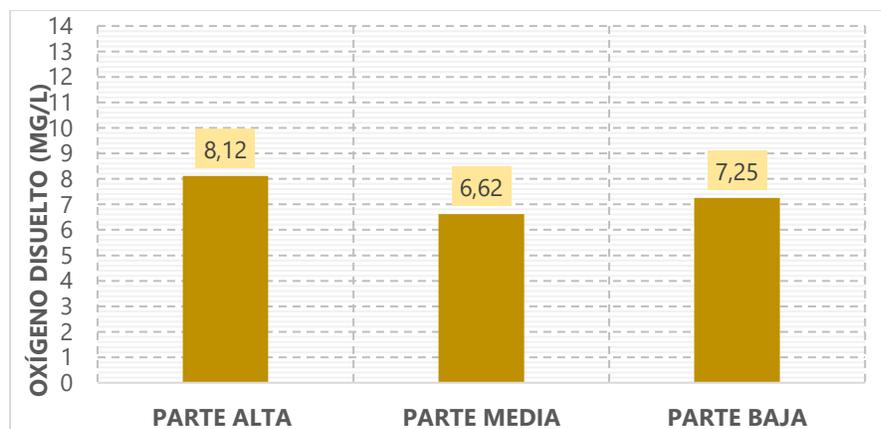


Figura 19. Resultados de oxígeno disuelto (mg/l) para el río Sangoyaco.

Por su parte, la saturación de oxígeno disuelto promedio correspondió a un valor promedio de 93.33% siendo mayor en la parte alta del río Sangoyaco, seguida de su parte baja.

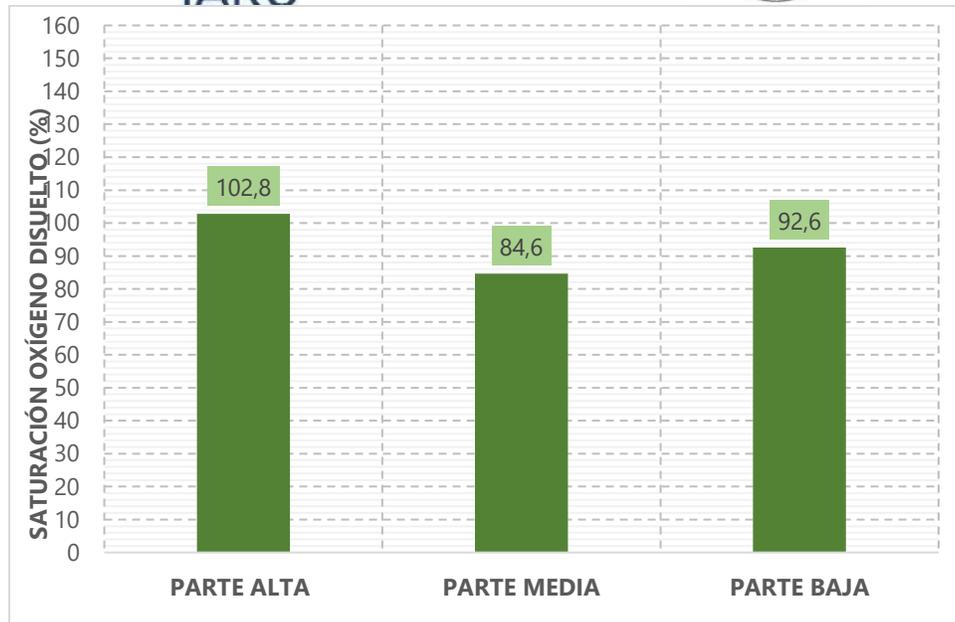


Figura 20. Resultados de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) para el Río Sangoyaco.

El porcentaje de saturación de OD (%) para esta muestra se encuentra dentro del rango aceptable para la mayoría de fauna acuática en el agua cuyos valores corresponden entre 86,7 a 105%. Valores inferiores al 70% estarían indicando algún grado de contaminación.

6.1.11 Conductividad (us/cm)

La conductividad presenta un valor promedio de 99,33 us/cm, el mayor valor se presentó en la parte media del río Sangoyaco con un total de 123 us/cm, en la parte alta con un total de 74 us/cm y en la parte baja el valor de conductividad es de 101 us/cm. El valor de conductividad reportado se encuentra bastante por debajo de lo establecido para la calidad de agua potable (1000 μ s/cm), por lo tanto, al tratarse de un cuerpo de agua receptora de vertimientos domésticos municipales, se evidencia contaminación sobre el cuerpo del agua.

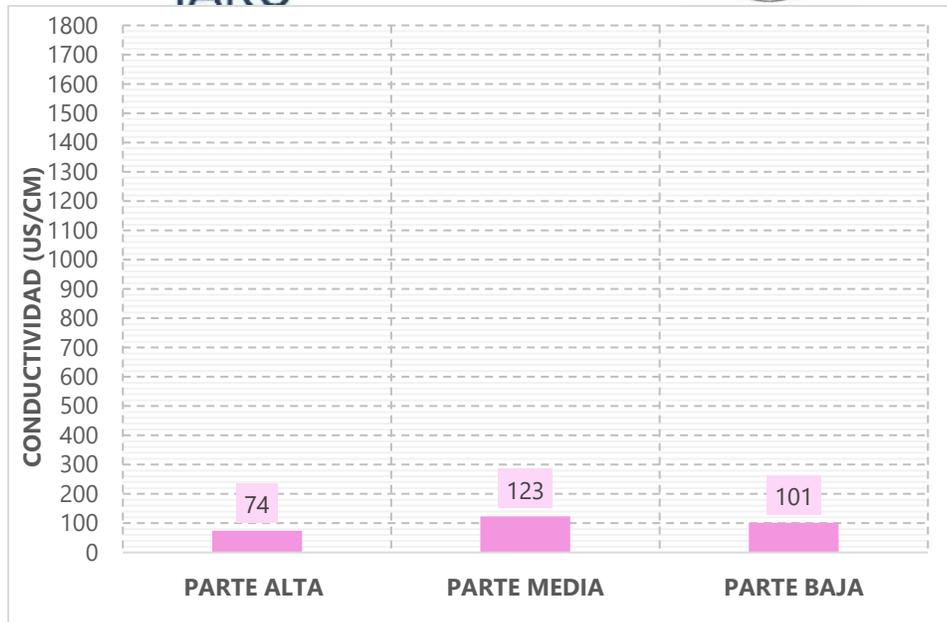


Figura 21. Resultados de conductividad para el Rio Sangoyaco.

6.1.12 Turbiedad (NTU) y Sólidos disueltos Totales (mg/l TDS)

El promedio del nivel de turbiedad del rio de Sangoyaco es de 109,57 UTN (Unidades nefelométricas de turbiedad), esto se debe a que el rio al momento de su monitoreo se encontraba crecido y turbio a causa de precipitaciones continuas en horas anteriores a su medición. Adicionalmente este resultado refleja que el cuerpo de agua presenta partículas en suspensión que reducen la transparencia del agua, efecto generado por procesos de arrastre como remoción de tierra y vertimientos de tipo industrial y/o urbano. Por su parte, sólidos disueltos totales en promedio es de 49,67 mg/l, valor que se encuentra dentro de los límites permisibles establecidos para calidad de agua referente a hábitat para peces, cuyo valor es de 100 mg/l.

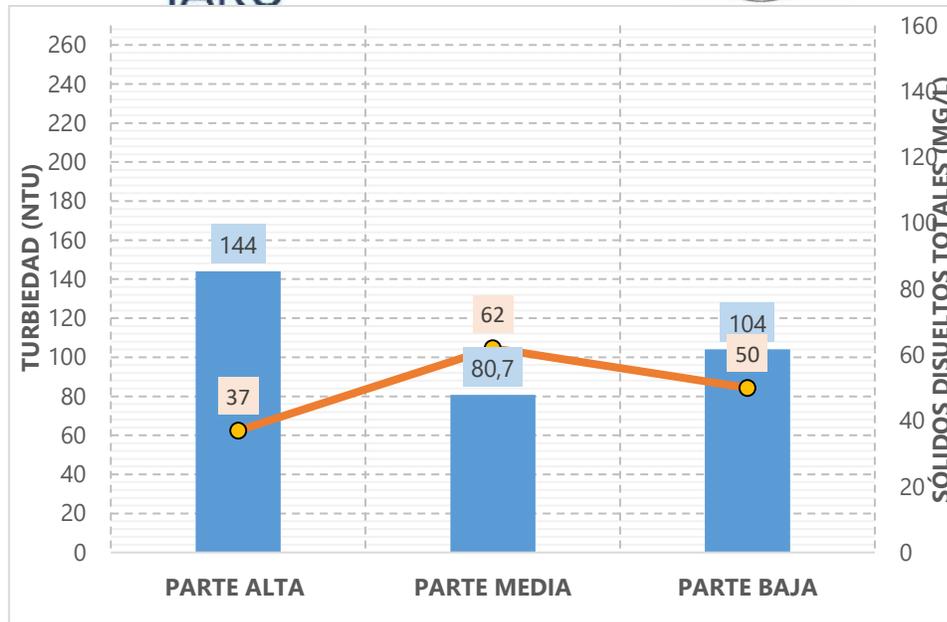


Figura 22.. Resultados de sólidos disueltos totales y turbiedad para el Río Sangoyaco.

6.1.13 Coliformes Totales y Fecales (NMP/100 ml)

Esta variable presentó un promedio de 653,33 NMP/100ml, siendo superior a lo reportado por la normativa colombiana para agua potable (0 UFC). De forma similar, el agua con potencial para hábitat de peces sugiere un valor de 10 UFC, estando bastante por encima del valor sugerido. Esto señala la existencia de vertimientos de aguas residuales y que no es apta para consumo humano.

Las coliformes totales presentaron un promedio de 1396,67 NMP/100 ml siendo superior a lo sugerido para aguas con potencial para la biota acuática (450 NMP/100 ml). De igual forma, la calidad de agua referente a coliformes totales cumple con lo dispuesto en la normativa Colombiana según el Decreto 1076 de 2015 (20000 NMP/100 ml).

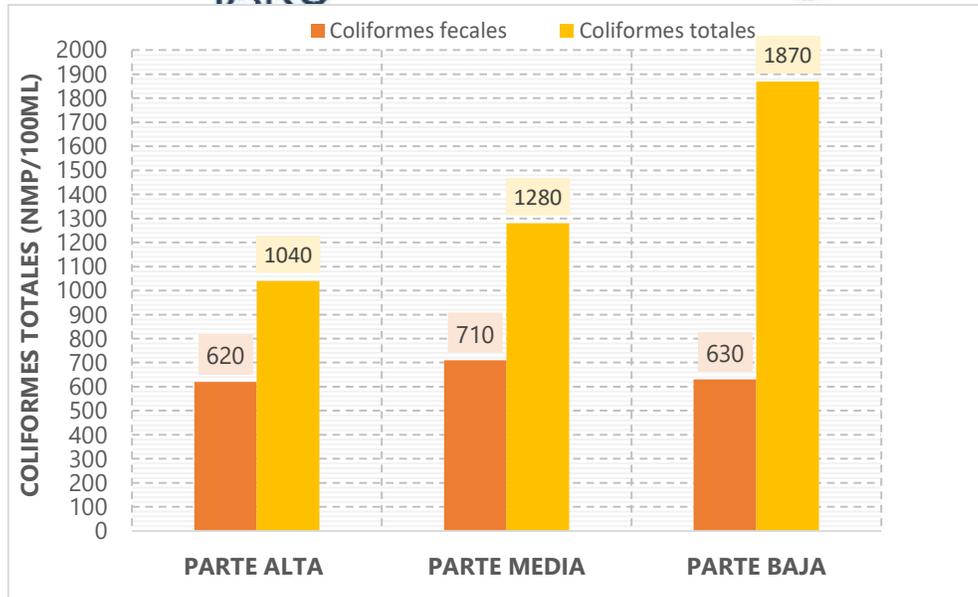


Figura 23. Resultados de coliformes fecales y totales Río Sangoyaco

6.1.14 Índice de Calidad de Agua (ICA)

Los índices de calidad de agua para la parte alta, media y baja del río Sangoyaco, dan como resultado la clasificación (ICA) de REGULAR lo que indica que el cuerpo de agua se encuentra contaminada, debido a que los vertimientos domésticos que percibe el río se realizan sin ningún tipo de tratamiento.

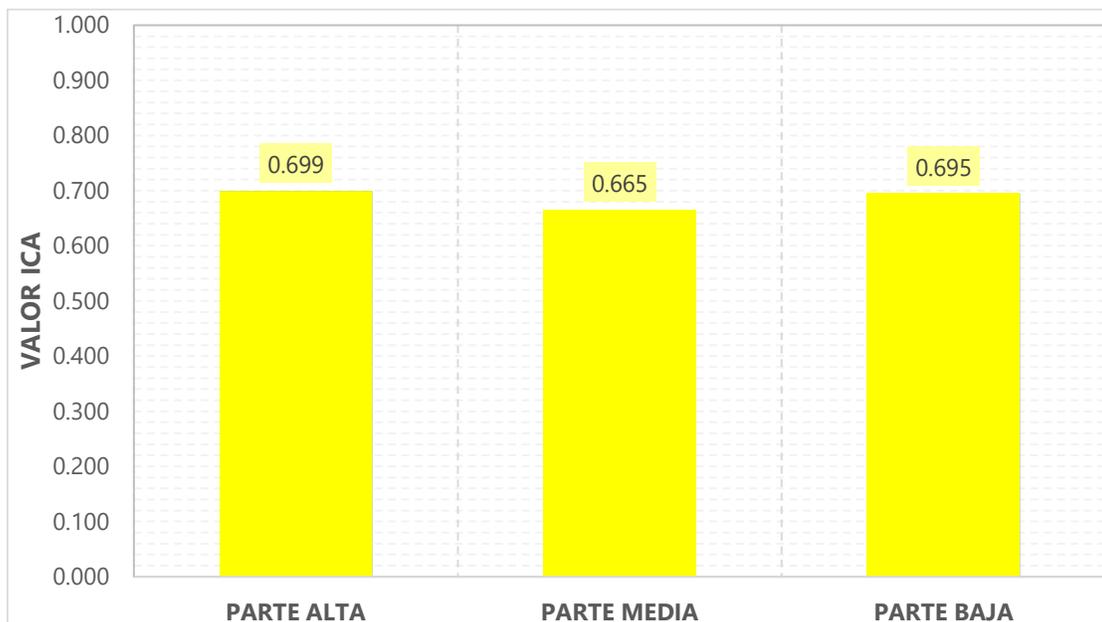


Figura 24. Resultado del índice de calidad de agua (ICA) para el río Sangoyaco.

RIO MULATO

Tabla 7. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

Código de Punto de Muestreo	Latitud (Y)	Longitud (X)	Altura (msnm)
P1RMT001	1.157583	- 76.6629	670
P2RMT001	1.144972	-76.6532	645
P3RMT001	1.143417	-76.6428	572

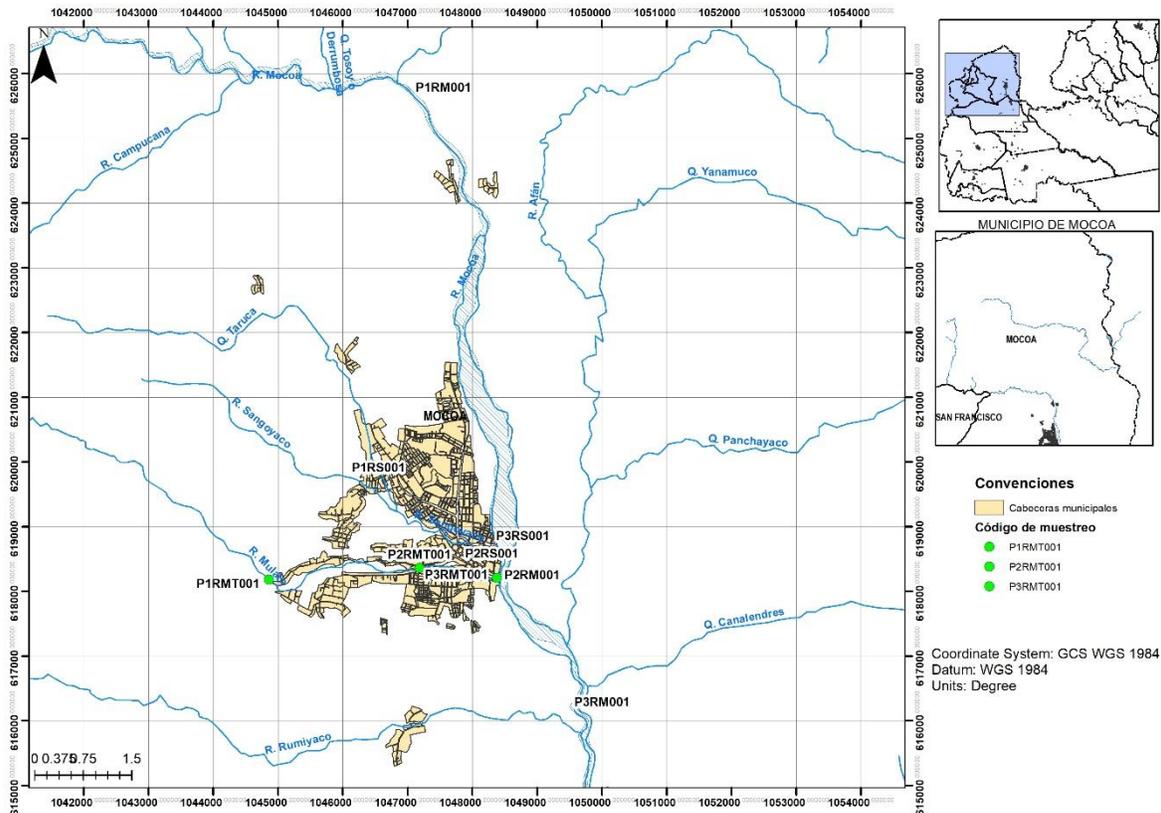


Figura 25. Ubicación de los puntos de muestreo en el Río mulato

6.1.15 pH

El pH presenta valores entre 7,39 a 7.83 con un promedio de 7.543. En general, se observa que la medición del pH se encuentra dentro del rango normal de este parámetro, siendo óptimo para la vida acuática, cuyos valores encuentran en el rango de 6.5-8.5, lo que indica que corresponden a aguas contaminadas moderadamente.

Específicamente la parte alta del río Mulato presenta un PH de 7.83, la parte media 7.39 y la parte baja 7.41, por lo tanto, se observa que a pesar de que la distancia entre las partes, el PH presenta valores similares, con una variación entre 0,287 y 0,113 unidades de PH.

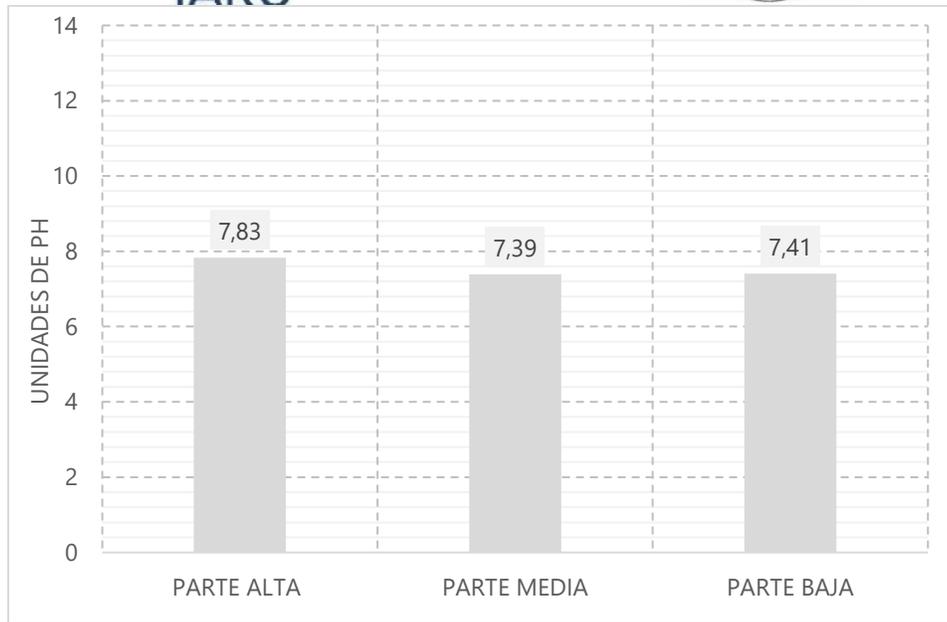


Figura 26. . Resultados de medición de PH para el Río Mulato.

6.1.16 Temperatura del Agua (°C)

En este caso, en el municipio de Mocoa cuya altura sobre el nivel del mar es aproximadamente de 604 msnm la temperatura del agua del río Mulato tuvo un promedio de 21.3°C. Este valor se encuentra dentro del rango óptimo (< 35 °C) establecido para la biota acuática.

El valor más bajo se presentó en la parte baja del río, pero su temperatura es muy similar a la parte alta del río Mulato, con una variación entre las partes del cuerpo de agua de 0,02 °C. La parte media del río presento la mayor temperatura en el agua, debido a que fue tomada al medio día, donde la radiación solar es mayor.

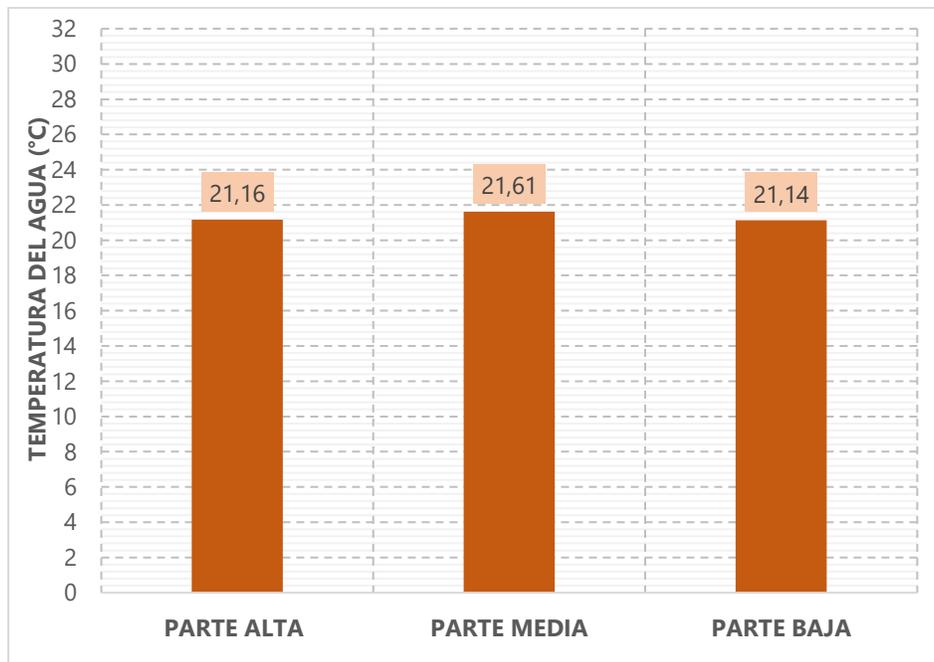


Figura 27. Resultados medición de temperatura del agua (°C) del río Mulato.

6.1.17 Oxígeno Disuelto (mg/l) y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%)

El Oxígeno disuelto presenta un valor promedio de 8.6 mg/l cuyo valor más alto se registró en la parte baja del río mulato, debido a que en esta sección del cuerpo de agua el lecho es rocoso. Por otra parte, la parte media y baja del río, fueron los puntos de muestreo con la mayor concentración de oxígeno disuelto con una variación de 0,86 mg/l, mientras que la parte alta del río la concentración de oxígeno disuelto presenta una variación de 0,6 mg/l, con relación al promedio obtenido para el río Mulato.

En general, el resultado se considera dentro del rango promedio para la mayoría de fauna acuática tropical cuyos valores especialmente para hábitats de peces se establece que debe ser mayor a 4 mg/l.

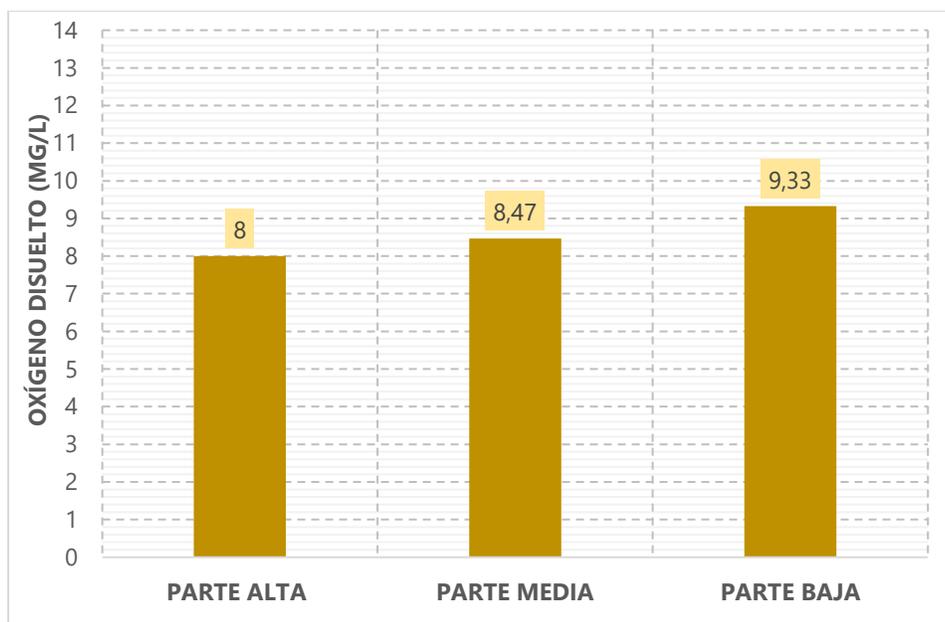


Figura 28. . Resultados de oxígeno disuelto (mg/l) para el río Mulato.

Por su parte, la saturación de oxígeno disuelto promedio correspondió a un valor promedio de 104,50% siendo mayor en la parte baja del río Mulato, seguida de su parte media.

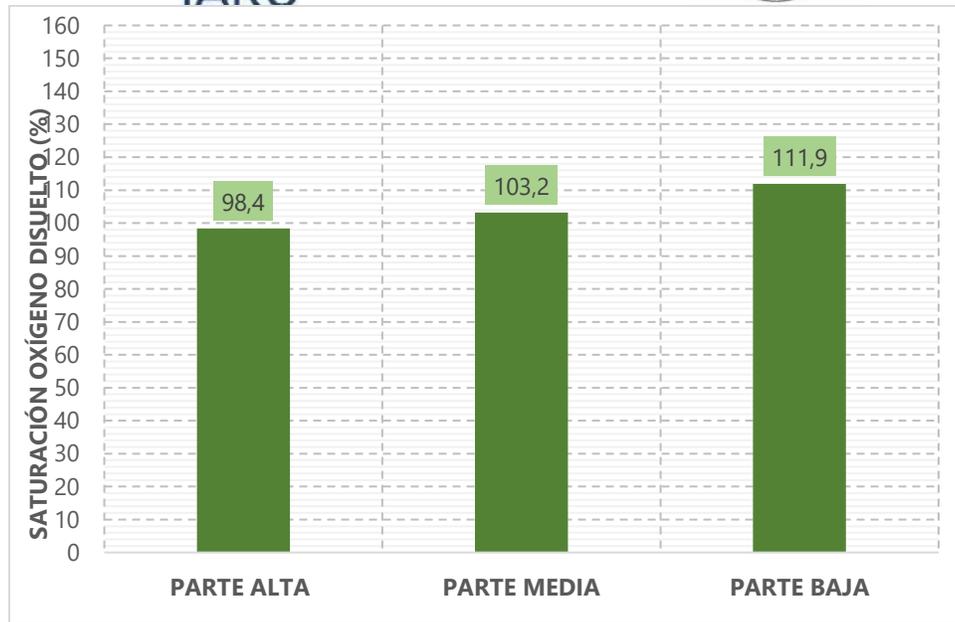


Figura 29. Resultados de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) para el Río Mulato.

El porcentaje de saturación de OD (%) para esta muestra se encuentra dentro del rango aceptable para la mayoría de fauna acuática en el agua cuyos valores corresponden entre 86,7 a 105%. Valores inferiores al 70% estarían indicando algún grado de contaminación.

6.1.18 Conductividad (us/cm)

La conductividad presenta un valor promedio de 79,33 us/cm, el mayor valor se presentó en la parte baja del río Mulato con un total de 99 us/cm, en la parte media con un total de 70 us/cm y en la parte alta el valor de conductividad es de 69 us/cm. El valor de conductividad reportado se encuentra bastante por debajo de lo establecido para la calidad de agua potable (1000 μ s/cm), por lo tanto, esta fuente hídrica no es apta para consumo doméstico.

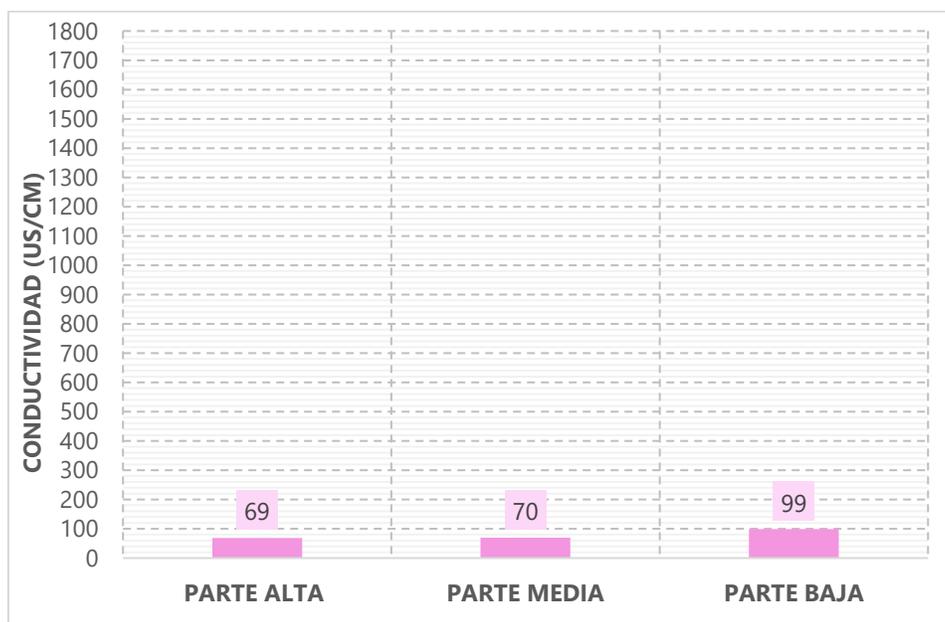




Figura 30. . Resultados de conductividad para el Río Mulato.

6.1.19 Turbiedad (NTU) y Sólidos disueltos Totales (mg/l TDS)

El promedio del nivel de turbiedad del rio de Mulato es de 11,57 UNT (Unidades nefelométricas de turbiedad), resultado que esta por encima de los 5 UNT (Unidades nefelométricas de turbiedad), valor indicado como máximo permisible por la normatividad Colombiana. Por su parte, sólidos disueltos totales en promedio es de 39,67 mg/l, valor que se encuentra dentro de los límites permisibles establecidos para calidad de agua referente a hábitat para peces, cuyo valor es de 100 mg/l.

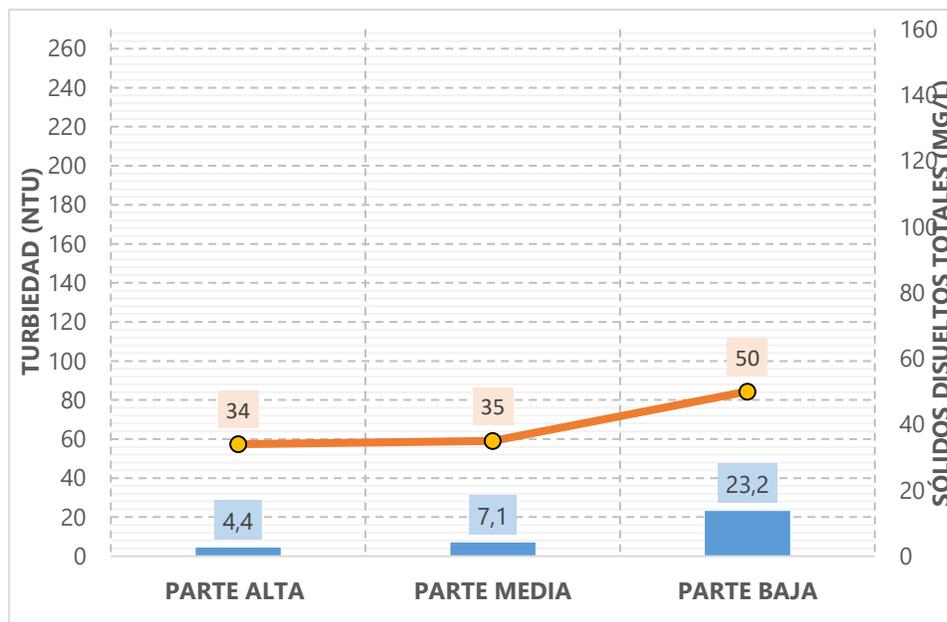


Figura 31. Resultados de sólidos disueltos totales y turbiedad para el Río Mulato.

6.1.20 Coliformes Totales y Fecales (NMP/100 ml)

Esta variable presentó un promedio de 2308,67 NMP/100ml, siendo superior a lo reportado por la normativa colombiana para agua potable (0 UFC). De forma similar, el agua con potencial para hábitat de peces sugiere un valor de 10 UFC, estando bastante por encima del valor sugerido. Esto señala la existencia de vertimientos de aguas residuales y que no es apta para consumo humano.

Las coliformes totales presentaron un promedio de 8233,33 NMP/100 ml siendo superior a lo sugerido para aguas con potencial para la biota acuática (450 NMP/100 ml). De igual forma, la calidad de agua referente a coliformes totales cumple con lo dispuesto en la normativa Colombiana según el Decreto 1076 de 2015 (20000 NMP/100 ml).

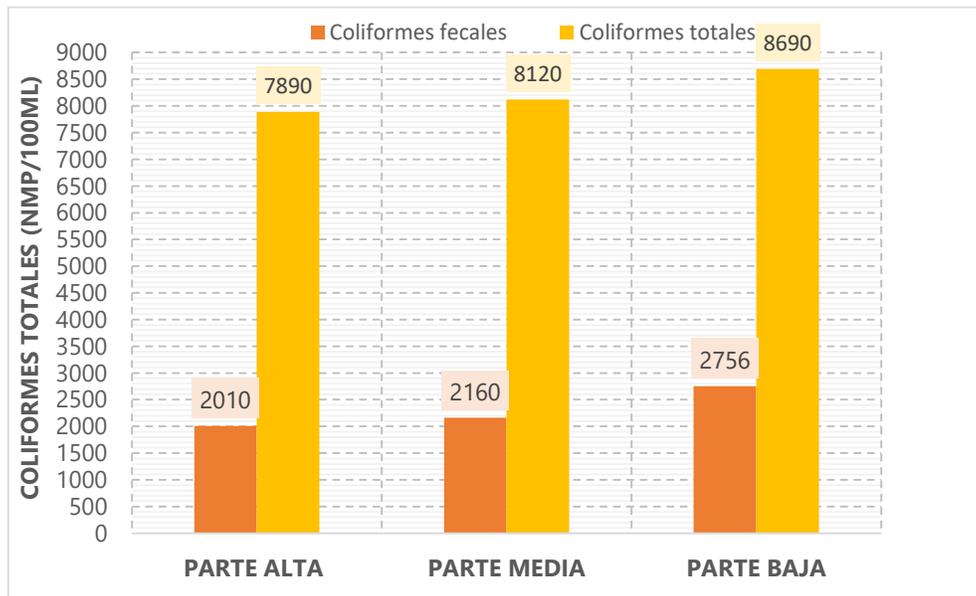


Figura 32. Resultados de coliformes fecales y totales Río Mulato

6.1.21 Índice de Calidad de Agua (ICA)

Los índices de calidad de agua para la parte alta, media y baja del río Mulato, dan como resultado la clasificación (ICA) de REGULAR lo que indica que el cuerpo de agua se encuentra contaminada, debido a que los vertimientos puntuales y difusos que percibe el río se realizan sin ningún tipo de tratamiento.

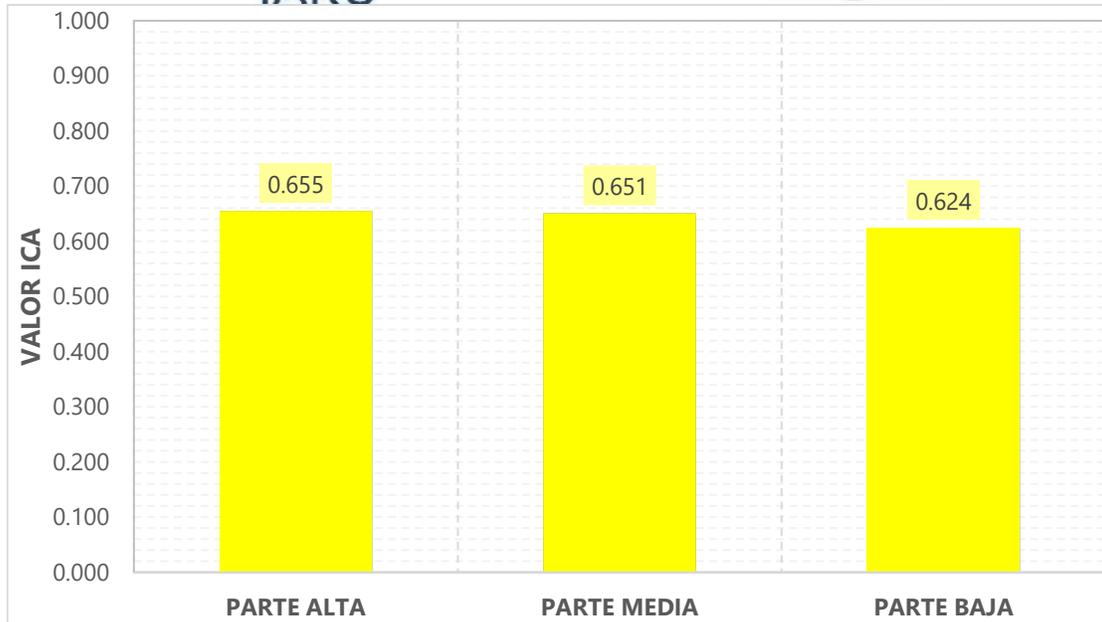


Figura 33.. Resultado del índice de calidad de agua (ICA) para el río Mulato.

6.2 MUNICIPIO DE VILLAGARZÓN

RÍO MOCOA

En el municipio de Villagarzón las fuentes hídricas muestreadas son el Río Mocoa y El Río Naboyaco, distribuidos en tres puntos de medición cada uno: Parte Alta, Media y Baja

Tabla 8. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo para el Río Mocoa.

Código de Punto de Muestreo	Latitud (Y)	Longitud (X)	Altura (msnm)
P1RM885	1.03583	-76.60789	420
P2RM885	1.03783	-76.60958	400
P3RM885	1.04139	-76.61214	390

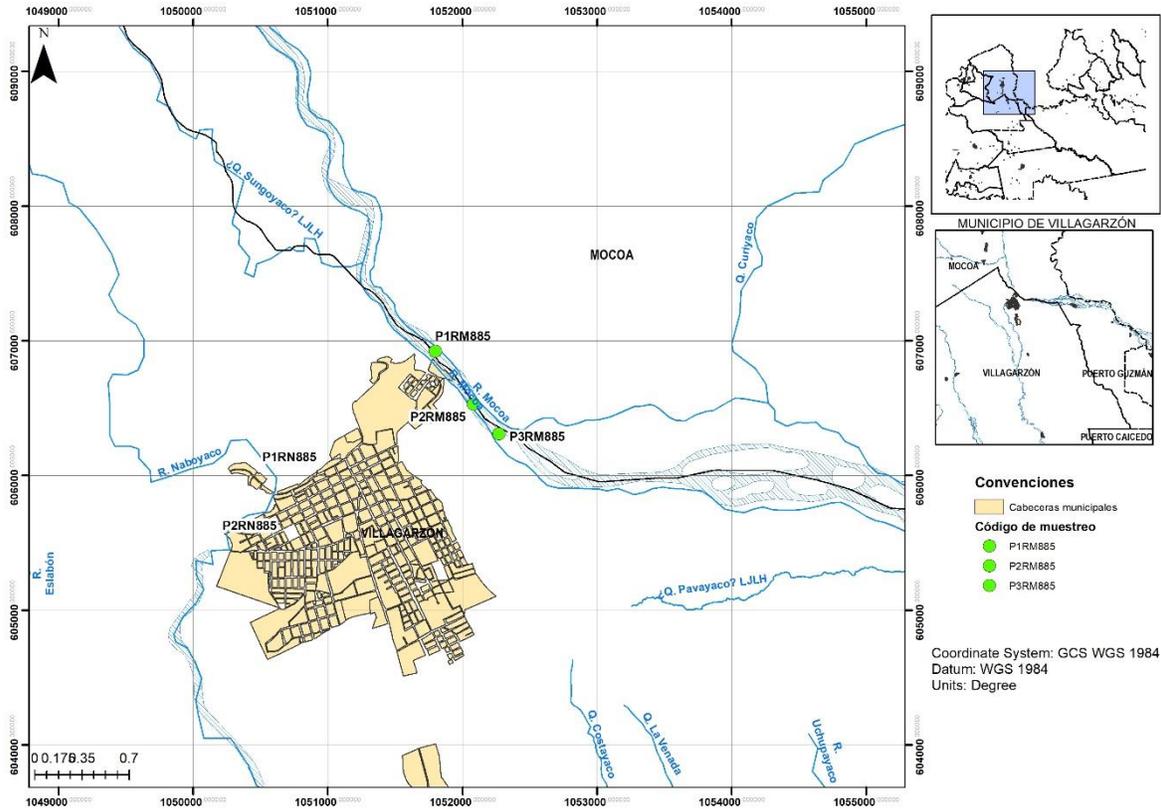


Figura 34. Ubicación de puntos de muestreo para el Río Mocoa-Villagarzón

6.2.1 pH

Los valores de pH se encuentra entre los rangos de 7.4 a 7.8 con un promedio de 7.69, valor que se encuentra dentro del rango establecido para usos especialmente de fauna y flora y recreativo cuyo criterio de calidad según el Decreto 1076 de 2015 para estos usos es de 5.0 a 9.0. Adicionalmente, se considera siendo óptimo para la vida acuática, cuyos valores encuentran en el rango de 6.5-8.5.

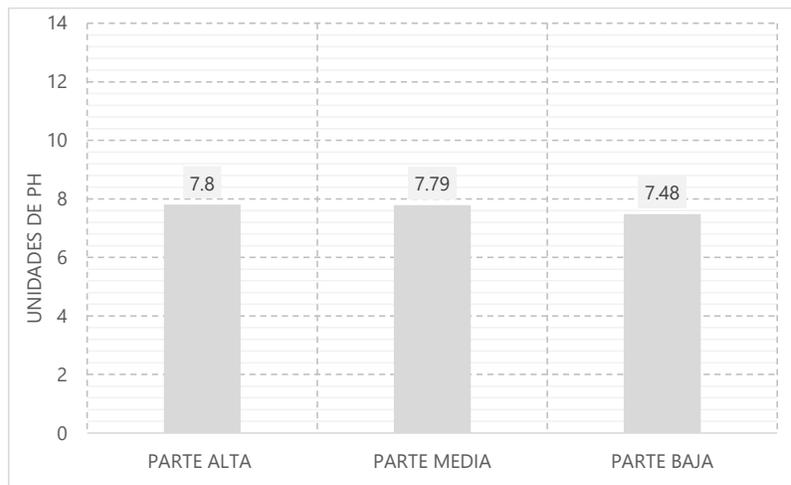


Figura 35. Resultados de medición de pH para el Río Mocoa.

6.2.2 Temperatura del agua (°C)

La temperatura del agua en promedio de los tres sitios de muestreo es de 21.1°C, valor muy similar a la temperatura de ambiente del municipio de acuerdo con su altura sobre el nivel del mar (426 msnm), la cual es de 22°C. Este valor se encuentra dentro del rango óptimo (< 35 °C) establecido para la biota acuática.

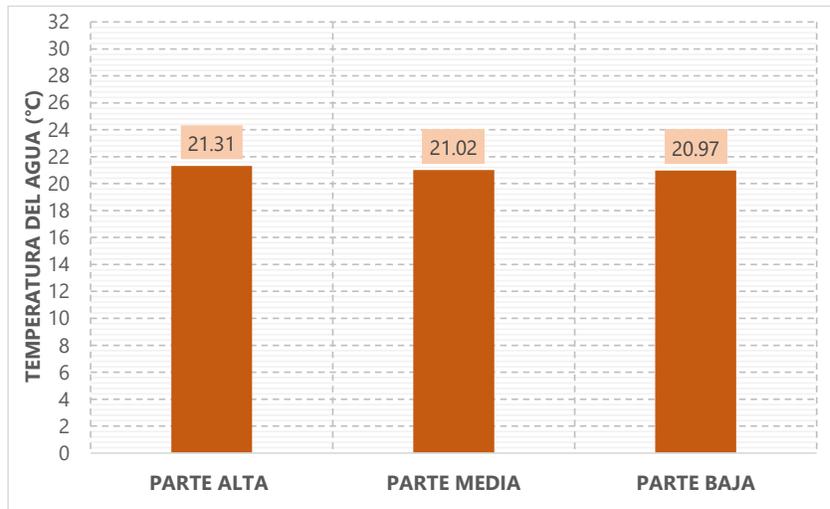


Figura 36. Resultados temperatura del agua (°C) para el Río Mocoa.

6.2.3 Oxígeno Disuelto (mg/l) y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%).

El oxígeno disuelto presenta un promedio de 11.7 mg/l cuyo valor fue más alto en la parte baja del río Mocoa. En términos generales, se consideran concentraciones altas de oxígeno disuelto lo que es reflejado por la turbulencia que presenta el río, permitiendo una mayor oxigenación y asimilación de vertimientos y desechos en el agua.

El resultado se considera dentro del rango promedio para la mayoría de fauna acuática tropical cuyos valores especialmente para hábitats de peces se establece que debe ser mayor a 4 mg/l. Adicionalmente, según el Decreto 1076 de 2015, para preservación de flora y fauna el oxígeno debe ser de 5.0 mg/l, encontrándose dentro de rangos mayores al establecido para este uso del agua.

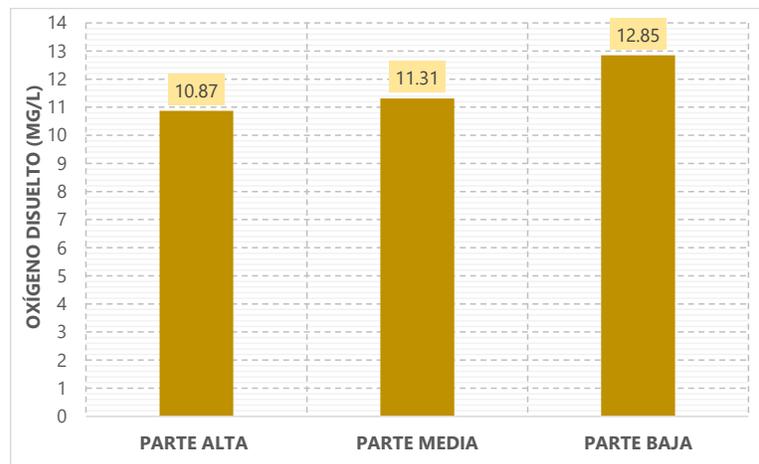


Figura 37. Resultados de oxígeno disuelto para el Río Mocoa.

Referente a la saturación de oxígeno disuelto, en los tres puntos de muestreo supera el valor de 100% de saturación lo que se considera que contiene la cantidad máxima de oxígeno a la temperatura presente.

El resultado muestra que se encuentra dentro del rango aceptable para la mayoría de fauna acuática en el agua cuyos valores corresponden entre 60 a 79%, especialmente para el uso recreativo donde según el Decreto 1076 de 2015 el criterio de calidad se establece en saturación del 70%.

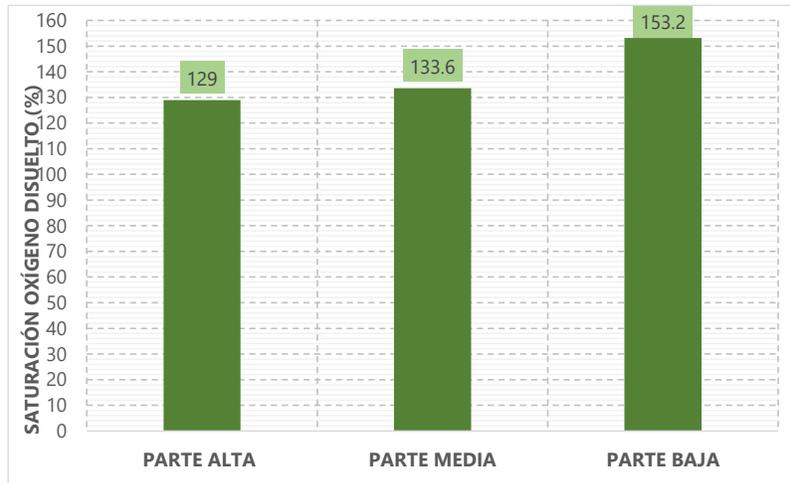


Figura 38. Resultados saturación de oxígeno para el Río Mocoa.

6.2.4 Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

La conductividad presentó un valor promedio de $123.6 \mu\text{s}/\text{cm}$, siendo más alto en la parte baja del río Mocoa. El valor de conductividad reportado se encuentra por encima del rango establecido para ríos de montaña, el cual es de $30 - 60 \mu\text{s}/\text{cm}$, lo cual indica un aporte de sales ionizadas, no obstante, se considera muy por debajo de lo establecido para la calidad de agua potable ($1000 \mu\text{s}/\text{cm}$).

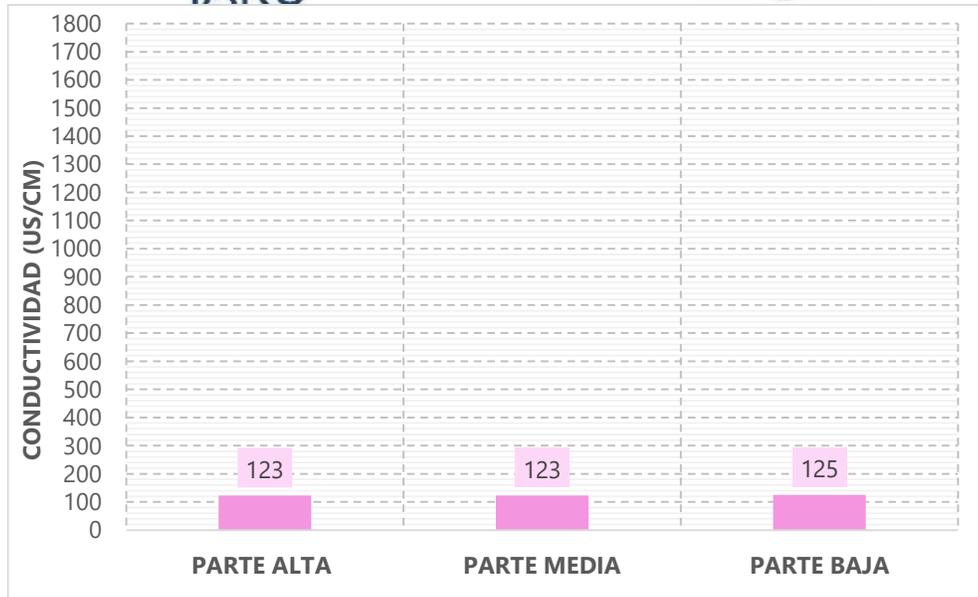


Figura 39. Resultados de conductividad para el Río Mocoa.

6.2.5 Turbiedad (NTU) y Sólidos disueltos Totales (mg/l TDS)

La turbiedad en promedio fue de 13.2 NTU y los sólidos disueltos totales un promedio de 62 mg/l. Los resultados de turbiedad estuvieron por encima de los 5 UNT (Unidades nefelométricas de turbiedad), valor indicado como máximo permisible por la normatividad Colombiana. Por su parte, los sólidos totales se encuentran dentro del rango permisible para la vida acuática correspondiente a los 100 mg/l.

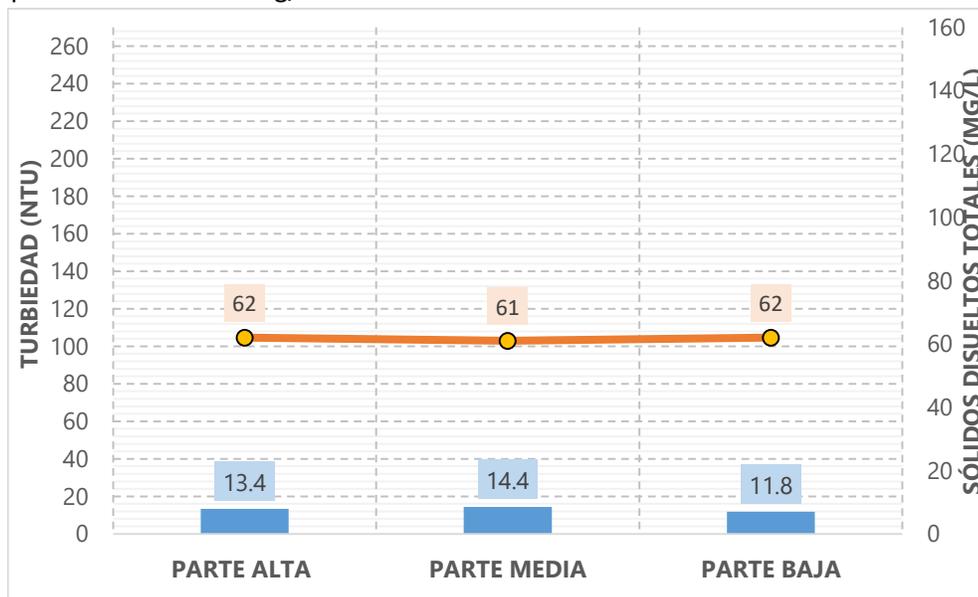


Figura 40. Resultados de Turbiedad y sólidos disueltos totales para el Río Mocoa.

6.2.6 Coliformes fecales y coliformes totales (NMP/100ml)

Las coliformes fecales tuvieron un promedio de 366 NMP/100ml, siendo superior a lo reportado por la normativa colombiana para agua potable (0 UFC). De forma similar, el agua con potencial para

hábitat de peces sugiere un valor de 10 UFC, estando bastante por encima del valor sugerido. Esto señala la existencia de vertimientos de aguas residuales.

Las coliformes totales presentaron un promedio de 935.6 NMP/100 ml siendo superior a lo sugerido para aguas con potencial para la biota acuática (450 NMP/100 ml). De igual forma, la calidad de agua referente a coliformes totales cumple con lo dispuesto en la normativa Colombiana según el Decreto 1076 de 2015 (10000 NMP/100 ml).

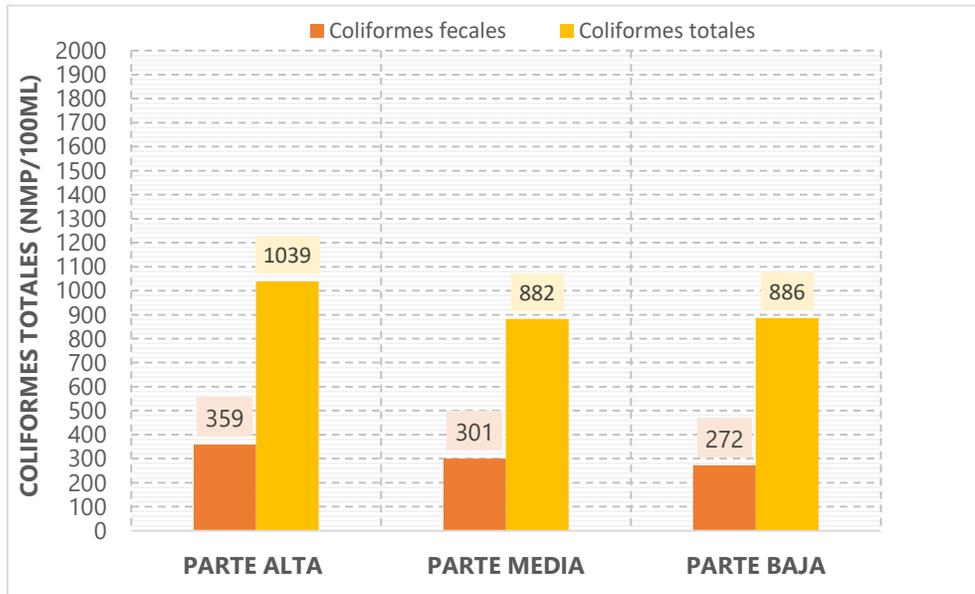


Figura 41. Resultados de medición de coliformes fecales y totales para el Río Mocoa.

6.2.7 Índice de Calidad de Agua (ICA)

El índice de calidad de agua para los tres puntos de muestreo del río Mocoa presenta una calificación de Regular, lo que indica que se encuentra moderadamente contaminado debido principalmente a los vertimientos domésticos que descargan en el río.

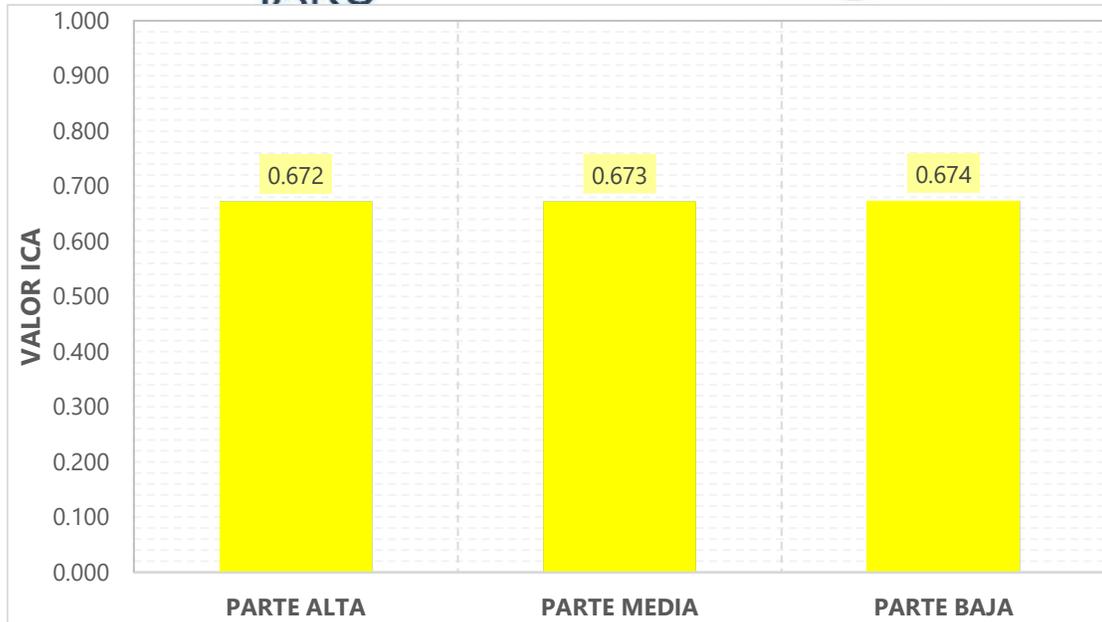


Figura 42. Resultados de índice de calidad de agua para el Río Mocoa

RÍO NABOYACO

Tabla 9. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo para el Río Naboyaco

Código de Punto de Muestreo	Latitud (Y)	Longitud (X)	Altura (msnm)
P1RN885	1.03366	-76.62367	428
P2RN885	1.00019	-76.61906	421
P3RN885	1.02906	-76.62633	415

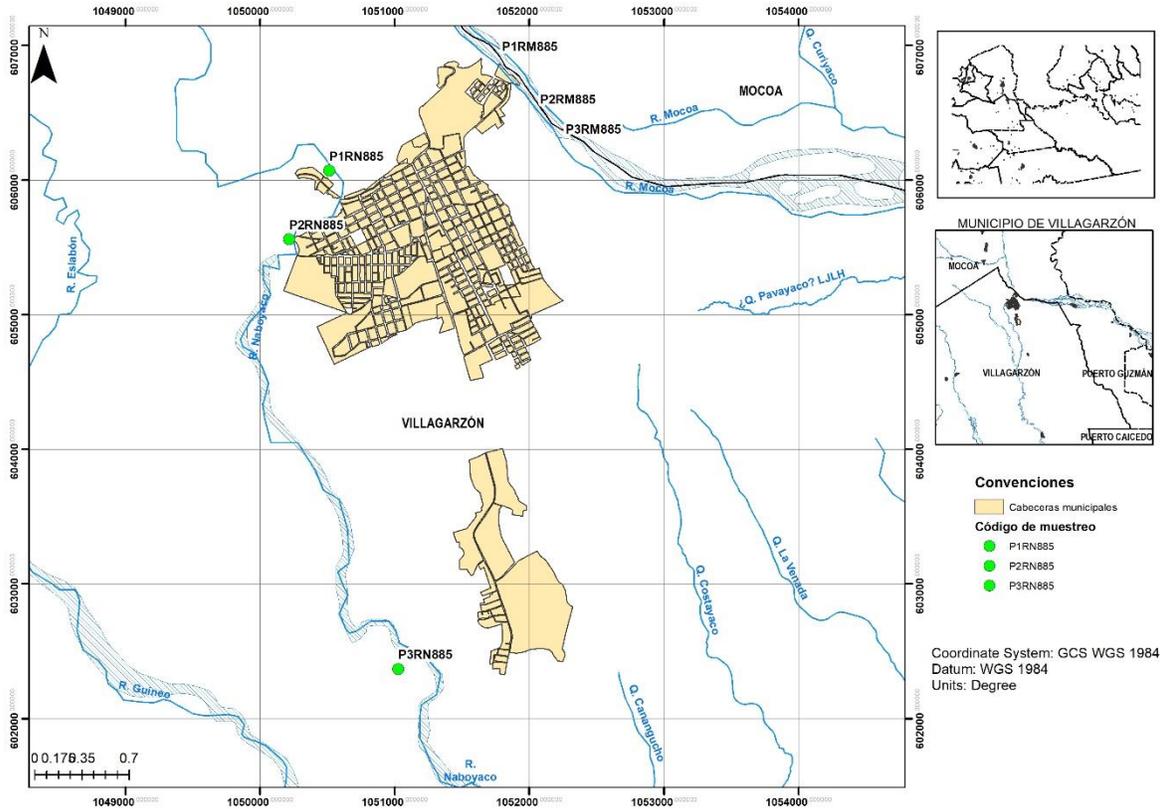


Figura 43. Ubicación de puntos de muestreo para el Río Naboyaco

El río Naboyaco presenta los siguientes resultados de los parámetros fisicoquímicos:

6.2.8 pH

El Río Naboyaco presenta un pH promedio de 7.09 con diferencias mínimas en cada uno de los puntos de muestreo en cerca de 0.19 y 0.23 unidades de pH, siendo mayor en la parte alta del río. Los resultados se encuentran dentro del rango establecido para usos especialmente de fauna y flora y recreativo cuyo criterio de calidad según el Decreto 1076 de 2015 para estos usos es de 5.0 a 9.0. Adicionalmente, se considera siendo óptimo para la vida acuática, cuyos valores encuentran en el rango de 6.5-8.5.

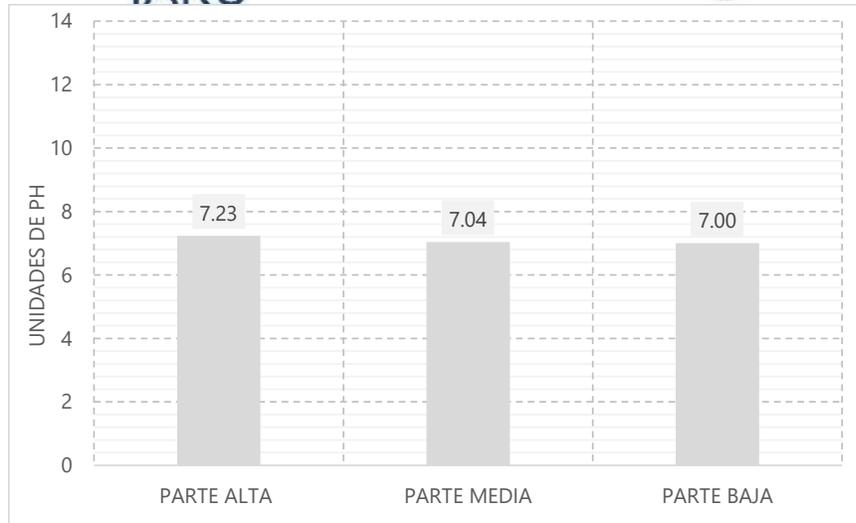


Figura 44. Resultados de medición de pH para el Río Naboyaco.

6.2.9 Temperatura del agua (°C)

Referente a la temperatura del agua, el río Naboyaco presenta una temperatura promedio de 24.9°C, valor muy similar a la temperatura de ambiente del municipio de acuerdo con su altura sobre el nivel del mar (426 msnm), la cual es de 22°C. Este valor se encuentra dentro del rango óptimo (< 35 °C) establecido para la biota acuática

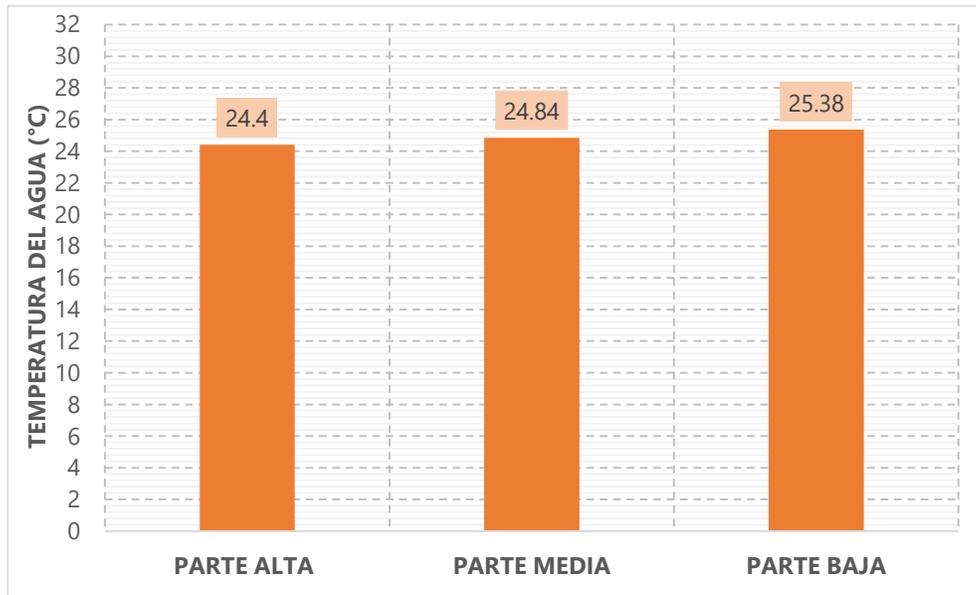


Figura 45. Resultados de medición temperatura del agua (°C) para el río Naboyaco.

6.2.10 Oxígeno Disuelto (mg/l) y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%).

El oxígeno disuelto presenta un promedio de 7.6 mg/l cuyo valor fue más alto en la parte media del río Naboyaco. El resultado se considera dentro del rango promedio para la mayoría de fauna acuática tropical cuyos valores especialmente para hábitats de peces se establece que debe ser mayor a 4 mg/l.

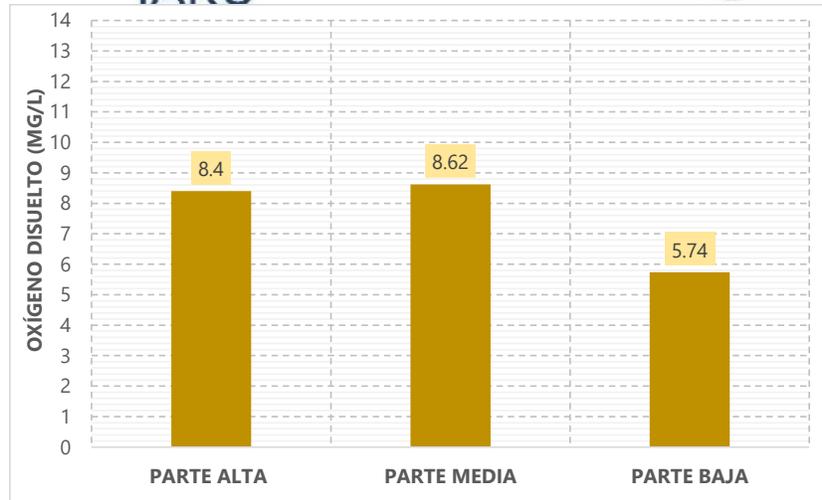


Figura 46. Resultados de oxígeno disuelto para el Río Naboyaco

Referente a la saturación de oxígeno disuelto, en promedio es de 96.73% de saturación. El resultado muestra que se encuentra dentro del rango aceptable para la mayoría de fauna acuática en el agua cuyos valores corresponden entre 60 a 79%, especialmente para el uso recreativo donde según el Decreto 1076 de 2015 el criterio de calidad se establece en saturación del 70%.

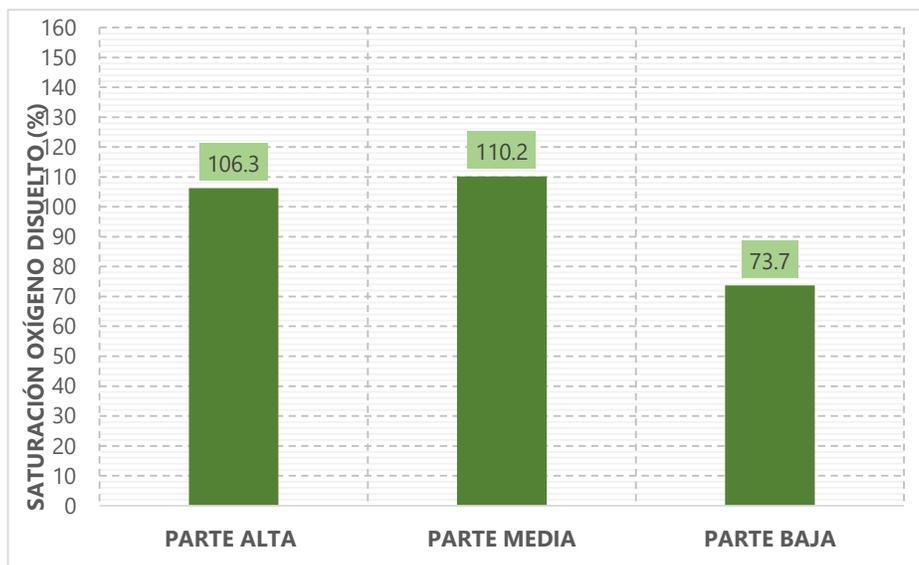


Figura 47. Resultados saturación de oxígeno para el Río Naboyaco

6.2.11 Conductividad (us/cm)

La conductividad para el Río Naboyaco presenta un valor promedio de 75.57 us/cm. El mayor valor se presentó en la parte baja del río Naboyaco con un total de 93 us/cm. El valor de conductividad reportado se encuentra fuera del rango establecido para ríos de montaña, el cual es de 30 – 60 μ s/cm. Lo que evidencia en la parte baja un nivel de contaminación ocasionado por los vertimientos domésticos del municipio.

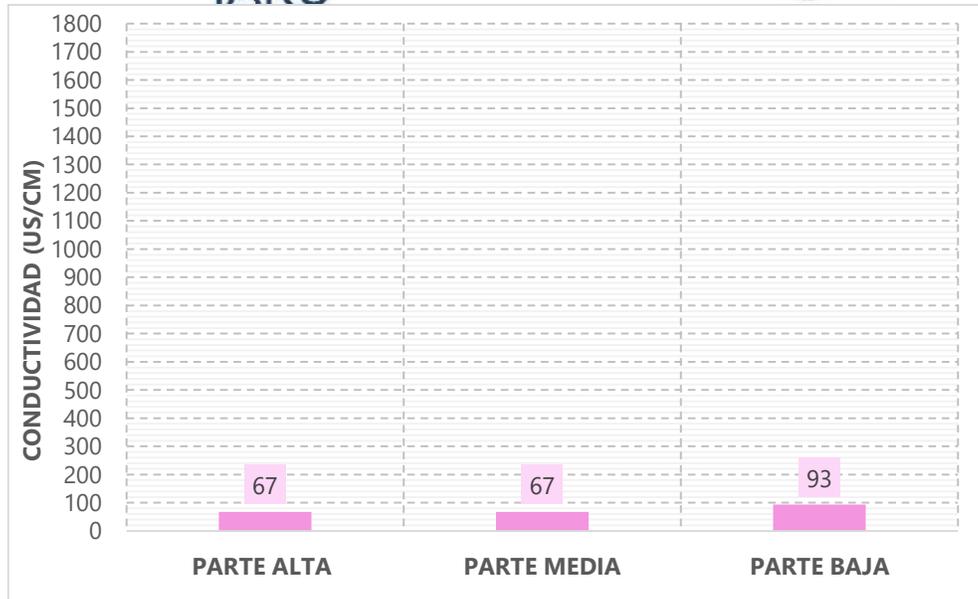


Figura 48. Resultados de medición de conductividad para el Río Naboyaco.

6.2.12 Turbiedad (NTU) y Sólidos disueltos Totales (mg/l TDS)

La turbiedad en promedio fue de 14.9 NTU y los sólidos disueltos totales un promedio de 37.6 mg/l. Los resultados de turbiedad estuvieron por encima de los 2 UNT (Unidades nefelométricas de turbiedad), valor indicado como máximo permisible por la normatividad Colombiana. Por su parte, los sólidos totales se encuentran dentro del rango permisible para la vida acuática correspondiente a los 100 mg/l.

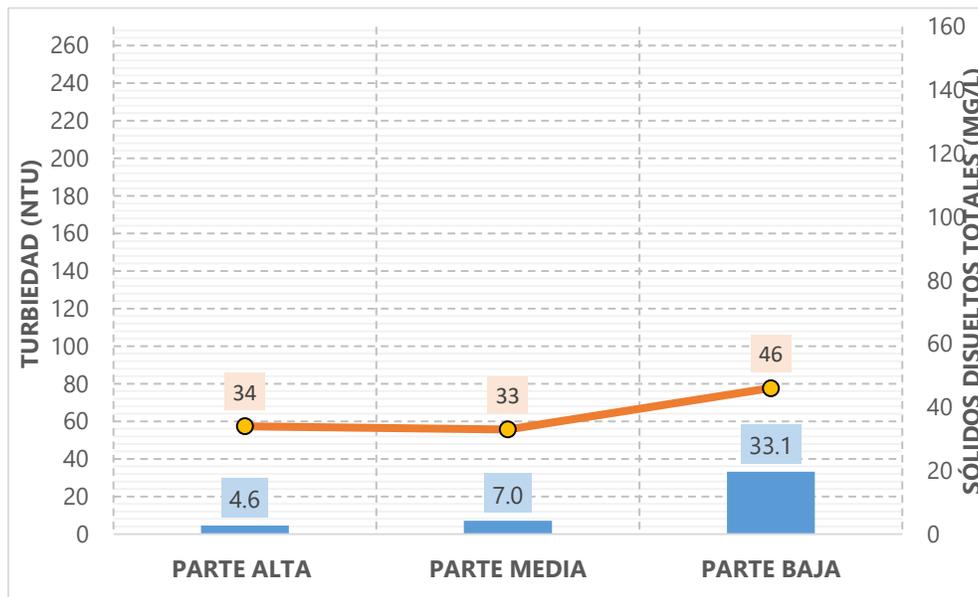


Figura 49. Resultados de medición de Turbiedad y Sólidos Disueltos Totales para el Río Naboyaco.

6.2.13 Coliformes fecales y coliformes totales (NMP/100ml)

Las coliformes fecales tuvieron un promedio de 653.3 NMP/100ml, siendo superior a lo reportado por la normativa colombiana para agua potable (0 UFC). De forma similar, el agua con potencial para hábitat de peces sugiere un valor de 10 UFC, estando bastante por encima del valor sugerido. Esto señala la existencia de vertimientos de aguas residuales para los tres puntos de muestreo.

Las coliformes totales presentaron un promedio de 1396.6 NMP/100 ml siendo superior a lo sugerido para aguas con potencial para la biota acuática (450 NMP/100 ml). De igual forma, la calidad de agua referente a coliformes totales cumple con lo dispuesto en la normativa Colombiana según el Decreto 1076 de 2015 (10000 NMP/100 ml).

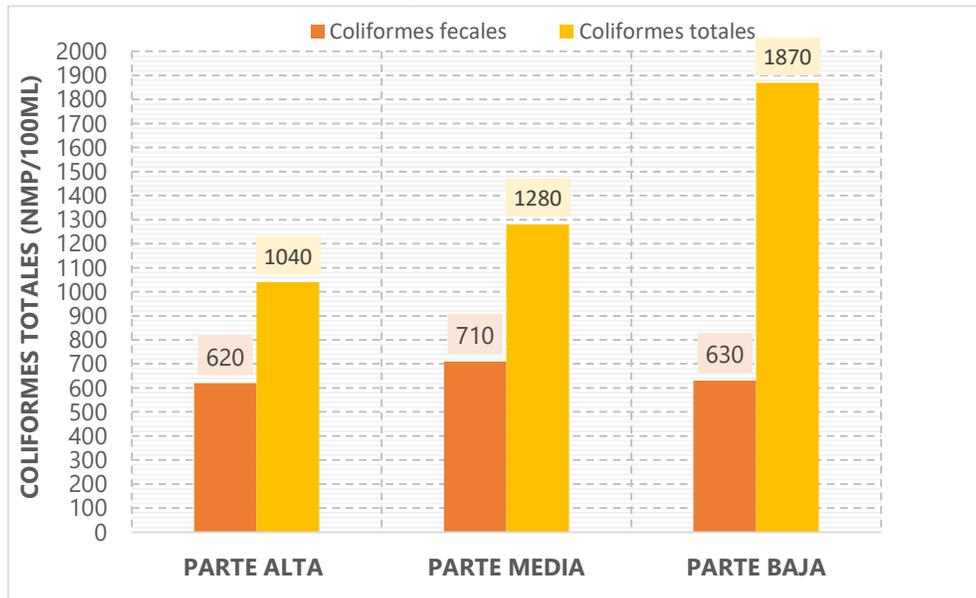


Figura 50. Resultados de medición de coliformes fecales y totales para el Río Naboyaco.

6.2.14 Índice de calidad de agua (ICA)

Los índices de calidad de agua para la parte alta, media y baja del río Naboyaco, dan como resultado la clasificación (ICA) de ACEPTABLE lo que indica que el cuerpo de agua se encuentra con un porcentaje contaminación baja a pesar de los vertimientos puntuales y difusos que percibe el río.

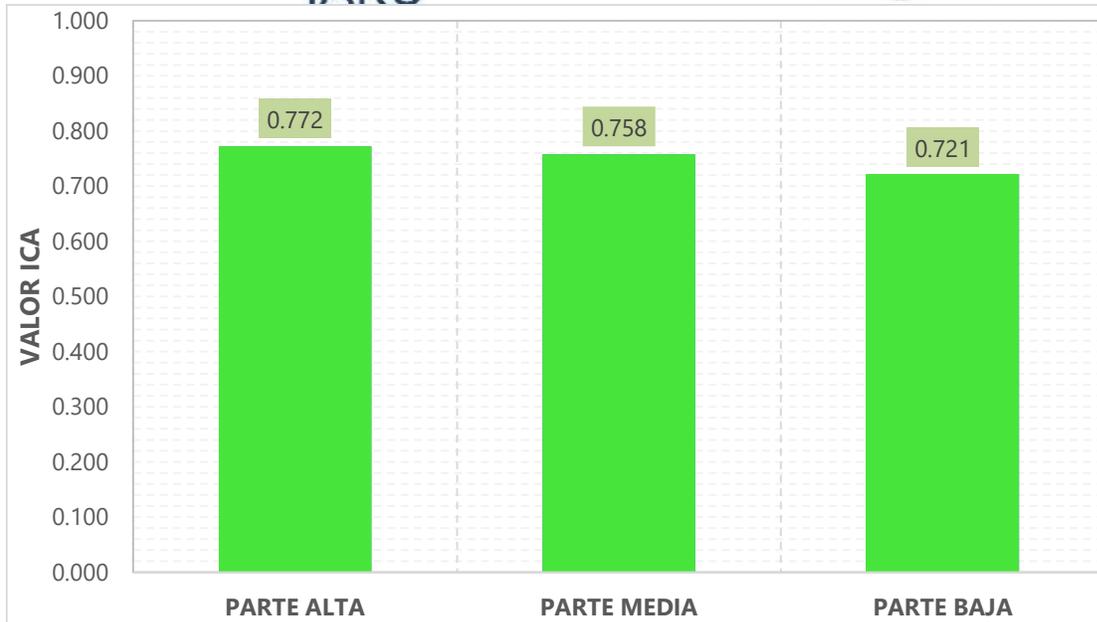


Figura 51. Resultado del índice de calidad de agua (ICA) para el río Naboyaco.

6.3 MUNICIPIO DE PUERTO ASÍS

En el municipio de Puerto Axis se priorizaron tres (03) fuentes hídricas, las cuales fueron muestreadas y corresponden a los cuerpos de agua: Río Putumayo, Quebrada Singuiya y Quebrada San Nicolás.

RÍO PUTUMAYO

Tabla 10. Ubicación geográfica de puntos de muestreo del Río Putumayo

Código de Punto de Muestreo	Latitud (Y)	Longitud (X)	Altura (msnm)
P1RP568	0.47986	-76.50881	255
P2RP568	0.47992	-76.50883	253
P3RP568	0.49906	-76.51653	250

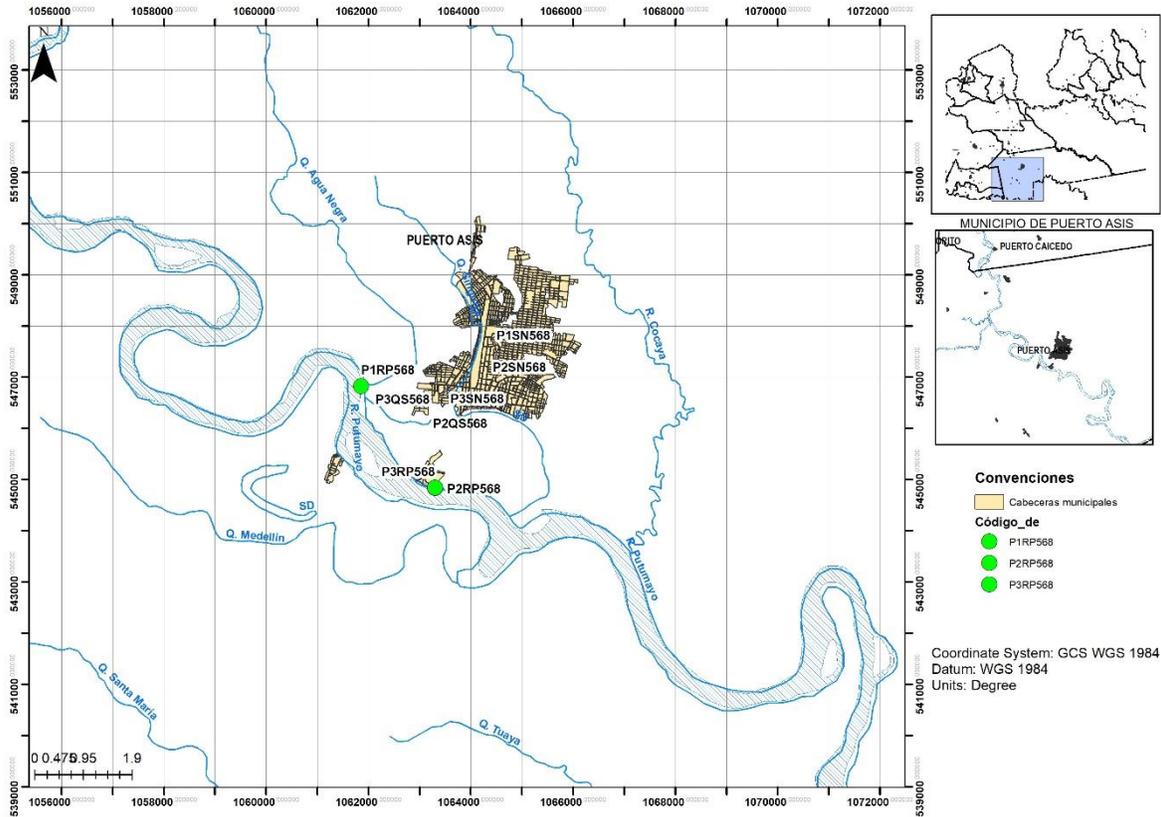


Figura 52. Ubicación de puntos de muestreo Río Putumayo

6.3.1 pH

El pH presenta valores entre 7.17 a 7.32 con un promedio de 7.27. En general, se observa que la medición del pH se encuentra dentro del rango normal de este parámetro, siendo óptimo para la vida acuática, cuyos valores encuentran en el rango de 6.5-8.5, lo que indica que corresponden a aguas poco contaminadas.

A pesar de que la distancia entre la parte alta y baja fue de aproximadamente de 3km, se observa que el pH presenta valores muy similares, con una variación mínima entre 0.14 y 0.15 unidades de pH.

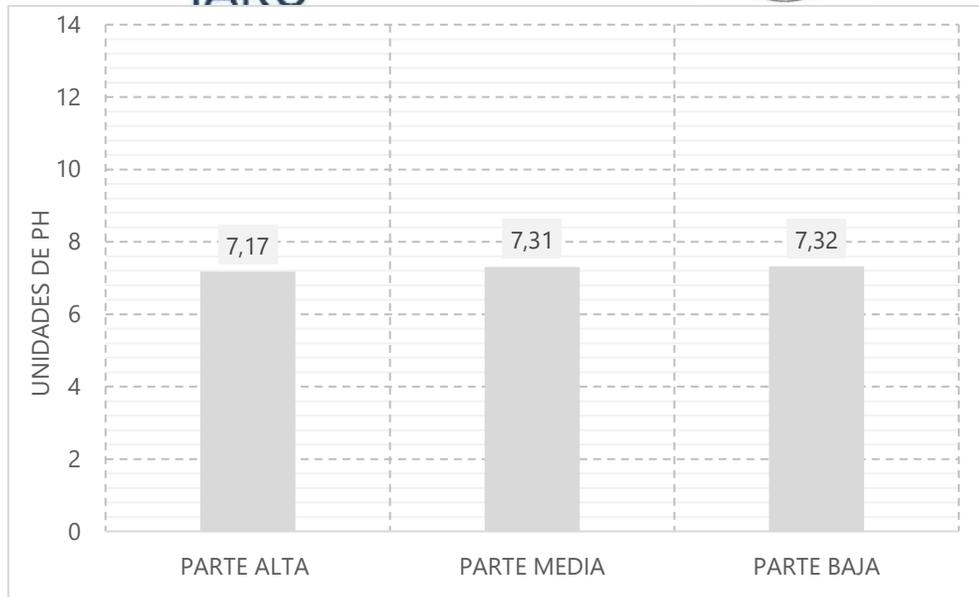


Figura 53.. Resultados de medición de Ph para el Río Putumayo. .

6.3.2 Temperatura del Agua (°C)

Es importante mencionar que la radiación solar determina la calidad y cantidad de luz y además afecta la temperatura del agua. Generalmente, en las zonas tropicales la temperatura del ambiente se mantiene más o menos constante, se conserva siempre fría en las altas montañas, lo que incide en el comportamiento de la temperatura del agua.

En este caso, en el municipio de Puerto Asis cuya altura sobre el nivel del mar es aproximadamente de 250 - 300 msnm se presenta una temperatura un poco elevada comparada con otros municipios del departamento. Así, la temperatura del agua tuvo un promedio de 25,67°C, que corresponde a un valor similar presentado por la temperatura ambiente del municipio siendo para el mes de septiembre de 24,9°C aproximadamente. Este valor se encuentra dentro del rango óptimo (< 35 °C) establecido para la biota acuática.

El valor más bajo se presentó en la parte baja del río, probablemente también influenciado por la hora del muestreo la cual se realizó en finalizando la tarde, al igual que en la parte alta y media donde el valor es mayor.

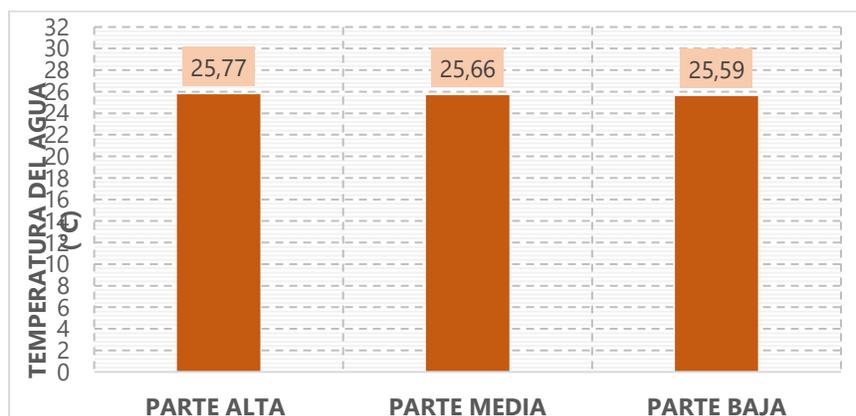


Figura 54. Resultados medición de temperatura del agua (°C) para el Río Putumayo.

6.3.3 Oxígeno Disuelto (mg/l) y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%)

El Oxígeno disuelto presenta un valor promedio de 7,6 mg/l cuyo valor más alto se registró en la parte alta del río Putumayo en el municipio de Puerto Asis, aunque en los tres puntos de muestreo la concentración de oxígeno disuelto tuvo poca variación, registrándose en todos los puntos un valor entre 6,58 a 7,37 mg/l. En general, el resultado se considera dentro del rango promedio para la mayoría de fauna acuática tropical cuyos valores especialmente para hábitats de peces se establece que debe ser mayor a 4 mg/l.

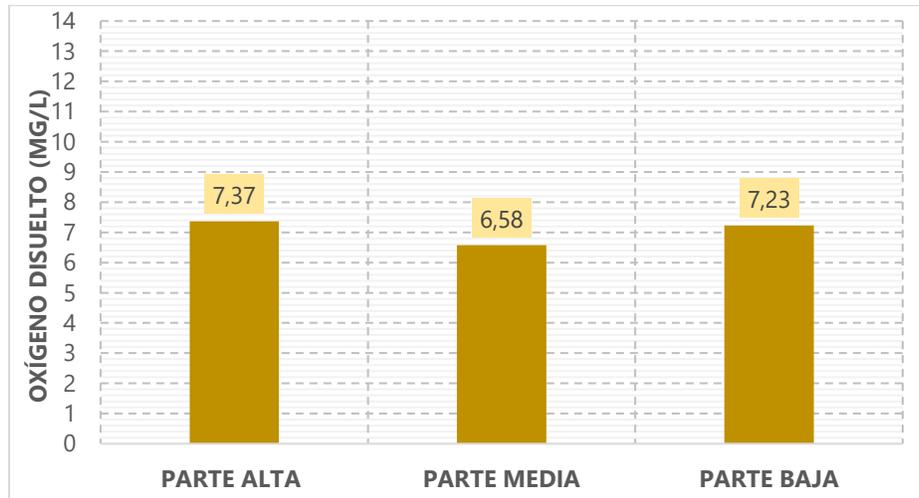


Figura 55.. Resultados de oxígeno disuelto (mg/l) para el río Putumayo.

Por su parte, la saturación de oxígeno disuelto promedio correspondió a un valor promedio de 88,47% siendo mayor en la parte alta del río Putumayo.

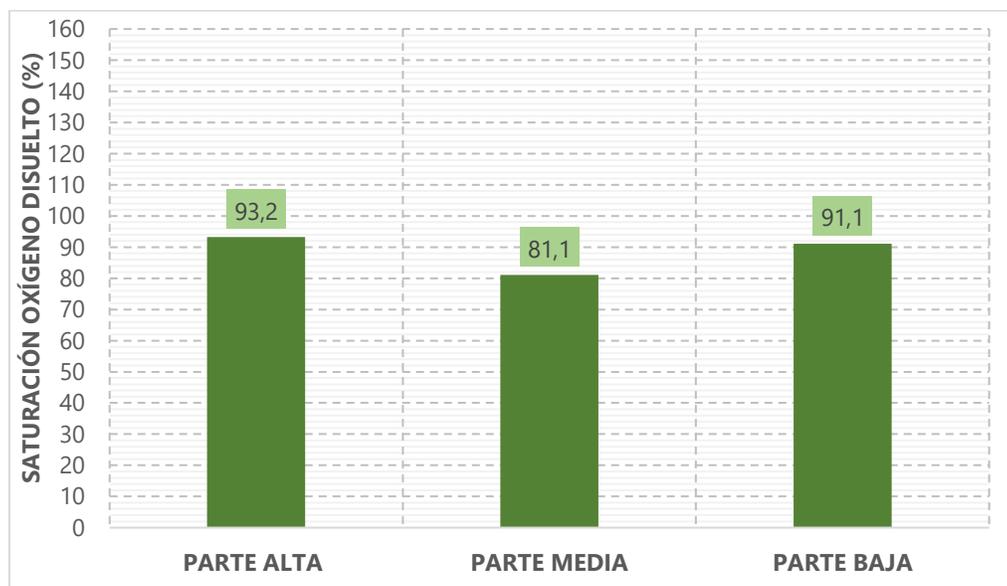


Figura 56. . Resultados de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) para el Río Putumayo.



El resultado muestra que el valor promedio se encuentra dentro del rango Adecuado para la mayoría de fauna acuática en el agua cuyos valores corresponden entre 80 a 89%. Valores inferiores al 60% estarían indicando algún grado de contaminación.

6.3.4 Conductividad (us/cm)

La conductividad presenta valor promedio de 53,7 us/cm el mayor valor se presentó en la parte media del río Putumayo con un total de 57 us/cm, mientras que en la parte alta y baja el valor de conductividad es de 43 us/cm para ambos puntos de muestreo. El valor de conductividad reportado se encuentra dentro del rango establecido para ríos de montaña, el cual es de 30 – 60 μ s/cm. Estos resultados evidencian que es un cuerpo de agua poco contaminado o con gran capacidad de asimilar la carga contaminante que está siendo vertida.

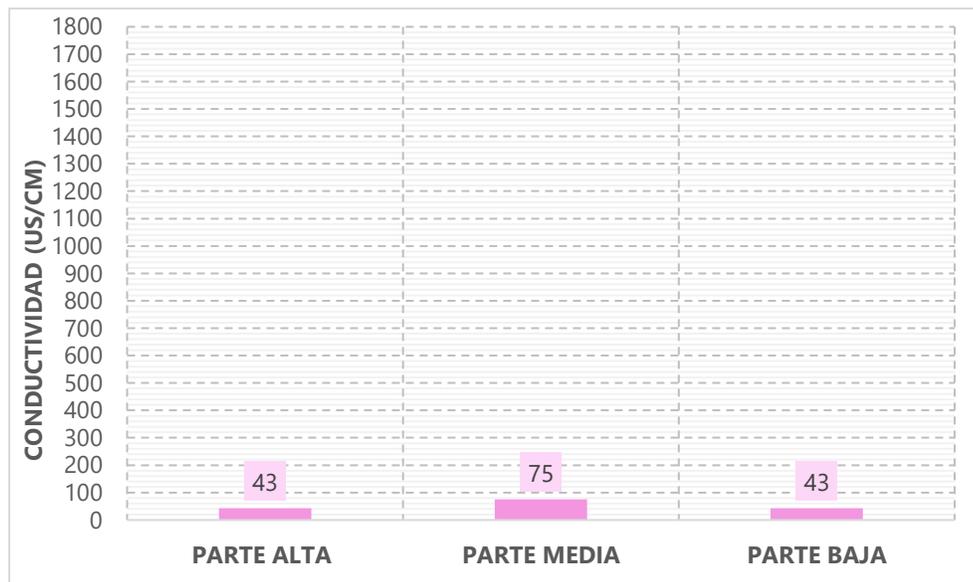


Figura 57. Resultados de conductividad para el Río Putumayo.

6.3.5 Turbiedad (NTU) y Sólidos disueltos Totales (mg/l TDS)

Los niveles de turbiedad presentaron valores bastante variables con respecto a la media, cuyo valor promedio es de 40,5 NTU y de Sólidos Disueltos Totales de 27,33 MG/L.

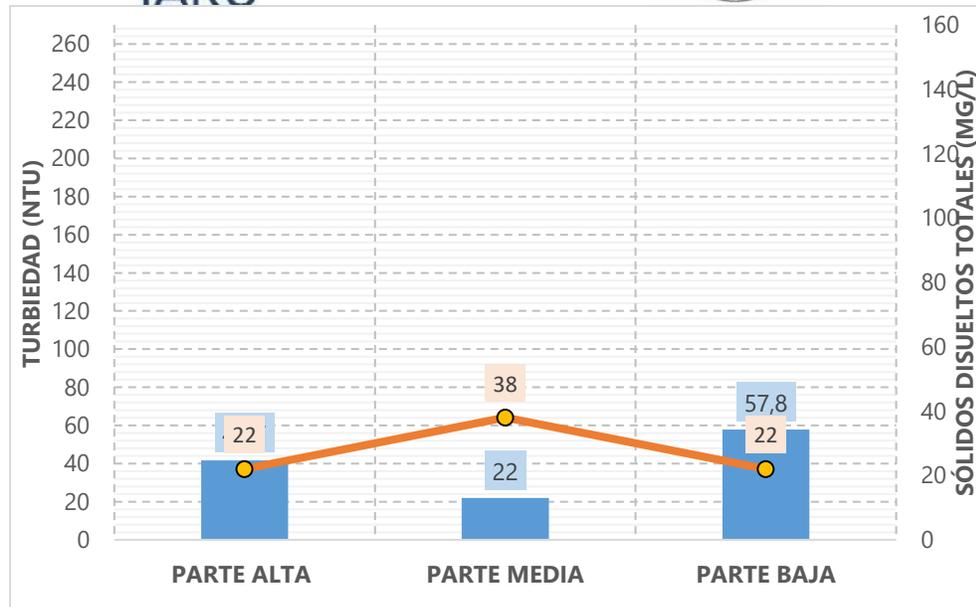


Figura 58. Resultados de sólidos disueltos totales y turbiedad para el Río Putumayo.

6.3.6 Coliformes Totales y Fecales (NMP/100 ml)

Esta variable presentó un promedio de 263 NMP/100ml, siendo superior a lo reportado por la normativa colombiana para agua potable (0 UFC). De forma similar, el agua con potencial para hábitat de peces sugiere un valor de 10 UFC, estando bastante por encima del valor sugerido. Esto señala la existencia de vertimientos de aguas residuales.

Las coliformes totales presentaron un promedio de 455,7 NMP/100 ml siendo un poco superior a lo sugerido para aguas con potencial para la biota acuática (450 NMP/100 ml). De igual forma, la calidad de agua referente a coliformes totales cumple con lo dispuesto en la normativa colombiana según el Decreto 1076 de 2015 (20000 NMP/100 ml).

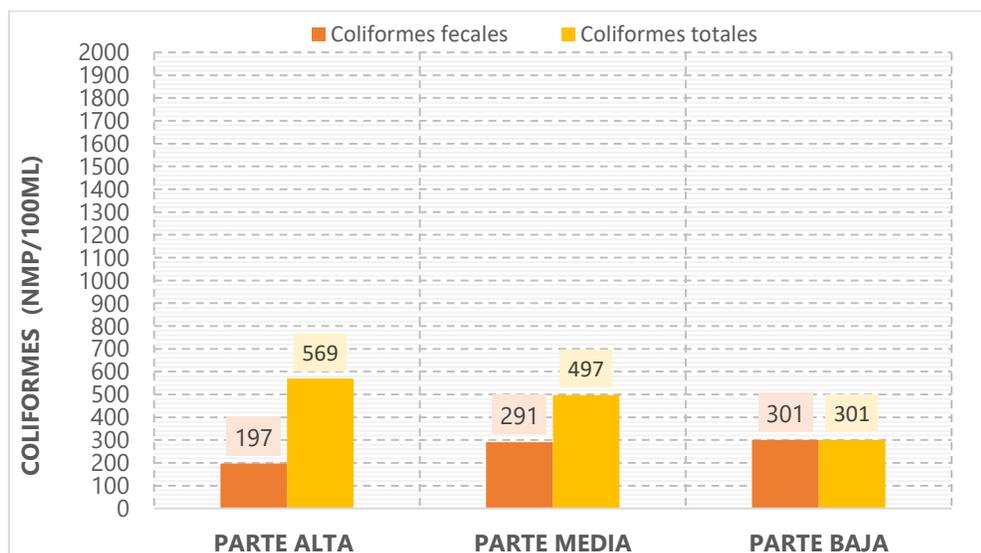


Figura 59. . Resultados de Coliformes Totales y Fecales para el Río Putumayo.

6.3.7 Índice de calidad de agua (ICA)

El índice de calidad de agua para los tres puntos de muestreo del río Putumayo presenta una calificación de ACEPTABLE, esto considera la gran capacidad de depuración y asimilación de la contaminación en función del caudal que presenta.

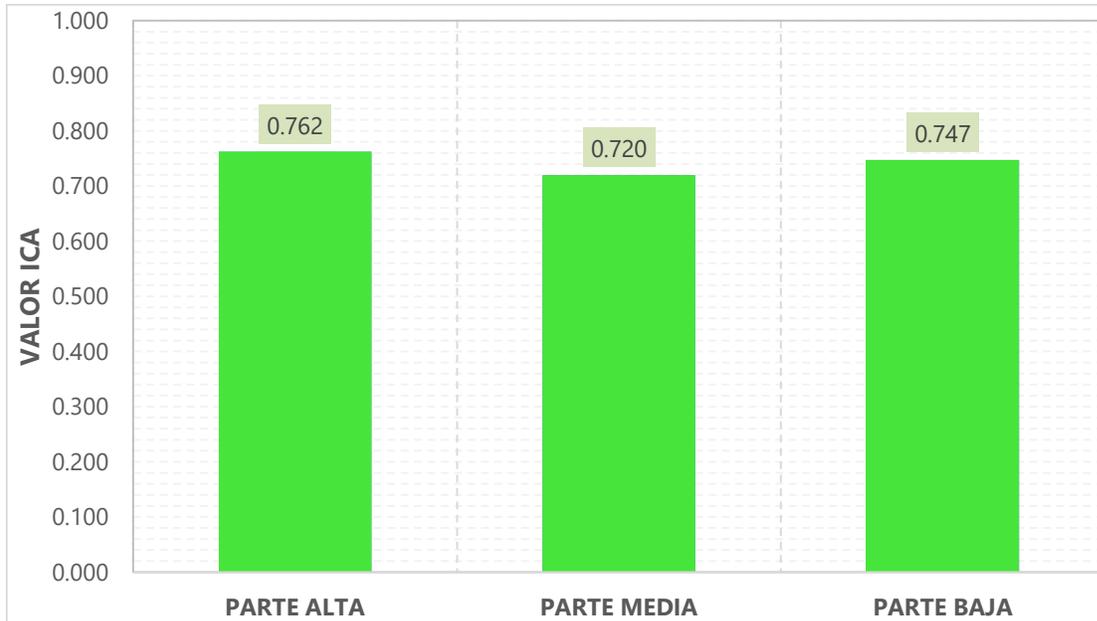


Figura 60. Índice de calidad de agua (ICA) para el río Putumayo.

QUEBRADA SAN NICOLÁS

Tabla 11. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.

Código de Punto de Muestreo	Latitud (Y)	Longitud (X)	Altura (msnm)
P1QSN568	0.50519	-76.49803	255
P2QSN568	0.49958	-76.49872	254
P3QSN568	0.49403	-76.50142	254

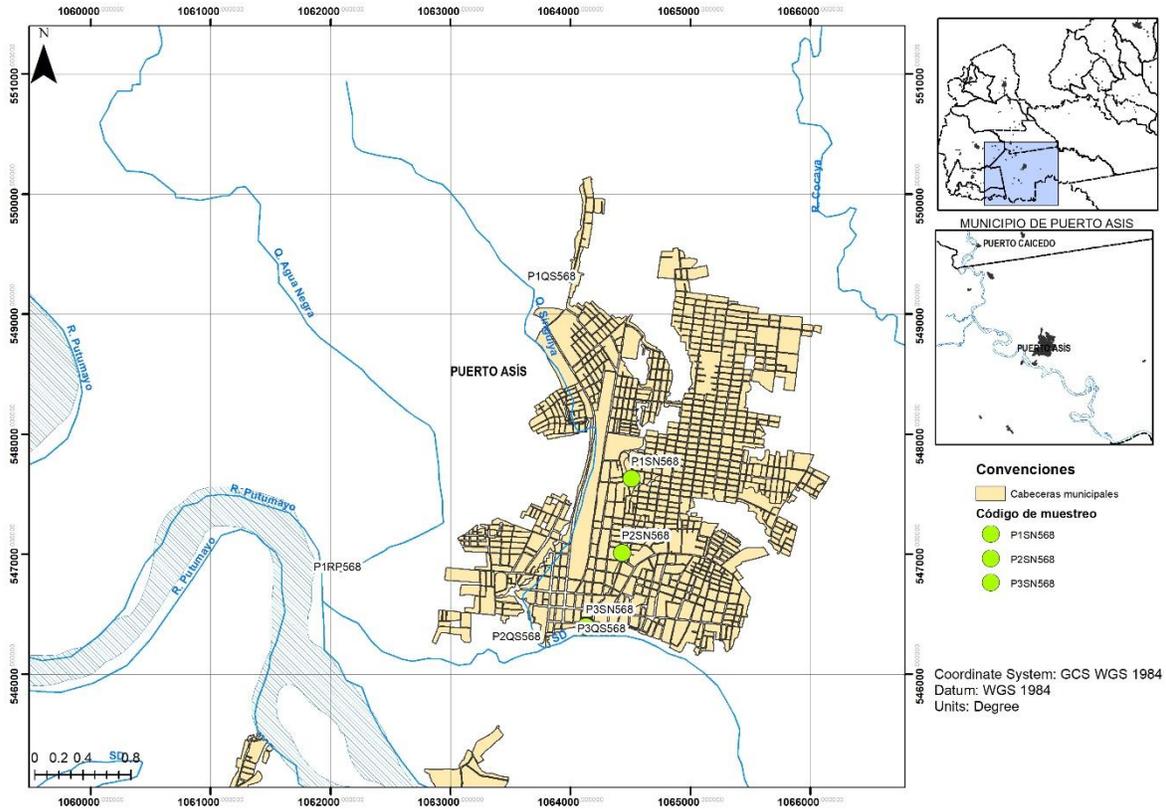


Figura 61. Ubicación de puntos de muestreo Quebrada San Nicolás

6.3.8 pH

El pH presenta valores entre 6.47 a 6.75 con un promedio de 6,6. En general, se observa que la medición del pH se encuentra dentro del rango normal de este parámetro, siendo óptimo para la vida acuática, cuyos valores encuentran en el rango de 6.5-8.5, lo que indica que corresponden a aguas poco contaminadas.

A pesar de que la distancia entre la parte alta y baja fue de aproximadamente de 1,3km, se observa que el pH presenta valores muy similares.

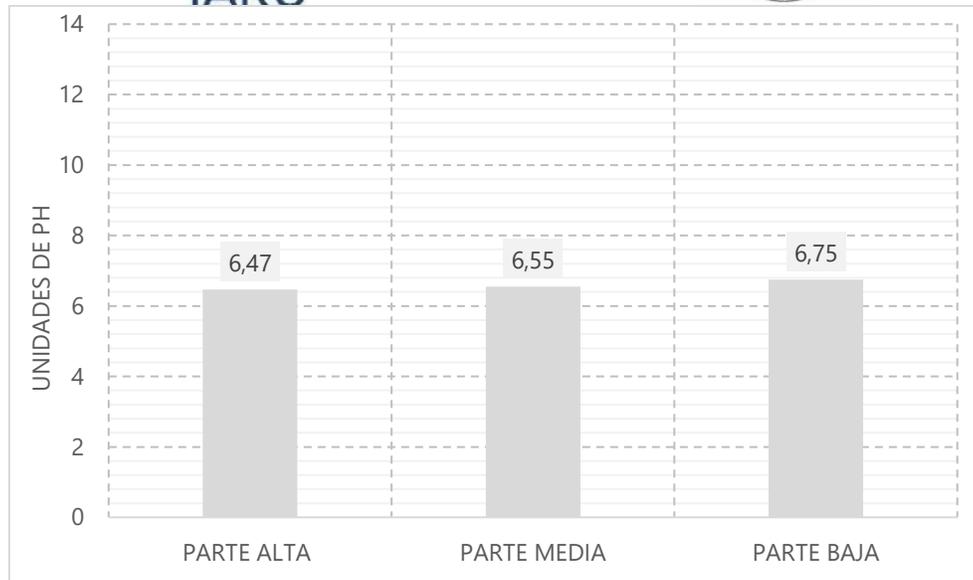


Figura 62. Resultados de medición de Ph para La Quebrada San Nicolas. .

6.3.9 Temperatura del Agua (°C)

Es importante mencionar que la radiación solar determina la calidad y cantidad de luz y además afecta la temperatura del agua. Generalmente, en las zonas tropicales la temperatura del ambiente se mantiene más o menos constante, se conserva siempre fría en las altas montañas, lo que incide en el comportamiento de la temperatura del agua.

En este caso, en el municipio de Puerto Asis cuya altura sobre el nivel del mar es aproximadamente de 250 - 300 msnm se presenta una temperatura un poco elevada comparada con otros municipios del departamento. Así, la temperatura del agua tuvo un promedio de 26,13°C, que corresponde a un valor similar presentado por la temperatura ambiente del municipio siendo para el mes de septiembre de 24,9°C aproximadamente. Este valor se encuentra dentro del rango óptimo (< 35 °C) establecido para la biota acuática.

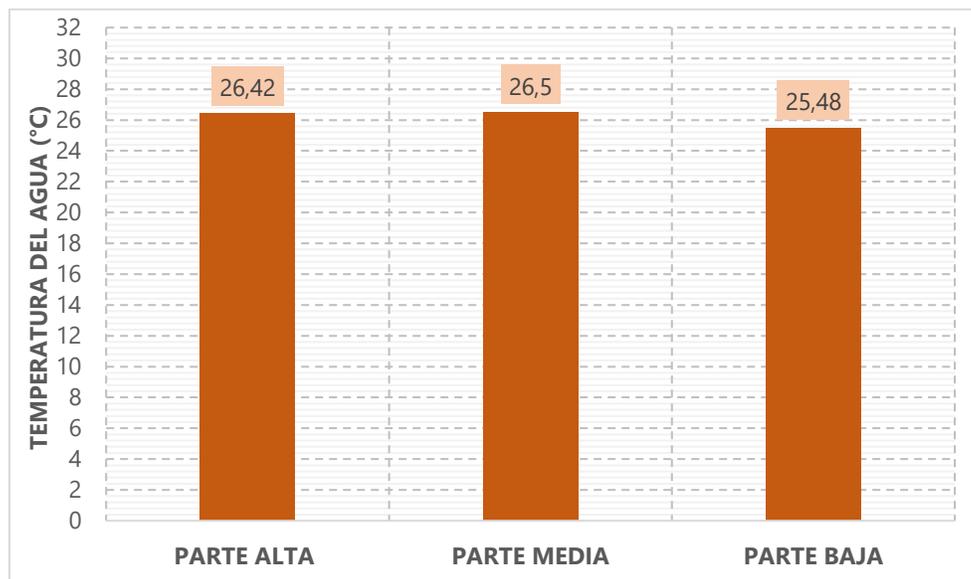


Figura 63.. Resultados medición de temperatura del agua (°C) para la Qda San Nicolas.

6.3.10 Oxígeno Disuelto (mg/l) y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%)

El Oxígeno disuelto presenta un valor promedio de 0,84 mg/l cuyo valor más alto se registró en la parte baja de la Qda San Nicolas en el municipio de Puerto Asis, aunque en los tres puntos de muestreo la concentración de oxígeno disuelto tuvo poca variación, registrándose en todos los puntos un valor entre 0.59 a 1.16 mg/l. En general, el resultado se considera que esta quebrada está en condiciones anóxicas ya que no está dentro del rango promedio para la mayoría de fauna acuática tropical cuyos valores especialmente para hábitats de peces se establece que debe ser mayor a 4 mg/l.

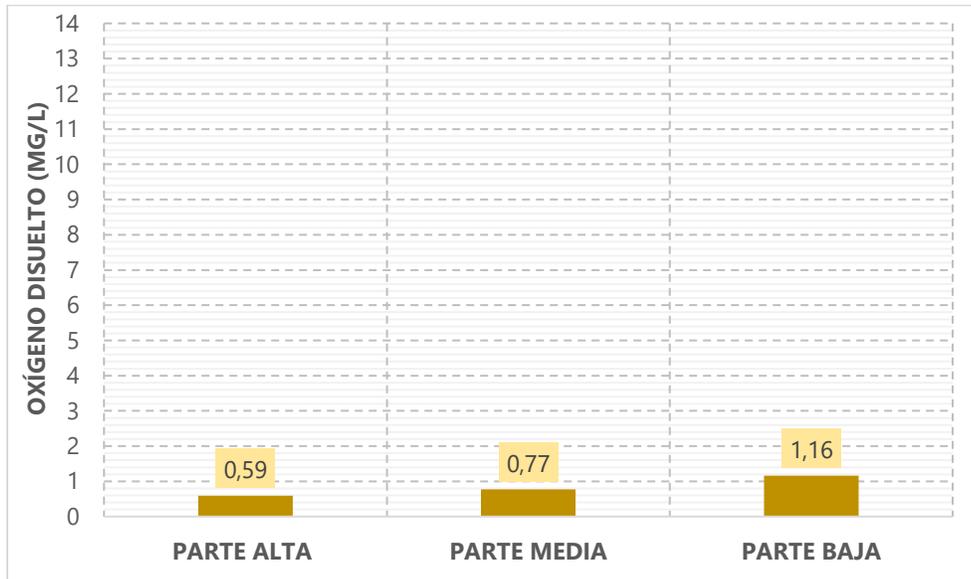


Figura 64. Resultados de oxígeno disuelto (mg/l) para la Qda San Nicolas.

Por su parte, la saturación de oxígeno disuelto promedio correspondió a un valor promedio de 10,52%.

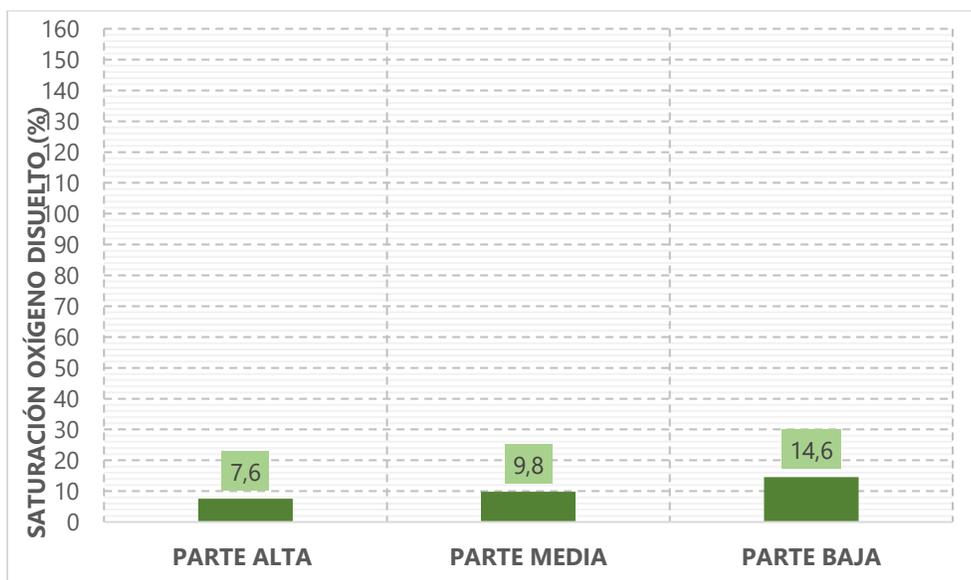


Figura 65. Resultados de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) para la Qda San Nicolas.

El resultado muestra que el valor promedio se encuentra dentro del rango Pobre para la mayoría de fauna acuática en el agua cuyos valores corresponden a < 60%. Valores inferiores al 60% estarían indicando algún grado de contaminación.

6.3.11 Conductividad (us/cm)

La conductividad presenta valor promedio de 135,7 us/cm el mayor valor se presentó en la parte baja de la Qda San Nicolas con un total de 176 us/cm, mientras que en la parte alta y media el valor de conductividad es de 108 – 123 us/cm respectivamente.

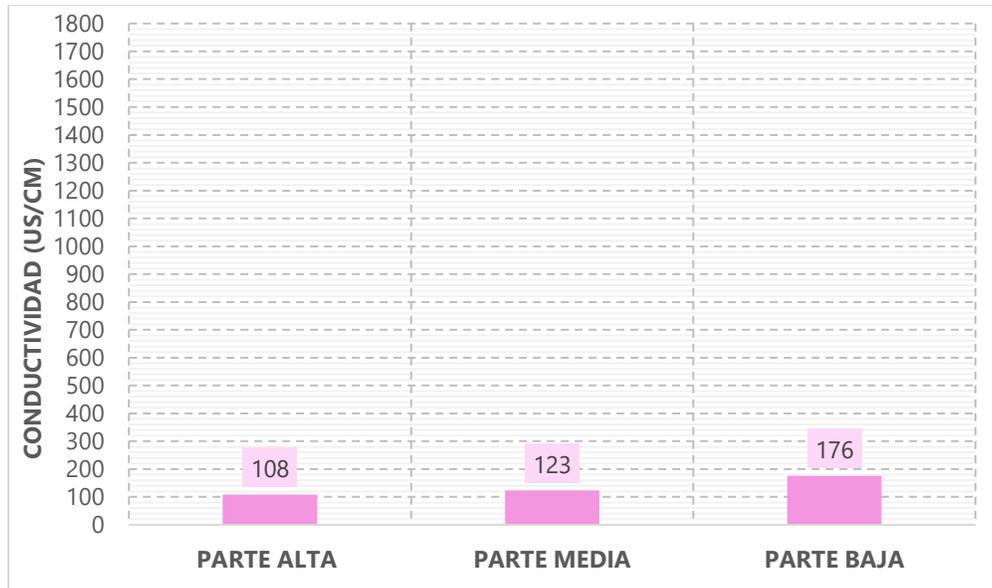


Figura 66. Resultados de conductividad para la Qda San Nicolas

6.3.12 Turbiedad (NTU) y Sólidos disueltos Totales (mg/l TDS)

Los niveles de turbiedad presentaron valores bastante variables con respecto a la media, cuyo valor promedio es de 126,83 NTU y de Sólidos Disueltos Totales de 67,7 mg/l.

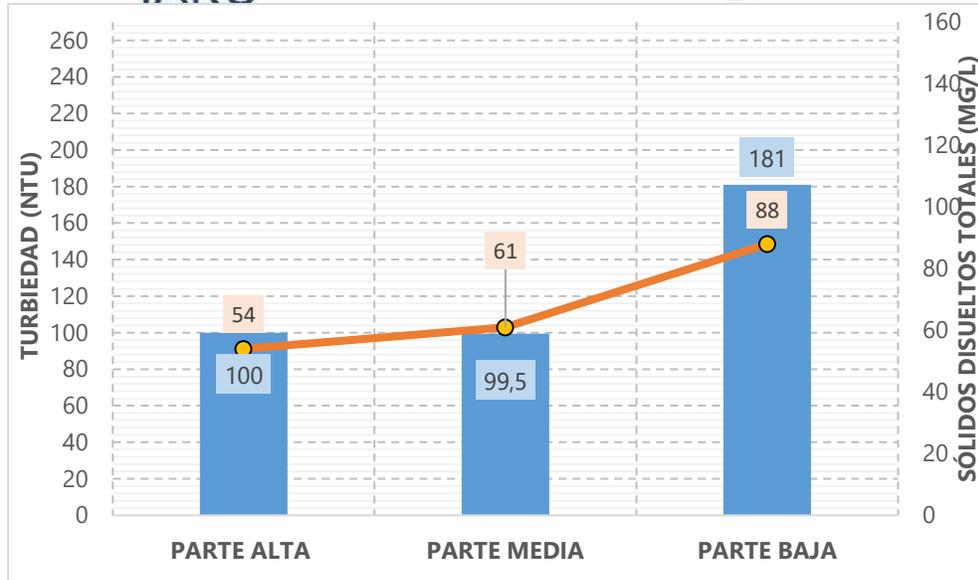


Figura 67. Resultados de sólidos disueltos totales y turbiedad para la Qda San Nicolas.

6.3.13 Coliformes Totales y Fecales (NMP/100ml)

Esta variable presentó un promedio de 372,3 NMP/100ml, siendo superior a lo reportado por la normativa colombiana para agua potable (0 UFC). De forma similar, el agua con potencial para hábitat de peces sugiere un valor de 10 UFC, estando bastante por encima del valor sugerido. Esto señala la existencia de vertimientos de aguas residuales.

Las coliformes totales presentaron un promedio de 964,3 NMP/100 ml siendo superior a lo sugerido para aguas con potencial para la biota acuática (450 NMP/100 ml). De igual forma, la calidad de agua referente a coliformes totales cumple con lo dispuesto en la normativa Colombiana según el Decreto 1076 de 2015 (20000 NMP/100 ml).

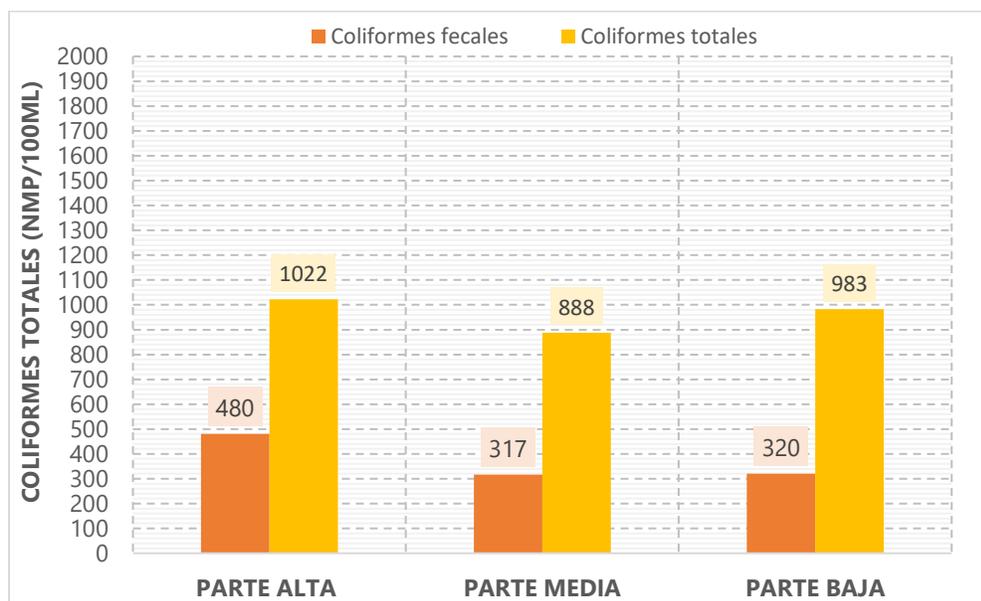


Figura 68.. Resultados de Coliformes Fecales y Totales para la Qda San Nicolas.

6.3.14 Índice de calidad de agua (ICA)

El índice de calidad de agua para los tres puntos de muestreo de la Quebrada San Nicolás presenta una calificación de REGULAR lo que se considera como aguas medianamente contaminadas. Tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas.

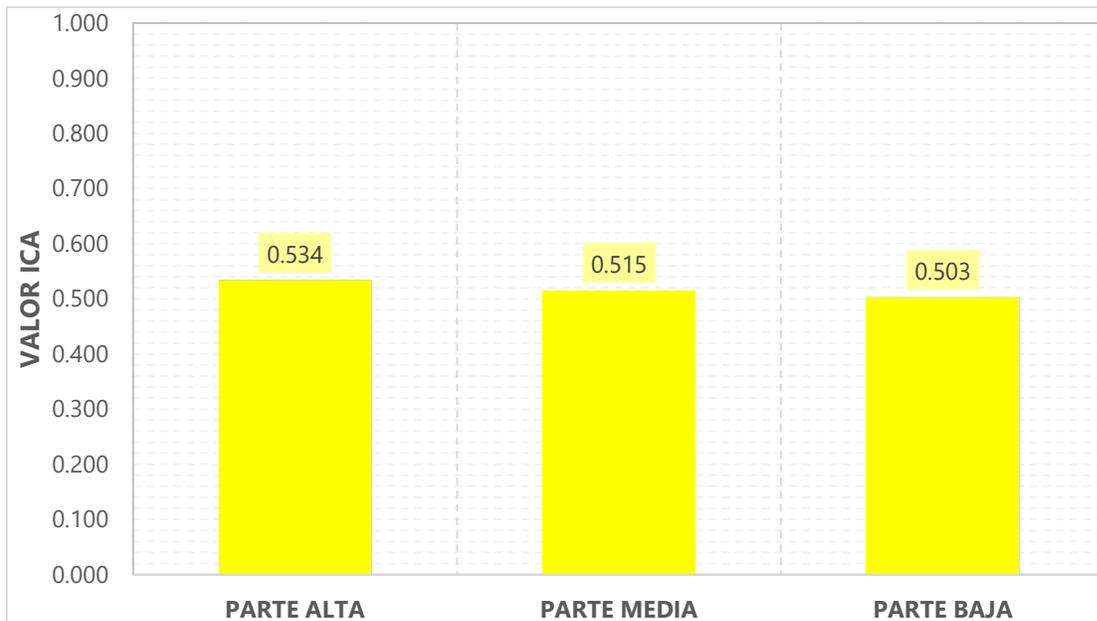


Figura 69. Índice de calidad de agua (ICA) Quebrada San Nicolás.

QUEBRADA SINGUIYÁ

Tabla 12. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.

Código de Punto de Muestreo	Latitud (Y)	Longitud (X)	Altura (msnm)
P1QS568	0.493056	-76,504444	255
P2QS568	0,493056	-76,504444	252
P3QS568	0,493889	-76,516944	252

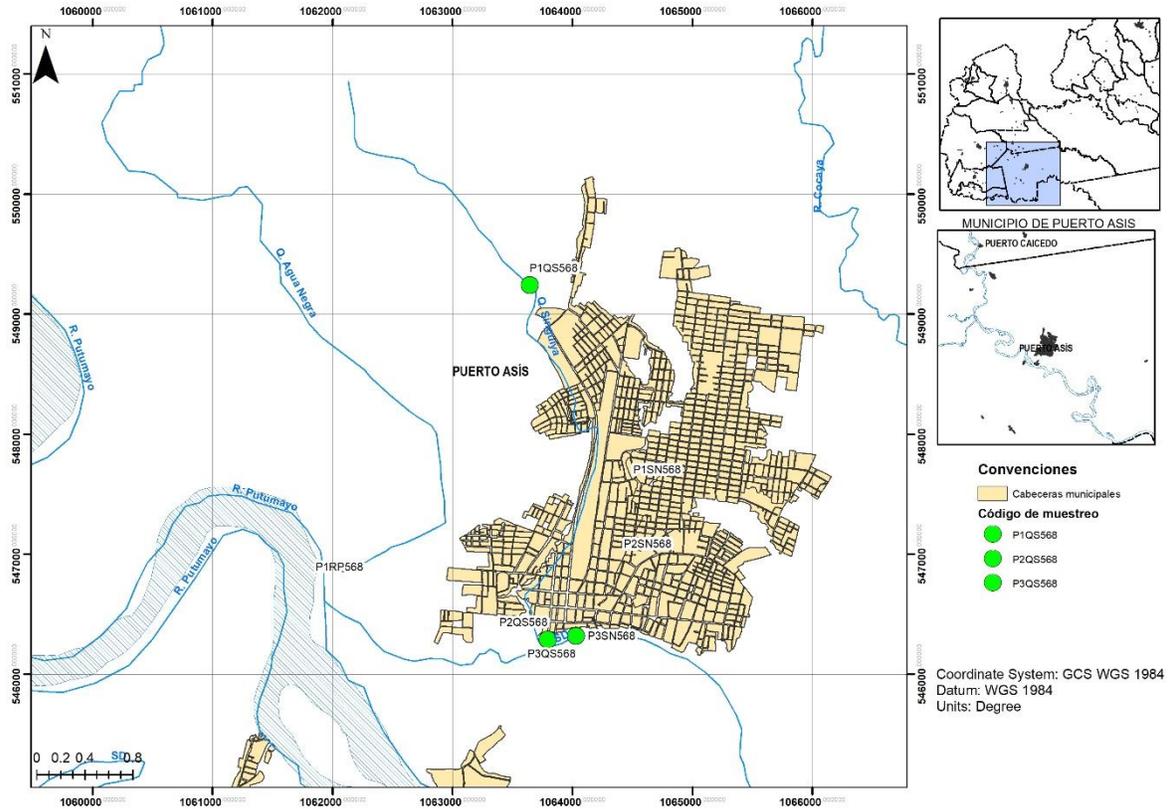


Figura 70. Ubicación de puntos de muestreo Quebrada Singuiyá.

6.3.15 pH

El pH presenta valores entre 5,61 a 6,69 con un promedio de 6.0. En general, se observa que la medición del pH no se encuentra dentro del rango normal de este parámetro, siendo poco óptimo para la vida acuática, cuyos valores encuentran en el rango de 5 - 6, lo que indica que corresponden a aguas ligeramente acidas.

A pesar de que la distancia entre la parte alta y baja fue de aproximadamente de 3km, se observa que el pH presenta valores poco similares.

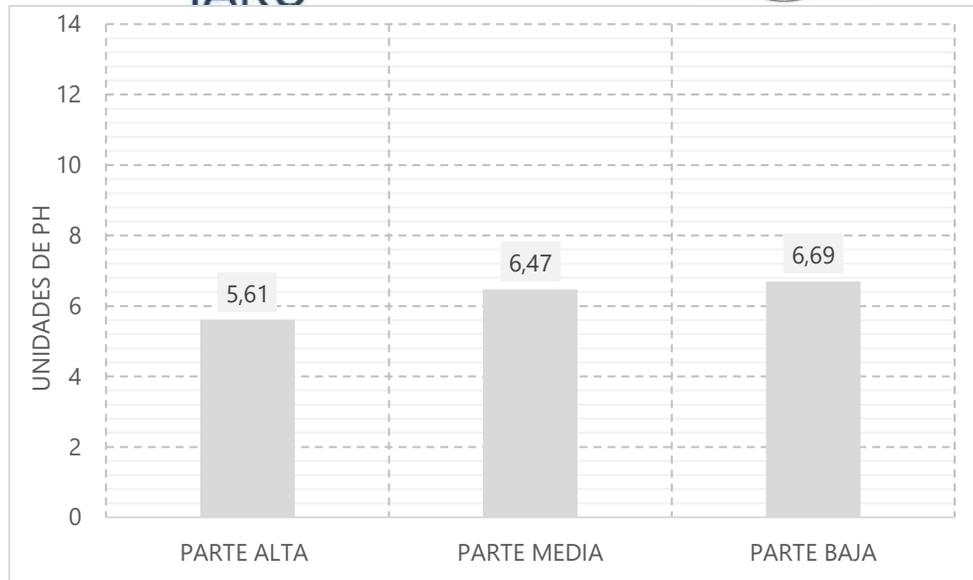


Figura 71.. Resultados de medición de Ph para La Quebrada Singuiyá.

6.3.16 Temperatura del Agua (°C)

Es importante mencionar que la radiación solar determina la calidad y cantidad de luz y además afecta la temperatura del agua. Generalmente, en las zonas tropicales la temperatura del ambiente se mantiene más o menos constante, se conserva siempre fría en las altas montañas, lo que incide en el comportamiento de la temperatura del agua.

En este caso, en el municipio de Puerto Asís cuya altura sobre el nivel del mar es aproximadamente de 250 - 300 msnm se presenta una temperatura un poco elevada comparada con otros municipios del departamento. Así, la temperatura del agua tuvo un promedio de 24,94°C, que corresponde a un valor similar presentado por la temperatura ambiente del municipio siendo para el mes de septiembre de 24,9°C aproximadamente. Este valor se encuentra dentro del rango óptimo (< 35 °C) establecido para la biota acuática.

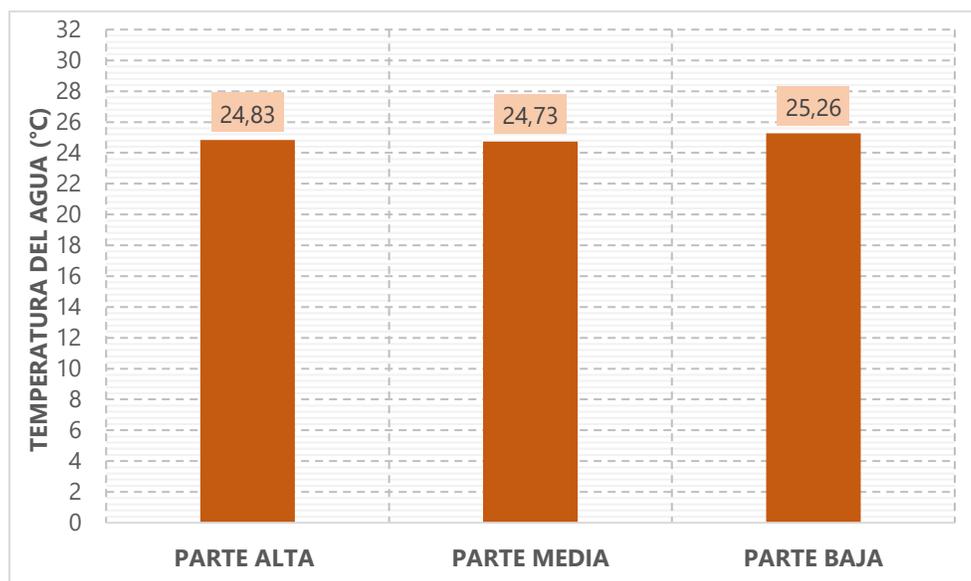


Figura 72. Resultados medición de temperatura del agua (°C) para la Qda Singuiyá.

6.3.17 Oxígeno Disuelto (mg/l) y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%)

El Oxígeno disuelto presenta un valor promedio de 1,46 mg/l cuyo valor más alto se registró en la parte baja de la Qda Singuiyá en el municipio de Puerto Asis, aunque en los tres puntos de muestreo la concentración de oxígeno disuelto tuvo poca variación, registrándose en todos los puntos un valor entre 1,3 a 2,1 mg/l. En general, el resultado se considera que esta quebrada está en condiciones anóxicas ya que no está dentro del rango promedio para la mayoría de fauna acuática tropical cuyos valores especialmente para hábitats de peces se establece que debe ser mayor a 4 mg/l.

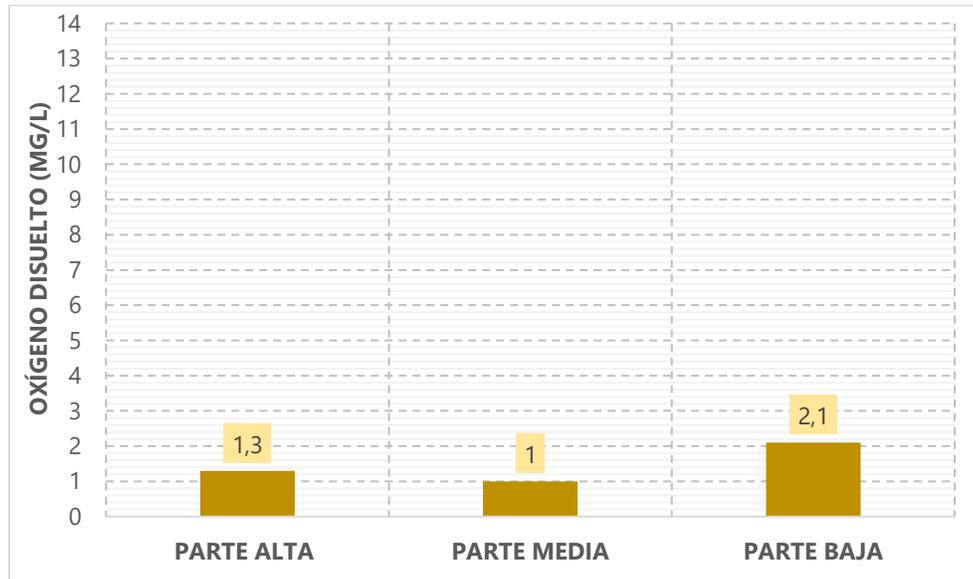


Figura 73. Resultados de oxígeno disuelto (mg/l) para la Qda Singuiyá.

Por su parte, la saturación de oxígeno disuelto promedio correspondió a un valor promedio de 18,23%.

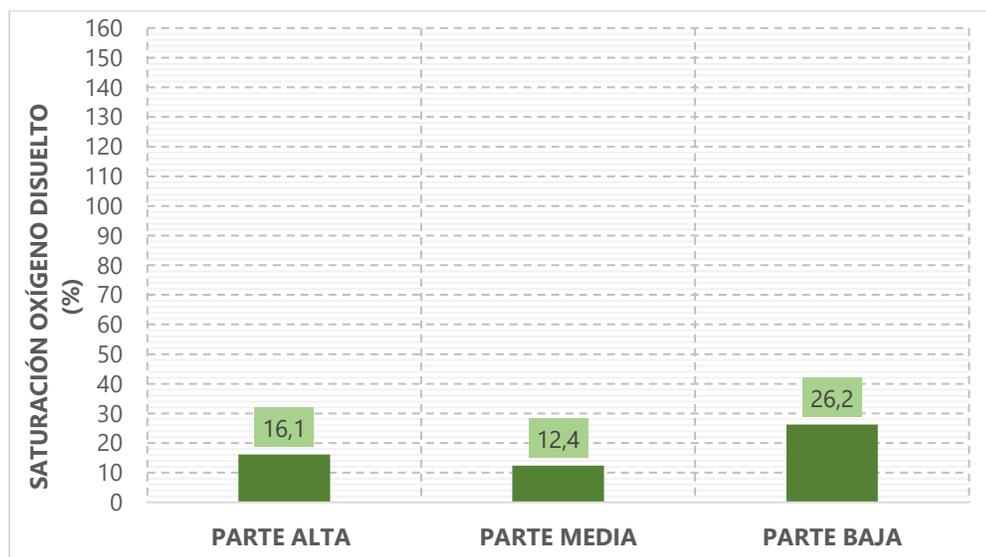




Figura 74. Resultados de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) para la Qda Singuiyá.

El resultado muestra que el valor promedio se encuentra dentro del rango Pobre para la mayoría de fauna acuática en el agua cuyos valores corresponden a < 60%. Valores inferiores al 60% estarían indicando algún grado de contaminación.

6.3.18 Conductividad (us/cm)

La conductividad presenta valor promedio de 75,33 us/cm el mayor valor se presentó en la parte baja de la Qda Singuiyá con un total de 100 us/cm, mientras que en la parte alta y media el valor de conductividad es de 36 – 90 us/cm respectivamente.

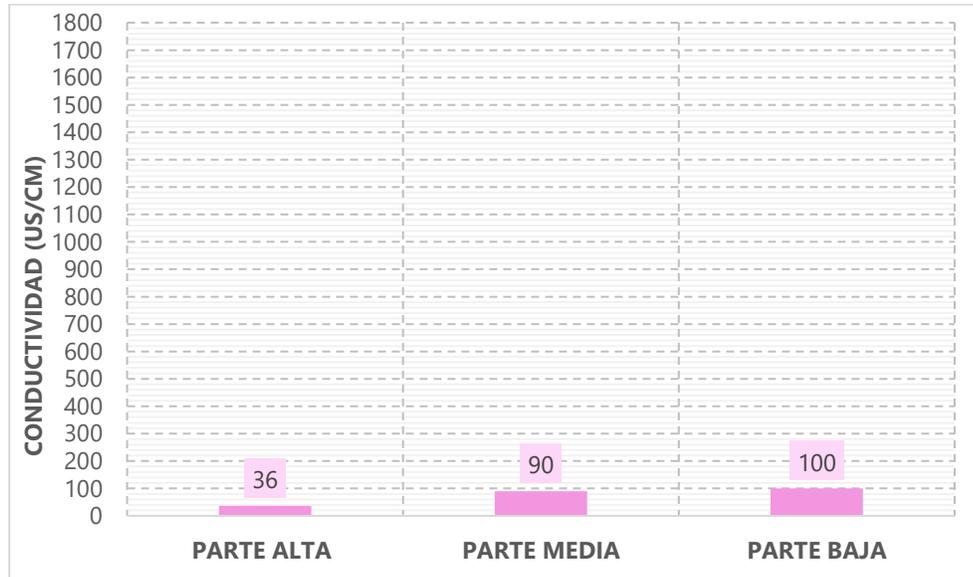


Figura 75.. Resultados de conductividad para la Qda Singuiyá.

6.3.19 Turbiedad (NTU) y Sólidos disueltos Totales (mg/l TDS)

Los niveles de turbiedad presentaron valores bastante variables con respecto a la media, cuyo valor promedio es de 83,4 NTU y de Sólidos Disueltos Totales de 37,7 mg/L.

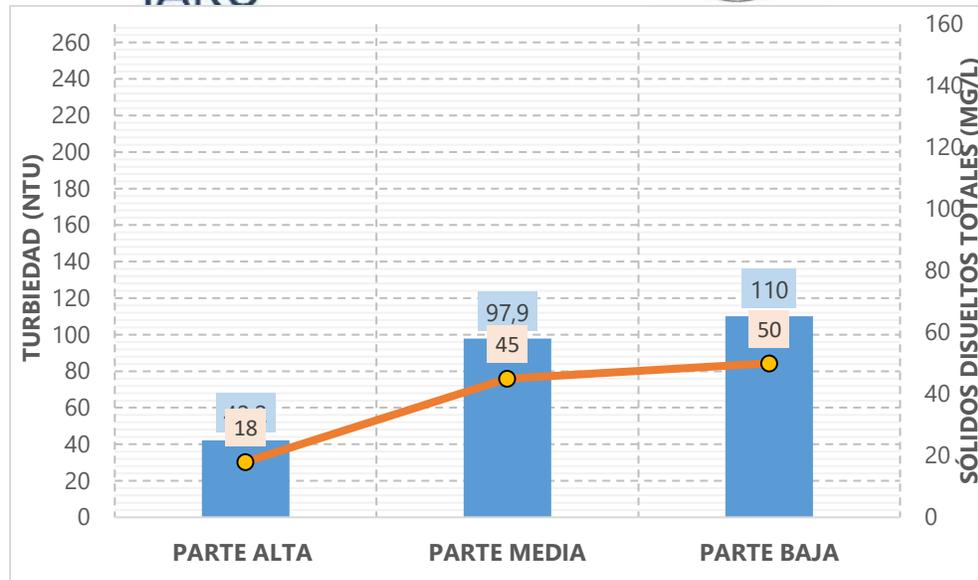


Figura 76. . Resultados de sólidos disueltos totales y turbiedad para la Qda Singuiyá.

6.3.20 Coliformes Totales y Fecales (NMP/100ml)

Esta variable presentó un promedio de 425 NMP/100ml, siendo superior a lo reportado por la normativa colombiana para agua potable (0 UFC). De forma similar, el agua con potencial para hábitat de peces sugiere un valor de 10 UFC, estando bastante por encima del valor sugerido. Esto señala la existencia de vertimientos de aguas residuales.

Las coliformes totales presentaron un promedio de 1088,7 NMP/100 ml siendo superior a lo sugerido para aguas con potencial para la biota acuática (450 NMP/100 ml). De igual forma, la calidad de agua referente a coliformes totales cumple con lo dispuesto en la normativa colombiana según el Decreto 1076 de 2015 (20000 NMP/100 ml).

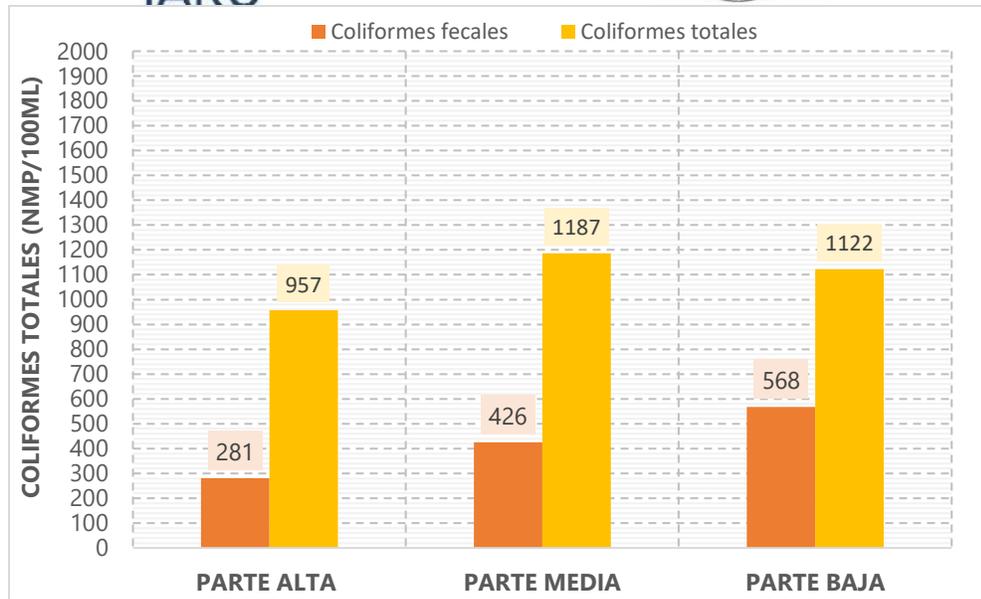


Figura 77. Resultados de Coliformes Fecales y Totales para la Qda Singuiyá.

6.3.21 Índice de calidad de agua (ICA)

El índice de calidad de agua para los tres puntos de muestreo de la Quebrada Singuiyá presenta igualmente una calificación de REGULAR lo que se considera como aguas medianamente contaminadas. Generalmente tienen menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas.

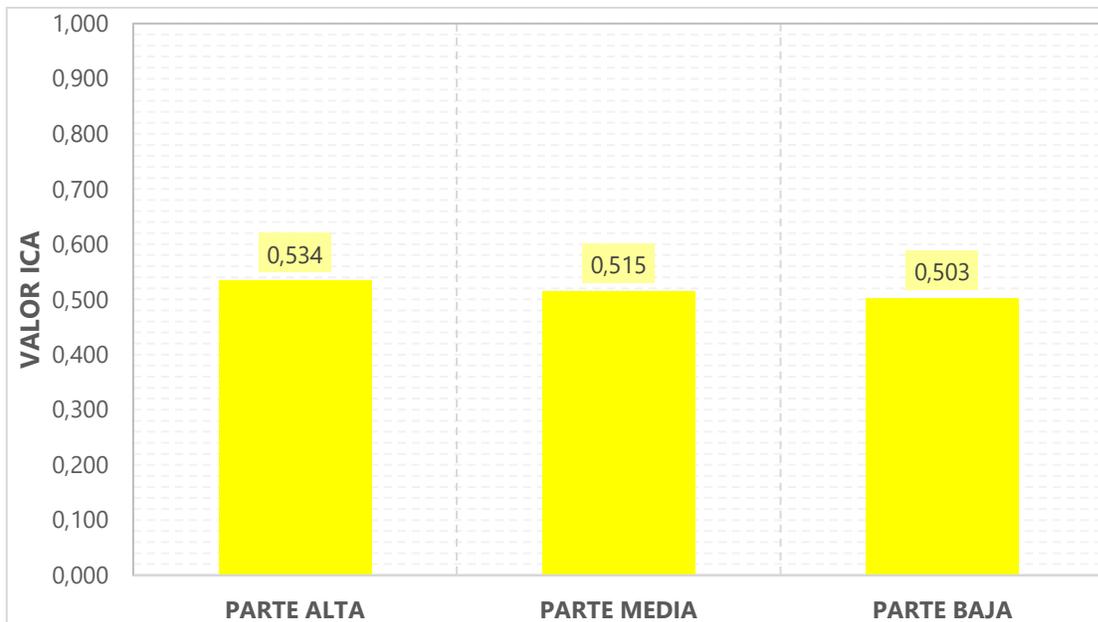


Figura 78. Índice de calidad de agua de la Quebrada Singuiyá.

6.4 MUNICIPIO DE VALLE DEL GUAMUEZ

QUEBRADA LA HORMIGA

Tabla 13. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

Código de Punto de Muestreo	Latitud (Y)	Longitud (X)	Altura (msnm)
P1QH865	0.41417	-76.88433	306
P2QH865	0.41444	-76.89292	
P3QH865	0.41444	-76.89194	

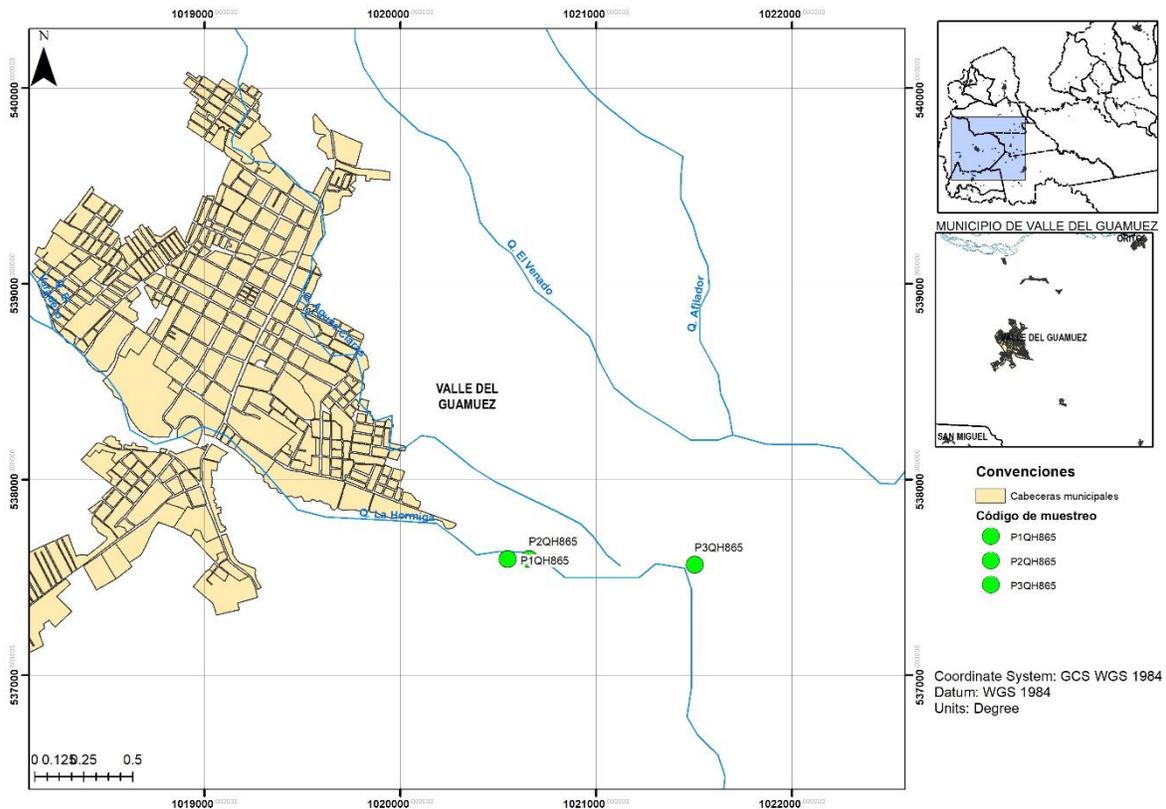


Figura 79. Ubicación puntos de muestreo Quebrada La Hormiga.

6.4.1 pH

La Quebrada La Hormiga presenta un pH promedio de 7.05 con variaciones mínimas en cada unidad de muestreo. El resultado se encuentra dentro del rango establecido para usos especialmente de fauna y flora y recreativo cuyo criterio de calidad según el Decreto 1076 de 2015 para estos usos es de 5.0 a 9.0. Adicionalmente, se considera siendo óptimo para la vida acuática, cuyos valores encuentran en el rango de 6.5-8.5.

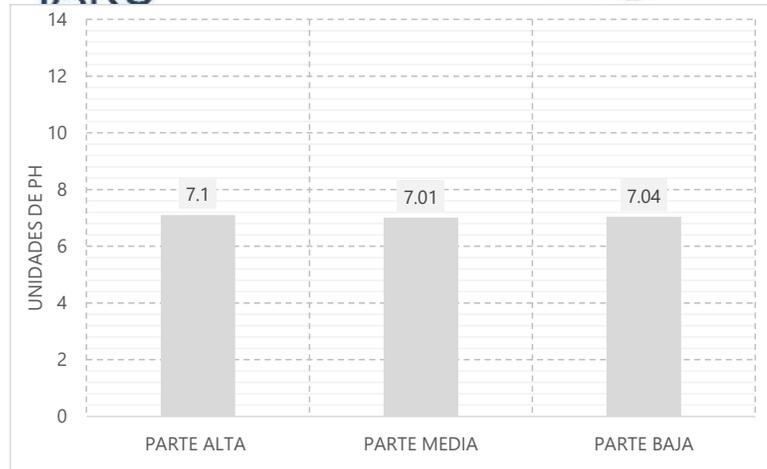


Figura 80. Resultados de medición de pH para la Quebrada La Hormiga

6.4.2 Temperatura del agua (°C)

La temperatura del agua para la Quebrada La Hormiga presenta un promedio de 26.5°C. Valor muy similar a la temperatura de ambiente del municipio de acuerdo con su altura sobre el nivel del mar (289 msnm), la cual es de 26°C. Este valor se encuentra dentro del rango óptimo (< 35 °C) establecido para la biota acuática

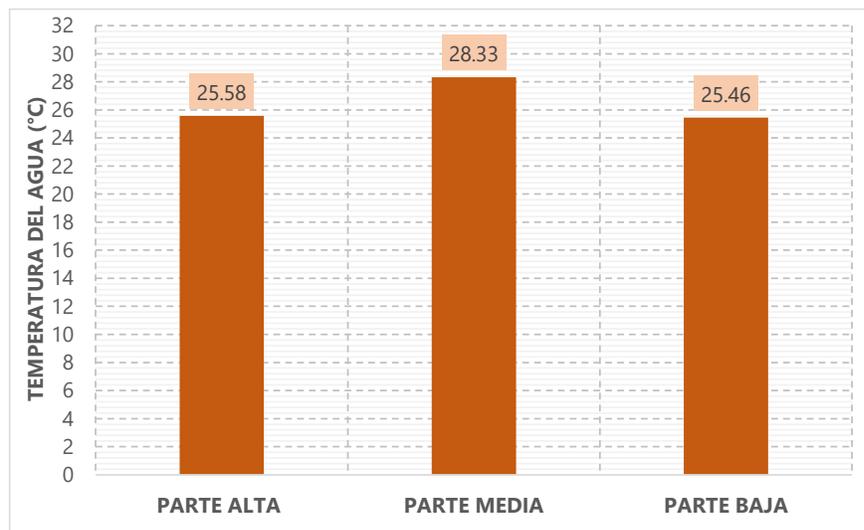


Figura 81. Resultados de medición de temperatura del agua de la Quebrada La Hormiga.

6.4.3 Oxígeno Disuelto (mg/l) y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%).

El oxígeno disuelto de la Quebrada La Hormiga presenta un promedio de 3.5 mg/l cuyo valor fue de cero (0) en la parte media del río considerando condiciones anóxicas dada la descarga de la PTAR del municipio. En la parte baja del río, la concentración de oxígeno aumenta hasta 5.08 mg/l. Este resultado se considera dentro del rango promedio para la mayoría de fauna acuática tropical cuyos valores especialmente para hábitats de peces se establece que debe ser mayor a 4 mg/l. No obstante en la parte media del río se evidencia el alto impacto del vertimiento doméstico sobre el río, para lo cual se considera se deben evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales de este municipio.

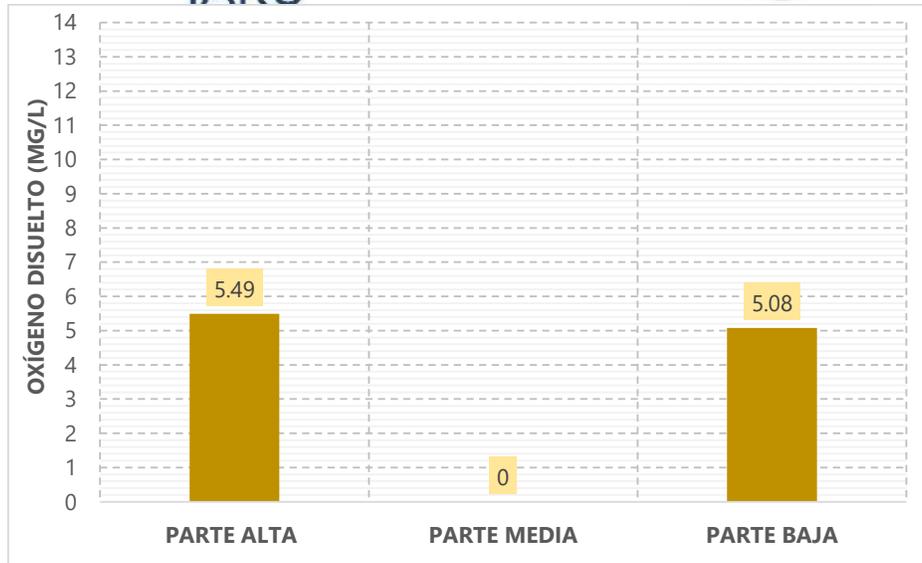


Figura 82. Resultados de oxígeno disuelto para La Quebrada La Hormiga

Referente a la saturación de oxígeno, se considera que es baja con un valor promedio de 44.63% encontrándose fuera del rango aceptable para la mayoría de fauna acuática en el agua cuyos valores corresponden entre 60 a 79%, Estos resultados reflejan el alto impacto de los vertimientos en el estado ecológico del río.

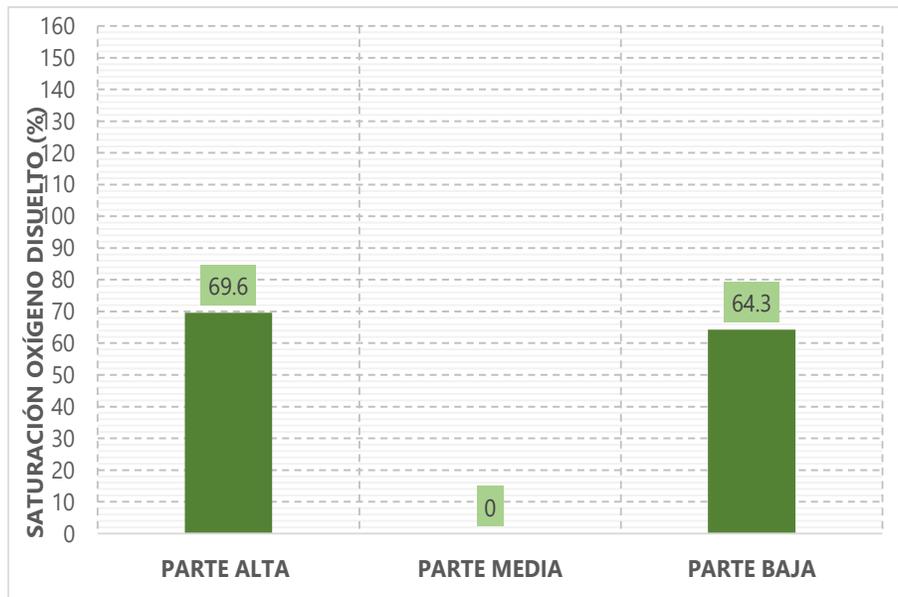


Figura 83. Resultados saturación de oxígeno para la Quebrada La Hormiga.

6.4.4 Conductividad (us/cm)

La Quebrada La Hormiga presenta una conductividad promedio de 717 us/cm. Este valor promedio de conductividad reportado se encuentra por encima del rango establecido para ríos de montaña,

el cual es de 30 – 60 $\mu\text{s}/\text{cm}$, lo cual indica un aporte de sales ionizadas, especialmente por la descarga de vertimientos doméstico de la PTAR del municipio.

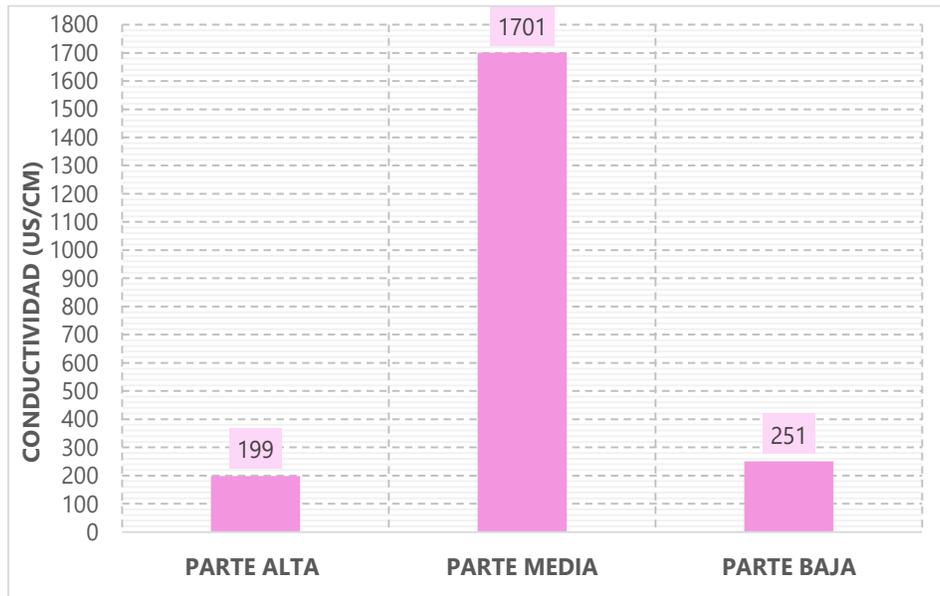


Figura 84. Resultados de medición de conductividad para la Quebrada La Hormiga.

6.4.5 Turbiedad (NTU) y Sólidos disueltos Totales (mg/l TDS)

La turbiedad en promedio fue de 63.7 NTU y los sólidos disueltos totales un promedio de 87.3 mg/l. Los resultados de turbiedad estuvieron por encima de los 2 UNT (Unidades nefelométricas de turbiedad), valor indicado como máximo permisible por la normatividad Colombiana. Por su parte, los sólidos totales se encuentran dentro del rango permisible para la vida acuática correspondiente a los 100 mg/l.

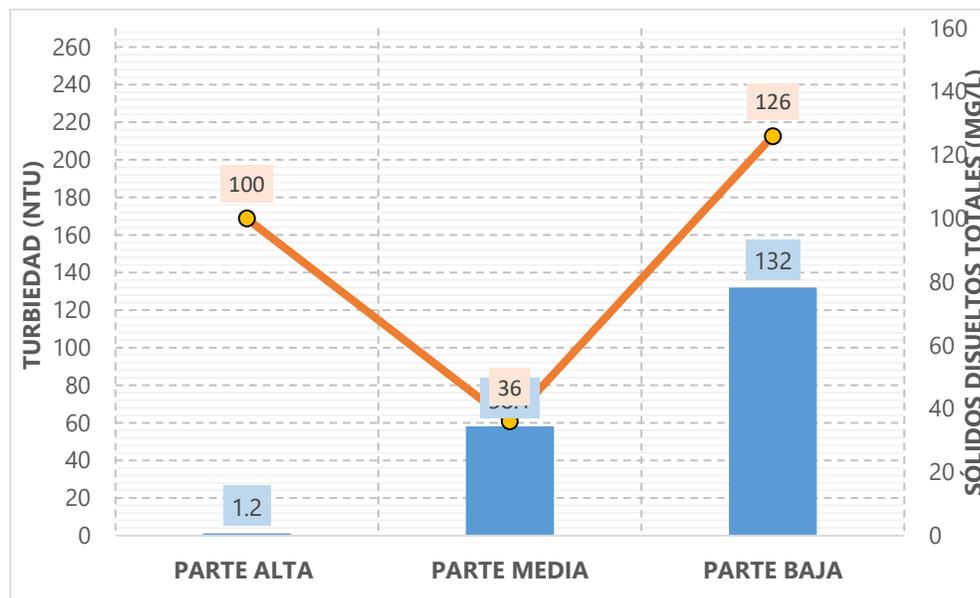


Figura 85. Resultado de medición de turbiedad y sólidos disueltos totales para la Quebrada La Hormiga.

6.4.6 Coliformes fecales y coliformes totales (NMP/100ml)

Las coliformes fecales tuvieron un promedio de 12.866.877 NMP/100ml, siendo superior a lo reportado por la normativa colombiana para agua potable (0 UFC). De forma similar, el agua con potencial para hábitat de peces sugiere un valor de 10 UFC, estando bastante por encima del valor sugerido. Esto señala la existencia de vertimientos de aguas residuales para los tres puntos de muestreo. Adicionalmente, el valor de coliformes fecales refleja que los vertimientos se descargan sin ningún tratamiento en la fuente hídrica.

Las coliformes totales presentaron un promedio de 2.840.332 NMP/100 ml siendo superior a lo sugerido para aguas con potencial para la biota acuática (450 NMP/100 ml). De igual forma, la calidad de agua referente a coliformes totales no cumple con lo dispuesto en la normativa Colombiana según el Decreto 1076 de 2015 (20000 NMP/100 ml).

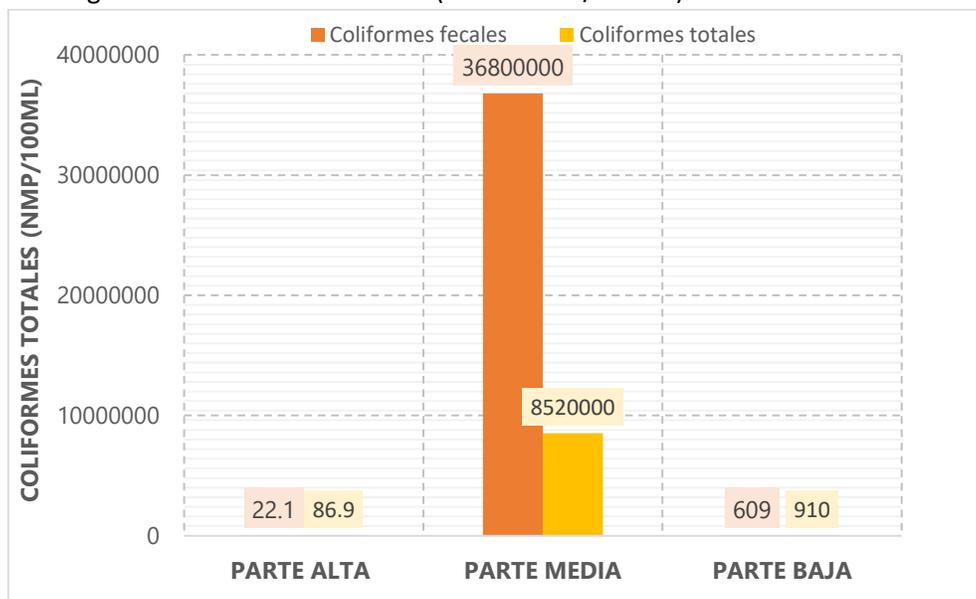


Figura 86. Resultados de medición de coliformes fecales y totales para la Quebrada La Hormiga

6.4.7 Índice de calidad de agua (ICA)

El índice de calidad de agua para la Quebrada la Hormiga en la parte alta y baja presenta una calificación de REGULAR tipificada como aguas medianamente contaminadas. No obstante en la parte medio el valor del ICA es MALO, lo que se considera aguas contaminadas especialmente por la descarga de aguas residuales domésticas provenientes de la PTAR del municipio.

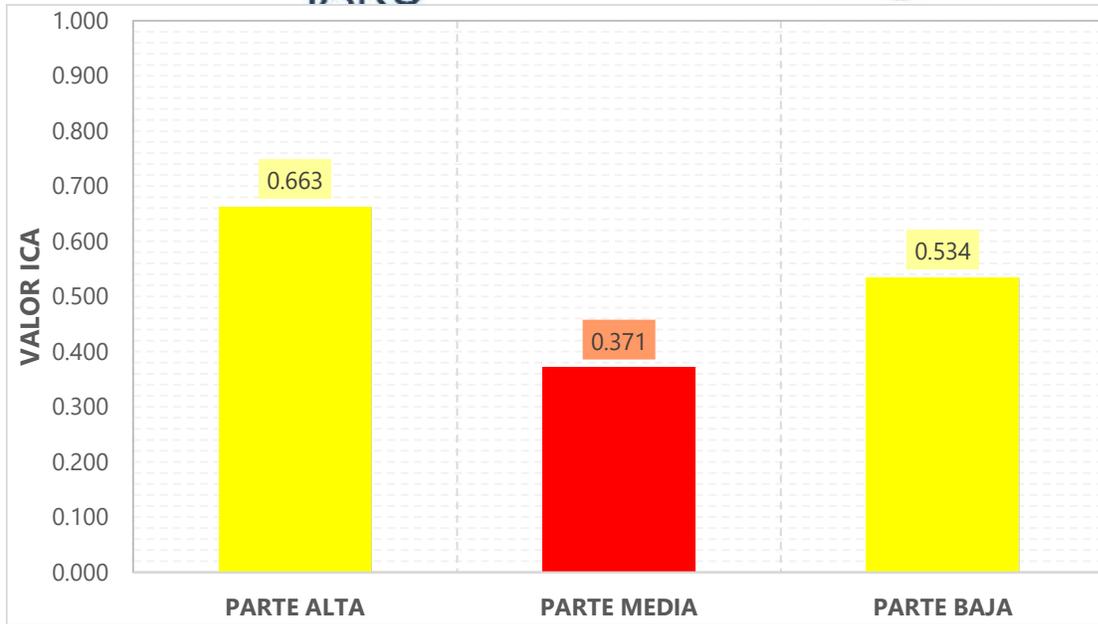


Figura 87. Índice de calidad de agua para la Quebrada La Hormiga.

6.5 MUNICIPIO DE SAN MIGUEL QUEBRADA LA DORADA

Tabla 14. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

Código de Punto de Muestreo	Latitud (Y)	Longitud (X)	Altura (msnm)
P1QD757	0.34211	-76.90078	
P2QD757	0.34164	-76.90056	
P3QD757	0.34142	-76.90003	

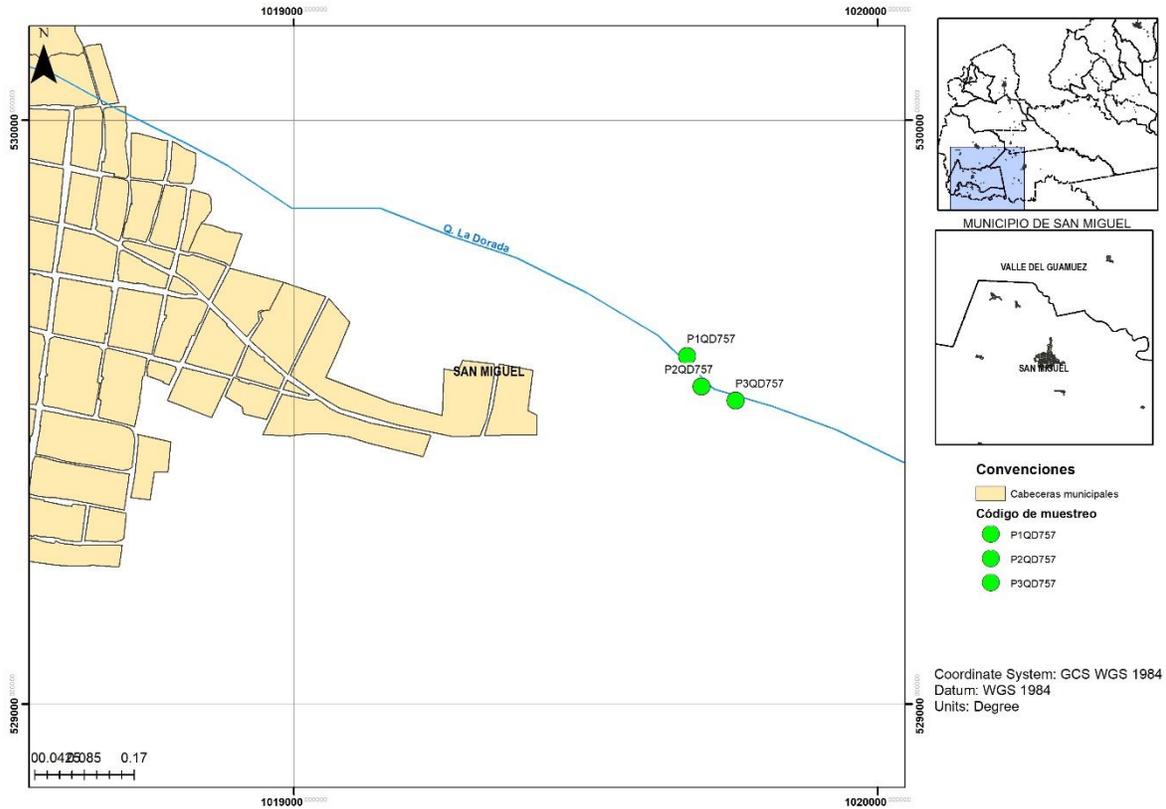


Figura 88. Ubicación de puntos de muestreo de la Quebrada La Dorada.

6.5.1 pH

La quebrada La Dorada presenta un promedio de pH de 6.6, destacándose el bajo valor del pH presentado en la parte alta de la fuente hídrica el cual corresponde a 5.5. En general el resultado se encuentra dentro del rango establecido para usos especialmente de fauna y flora y recreativo cuyo criterio de calidad según el Decreto 1076 de 2015 para estos usos es de 5.0 a 9.0. No obstante, la parte alta no se considera óptimo para la vida acuática, dado que los valores de referencia se encuentran en el rango de 6.5-8.5.

Sin embargo cabe mencionar que, en este punto de muestreo fue donde se presentó una mayor abundancia de macroinvertebrados aunque fue evidente observar la intervención antrópica del punto de muestreo, especialmente por actividades pecuarias.

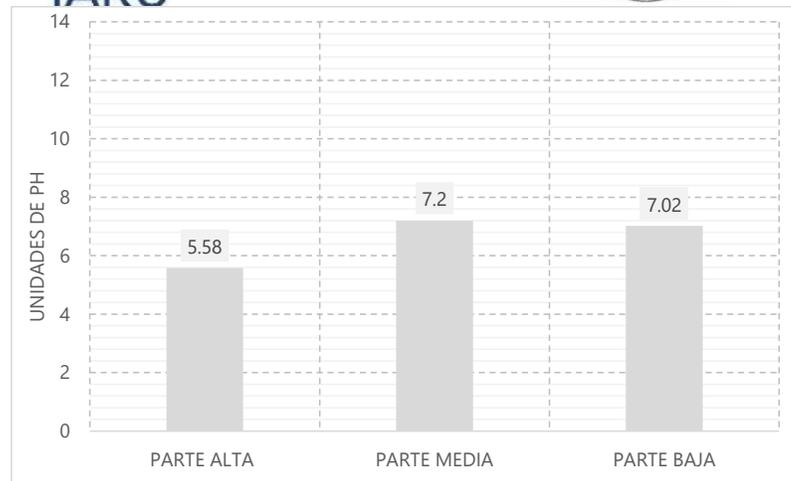


Figura 89. Resultados de medición de pH para la Quebrada La Dorada

6.5.2 Temperatura del agua (°C)

La temperatura del agua para la Quebrada La Dorada presenta un promedio de 26.4°C. Valor muy similar a la temperatura de ambiente del municipio de acuerdo con su altura sobre el nivel del mar (380 msnm), la cual es de 22°C. Este valor se encuentra dentro del rango óptimo (< 35 °C) establecido para la biota acuática.

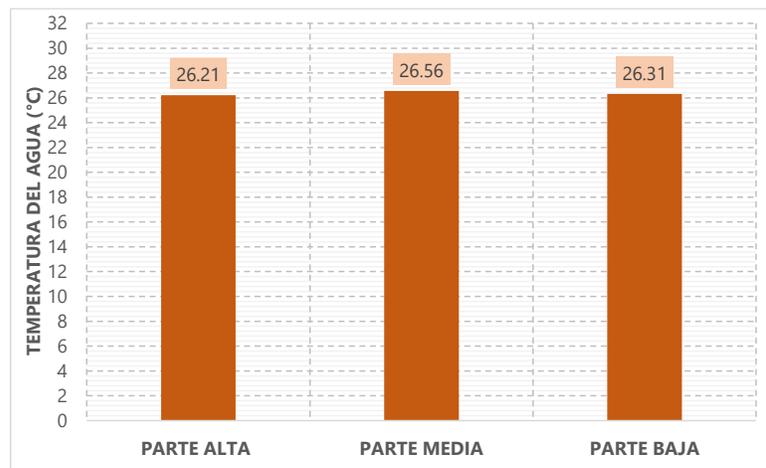


Figura 90. Resultados de medición de temperatura del agua °C de la Quebrada La Dorada.

6.5.3 Oxígeno Disuelto (mg/l) y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%)

El oxígeno disuelto presenta un promedio de 3.0 mg/l cuyo valor fue más baja en la parte media de la Quebrada La Dorado. El resultado se encuentra fuera del rango promedio para la mayoría de fauna acuática tropical cuyos valores especialmente para hábitats de peces se establece que debe ser mayor a 4 mg/l.

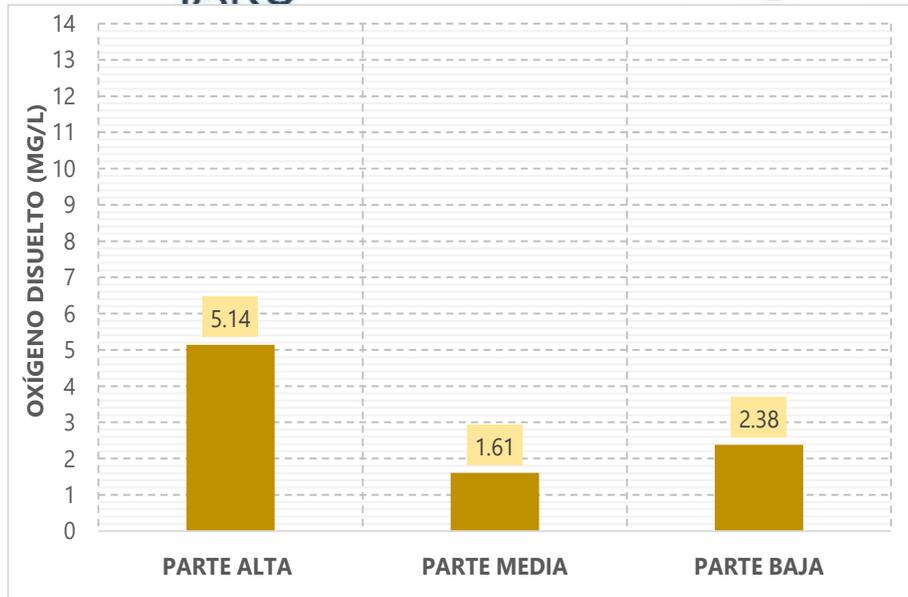


Figura 91. Resultados de oxígeno disuelto para La Quebrada La Dorada

Igualmente, se presenta un valor bajo de saturación de oxígeno en la Quebrada La Dorada con un promedio de 39.2% encontrándose fuera del rango aceptable para la mayoría de fauna acuática en el agua cuyos valores corresponden entre 60 a 79%, Estos resultados reflejan el alto impacto de los vertimientos en el estado ecológico del río.

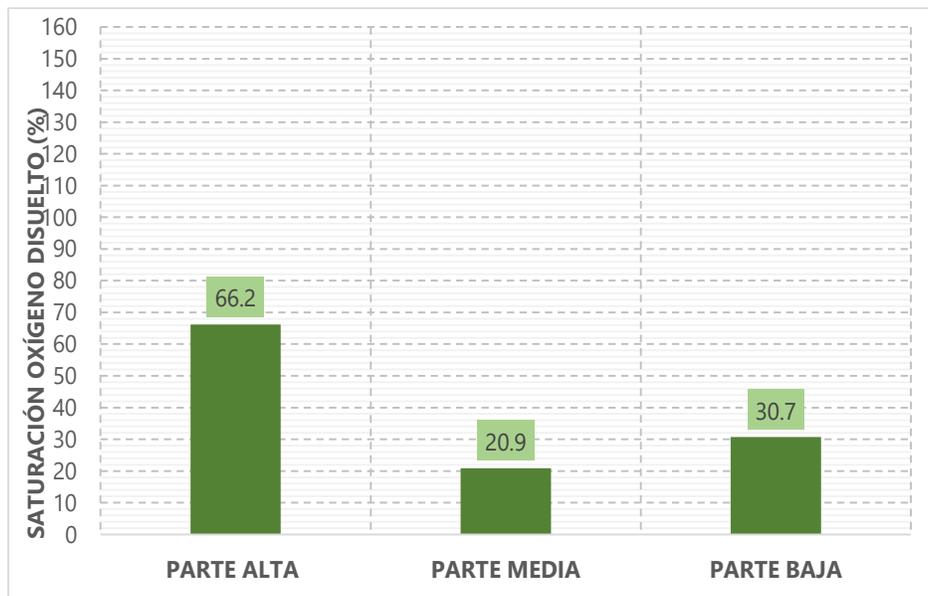


Figura 92. Resultados de saturación de oxígeno para la Quebrada La Dorada.

6.5.4 Conductividad (us/cm)

La conductividad de la Quebrada la Dorada presenta un valor promedio de 166.3 us/cm. Valor que se encuentra. El valor de conductividad reportado se encuentra por encima del rango establecido para ríos de montaña, el cual es de 30 – 60 μ s/cm. Estos resultados evidencian que es un cuerpo

con un nivel de contaminación moderado especialmente en la parte media, donde se realiza la descarga del vertimiento de la PTAR del municipio.

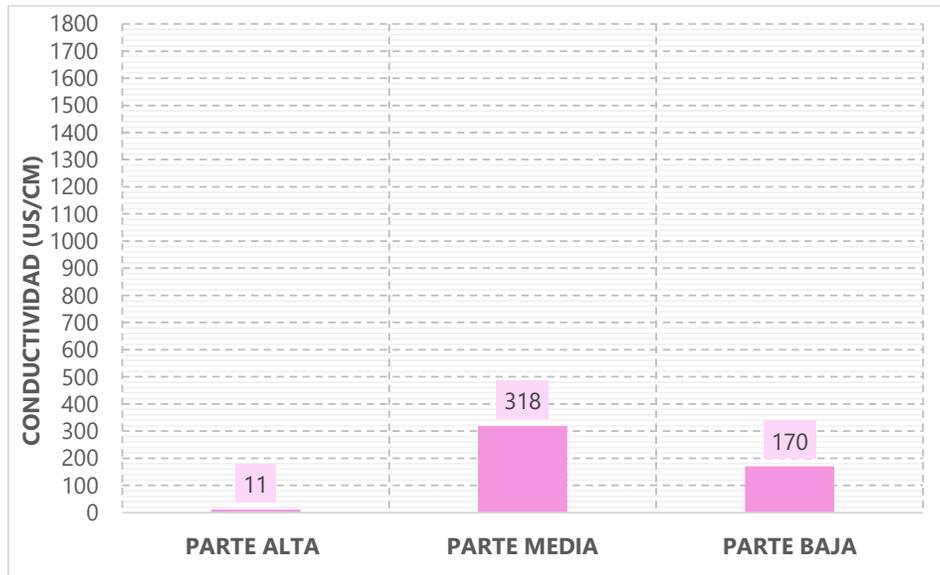


Figura 93. Resultados de la medición de conductividad de la Quebrada La Dorada.

6.5.5 Turbiedad (NTU) y Sólidos disueltos Totales (mg/l TDS)

La turbiedad en promedio fue de 63.7 NTU y los sólidos disueltos totales un promedio de 87.3 mg/l. Los resultados de turbiedad estuvieron por encima de los 2 UNT (Unidades nefelométricas de turbiedad), valor indicado como máximo permisible por la normatividad Colombiana. Por su parte, los sólidos totales se encuentran dentro del rango permisible para la vida acuática correspondiente a los 100 mg/l.

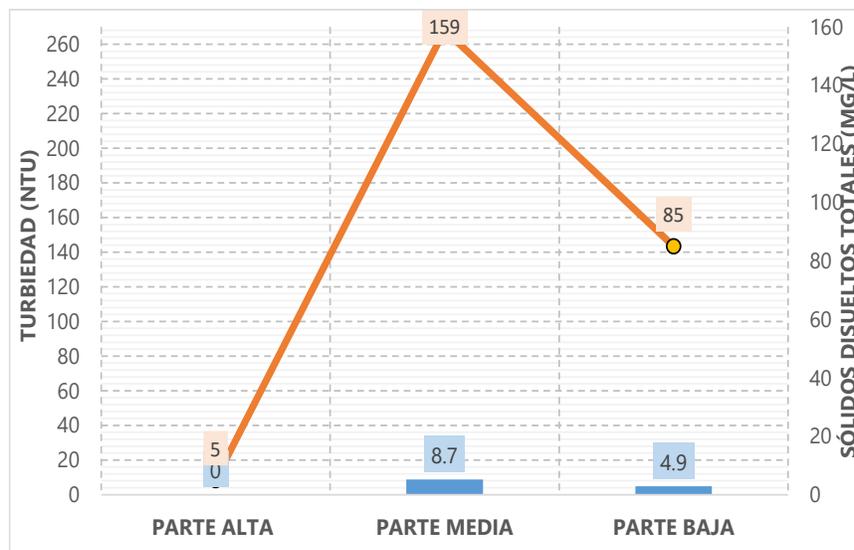


Figura 94. Resultados de medición de Turbiedad y sólidos disueltos totales en la Quebrada La Dorada

6.5.6 Coliformes fecales y coliformes totales (NMP/100ml)

Las coliformes fecales tuvieron un promedio de 49.13 NMP/100ml, siendo superior a lo reportado por la normativa colombiana para agua potable (0 UFC). De forma similar, el agua con potencial para hábitat de peces sugiere un valor de 10 UFC, estando bastante por encima del valor sugerido. Esto señala la existencia de vertimientos de aguas residuales para los tres puntos de muestreo.

Las coliformes totales presentaron un promedio de 389.76 NMP/100 ml encontrándose dentro de lo sugerido para aguas con potencial para la biota acuática (450 NMP/100 ml). De igual forma, la calidad de agua referente a coliformes totales cumple con lo dispuesto en la normativa Colombiana según el Decreto 1076 de 2015 (20000 NMP/100 ml).

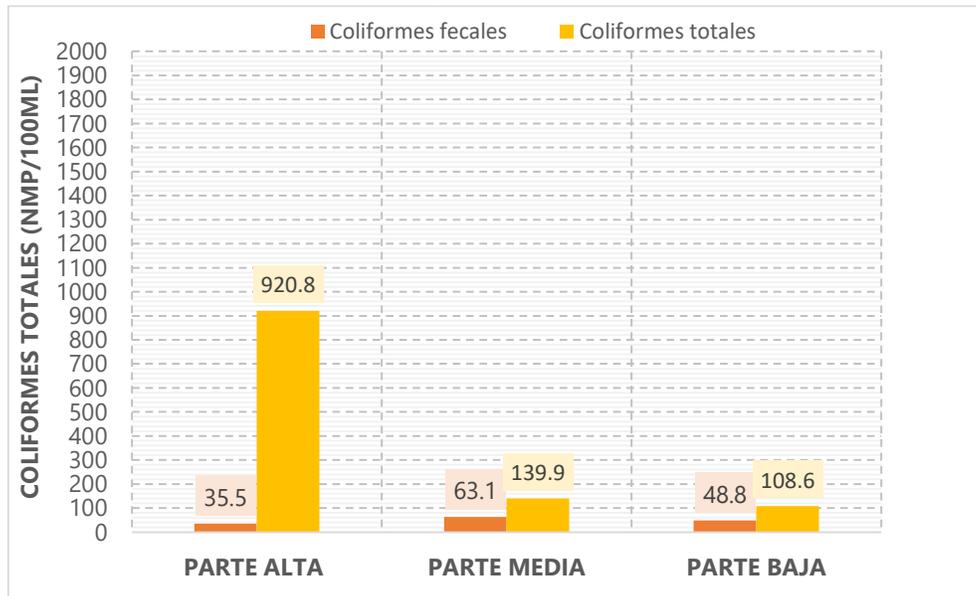


Figura 95. Resultados de coliformes totales y fecales para la Quebrada La Dorada.

6.5.7 Índice de calidad de agua (ICA)

Para la parte alta de la Quebrada La Dorada, el ICA presentó una calificación de ACEPTABLE donde se considera aguas de aceptable calidad, mientras que la parte media y baja el valor de ICA es REGULAR, tipificada como aguas medianamente contaminadas especialmente porque en estos puntos se descargan las aguas residuales domésticas del municipio.

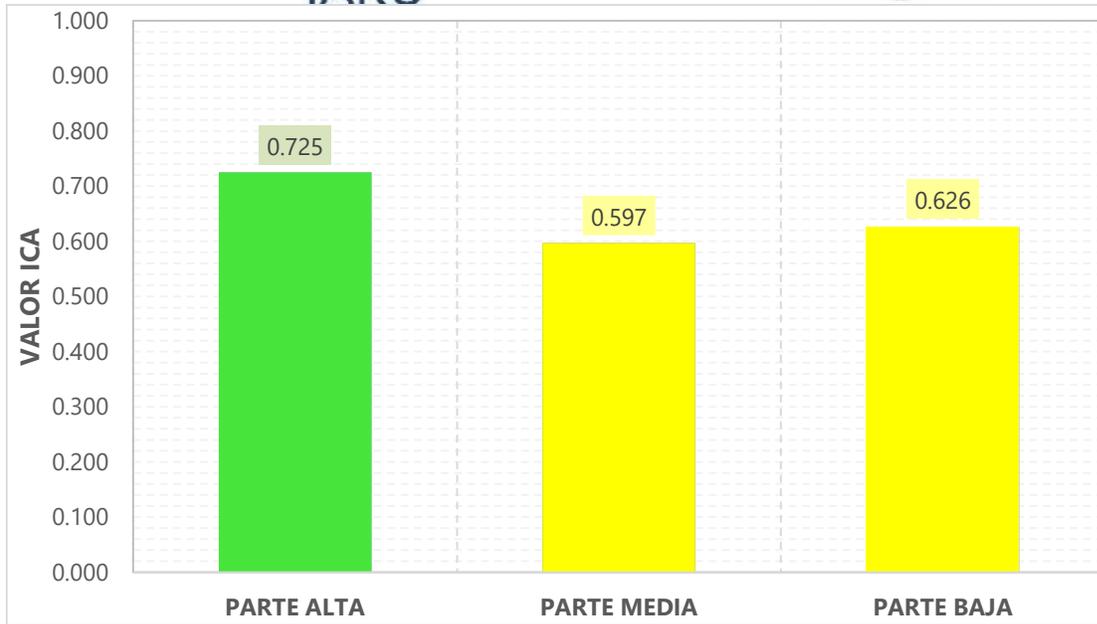


Figura 96. Índice de calidad de agua (ICA) para la Quebrada La Dorada.

6.6 MUNICIPIO DE PUERTO GUZMÁN

RÍO CAQUETÁ

Tabla 15. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

Código de Punto de Muestreo	Latitud (Y)	Longitud (X)	Altura (msnm)
P1RC571	0.96319	-76.41794	
P2RC571	0.97011	-76.40414	
P3RC571	0.97053	-76.40314	

6.6.2 Temperatura del agua (°C)

La temperatura del agua para el Río Caquetá presenta un promedio de 20.1°C. Valor muy similar a la temperatura de ambiente del municipio de acuerdo con su altura sobre el nivel del mar (557 msnm), la cual es de 22°C. Este valor se encuentra dentro del rango óptimo (< 35 °C) establecido para la biota acuática.

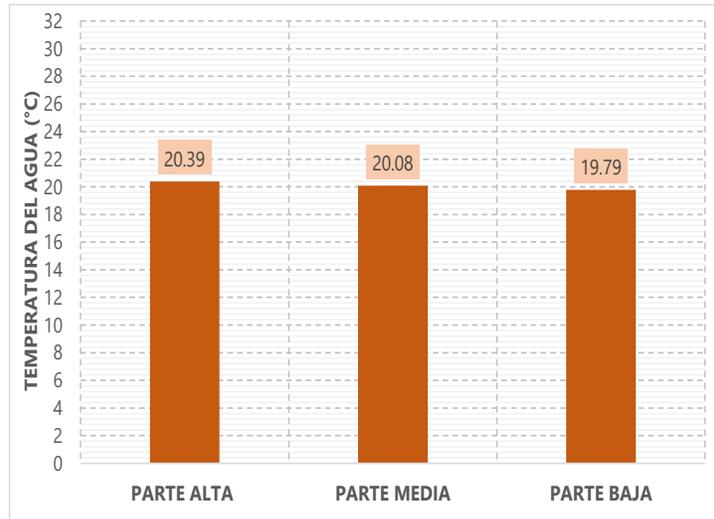


Figura 99. Resultados de medición de temperatura del agua °C del Río Caquetá

6.6.3 Oxígeno Disuelto (mg/l) y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%).

El oxígeno disuelto en el Río Caquetá presenta un valor promedio de 9.1 mg/l siendo muy similar en los tres puntos de muestreo del río. Este resultado se considera dentro del rango promedio para la mayoría de fauna acuática tropical cuyos valores especialmente para hábitats de peces se establece que debe ser mayor a 4 mg/l.

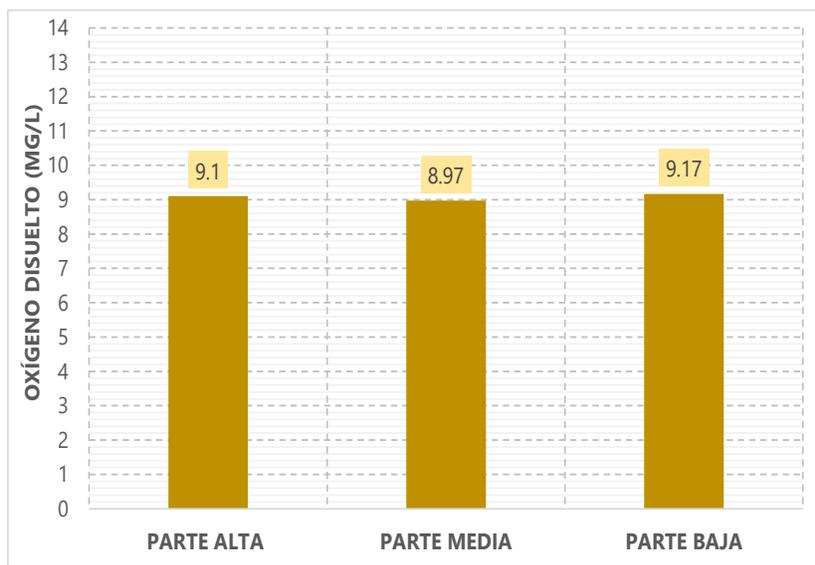


Figura 100. Resultados de medición de oxígeno disuelto (mg/l) en el Río Caquetá.

Respecto a la saturación de oxígeno, el Río Caquetá se encuentra que en los tres puntos de muestreo supera el valor de 100% de saturación lo que se considera que contiene la cantidad máxima de oxígeno a la temperatura presente.

El resultado muestra que se encuentra dentro del rango aceptable para la mayoría de fauna acuática en el agua cuyos valores corresponden entre 60 a 79%, especialmente para el uso recreativo donde según el Decreto 1076 de 2015 el criterio de calidad se establece en saturación del 70%.

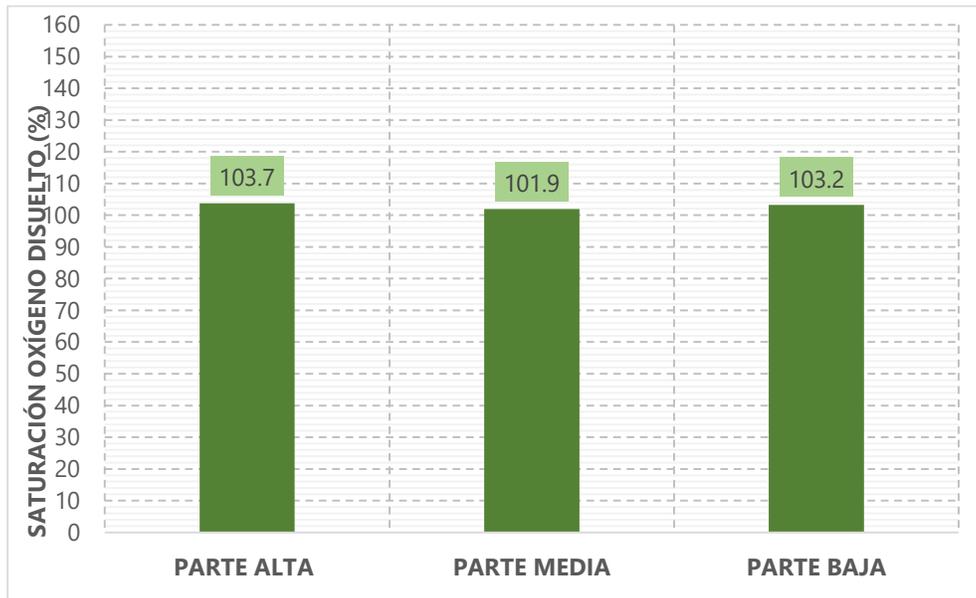


Figura 101. Resultados de medición de saturación de oxígeno en el Río Caquetá.

6.6.4 Conductividad (us/cm)

La conductividad presenta un valor promedio de 51 us/cm. El mayor valor se presentó en la parte media del río Caquetá con un total de 55 us/cm. El valor de conductividad reportado se encuentra dentro del rango establecido para ríos de montaña, el cual es de 30 – 60 μ s/cm. Estos resultados evidencian que es un cuerpo de agua poco contaminado.



Figura 102. Resultados de medición de conductividad del Río Caquetá

6.6.5 Turbiedad (NTU) y Sólidos disueltos Totales (mg/l TDS)

La turbiedad en promedio fue de 213.3 NTU y los sólidos disueltos totales un promedio de 25.3 mg/l. Los resultados de turbiedad estuvieron por encima de los 2 UNT (Unidades nefelométricas de turbiedad), valor indicado como máximo permisible por la normatividad Colombiana. Por su parte, los sólidos totales se encuentran dentro del rango permisible para la vida acuática correspondiente a los 100 mg/l.

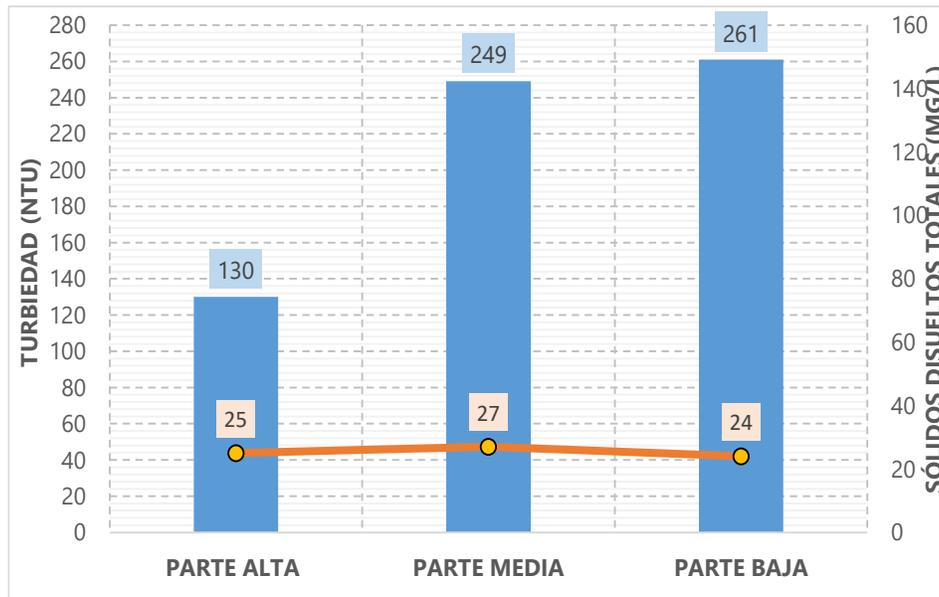


Figura 103. Resultados de medición de Turbiedad y Sólidos Disueltos Totales del Río Caquetá.

6.6.6 Coliformes fecales y coliformes totales (NMP/100ml)

Las coliformes fecales tuvieron un promedio de 392.6 NMP/100ml, siendo superior a lo reportado por la normativa colombiana para agua potable (0 UFC). De forma similar, el agua con potencial para hábitat de peces sugiere un valor de 10 UFC, estando bastante por encima del valor sugerido. Esto señala la existencia de vertimientos de aguas residuales para los tres puntos de muestreo.

Las coliformes totales presentaron un promedio de 734.3 NMP/100 ml encontrándose por encima de lo sugerido para aguas con potencial para la biota acuática (450 NMP/100 ml). No obstante, la calidad de agua referente a coliformes totales cumple con lo dispuesto en la normativa Colombiana según el Decreto 1076 de 2015 (20000 NMP/100 ml).

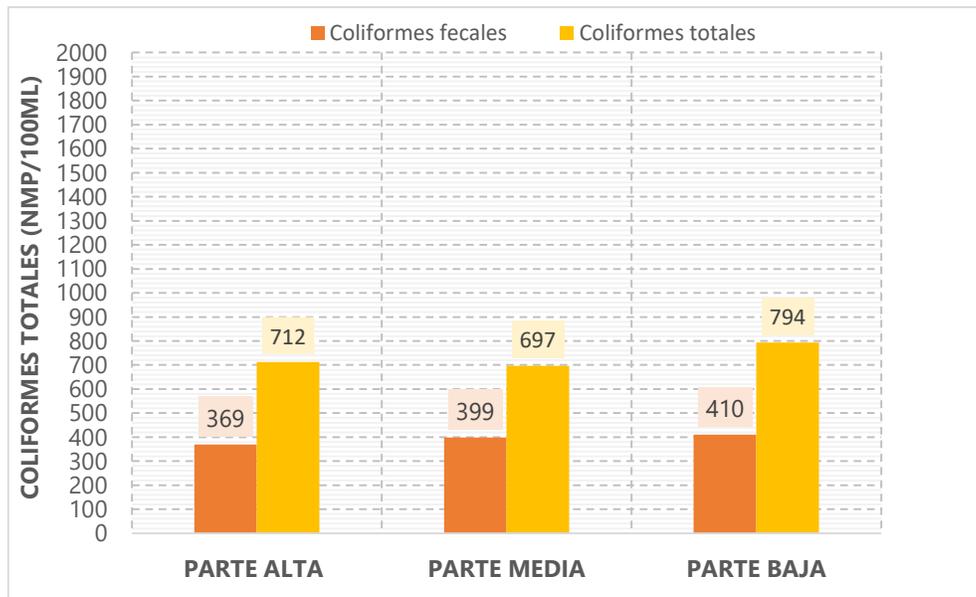


Figura 104. Resultados de coliformes fecales y totales para el Río Caquetá.

6.6.7 Índice de calidad de agua (ICA)

La parte alta del Río Caquetá presenta un valor de ICA ACEPTABLE, lo que se considera aguas con bajo contenido de materia orgánica y baja contaminación, mientras que la parte media y baja presenta un valor de ICA REGULAR, las cuales presentan ya una contaminación moderada dada la descarga de vertimientos domésticos y otros usos del municipio.

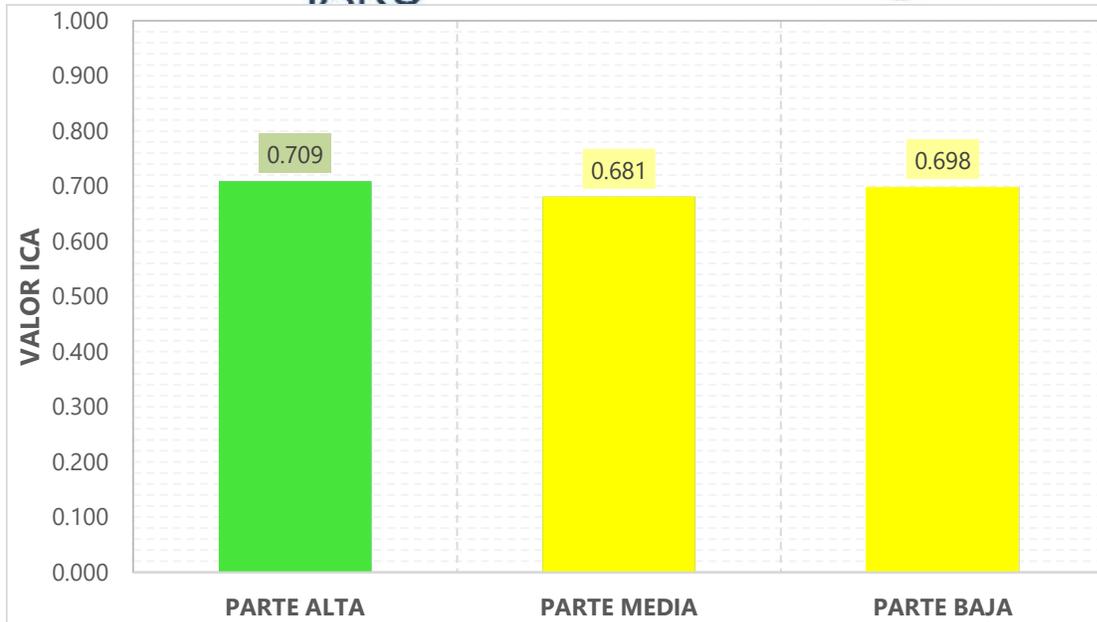


Figura 105. Índice de calidad de agua (ICA) para el Río Caquetá.

6.7 MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO

En el municipio de San Francisco la fuente hídrica muestreada corresponde al río San Francisco distribuido en tres puntos de medición: Parte Alta, Media y Baja.

RÍO SAN FRANCISCO

Tabla 16. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.

Código de Punto de Muestreo	Latitud (Y)	Longitud (X)	Altura (msnm)
P1RS755	1.185472	-76.8873	2192
P2RS755	1.18092	-76.8872	2129
P3RS755	1.17881	-76.8966	2118

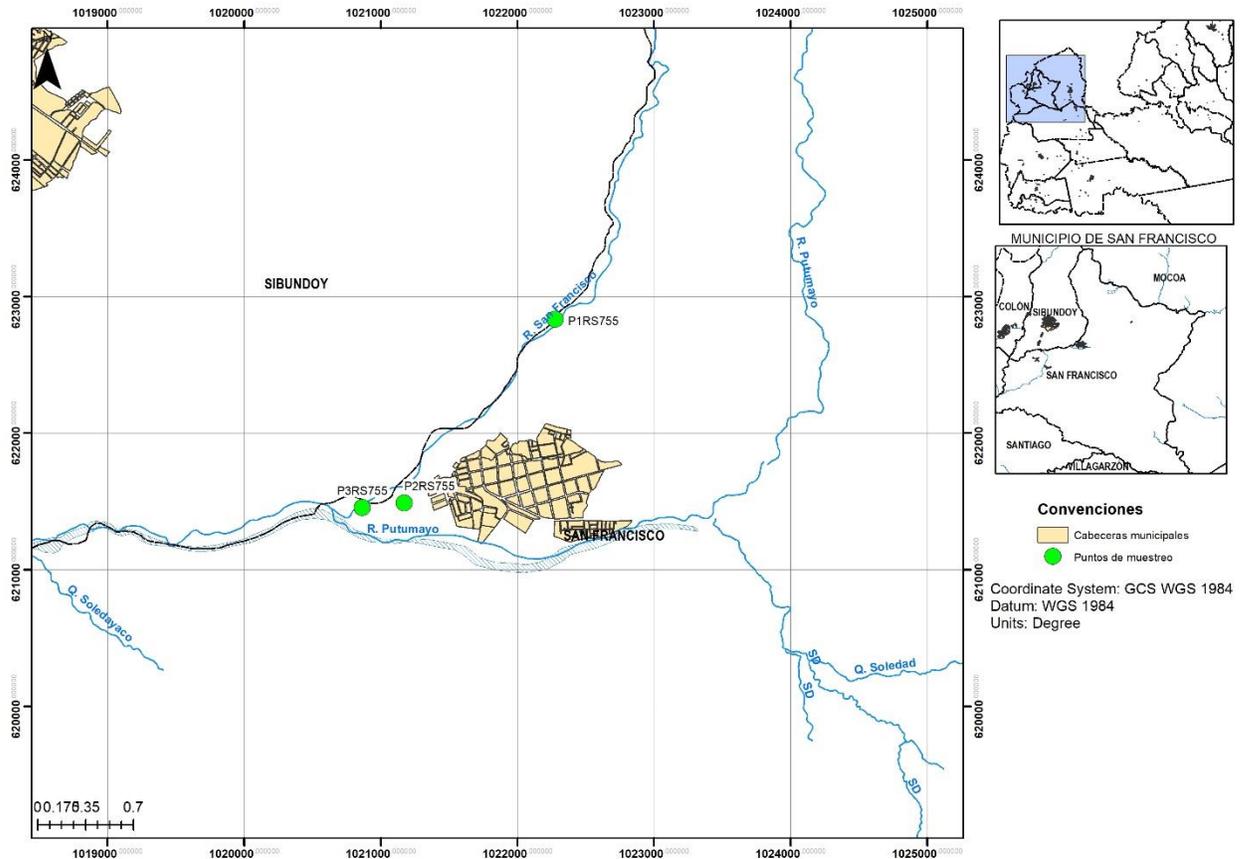


Figura 106. Ubicación de puntos de muestreo en el río San Francisco.

6.7.1 pH

El pH presenta valores entre 7.25 a 7.44 con un promedio de 7.35. En general, se observa que la medición del pH se encuentra dentro del rango normal de este parámetro, siendo óptimo para la vida acuática, cuyos valores encuentran en el rango de 6.5-8.5, lo que indica que corresponden a aguas poco contaminadas.

A pesar de que la distancia entre la parte alta y media fue de cerca de 1km y entre la parte media y baja fue de más de 300 metros, se observa que el pH presenta valores muy similares, con una variación mínima entre 0.09 y 0.11 unidades de pH.

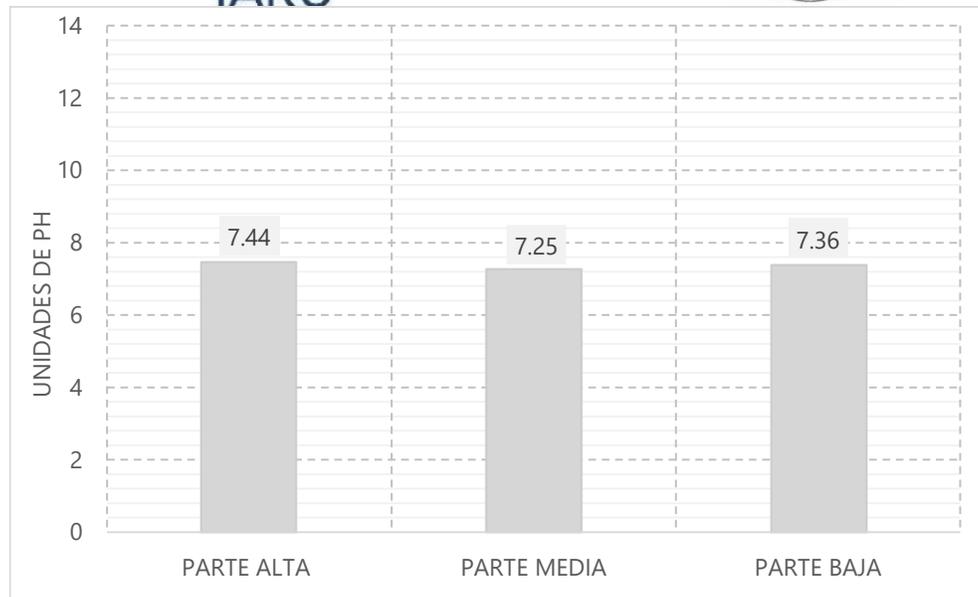


Figura 107. Resultados de medición de Ph para el Río San Francisco. .

6.7.2 Temperatura del Agua (°C)

Es importante mencionar que la radiación solar determina la calidad y cantidad de luz y además afecta la temperatura del agua. Generalmente, en las zonas tropicales la temperatura del ambiente se mantiene más o menos constante, se conserva siempre fría en las altas montañas, lo que incide en el comportamiento de la temperatura del agua.

En este caso, en el municipio de San Francisco cuya altura sobre el nivel del mar es aproximadamente de 2192 msnm se presenta una temperatura más baja comparada con otros municipios del departamento. Así, la temperatura del agua tuvo un promedio de 15.76°C, que corresponde al valor presentado por la temperatura ambiente del municipio siendo para el mes de septiembre de 16.2°C aproximadamente. Este valor se encuentra dentro del rango óptimo (< 35 °C) establecido para la biota acuática.

El valor más bajo se presentó en la parte alta del río, probablemente también influenciado por la hora del muestreo la cual se realizó en horas de la mañana, mientras que la parte media y baja donde el valor es mayor, el muestreo se realizó cercano al medio día donde la radiación solar es mayor.

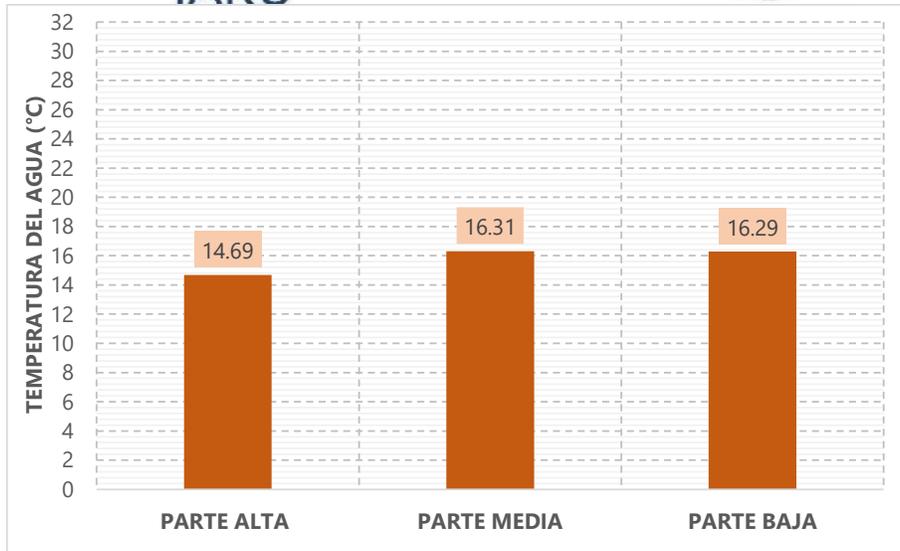


Figura 108. Resultados medición de temperatura del agua (°C) para el municipio de San Francisco.

6.7.3 Oxígeno Disuelto (mg/l) y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%)

El Oxígeno disuelto presenta un valor promedio de 5.7 mg/l cuyo valor más alto se registró en la parte alta del río San Francisco, aunque en los tres puntos de muestreo la concentración de oxígeno disuelto tuvo poca variación, registrándose en todos los puntos un valor entre 5.5 a 5.8 mg/l. En general, el resultado se considera dentro del rango promedio para la mayoría de fauna acuática tropical cuyos valores especialmente para hábitats de peces se establece que debe ser mayor a 4 mg/l.

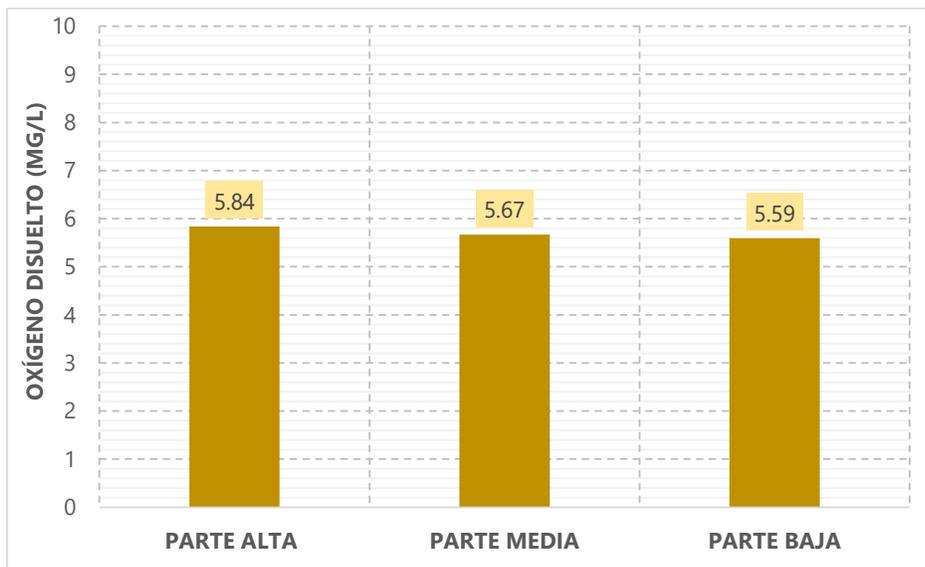


Figura 109. Resultados de oxígeno disuelto (mg/l) para el río San Francisco.

Por su parte, la saturación de oxígeno disuelto promedio correspondió a un valor promedio de 74.03% siendo mayor en la parte alta del río San Francisco.

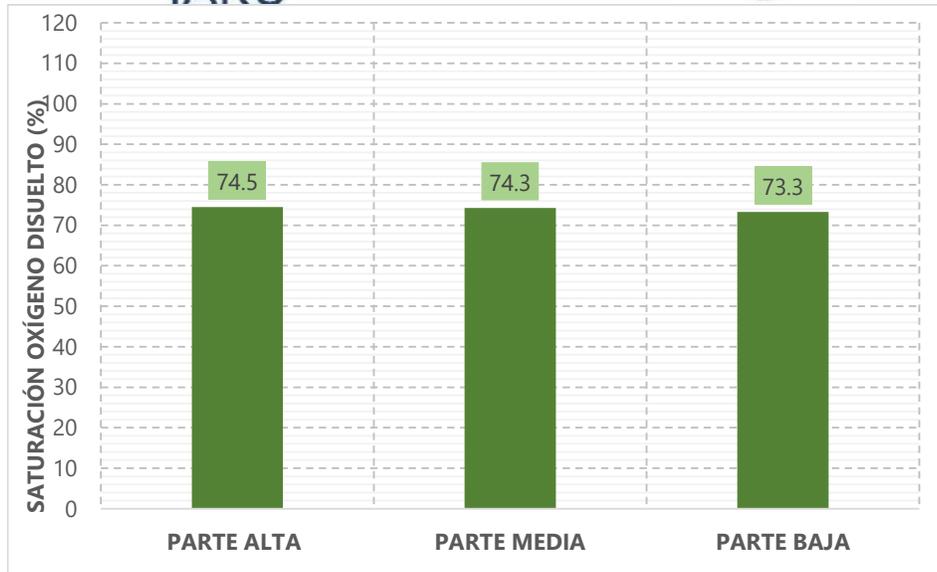


Figura 110. Resultados de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) para el Río San Francisco.

El resultado muestra que se encuentra dentro del rango aceptable para la mayoría de fauna acuática en el agua cuyos valores corresponden entre 60 a 79%. Valores inferiores al 70% estarían indicando algún grado de contaminación. No obstante, se considera un valor bajo respecto a los resultados de los otros municipios analizados del departamento.

6.7.4 Conductividad (us/cm)

La conductividad presenta valor promedio de 49 us/cm el mayor valor se presentó en la parte alta del río San Francisco con un total de 61 us/cm, mientras que en la parte media y baja el valor de conductividad es de 43 us/cm para ambos puntos de muestreo. El valor de conductividad reportado se encuentra dentro del rango establecido para ríos de montaña, el cual es de 30 – 60 μ s/cm. Estos resultados evidencian que es un cuerpo de agua poco contaminado.

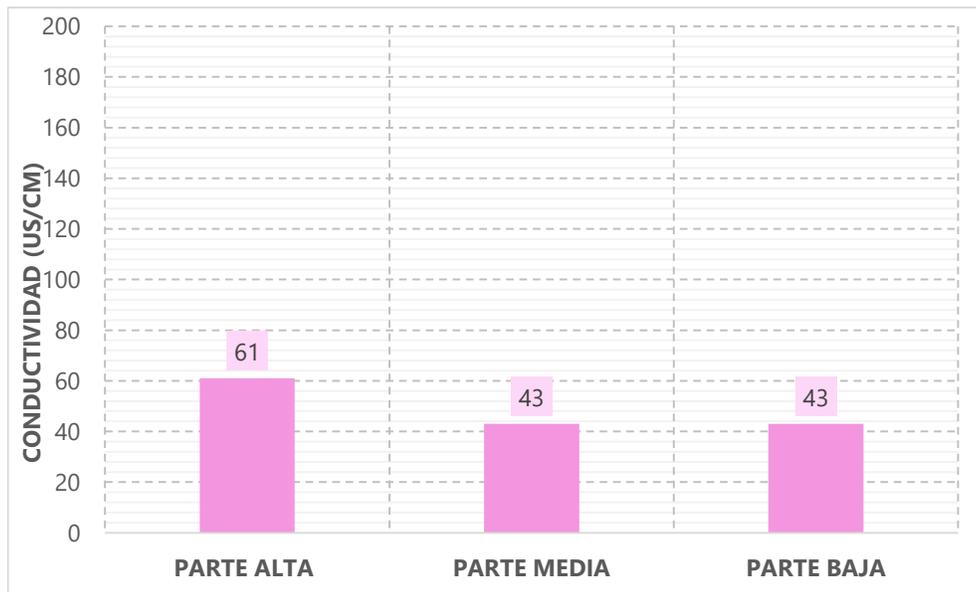


Figura 111. Resultados de conductividad para el Río San Francisco.

6.7.5 Turbiedad (NTU) y Sólidos disueltos Totales (mg/l TDS)

Los niveles de turbiedad presentaron valores poco variables con respecto a la media. En general, los resultados estuvieron en los 5 UNT (Unidades nefelométricas de turbiedad), valor indicado como máximo permisible por la normatividad Colombiana. Por su parte, sólidos disueltos totales en promedio es de 26 mg/l, valor que se encuentra dentro de los límites permisibles establecidos para calidad de agua referente a hábitat para peces, cuyo valor es de 100 mg/l.

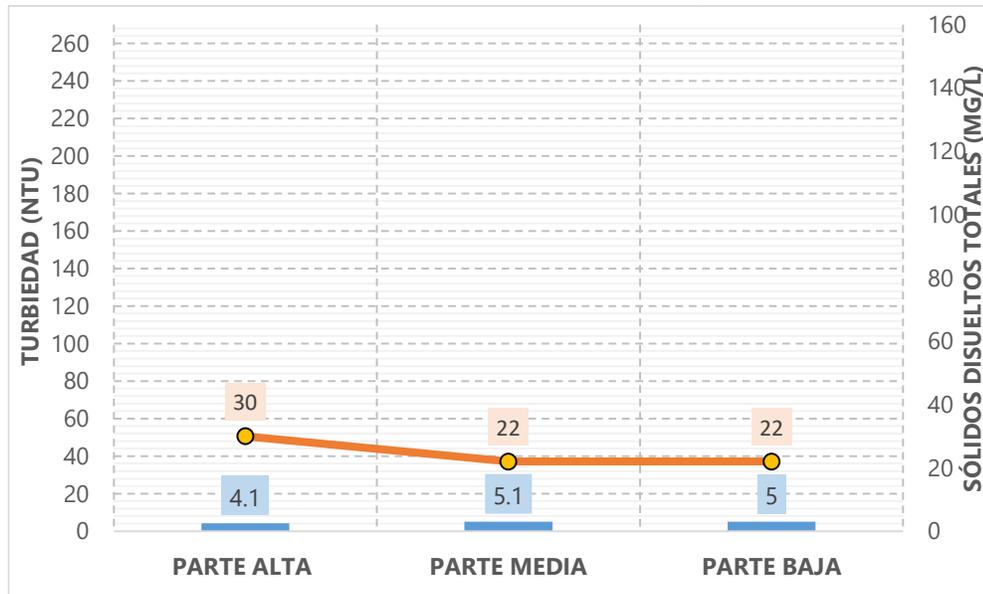


Figura 112. Resultados de sólidos disueltos totales y turbiedad para el Río San Francisco.

6.7.6 Coliformes Totales y Fecales (NMP/100 ml)

Esta variable presentó un promedio de 898 NMP/100ml, siendo superior a lo reportado por la normatividad colombiana para agua potable (0 UFC). De forma similar, el agua con potencial para hábitat de peces sugiere un valor de 10 UFC, estando bastante por encima del valor sugerido. Esto señala la existencia de vertimientos de aguas residuales.

Las coliformes totales presentaron un promedio de 1468 NMP/100 ml siendo superior a lo sugerido para aguas con potencial para la biota acuática (450 NMP/100 ml). De igual forma, la calidad de agua referente a coliformes totales cumple con lo dispuesto en la normatividad Colombiana según el Decreto 1076 de 2015 (20000 NMP/100 ml).

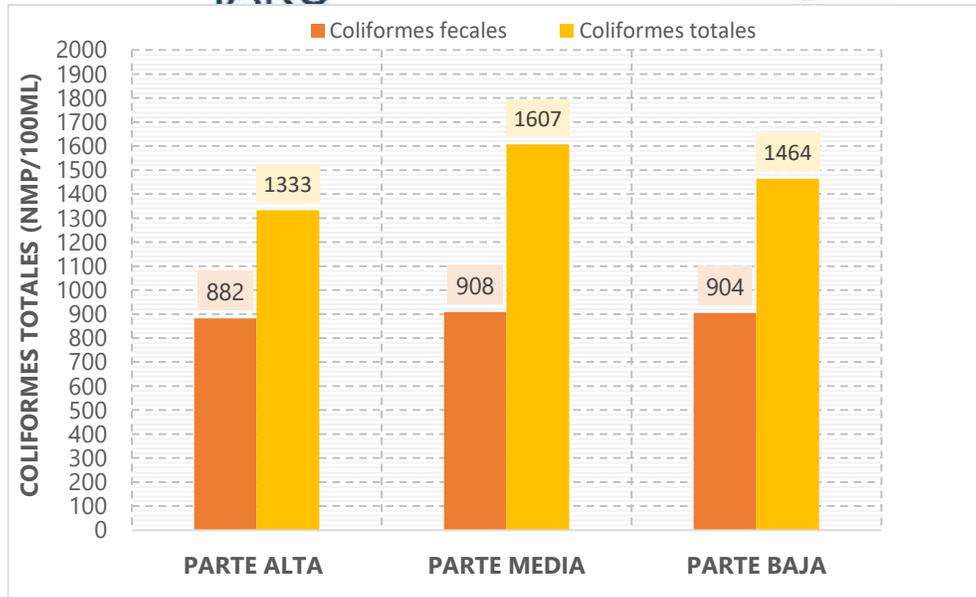


Figura 113. Resultados de coliformes fecales y totales Río San Francisco.

6.7.7 Índice de Calidad de Agua (ICA)

Los índices de calidad de agua para los tres puntos de muestreo dan como resultado la clasificación (ICA) de REGULAR lo que indica que se encuentra en un estado que se aleja de las condiciones naturales en algunas ocasiones, teniendo limitaciones en algunos de los usos potenciales que puede tener este cuerpo de agua.

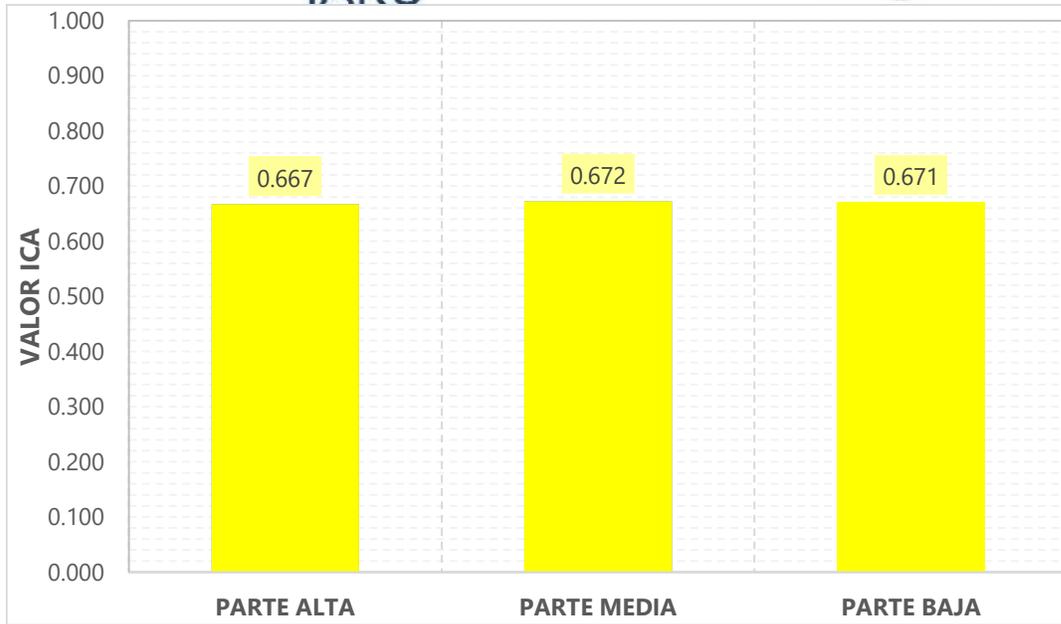


Figura 114. Resultado del índice de calidad de agua (ICA) para el río San Francisco.

6.8 MUNICIPIO DE COLÓN

CANAL D

Tabla 17. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

Código de Punto de Muestreo	Latitud (Y)	Longitud (X)	Altura (msnm)
P1CD219	1.19461	-76.96219	2105
P2CD219	1.18456	-76.97319	2097
P3CD219	1.17961	-76.98208	2095

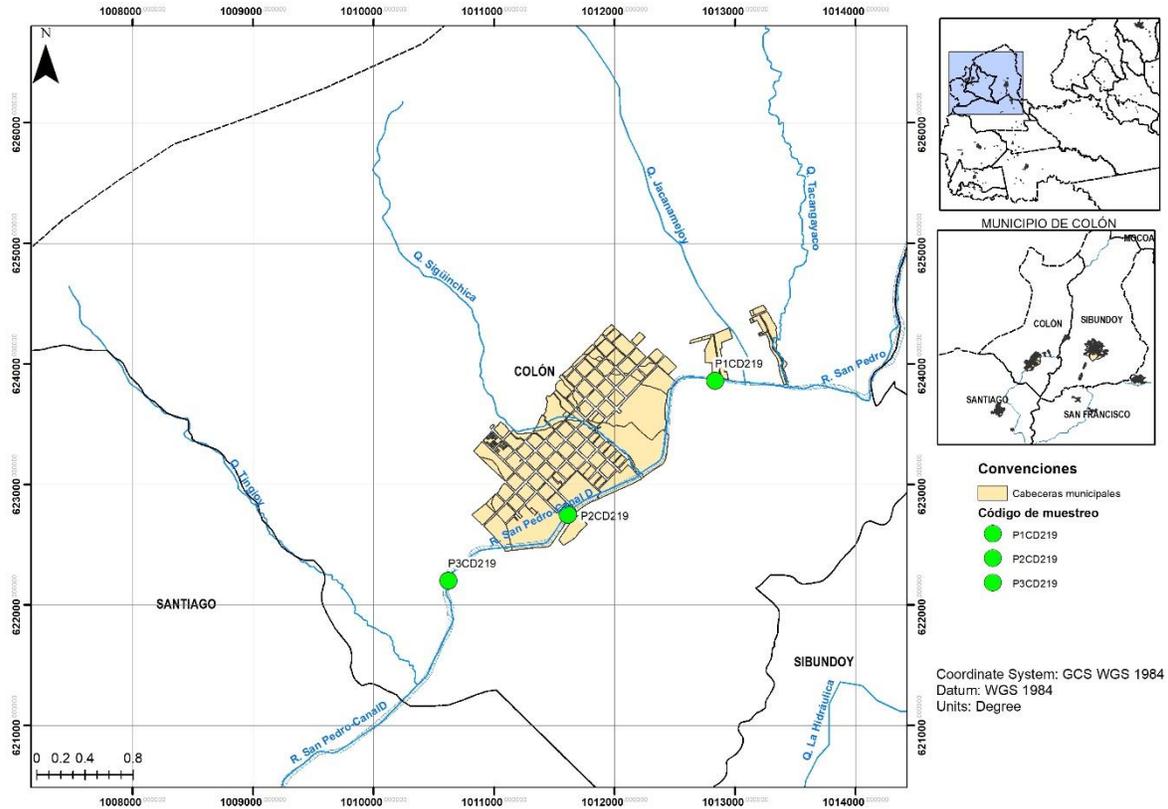


Figura 115. Ubicación de puntos de muestreo Canal D

6.8.1 pH

El canal D presenta un pH promedio de 6.75 con valores muy similares en los tres puntos de muestreo. Dicho valor se encuentra dentro de los rangos promedios de preservación de flora y fauna según los criterios de calidad establecidos para este uso en el Decreto 1076 de 2015 correspondiente al intervalo de 5.0-9.0.

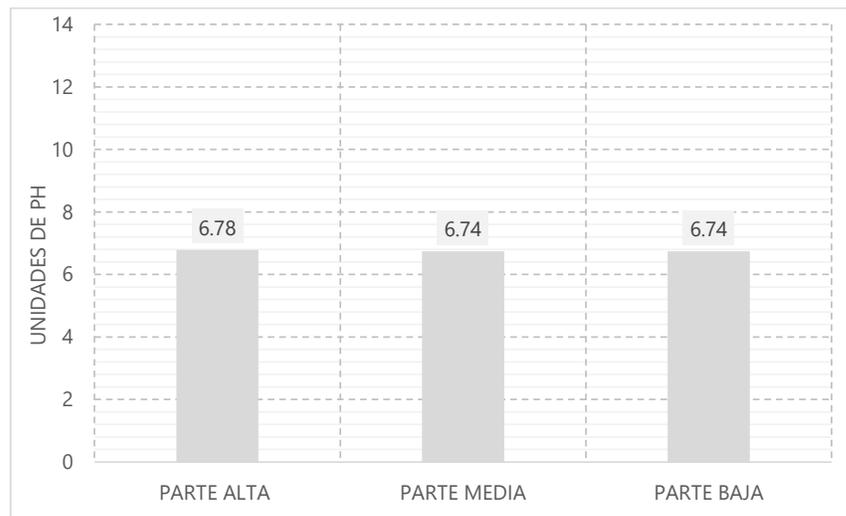


Figura 116. Resultados de medición de pH para el Canal D.

6.8.2 Temperatura del agua (°C)

El canal D presenta una temperatura del agua promedio de 16.2°C, valor similar a lo presentado en la temperatura del aire promedio (18°C) de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar que aproximadamente es de 2.215 msnm. Este valor se encuentra dentro del rango óptimo (< 35 °C) establecido para la biota acuática.

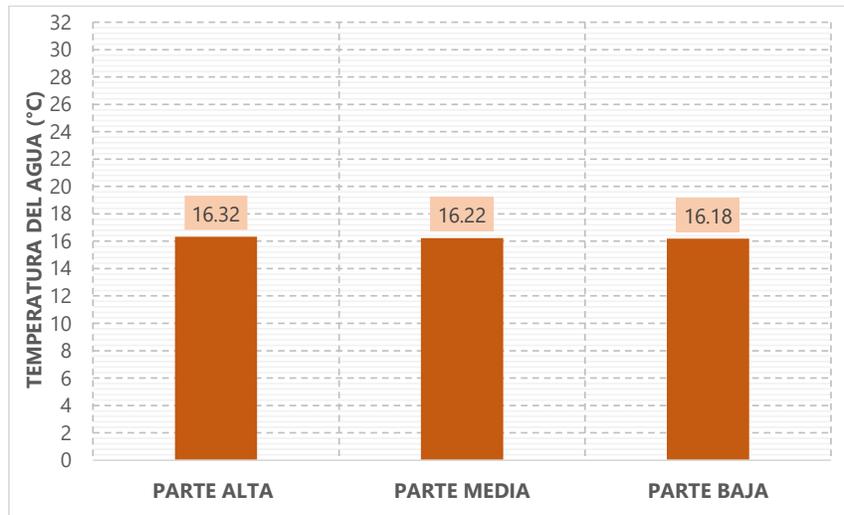


Figura 117. Resultados de medición de temperatura del agua °C Canal D.

6.8.3 Oxígeno Disuelto (mg/l) y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%).

La concentración de oxígeno disuelto en el Canal D en promedio es de 4.2 mg/l. El resultado se encuentra dentro del rango promedio para la mayoría de fauna acuática tropical cuyos valores especialmente para hábitats de peces se establece que debe ser mayor a 4 mg/l.

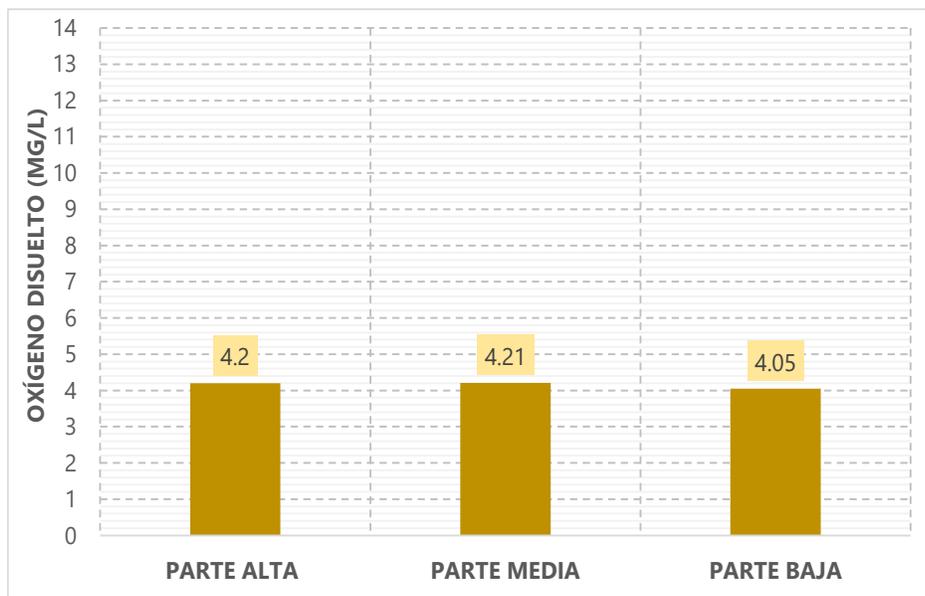


Figura 118. Resultados de medición de oxígeno disuelto para el Canal D

Por su parte, la saturación de Oxígeno disuelto en promedio es de 54.3%, encontrándose fuera del rango aceptable para la mayoría de fauna acuática en el agua cuyos valores corresponden entre 60 a 79%. Cabe mencionar que, de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar este valor puede verse afectado.

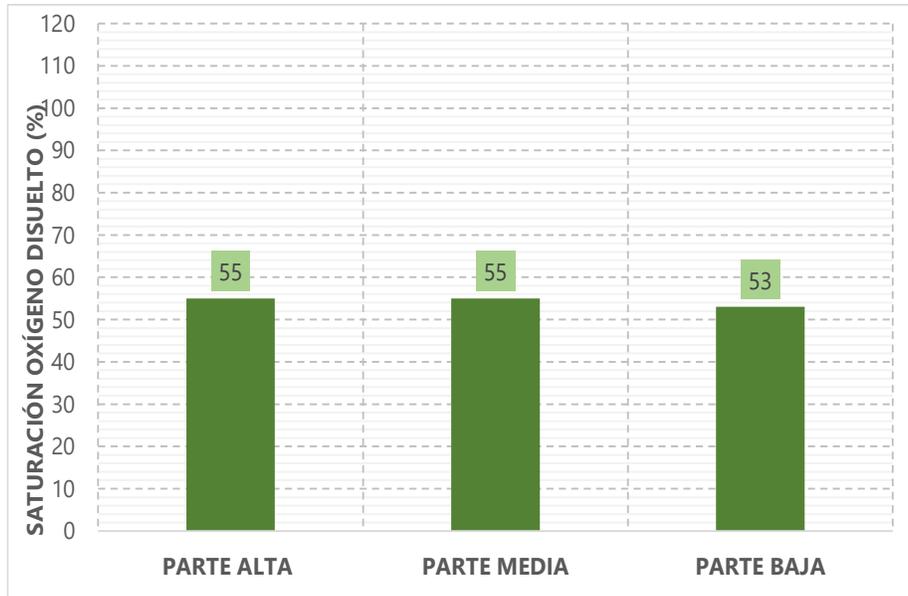


Figura 119. Resultados de medición de saturación de oxígeno para el Canal D.

6.8.4 Conductividad (us/cm)

El Canal D presenta un valor promedio de 45.6 us/cm. Este valor se encuentra dentro del rango establecido para ríos de montaña, el cual es de 30 – 60 μ s/cm. Estos resultados evidencian que es un cuerpo de agua poco contaminado según los resultados de este parámetro.

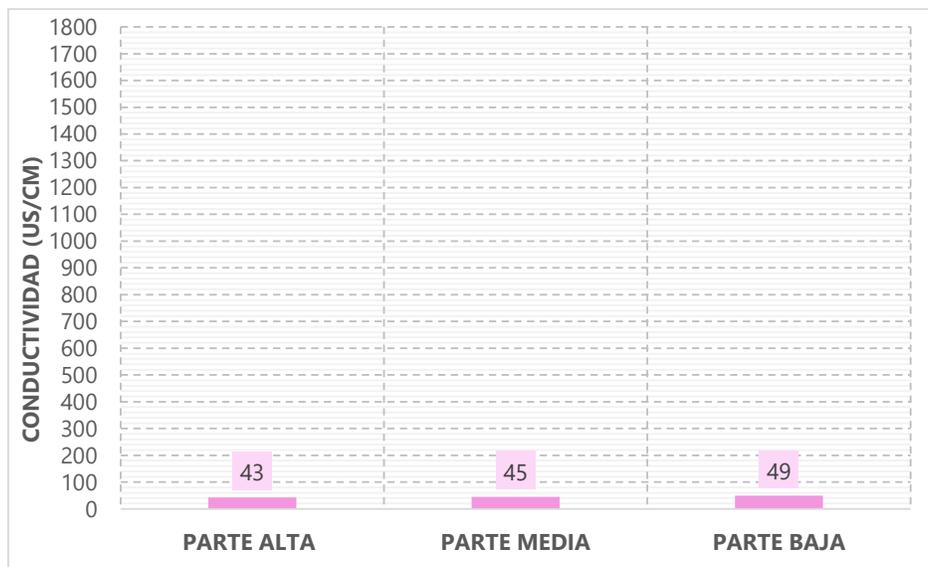


Figura 120. Resultados de medición de conductividad para el Canal D

6.8.5 Turbiedad (NTU) y Sólidos disueltos Totales (mg/l TDS)

La turbiedad en promedio fue de 25.53 NTU y los sólidos disueltos totales un promedio de 23 mg/l. Los resultados de turbiedad estuvieron por encima de los 2 UNT (Unidades nefelométricas de turbiedad), valor indicado como máximo permisible por la normatividad Colombiana. Por su parte, los sólidos totales se encuentran dentro del rango permisible para la vida acuática correspondiente a los 100 mg/l.

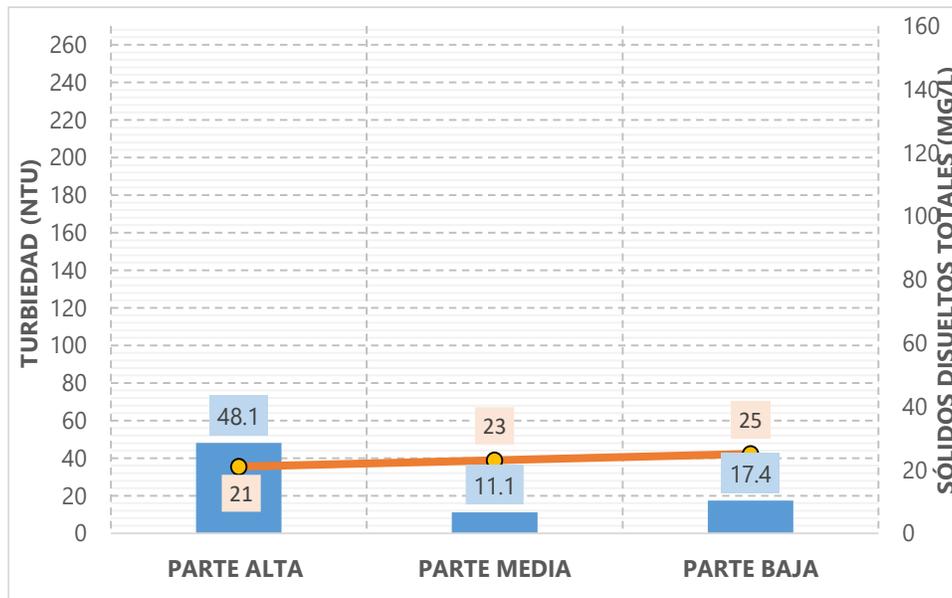


Figura 121. Resultados de medición de Turbiedad y Sólidos Disueltos Totales para el Canal D.

6.8.6 Coliformes fecales y coliformes totales (NMP/100ml)

Las coliformes fecales tuvieron un promedio de 1918 NMP/100ml, siendo superior a lo reportado por la normativa colombiana para agua potable (0 UFC). De forma similar, el agua con potencial para hábitat de peces sugiere un valor de 10 UFC, estando bastante por encima del valor sugerido. Esto señala la existencia de vertimientos de aguas residuales para los tres puntos de muestreo.

Las coliformes totales presentaron un promedio de 4721 NMP/100 ml encontrándose por encima de lo sugerido para aguas con potencial para la biota acuática (450 NMP/100 ml). Adicionalmente, la calidad de agua referente a coliformes totales no cumple con lo dispuesto en la normativa Colombiana según el Decreto 1076 de 2015 (20000 NMP/100 ml).

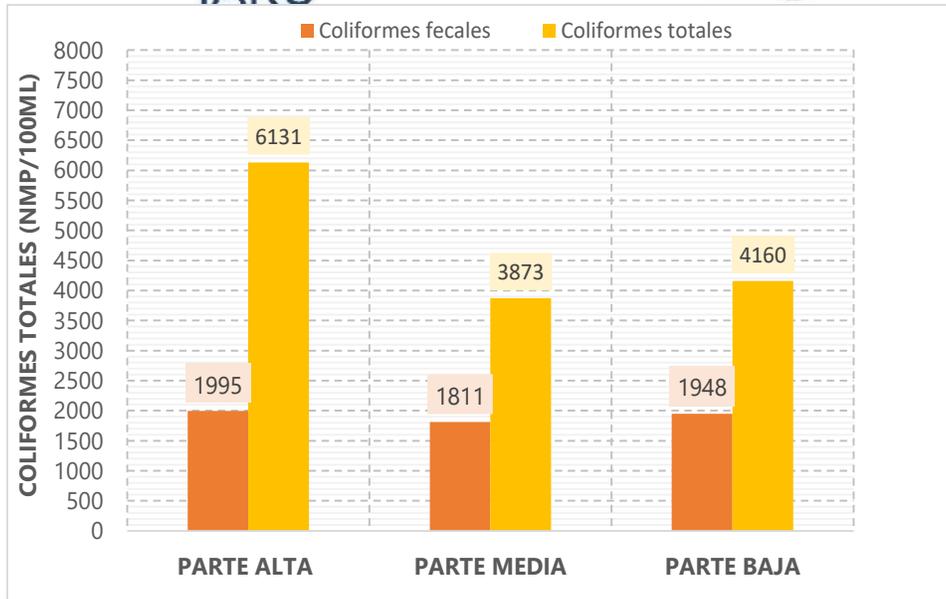


Figura 122. Resultados de Coliformes totales y fecales para el Canal D.

6.8.7 Índice de calidad de agua (ICA)

En todos los puntos de muestreo del Canal D se presenta un valor de ICA REGULAR, lo que se considera aguas con una contaminación moderada dada la descarga de vertimientos domésticos y otros usos del agua en el municipio.

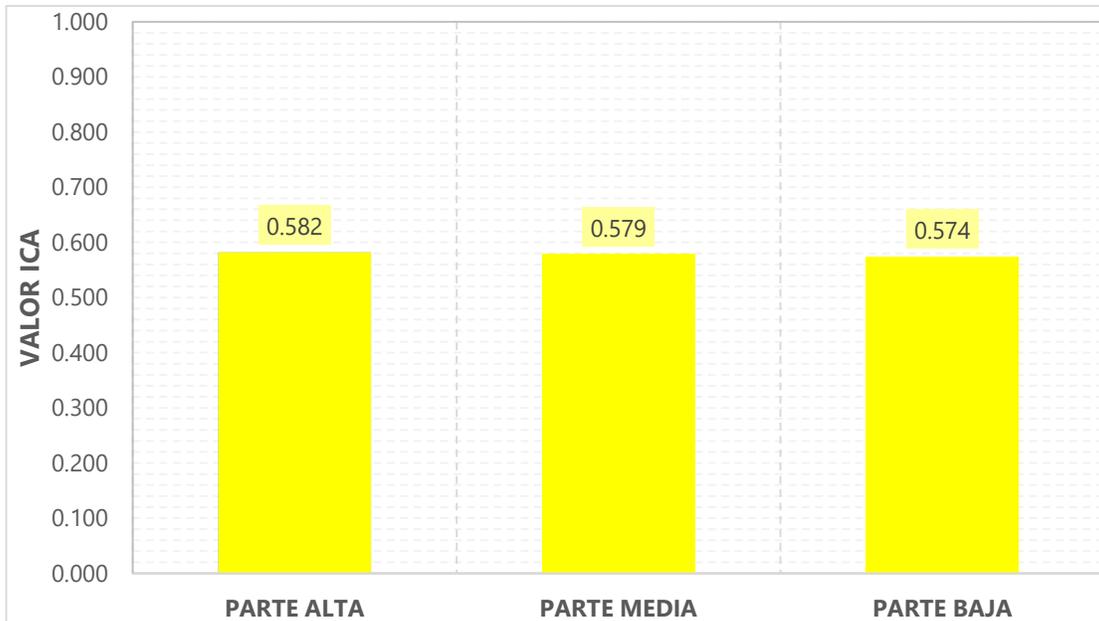


Figura 123. Índice de calidad de agua (ICA) para el Canal D.

6.9 MUNICIPIO DE SIBUNDOY

QUEBRADA LA HIDRÁULICA

Tabla 18. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

Código de Punto de Muestreo	Latitud (Y)	Longitud (X)	Altura (msnm)
P1QH749	1.21144	-76.93928	2175
P2QH749	1.19006	-76.92211	2103
P3QH749	1.18967	-76.92267	2094

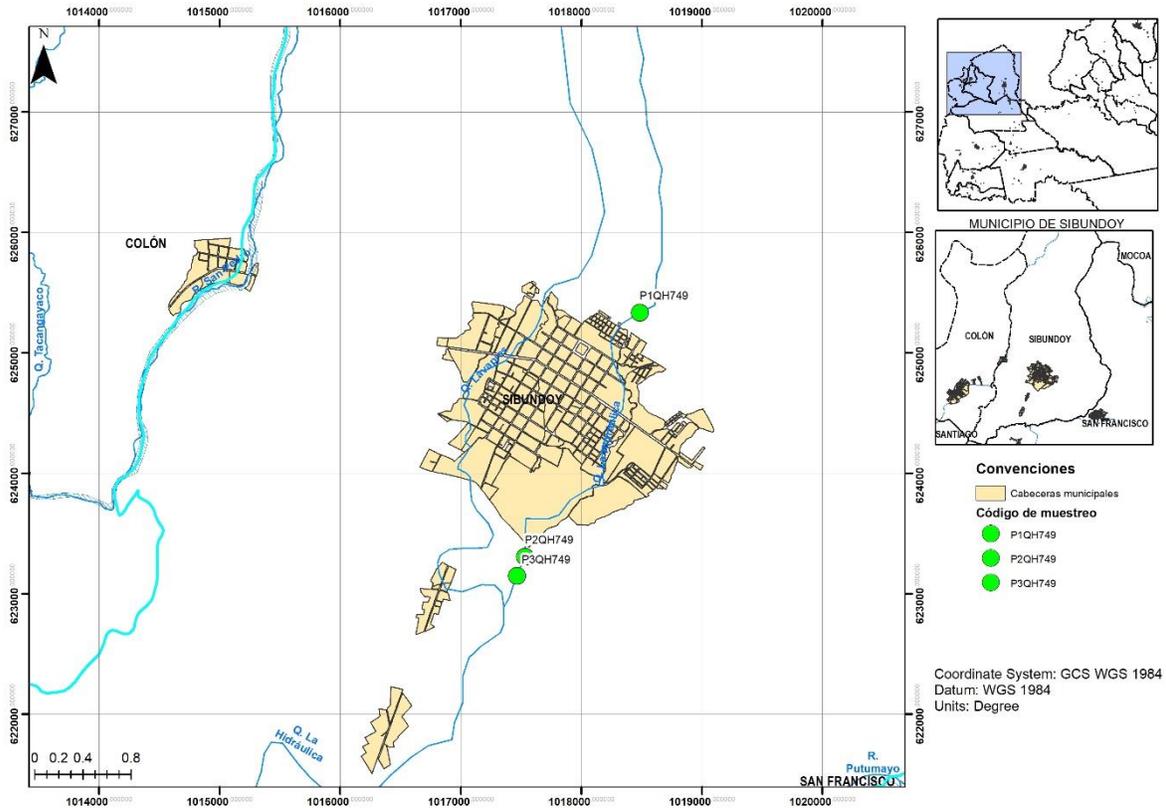


Figura 124. Ubicación de puntos de muestreo de la Quebrada La Hidráulica.

6.9.1 pH

La Quebrada la Hidráulica presenta un pH promedio de 6.61 siendo mayor en la parte alta de la Quebrada. En general el resultado se encuentra dentro del rango establecido para usos especialmente de consumo humano y doméstico, siendo la fuente abastecedora del municipio cuyo criterio de calidad según el Decreto 1076 de 2015 para estos usos es de 6.5-8.5.

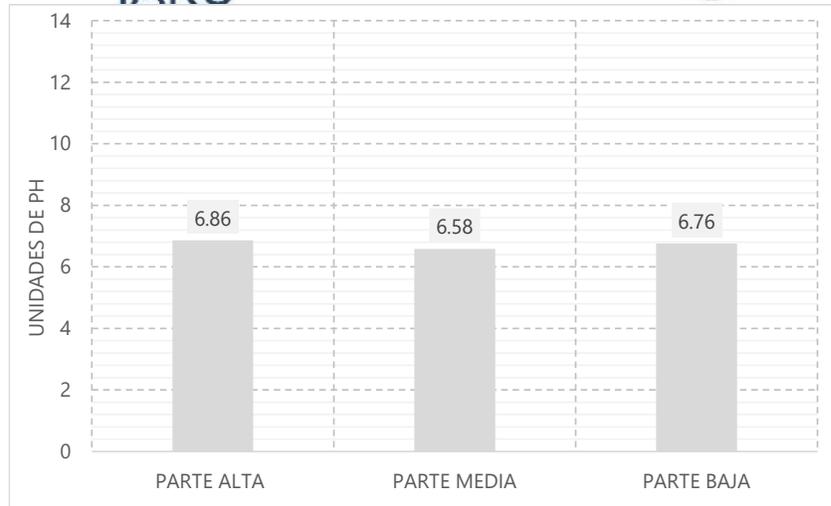


Figura 125. Resultados de medición de pH para Quebrada La Hidráulica.

6.9.2 Temperatura del agua (°C)

La temperatura del agua de la Quebrada La Hidráulica en promedio es de 14.4°C, valor similar a lo presentado en la temperatura del aire promedio (11°C) de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar que aproximadamente es de 2.150 msnm. Este valor se encuentra dentro del rango óptimo (< 35 °C) establecido para la biota acuática.

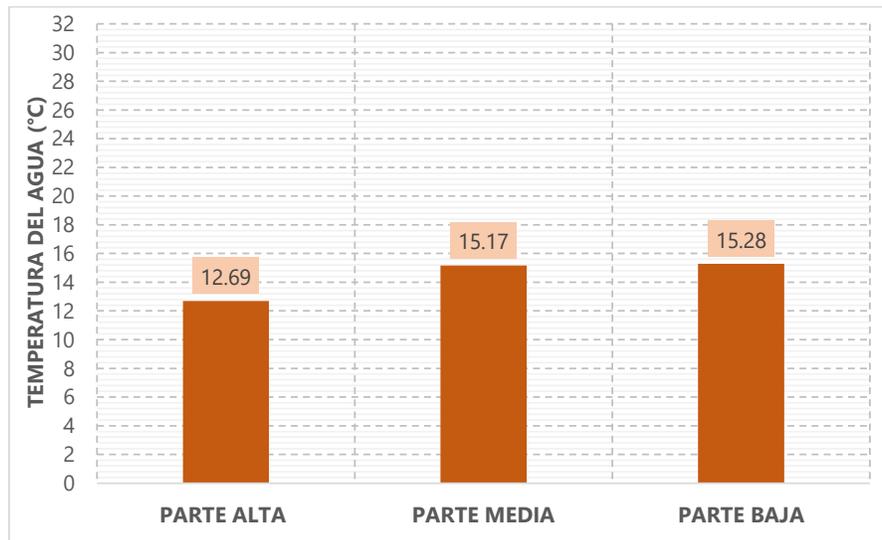


Figura 126. Resultados de medición de temperatura del agua °C Quebrada La Hidráulica.

6.9.3 Oxígeno Disuelto (mg/l) y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%)

El oxígeno disuelto en la Quebrada La Hidráulica en promedio es de 4.0 mg/l siendo mayor en la parte alta de la Quebrada. En términos generales, la parte alta se encuentra dentro del rango establecido promedio para la mayoría de fauna acuática tropical cuyos valores especialmente para hábitats de peces se establece que debe ser mayor a 4 mg/l.

No obstante, la parte media y baja el bajo porcentaje de concentración de oxígeno refleja un nivel de contaminación causado por los vertimientos domésticos donde se encuentra ubicada la PTAR del municipio.

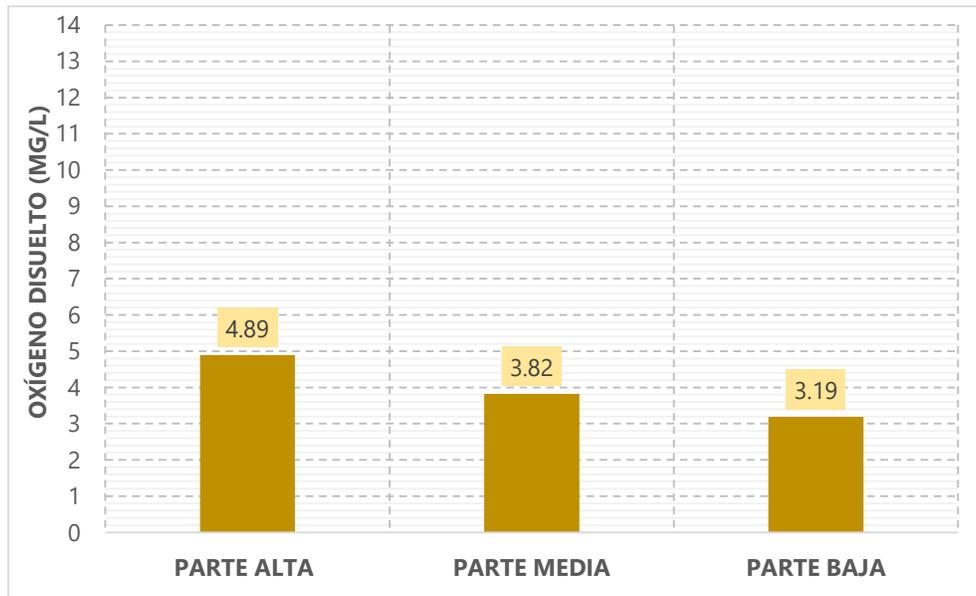


Figura 127. Resultados de medición de oxígeno disuelto para la Quebrada Hidráulica.

Referente al porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, la Quebrada Hidráulica presenta un promedio de 52.4%, encontrándose fuera del rango aceptable para la mayoría de fauna acuática en el agua cuyos valores corresponden entre 60 a 79%. Cabe mencionar que, de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar este valor puede verse afectado.

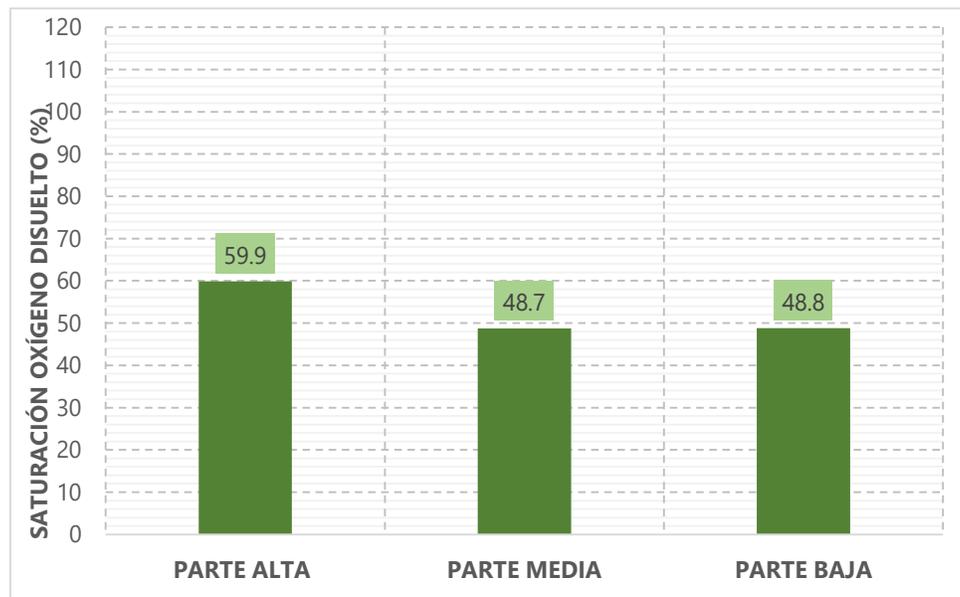


Figura 128. Resultados de medición de saturación de oxígeno para la Quebrada Hidráulica.

6.9.4 Conductividad (us/cm)

La Quebrada Hidráulica presenta un valor promedio de 68.6 us/cm. Este valor se encuentra fuera del rango establecido para ríos de montaña, el cual es de 30 – 60 μ s/cm, No obstante, se encuentra por debajo de agua para consumo humano cuyo valor según la Resolución 2115 de 2007 es de 1000 us/cm.

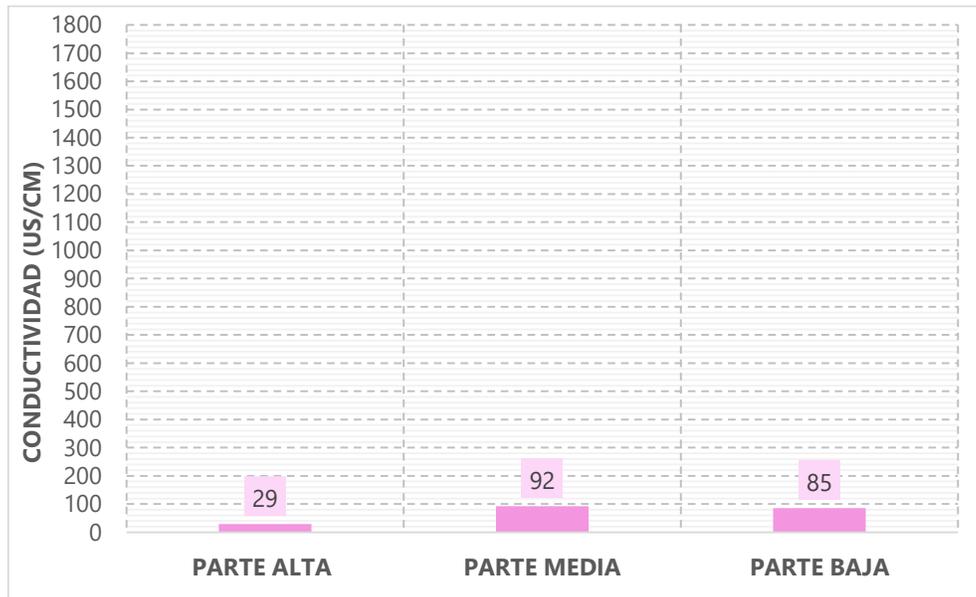


Figura 129. Resultados de medición de conductividad para la Quebrada Hidráulica.

6.9.5 Turbiedad (NTU) y Sólidos disueltos Totales (mg/l TDS)

La turbiedad en promedio fue de 38.3 NTU y los sólidos disueltos totales un promedio de 34.3 mg/l. Los resultados de turbiedad estuvieron por encima de los 2 UNT (Unidades nefelométricas de turbiedad), valor indicado como máximo permisible por la normatividad Colombiana. Por su parte, los sólidos totales se encuentran dentro del rango permisible para la vida acuática correspondiente a los 100 mg/l.

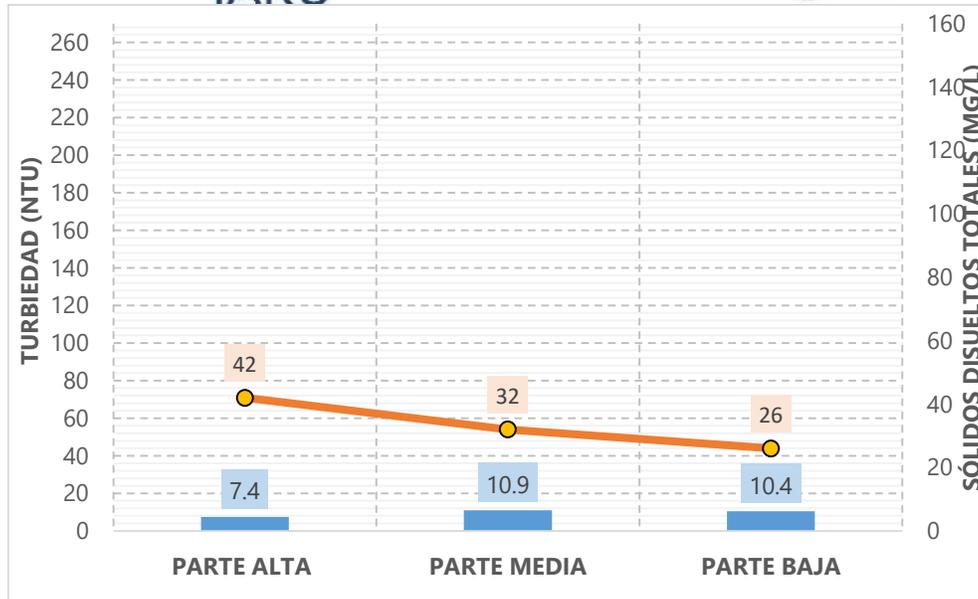


Figura 130. Resultados de medición de Turbiedad y Sólidos Disueltos Totales para la Quebrada Hidráulica

6.9.6 Coliformes fecales y coliformes totales (NMP/100ml)

Las coliformes fecales tuvieron un promedio de 447.3 NMP/100ml, siendo superior a lo reportado por la normativa colombiana para agua potable (0 UFC). De forma similar, el agua con potencial para hábitat de peces sugiere un valor de 10 UFC, estando bastante por encima del valor sugerido. Esto señala la existencia de vertimientos de aguas residuales para los tres puntos de muestreo.

Las coliformes totales presentaron un promedio de 800.3 NMP/100 ml encontrándose por encima de lo sugerido para aguas con potencial para la biota acuática (450 NMP/100 ml). No obstante, la calidad de agua referente a coliformes totales no cumple con lo dispuesto en la normativa Colombiana según el Decreto 1076 de 2015 (20000 NMP/100 ml).

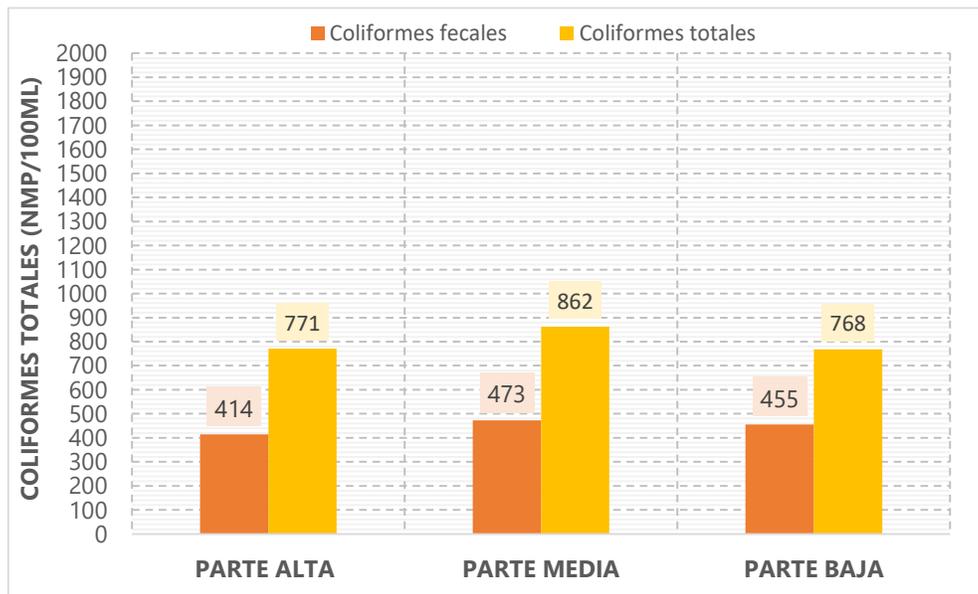


Figura 131. Resultados de Coliformes totales y fecales para la Quebrada La Hidráulica.

6.9.7 Índice de calidad de agua (ICA)

En la Quebrada la Hidráulica la parte alta presenta un valor de ICA ACEPTABLE, lo que se considera aguas con bajo contenido de materia orgánica y baja contaminación, mientras que la parte media y baja presenta un valor de ICA REGULAR, las cuales presentan ya una contaminación moderada dada la descarga de vertimientos domésticos y otros usos del municipio

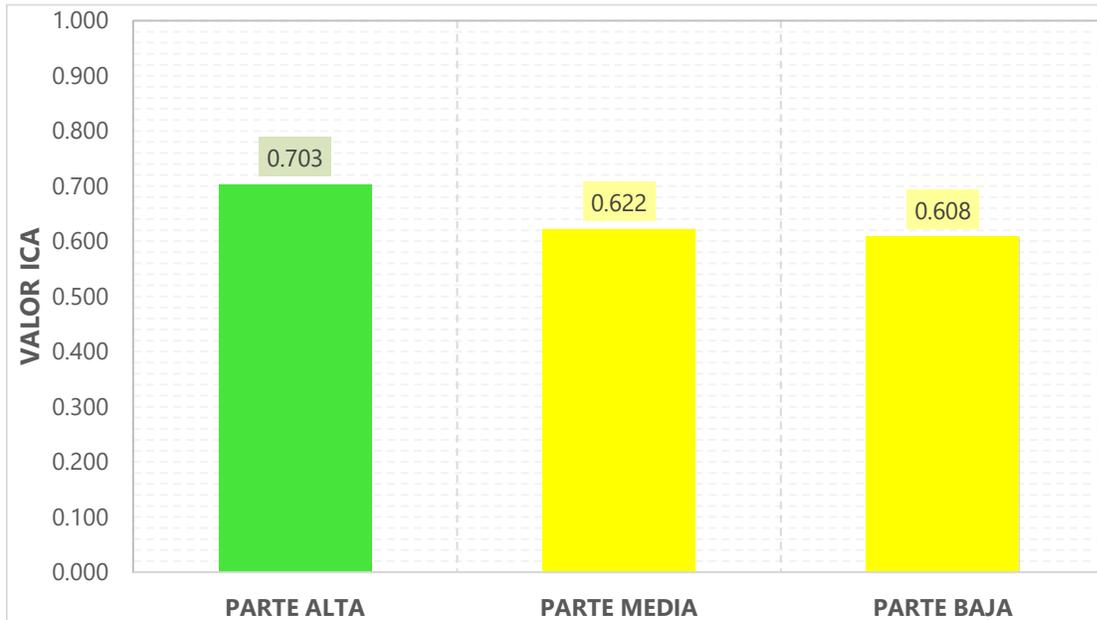


Figura 132. Índice de calidad de agua (ICA) para la Quebrada La Hidráulica.

6.10 MUNICIPIO DE SANTIAGO

QUEBRADA CHAQUILMAYAYACO

Tabla 19. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

Código de Punto de Muestreo	Latitud (Y)	Longitud (X)	Altura (msnm)
P1QCH760	1.15217	-77.00392	2075
P2QCH760	1.15236	-77.00141	2099
P3QCH760	1.15303	-77.15094	2101

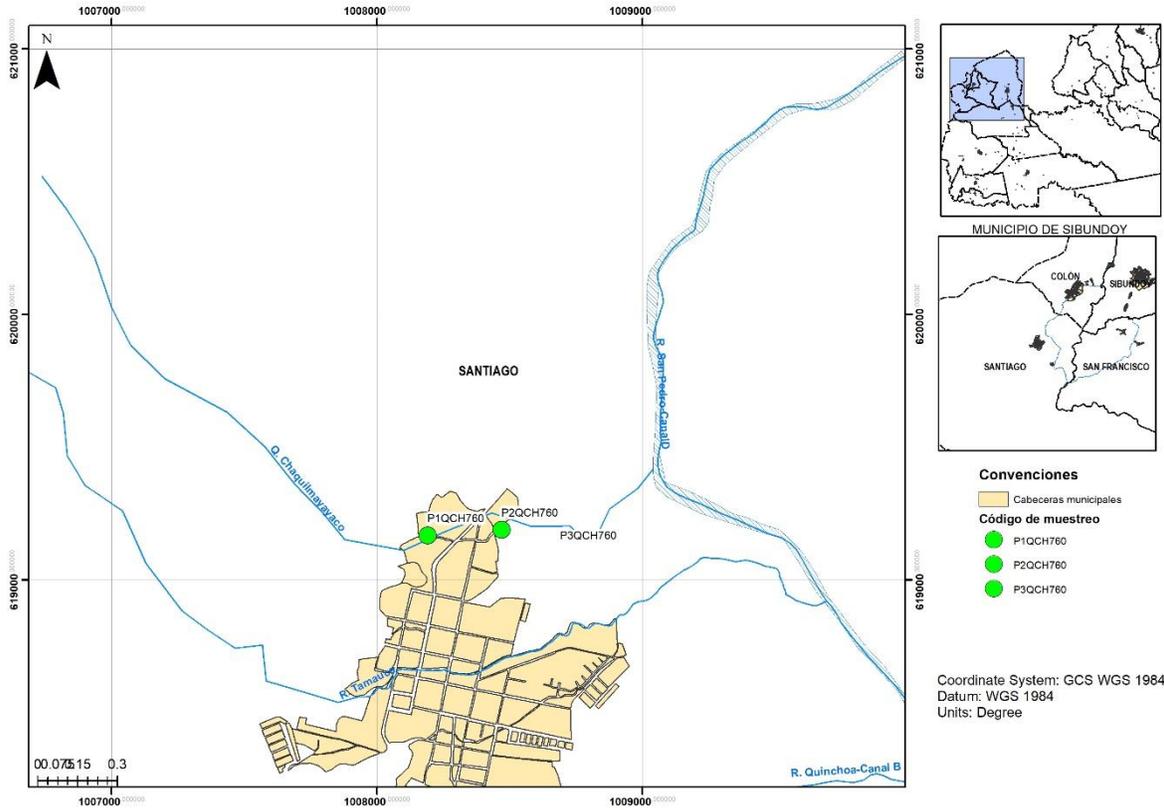


Figura 133. Ubicación de puntos de muestreo Quebrada Chaquilmayayaco.

CANAL B

Tabla 20. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

Código de Punto de Muestreo	Latitud (Y)	Longitud (X)	Altura (msnm)
P1QB760	1.14594	-76.98750	2081
P2QB760	1.14539	-76.98683	2083
P3QB760	1.14497	-76.98628	2076

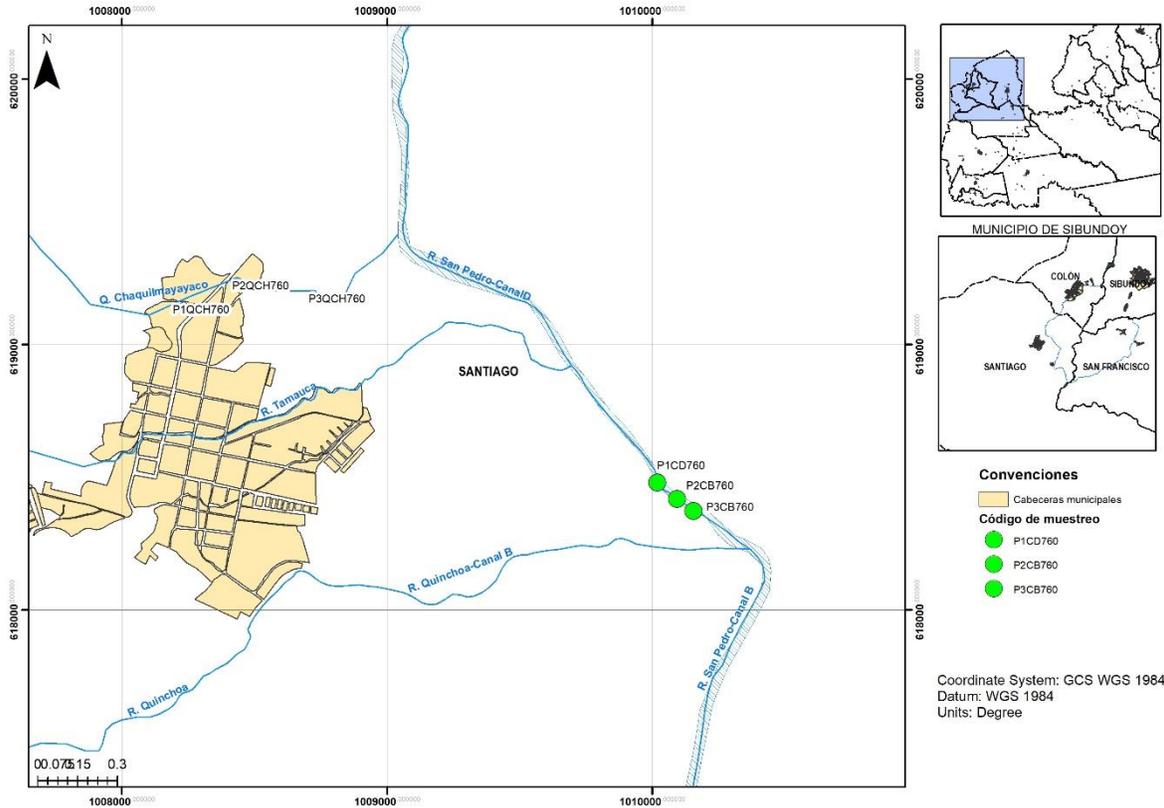


Figura 134. Ubicación puntos de muestreo para el Canal B.

6.10.1 pH

El pH promedio de la Quebrada Chaquilmayayaco es de 6.86 siendo mayor en la parte alta de la Quebrada. En general el resultado se encuentra dentro del rango establecido para usos especialmente de preservación de flora y fauna, cuyo criterio de calidad según el Decreto 1076 de 2015 para estos usos es de 5.0-9.0. Adicionalmente, teniendo en cuenta que es una fuente abastecedora de acueducto según la Resolución 2115 de 2007 se encuentra entre los límites aceptables cuyos valores corresponden al rango entre 6.5-9.0.

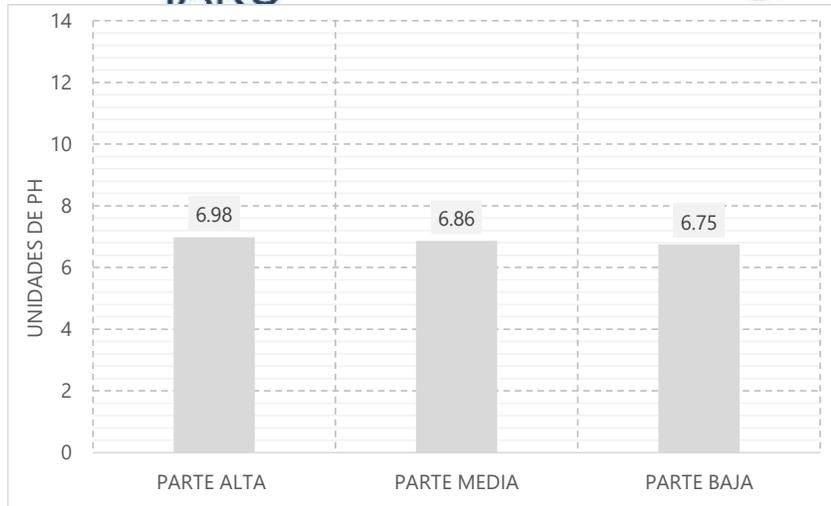


Figura 135. . Resultados de medición de pH para Quebrada Chaquilmayaco.

Para el Canal B el pH promedio es de 6.73, encontrándose igualmente dentro del rango establecido para usos especialmente de preservación de flora y fauna, cuyo criterio de calidad según el Decreto 1076 de 2015 para estos usos es de 5.0-9.0.

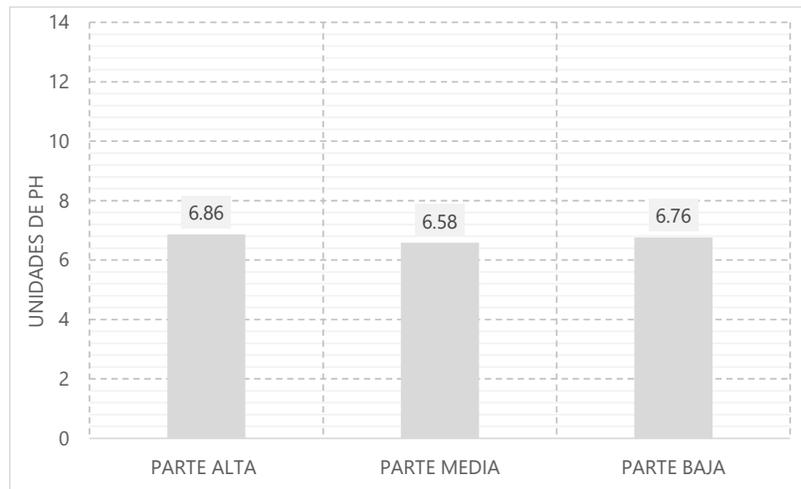


Figura 136. Resultados de medición de pH para el Canal B.

6.10.2 Temperatura del agua (°C)

La temperatura del agua del Canal B en promedio es de 14.3°C, valor similar a lo presentado en la temperatura del aire promedio (15°C) de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar que aproximadamente es de 2.150 msnm. Este valor se encuentra dentro del rango óptimo (< 35 °C) establecido para la biota acuática.

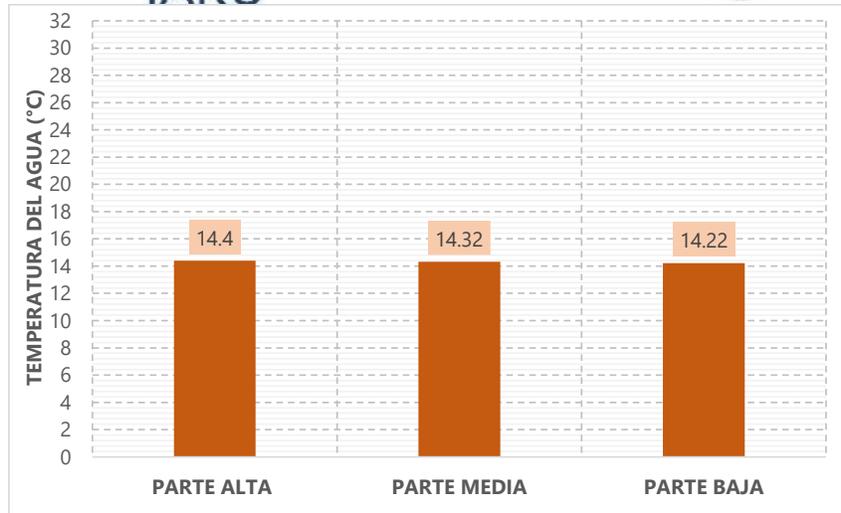


Figura 137. Resultados de medición de temperatura del agua °C Canal B

La temperatura del agua de la Quebrada Chaquilmayayaco en promedio es de 13.8°C, valor similar a lo presentado en la temperatura del aire promedio (15°C) de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar que aproximadamente es de 2.150 msnm. Este valor se encuentra dentro del rango óptimo (< 35 °C) establecido para la biota acuática.

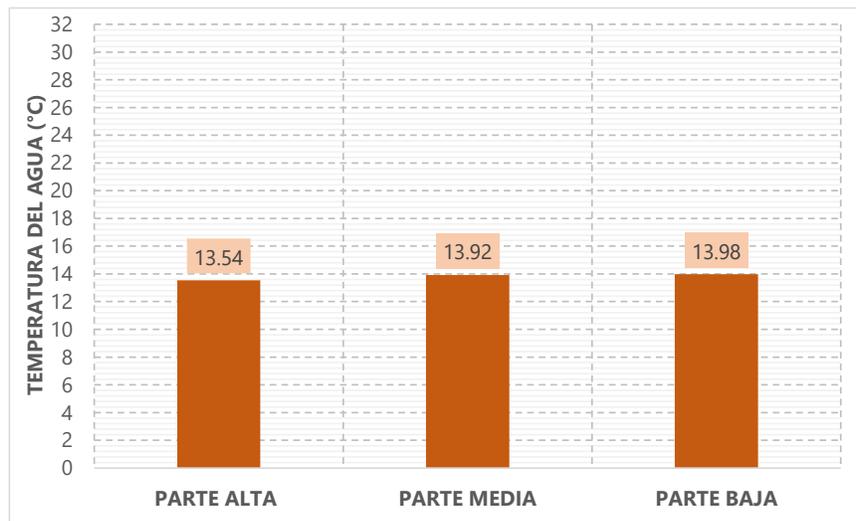


Figura 138. Resultados de medición de temperatura del agua °C Quebrada Chaquilmayayaco

6.10.3 Oxígeno Disuelto (mg/l) y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%)

El Canal B presenta una concentración promedio de oxígeno disuelto de 3.2 mg/l. Dicho resultado se encuentra fuera del rango establecido promedio para la mayoría de fauna acuática tropical cuyos valores especialmente para hábitats de peces se establece que debe ser mayor a 4 mg/l. Estos valores reflejan un nivel de contaminación causado por los vertimientos domésticos donde se encuentra ubicada la PTAR del municipio.

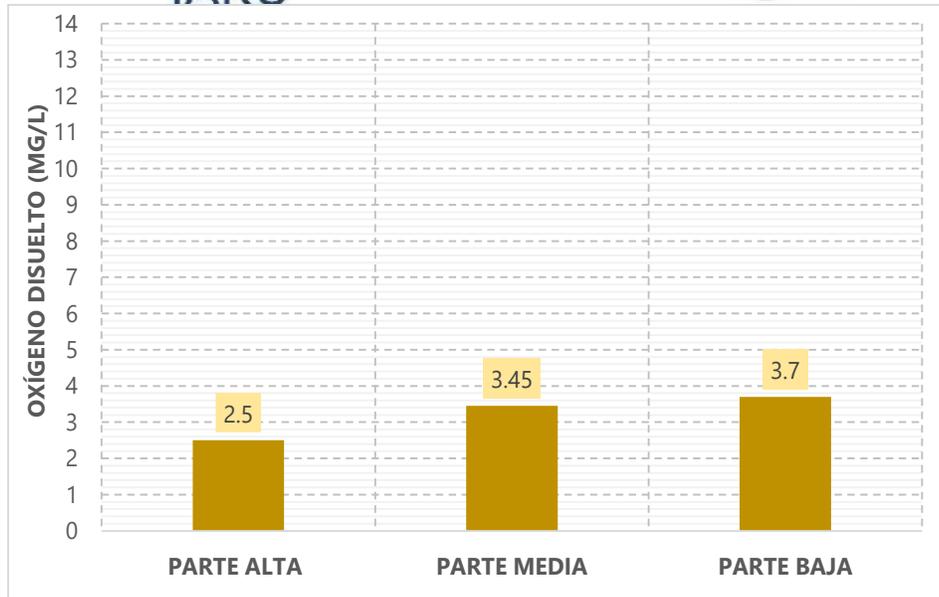


Figura 139. Resultados de medición de oxígeno disuelto para el Canal D.

La Quebrada Chaquilmayayaco presenta concentraciones de oxígeno promedio de 4.1 mg/l. Dicho resultado se encuentra dentro del rango establecido promedio para la mayoría de fauna acuática tropical cuyos valores especialmente para hábitats de peces se establece que debe ser mayor a 4 mg/l.

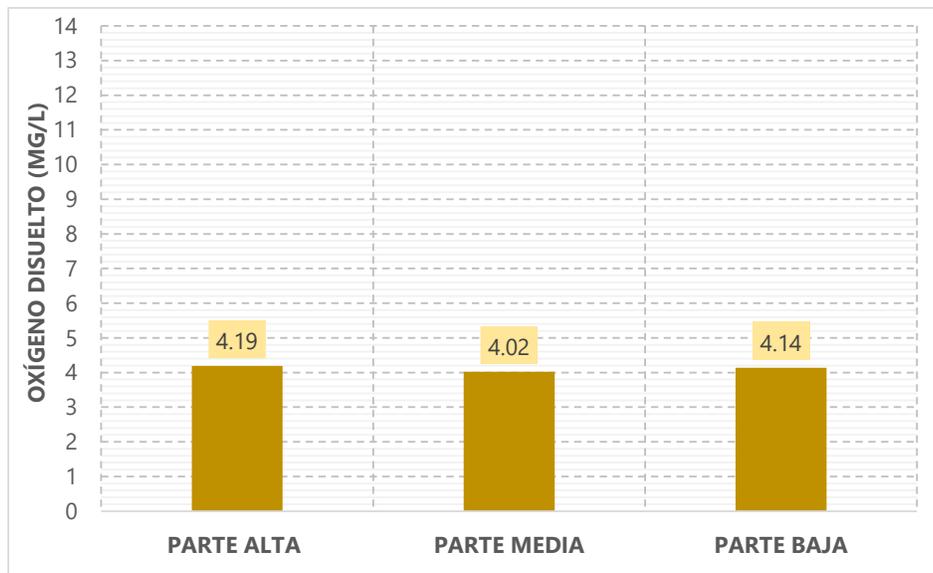


Figura 140. Resultados de medición de oxígeno disuelto para la Quebrada La Hidráulica

Referente a la saturación de oxígeno disuelto, el Canal D presenta un valor promedio de 40.2%, encontrándose fuera del rango aceptable para la mayoría de fauna acuática en el agua cuyos valores corresponden entre 60 a 79%. Cabe mencionar que, de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar este valor puede verse afectado

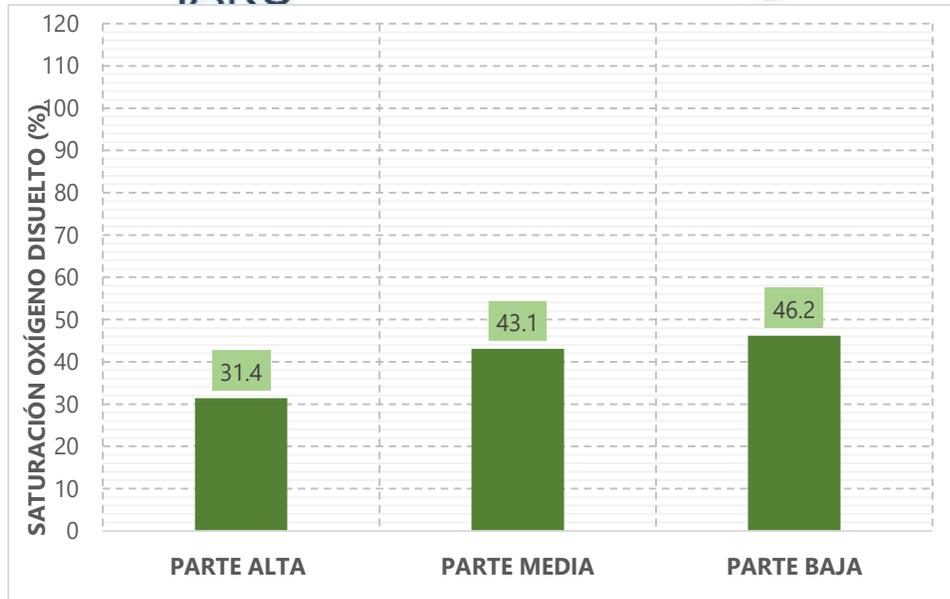


Figura 141. Resultados de medición de saturación de oxígeno para el Canal D.

Por su parte la Quebrada Chaquilmayayaco presenta un valor promedio de saturación de oxígeno de 50.9%, encontrándose igualmente fuera del rango aceptable para la mayoría de fauna acuática en el agua cuyos valores corresponden entre 60 a 79%. Cabe mencionar que, de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar este valor puede verse afectado.

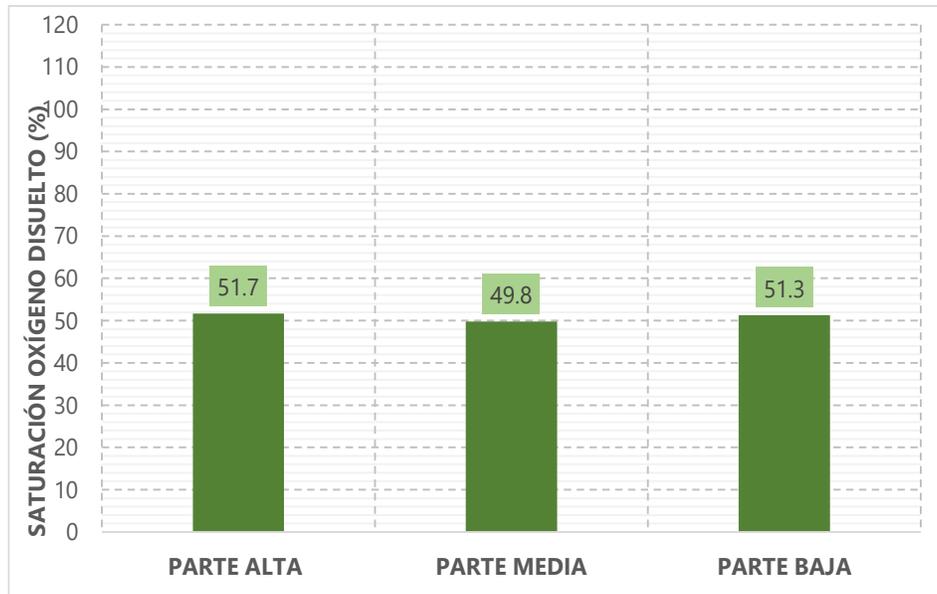


Figura 142. Resultados de medición de saturación de oxígeno para la Quebrada Chaquilmayayaco.

6.10.4 Conductividad (us/cm)

El Canal B presenta un valor promedio de 66.3 us/cm. Este valor se encuentra fuera del rango establecido para ríos de montaña, el cual es de 30 – 60 μ s/cm, No obstante, se encuentra por debajo de agua para consumo humano cuyo valor según la Resolución 2115 de 2007 es de 1000 us/cm.

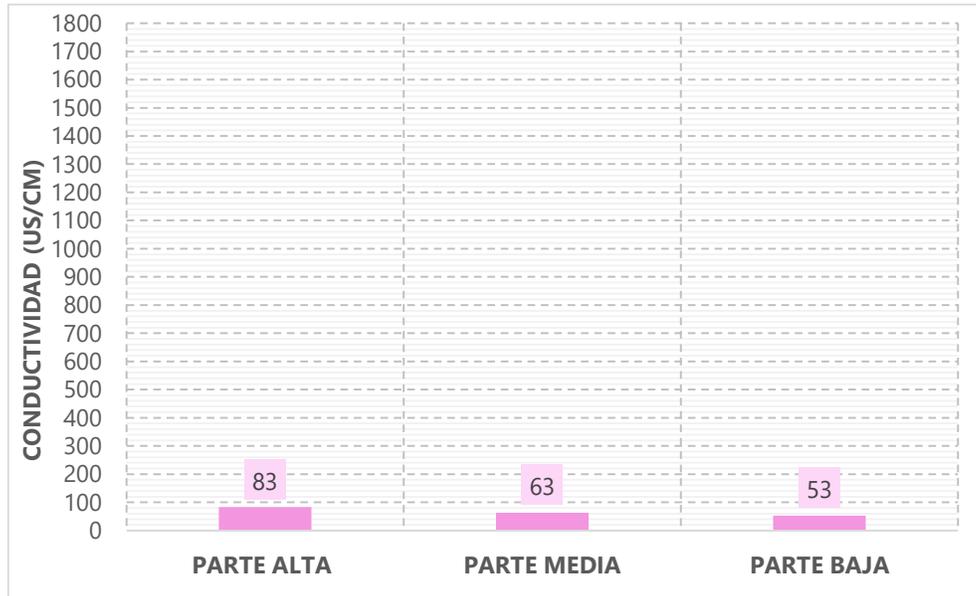


Figura 143. Resultado de medición de conductividad para el Canal B.

Por su parte, la Quebrada Chaquilmayayaco presenta conductividad promedio de 38.3 us/cm. Este valor se encuentra dentro del rango establecido para ríos de montaña, el cual es de 30 – 60 μ s/cm, considerándose como una fuente hídrica con baja contaminación.

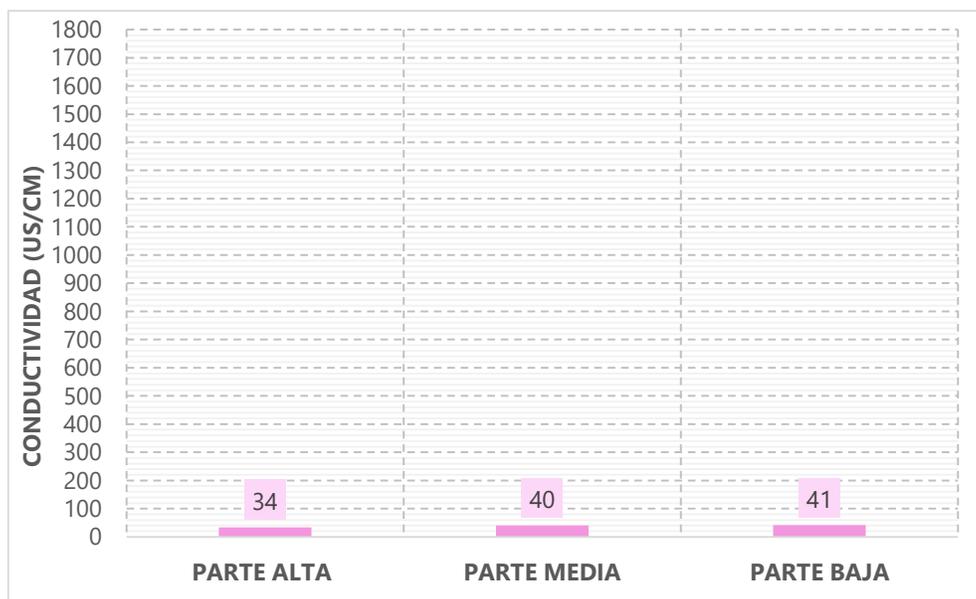


Figura 144. Resultado de medición de conductividad para la Quebrada Chaquilmayayaco.

6.10.5 Turbiedad (NTU) y Sólidos disueltos Totales (mg/l TDS)

Para el Canal B la turbiedad en promedio fue de 9.53 NTU y los sólidos disueltos totales un promedio de 33.3 mg/l. Los resultados de turbiedad estuvieron por encima de los 2 UNT (Unidades nefelométricas de turbiedad), valor indicado como máximo permisible por la normatividad Colombiana. Por su parte, los sólidos totales se encuentran dentro del rango permisible para la vida acuática correspondiente a los 100 mg/l.

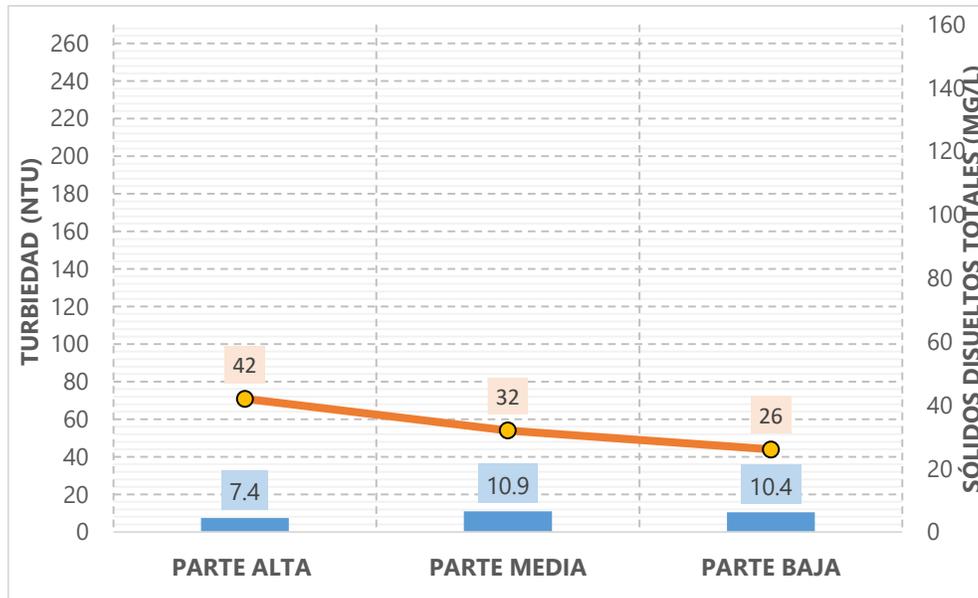


Figura 145. Resultados de medición de Turbiedad y Sólidos Disueltos Totales para el Canal B.

Para la Quebrada Chaquilmayayaco la turbiedad en promedio fue de 19.23 NTU y los sólidos disueltos totales un promedio de 19.0 mg/l. Los resultados de turbiedad estuvieron por encima de los 2 UNT (Unidades nefelométricas de turbiedad), valor indicado como máximo permisible por la normatividad Colombiana. Por su parte, los sólidos totales se encuentran dentro del rango permisible para la vida acuática correspondiente a los 100 mg/l.

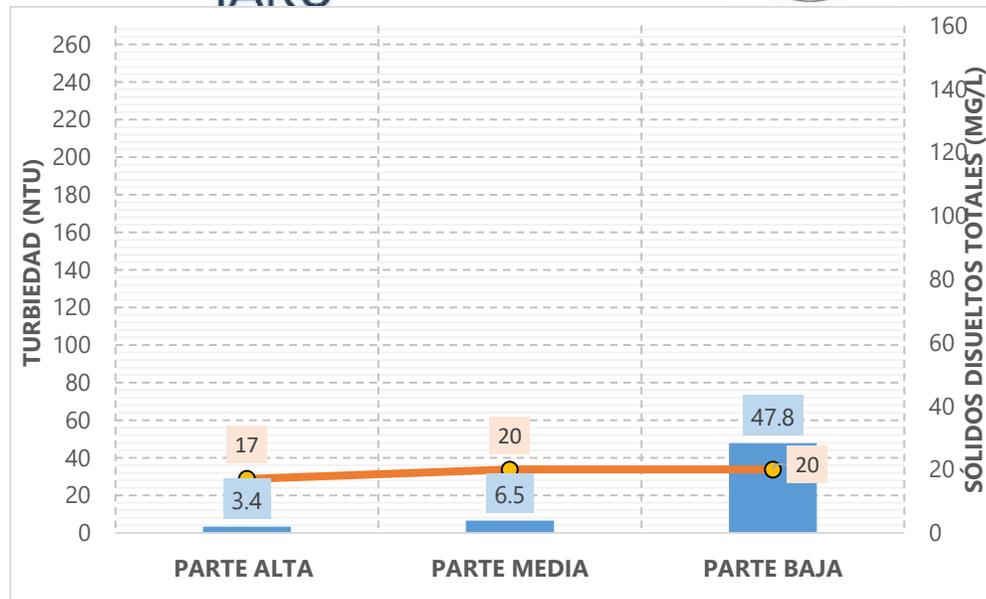


Figura 146. Resultados de medición de Turbiedad y Sólidos Disueltos Totales para la Quebrada Chaquilmayaco.

6.10.6 Coliformes fecales y coliformes totales (NMP/100ml)

Para el Canal B Las coliformes fecales tuvieron un promedio de 1.190 NMP/100ml, siendo superior a lo reportado por la normativa colombiana para agua potable (0 UFC). De forma similar, el agua con potencial para hábitat de peces sugiere un valor de 10 UFC, estando bastante por encima del valor sugerido. Esto señala la existencia de vertimientos de aguas residuales para los tres puntos de muestreo.

Las coliformes totales presentaron un promedio de 6123.3 NMP/100 ml encontrándose por encima de lo sugerido para aguas con potencial para la biota acuática (450 NMP/100 ml). Adicionalmente, la calidad de agua referente a coliformes totales no cumple con lo dispuesto en la normativa Colombiana según el Decreto 1076 de 2015 (20000 NMP/100 ml).

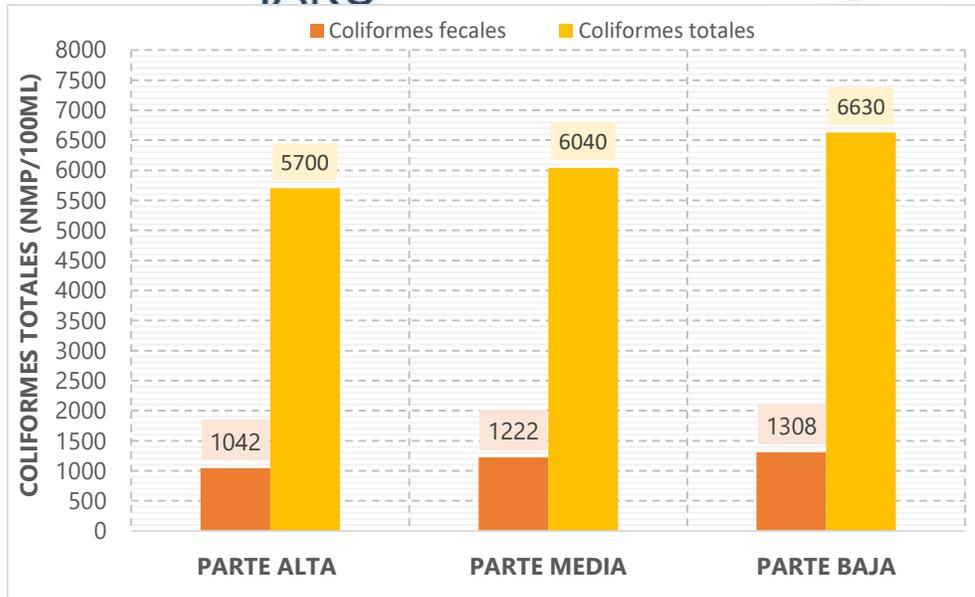


Figura 147. Resultados de Coliformes totales y fecales para el Canal B.

En la Quebrada Chaquilmayayaco Las coliformes fecales tuvieron un promedio de 923.6 NMP/100ml, siendo superior a lo reportado por la normativa colombiana para agua potable (0 UFC). De forma similar, el agua con potencial para hábitat de peces sugiere un valor de 10 UFC, estando bastante por encima del valor sugerido. Esto señala la existencia de vertimientos de aguas residuales para los tres puntos de muestreo.

Las coliformes totales presentaron un promedio de 1.844 NMP/100 ml encontrándose por encima de lo sugerido para aguas con potencial para la biota acuática (450 NMP/100 ml). Adicionalmente, la calidad de agua referente a coliformes totales no cumple con lo dispuesto en la normativa Colombiana según el Decreto 1076 de 2015 (20000 NMP/100 ml).

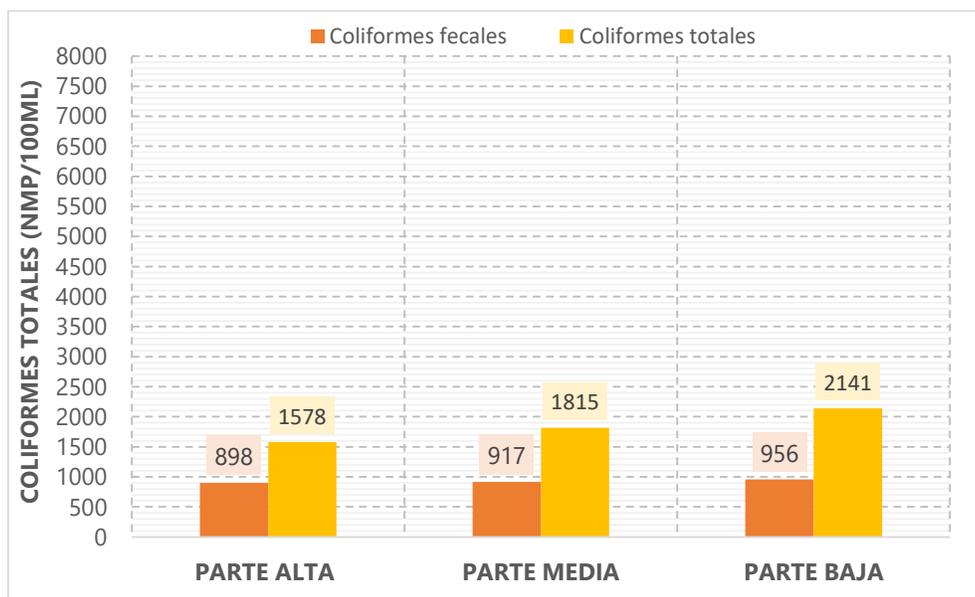


Figura 148. Resultados de Coliformes totales y fecales para la Quebrada Chaquilmayayaco.

6.10.7 Índice de calidad de agua (ICA)

El Canal B y la Quebrada Chaquilmayayaco para todos los puntos de muestreo presentan una calificación de REGULAR lo que se considera como aguas medianamente contaminadas.

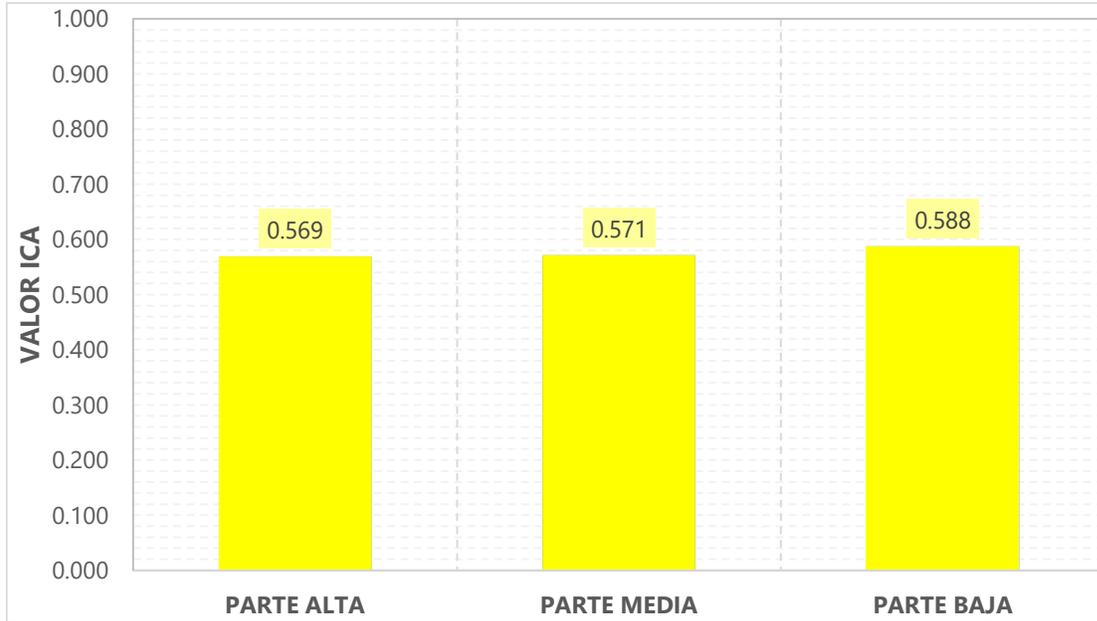


Figura 149. Índice de calidad de agua (ICA) para el Canal B.

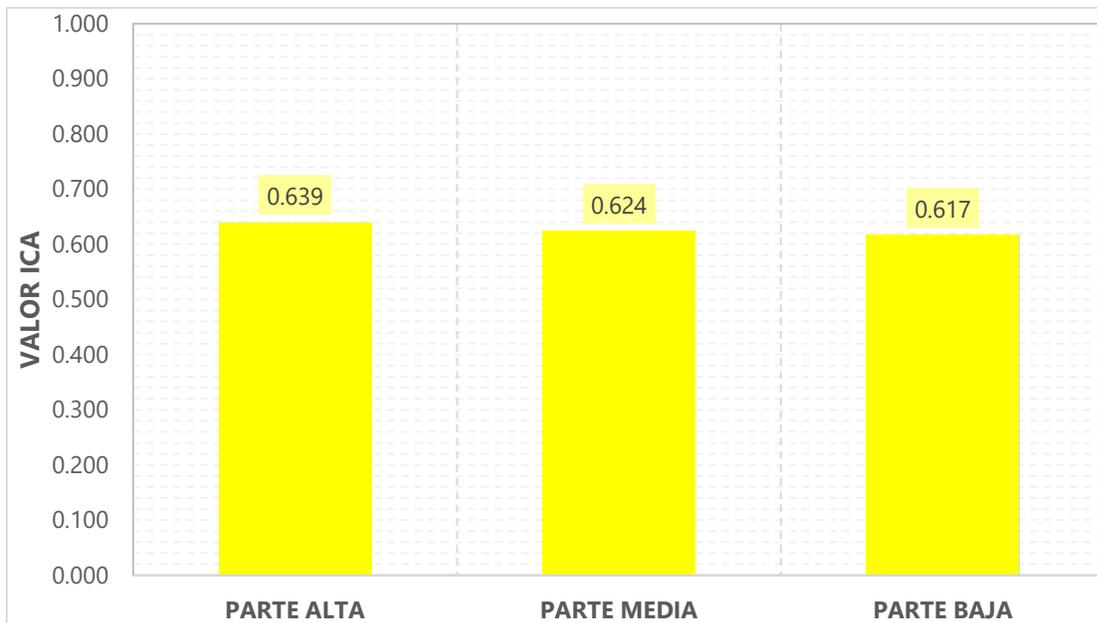


Figura 150. Índice de calidad de agua para la Quebrada Chaquilmayayaco.

6.11 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS.

Se llevaron a cabo 9 salidas a campo a las diferentes fuentes hídricas priorizadas para los respectivos monitoreos, se realizó colecta de macroinvertebrados en 8 de las 16 priorizadas, las cuales fueron Quebrada Chuchimiyaco (Mpio. Santiago), Quebrada la Hidraulica (Mpio. Sibundoy), Rio San Francisco (Mpio. San Francisco), Rio Mocoa (Mpio Mocoa y Villagarzón), Rio Sangoyaco (Mpio Mocoa), Rio Naboyaco (Mpio Villagarzón), Quebrada Singüiya (Mpio, Puerto Asís) y Quebrada la Hormiga Mpio Valle del Guamuez I Hormiga).



Imagen 1. Jornada de campo Mpio. Villagarzón



Imagen 2. Jornada de campo Mpio. Puerto Asís



Imagen 3. Jornada de campo Mpios. Alto Putumayo



Para la colecta se realiza en cada una de las fuentes hídricas se diligencia el formato de registro de datos muestreo macroinvertebrados acuáticos los cuales están en el Anexo XX y respectiva la medición de 50m aguas arriba, posterior a las tomas de análisis físico químicos para que no exista perturbación del medio alguna



Imagen 4. medición 50 m

Una vez realizada la medición de los 50 m se procede a realizar la colecta de los macroinvertebrados con los tres tipos de métodos de muestreo: manual, red rectangular y red surber.

Método manual: se realiza la revisión exhaustiva de la fuente hídrica tanto en la superficie, fondo y lecho en las rocas, ramas y hojas existentes; teniendo en cuenta siempre los resultados que observamos en el formato de registro de datos muestreo macroinvertebrados acuáticos, ya que en este se encuentra un ítem en el cual se caracteriza el tramo de muestreo y nos ayuda a escoger con exactitud que métodos podemos emplear en cada fuente hídrica y este método lo empleamos en ríos con lechos y fondos pedregosos y con abundante vegetación flotante; que para este muestreo en la mayor parte de las fuentes hídricas se lo ejecuto ya que estas tienen características de riveras y lechos pedregosos.



Imagen 5. Método manual

Método de “pateo” con red rectangular: una vez realizado el diligenciamiento del formato de registro de datos muestreo macroinvertebrados acuáticos se identifica que en los puntos donde se realizara la colecta de macroinvertebrados es posible realizar esta técnica ya que no presentan

profundidades considerables y tienen zonas de playa con gravas, para lo cual se realiza un “barrido” por las orillas y troncos que las crecientes han dejado a su paso y también se realiza la técnica de “pateo” (para esta técnica se debe ubicar la red en contra corriente), la cual tiene una duración de 30 min con un pateo uniforme y constante.



Imagen 6 y 7 Método de “pateo” con red rectangular

Método con red surber: este método no fue usado en todas las fuentes hídricas, ya que algunas no presentaban las características aceptables para su empleo, más sin embargo se realizó su empleo tomando como referencia una de las tres subzonas de muestreo dentro de los 50m ya delimitados.

Una vez tomados los especímenes se realiza el empleo de bandejas, cedazos y lupas que facilitaron la separación In-situ, estos elementos (hojas, restos de ramas y arenas), se revisan de manera detallada para no dejar ningún macroinvertebrado en estos, esto en los métodos que se emplean las redes y se vierten de manera directa los que se obtienen con el método manual ya que en este no se realizan técnicas que alteren el lecho de la fuente.



Imagen 8. colecta de macroinvertebrados	Imagen 9. separación in-situ de material grande (hojas, ramas y arenas)
	
Imagen 10. separación de arenas	Imagen 11. macroinvertebrados preservados con formol

Para la observación de los macroinvertebrados se realizaron un total de 8 mesas técnicas de las cuales 6 se realizaron en las instalaciones de CORPOAMAZONIA y dos en el salón de eventos YAMALIA, finalizada cada jornada se realiza el diligenciamiento del formato de diseño, planeación y evaluación ejercicios comunitarios grupo de monitoreo del agua IAKU (ver anexos), con el cual se realiza el seguimiento de las actividades a realizar en cada una de las mesas, y si llegase a dar el caso de no cumplir con dicha actividad se expresa en el documento el porque esta no se logro llevar a feliz término.

	
Imagen 12. Sistematización de datos	Imagen 13. Identificación de macroinvertebrados

Una vez realizado el proceso de separación de las muestras teniendo en cuenta el protocolo que se encuentra en la guía del IDEAM para MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS – DETERMINACIÓN TAXONÓMICA – CONTEO, desarrollada en cada una de las mesas de los macroinvertebrados donde se realiza la observación en el estereoscopio (Motic SMZ 140/143) y se procede a identificar taxonómicamente los macroinvertebrados hasta el nivel de familia apoyándonos con la “guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia” por Gabriel Roldan

1996 y la guía de “los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua” de la corporación autónoma regional de Cundinamarca.



Imagen 14. Identificación de macroinvertebrados

Una vez revisadas las 30 muestras obtenidas en campo se realiza la agrupación de la información y obtención del índice BMWP/Col; para cada una de las fuentes hídricas donde se realiza la colecta de macroinvertebrados.

Municipio de Mocoa

Rio Mocoa P1

Código	P1RM001	# individuos
Orden	Diptera	66
	Ephemeroptera	7
	Hemiptera	7
	Haplotaxida	1
	Coleoptera	1
Total, individuos		82
Valor total familias		69
Índice BMWP		Aguas moderadamente contaminadas

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Significado	Color
III	Dudosa	46-70	Aguas moderadamente contaminadas	

Rio Sangoyaco P1

Código	P1RS001	# individuos
Orden	Ephemeroptera	2
	Hemiptera	40
Total, individuos		42
Valor total familias		17



Índice BMWP	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica
-------------	---

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Significado	Color
V	Muy crítica	< 20	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica	

Municipio de Puerto Asís

Quebrada Singuiya P1

Código	P1QS568	# individuos
Orden	Glossiphoniiformes	7
	Coleptera	2
	hemiptera	4
	Haplotaxida	83
Total, individuos		96
Valor total familias		30
Índice BMWP		Aguas muy contaminadas

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Significado	Color
IV	Crítica	21-45	Aguas muy contaminadas	

Municipio de San Francisco

Rio San Francisco P1

Código	P1QS568	# individuos
Orden	Diptera	10
	Trichoptera	4
	Plecoptera	20
	Mollusca	42
	Coleoptera	6
Total, individuos		82
Valor total familias		49
Índice BMWP		Aguas moderadamente contaminadas

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Significado	Color
III	Dudosa	46-70	Aguas moderadamente contaminadas	

Rio San Francisco P2

Código	P2QS568	# individuos
Orden	Diptera	3
	Tricladida	1



	Mollusca	9
Total, individuos		13
Valor total familias		14
Índice BMWP		Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Significado	Color
V	Muy crítica	< 20	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica	

Municipio de Santiago

Quebrada Chuchimiyaco P1

Código	P1QCH760	# individuos
Orden	Ephemeroptera	51
	Trichoptera	5
	Plecoptera	1
	Coleoptera	1
Total, individuos		62
Valor total familias		47
Índice BMWP		Aguas moderadamente contaminadas

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Significado	Color
III	Dudosa	46-70	Aguas moderadamente contaminadas	

Municipio de Sibundoy

Quebrada la Hidráulica P1

Código	P1QCH760	# individuos
Orden	Diptera	1
	Trichoptera	3
	Plecoptera	2
	Coleoptera	3
Total, individuos		9
Valor total familias		45
Índice BMWP		Aguas moderadamente contaminadas

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Significado	Color
III	Dudosa	46-70	Aguas moderadamente contaminadas	



7. CONCLUSIONES

- El pH para todos los puntos de muestreo se encuentra en el rango de 5.6 a 7.9 unidades de pH, rango que se encuentra dentro de los criterios de calidad establecidos en el Decreto 1076 de 2015, especialmente para los usos de preservación de fauna y flora y el uso doméstico y consumo humano.
- La temperatura del agua en los puntos de muestreo se encuentra en un rango de 12.6 a 28.33°C, rango que se encuentra dentro de los criterios óptimos (< 35 °C) establecidos para la biota acuática.
- La conductividad en los puntos de muestreo presentó rangos entre 11 a 1701 us/cm. Este último valor es proveniente de un vertimiento municipal sin ningún tratamiento. En promedio, el valor de conductividad se mantuvo en 119 us/cm, valor que se encuentra por encima del rango establecido para ríos de montaña, el cual es de 30 – 60 $\mu\text{s/cm}$, lo cual indica un aporte de sales ionizadas, no obstante, se considera muy por debajo de lo establecido para la calidad de agua potable (1000 $\mu\text{s/cm}$)
- El oxígeno disuelto varió en concentración de 0 mg/l para la Quebrada La Hormiga en su parte media hasta 12.85 mg/l en el río Mocoa dado su caudal y características hidráulicas del río. En términos generales, sólo el 29,2% de los puntos de muestreo se considera fuera del rango promedio para la mayoría de fauna acuática tropical cuyos valores especialmente para hábitats de peces se establece que debe ser mayor a 4 mg/l. El 69,8% se encuentra dentro de este rango.

en promedio, de acuerdo con los resultados de los puntos de muestreo el porcentaje de saturación de oxígeno fue de 69.4% con valores desde 0 en la Quebrada La Hormiga hasta 153.2% en el Río Mocoa. En general, el porcentaje de saturación se encuentra dentro el rango establecido para uso recreativo y dentro del rango aceptable para la mayoría de fauna acuática en el agua cuyos valores corresponden entre 60 a 79%. Valores inferiores al 70% estarían indicando algún grado de contaminación.

- Las coliformes totales variaron entre rangos de 22.1 NMP/100 ml hasta 36800000 NMP/100 ml y coliformes fecales entre valores de 86.9 NMP/100 ml a 8520000 NMP/100 ml. Para el caso de las coliformes fecales es superior a lo reportado por la normativa colombiana para agua potable (0 UFC). De forma similar, el agua con potencial para hábitat de peces sugiere un valor de 10 UFC, estando bastante por encima del valor sugerido. Esto señala la existencia de vertimientos de aguas residuales. Por su parte, las coliformes totales presentaron valores superiores a lo sugerido para aguas con potencial para la biota acuática (450 NMP/100 ml). No obstante, la calidad de agua referente a coliformes totales cumple con lo dispuesto en la normativa Colombiana según el Decreto 1076 de 2015 (20000 NMP/100 ml), excepto para la Quebrada La Hormiga.
- El índice de calidad de agua (ICA) en todos los puntos de muestreo presentó valor de REGULAR en el 77% de los puntos muestreados, en calidad ACEPTABLE para el 20.8% de los puntos y solo un 2% presentó un ICA MALO. Estos resultados demuestran que las fuentes hídricas se encuentran moderadamente contaminadas y requiriendo acciones urgentes para la implementación de sistemas de tratamientos de aguas residuales domésticas efectivos que permitan garantizar el uso y destinación del agua especialmente uso estético,



donde como criterio de calidad debe encontrarse ausencia de material flotante, espumas, grasas y aceites y sustancias que produzcan olor.

- En términos generales los valores de DBO, SST, nitrógeno total y fósforo total presentaron concentraciones similares cuyos resultados se entregaron por parte del laboratorio como un rango de referencia y no un valor puntual. Estos resultados conllevaron a obtener análisis y estimación de la calidad de agua similar para todos los cuerpos de agua.
- Todos los resultados relacionados a concentraciones de DBO, SST como vertimientos domésticos se encuentran dentro de los parámetros permisibles de la Resolución 631 de 2015.
- Referente al monitoreo participativo, cabe mencionar que el proceso de aprendizaje inicial requirió de ayuda financiera para la formación inicial y la capacitación en el manejo y uso de la información en campo. El proceso de capacitación, en particular, demostró también un olvido de las técnicas de medición durante el año de trabajo y un cierto desinterés por el monitoreo, que se pudo solucionar mediante las discusiones en grupo sobre las prioridades y necesidades de la comunidad.
- La implementación del monitoreo participativo en el departamento requiere del compromiso a mediano o incluso largo plazo por parte del grupo, en términos de tiempo y esfuerzo invertido, lo que resulta uno de los puntos más difíciles de seguir, dado que el monitoreo se basa en principios voluntarios de participación, por lo que presenta a lo largo una pérdida de interés por parte de los participantes que invierten su tiempo a una actividad que no les ofrece beneficios económicos directos, pero que sin embargo fortalece el conocimiento sobre sus recursos naturales e impulsa el cambio en la conciencia ambiental.
- Por último, es indispensable comentar sobre la necesidad de incentivar el trabajo del grupo de monitoreo participativo de forma autosuficiente, para que se puedan apropiarse por completo de las técnicas, igual que del uso de la información obtenida..
- En este sentido, se propone llevar a cabo alianzas entre comunidades y la Autoridad Ambiental para que haya viabilidad de recursos (físicos, humanos y económicos) que permitan la continuidad del monitoreo comunitario, además de analizar los vínculos para el compartimiento de los datos obtenidos con otras comunidades para la toma de decisiones comunes frente a la gestión del recurso hídrico en el departamento.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Camacho, L (2020). La paradoja de la disponibilidad de agua de mala calidad en el sector rural Colombiano. *Revista de ingeniería*, 49, 30-50.
- Corpoamazonia (2007). Atlas Ambiental del Putumayo. 86 pp.
- Corpoamazonia (2008). Agenda Ambiental. Departamento del Putumayo. 98 pp.
- Chen, Y., & Han, D.(2018). Water quality monitoring in smart city: A pilot project. *Automation in Construction*, 89, 307-316. doi:10.1016/j.autcon.2018.02.008
- Hernández, O & Naranjo, L (2007). Geografía del Piedemonte Amazónico. WWF. 7 pp.
- Jiang, J., Tang, S., Han, D., Fu, G., Solomatine, D., & Zheng, Y. (2020). Environmental Modelling & Software, 132, 1-17. doi:10.1016/j.envsoft.2020.104792
- ONU (2018). Progresos en la calidad de agua: prueba piloto de la metodología de monitoreo y primeras contataciones sobre el indicado 6.3.2 de los ODS. 60 pp.



- PDA (2020). Plan Departamental de Aguas del Departamento del Putumayo 2020-2023.
- Sagan, V., Peterson, K. T., Maimaitijiang, M., Sidike, P., Sloan, J., Greeling, B. A., . . . Adams, C. (2020). Monitoring inland water quality using remote sensing: potential and limitations of spectral indices, bio-optical simulations, machine learning, and cloud computing. *Earth-Science Reviews*, 1-31. doi:10.1016/j.earscirev.2020.103187



ANEXOS

PROTOCOLO DE MUESTREO DE MACROINVERTEBRADOS

Introducción

Se presenta un protocolo de muestreo de macroinvertebrados derivado del protocolo del IDEAM del laboratorio de calidad ambiental para la obtención de datos cuantitativos y cualitativos y del trabajo de campo realizado con el grupo de monitoreo participativo del agua. Se indica los pasos a realizar y se proponen las métricas para evaluar la calidad biológica de los macroinvertebrados.

Material de muestreo

Seguridad personal



- Botas de caucho
- Guantes de goma o látex
- Tapabocas
- Alcohol
- Equipamiento resistente al agua
- red surber de dimensiones 25 x 25 cm en la cual se colecta 10 submuestras a lo largo del cauce y se integran en una sola muestra, para un total de área muestreada de 0.9 m² en cada estación.
- Bandejas blancas de como mínimo 20 x 30 cm
- Pinzas entomológicas
- Toalla pequeña
- Lupa de mano

Conservación e identificación de las muestras de las muestras

- Recipientes de plástico de como mínimo un ¼ de litro para recoger las muestras
- Viales plásticos, tapa rosca de 20 ml para recoger organismos desconocidos.
- Rotuladores permanentes, cinta aislante o etiquetas para marcar las muestra.
- Las muestras se preservan a alcohol al 95% o formol al 40%.

Otros

- GPS
- Claves taxonómicas específicas
- Tabla sujetapapeles
- Coladores de diferentes medidas (250 um, 500 um)

Esquema general

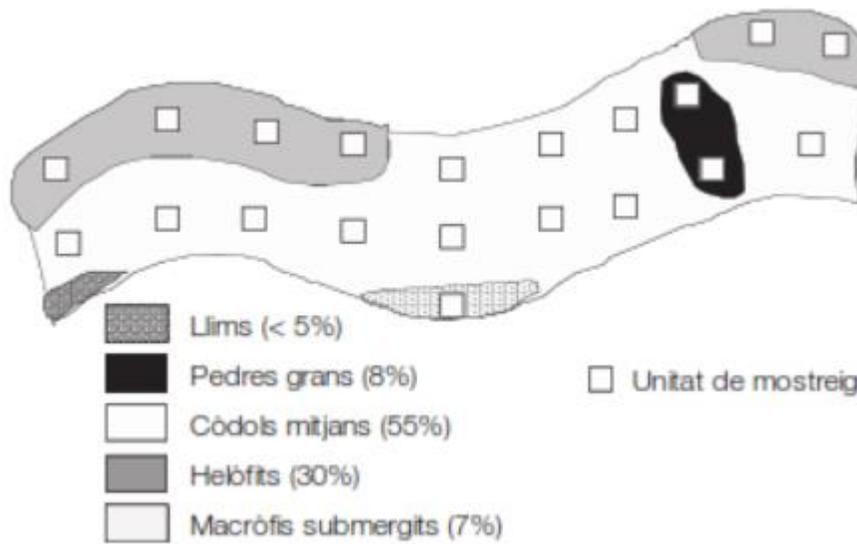
Selección del área de muestreo:

Longitud 20 veces el ancho del río (mínimo 50 y máximo 300 m) procurando que se maximice el número de microhábitats. Según el IDEAM el valor ideal es de un **tramo de 100 m**, aguas arriba de alguna vía o puente.

Identificación de los microhábitats:

Se debe ubicar el sustrato dominante y más estable del tramo a evaluar y anotar el grado de cobertura, para ello se debe fijar en la composición del sustrato y en la velocidad del agua que permiten diferenciar hábitats.

Las unidades de muestreo por microhábitat varía en función de la extensión del microhábitat.

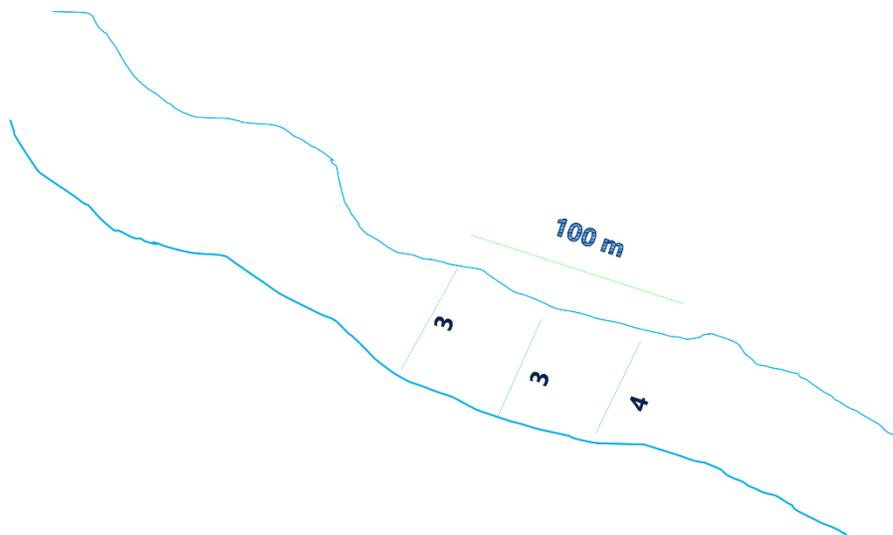


Por ejemplo se pueden identificar puntos de muestreo: rápidos, lentos, fracción fina y fracción gruesa.

Identificación de las unidades de muestreo.

Para cada tramo del río se distribuyen un total de 10 colectas. En este caso, se distribuyen las submuestras a lo ancho del río en 4-3-3 en línea recta.

El muestreo debe iniciarse de aguas abajo del área seleccionada hacia aguas arriba. Un total de 10 colectas se realizan en la longitud del tramo a muestrear; tomando 4 submuestras a lo ancho del río, luego avanzar aguas arriba y tomar otras 3 submuestras, continuar aguas arriba y tomar las otras 3.



Recolección de las muestras



Para la toma de la muestra, se debe colocar la red surber bien asegurado sobre el fondo del curso de agua, paralelo a la corriente, con la parte de la red corriente abajo. Hay que tener cuidado de no agitar el sustrato corriente arriba del aparato.

Se debe llenar la bolsa de la toma de muestra, moviendo las piedras y grava a lo largo del borde externo. Una vez colocado en su sitio (puede ser necesario sujetarlo con una mano en las corrientes fuertes), vuélvase con cuidado y frote ligeramente todas las rocas y piedras grandes con las manos o un cepillo suave para desalojar a los organismos adheridos a ellas, antes de desecharlas.

Adicionalmente, se debe raspar las algas, fundas de insecto, etc., de las piedras hacia la red del aparato. Se debe remover la grava y arena restantes con las manos o una palita plástica, hasta una profundidad de 5 o 10 cm, dependiendo del sustrato, para desalojar a los organismos que viven en el fondo y que sean arrastrados y capturados en la red.

Identificación y colección de organismos

Transferir la muestra de la red al recipiente y debe preservarse con suficiente etanol al 95% para cubrir la muestra o con solución de formol al 40%.

Es importante colocar una etiqueta indicando el código de identificación de la muestra, fecha, nombre de la corriente, ubicación del muestreo y del colector en el recipiente de la muestra.

Los organismos más frágiles o que no se pueden conservar correctamente como *Oligochaeta* pueden guardarse en un vial separado, sin sustrato.

Trabajo de laboratorio

Se debe contar y clasificar todos los organismos guardando los clasificados en pequeños viales con alcohol al 70%.

En el laboratorio a través de un estereoscopio identifique los organismos. El nivel taxonómico a identificar depende de los objetivos del estudio, pero se recomienda como mínimo identificar a nivel de familia o hasta el nivel superior de género.

Uso de métricas

Se calcula la calidad del agua a partir de macroinvertebrados acuáticos, utilizando el Índice Biótico desarrollado en la Unión Europea adaptado a Colombia por el especialista Gabriel Roldán, el BMWP/Col (*Biological Monitoring Working Party*) el cual exige un nivel de determinación a familia.