

Plan De Ordenamiento Del Recurso Hídrico PORH del río Orito, departamento del Putumayo

FASE 2: DIAGNÓSTICO







DIRECTIVOS CORPOAMAZONIA

LUIS ALEXANDER MEJÍA BUSTOS Director General

CLAUDIA ELIZABETH GUEVARA Subdirectora Administrativa y Financiera

ROSA EDILMA AGREDA CHICUNQUE Subdirectora de Planificación y Ordenamiento Ambiental

IVÁN DARÍO MELO CUELLAR Subdirector de Administración Ambiental MARIO ÁNGEL BARÓN CASTRO Director Territorial Caquetá

ARGENIS OBDULIA LASSO OTAYA Directora Territorial Putumayo

LUIS FERNANDO CUEVA TORRES Director Territorial Amazonas

EMPRESA CONSULTORA ASOCIACIÓN DE PROFESIONALES NUEVA OPCIÓN - ASONOP

MAURICIO GAITAN ESCOBAR Representante Legal

EMPRESA INTERVENTORA SERVICIOS INTEGRALES AMBIENTALES FYS

FABIAN HUMBERTO BELTRAN OTAYA Representante Legal

COORDINACIÓN

MSc. MIRIAN DEL ROSARIO GUAPUCAL CUASANCHIR Coordinadora técnica proyecto ASONOP

Esp. SOENDRA CARDONA BETANCOURT Coordinadora técnica proyecto Servicios Integrales Ambientales FYS





EQUIPO TÉCNICO ASONOP

Esp. CARLOS MARIO ARTEAGA SANCHEZ Profesional área hidrológica y de modelación

Esp. CARLOS CHINDOY JACANAMIJOY Profesional área Jurídica

Esp. CARLOS HERNAN CASTRO ALMARIO Profesional área social

Esp. MARIA ALEJANDRA LOPEZ MANIOS Profesional área financiera

Esp. JAVIER ARVELAEZ CLAVIJO Profesional área ambiental

Esp. MABELL MOLINA NARVÁEZ Profesional área ambiental

MSc. WILLIAM ANTONIO APONTE Profesional área cartográfica y de SIG

Lic. Antrop. JOSE ANTONIO JAJOY PAI Profesional área social

Ing. MAIRETH JANIXA ERAZO CABRERA Técnico de apoyo en campo

JOSÉ GIRALDO TORO ROSERO Técnico de apoyo en Campo

PROFESIONALES DE APOYO

MSc. YUDY ANDREA ALVAREZ SIERRA Profesional de Apoyo CORPOAMAZONIA

Biol. AURA ISABEL AGREDA AGREDA Profesional de Apoyo ASONOP, empresa Consultora

Ing. ALEYDA MARCELA BRAVO OTAYA
Profesional de Apoyo Servicios Integrales Ambientales FYS, empresa interventora





TABLA DE CONTENIDO

INT	RODUCCION20
l.	LOCALIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA CUENCA22
1.1	LOCALIZACIÓN22
1.2	DELIMITACIÓN DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA22
II.	CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS DEL RÍO ORITO30
2.1	ZONIFICACIÓN HIDROGRÁFICA A NIVEL NACIONAL30
2.2	ZONIFICACIÓN HIDROGRÁFICA DE LA CUENCA DEL RÍO ORITO30
2.3	PARÁMETROS Y COEFICIENTES MORFOMÉTRICOS ESTIMADOS31
III.	CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL ÁREA DE ESTUDIO37
3.1	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE PARTICIPACIÓN37
3	.1.1 Estado actual de la cuenca desde la percepción social40
3	.1.2 Conflictos socio – ambientales51
3	.1.3 Contaminación por vertimientos directos de aguas servidas58
3	.1.4 Contaminación por cocheras, galpones o corrales61
3	.1.5 Riesgos derivados del socavamiento de las orillas del río65
3	.1.6 Vertimiento de lixiviados producidos por el basurero67
3	.1.7 La relación entre la calidad del agua y la afectación a la salud humana69
3	.1.8 Resultados del diagnóstico participativo con comunidades indígenas y
а	frodescendientes presentes en el área de estudio90
IV.	DEFINICIÓN DE TRAMOS O SECTORES DE ANÁLISIS98





V. DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA CONCEPTUAL PARA LA MODEI	_ACIÓN DE
CALIDAD DE AGUA	101
5.1 SELECCIÓN DEL MODELO	103
5.1.1 Descripción del modelo QUAL2Kw v.5.1	104
VI. CENSO DE USUARIOS Y CONSOLIDACIÓN DE LA INFO	ORMACIÓN
(INVENTARIOS DE USUARIOS)	109
6.1 CONCESIONES DE AGUA	110
6.1.1. Concesiones de agua sobre el río Orito	110
6.1.2 Concesiones en los ríos Tributarios	113
6.1.2 Concesiones en los ríos Tributarios	115
6.2 Usuarios de vertimientos o aguas residuales	115
6.2.1 Vertimientos en el rio Orito	117
6.2.2 Vertimientos en los ríos Tributarios	117
6.3 OBRAS HIDRÁULICAS	119
6.4 MINERÍA LEGAL	122
6.5 MINERÍA ILEGAL	122
VII. DISEÑO Y EJECUCIÓN DEL PLAN DE MONITOREO	126
7.1 Visita de reconocimiento al río Orito	126
7.2 RED DE MONITOREO DEL RIO ORITO	129
7.2.1 Criterios para la selección de los sitios de monitoreo	130
7.2.2 Metodología para la definición de los puntos de medición	131
7.2.3 Campaña de monitoreo propuesta	132
7.2.4 Descripción de las campañas de monitoreo	136





VIII.	USOS EXISTENTES DEL RECURSO HÍDRICO	137
8.1 <i>A</i>	ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN Y TAMAÑO DE PREDIOS	137
8.2 (COBERTURA Y USO DEL SUELO	140
IX.	ESTIMACIÓN DE OFERTA HÍDRICA TOTAL	145
9.1 [DEFINICIÓN	145
9.2 (DBTENCIÓN DE INFORMACIÓN	145
9.2	2.1 Obtención de las unidades de suelos	148
9.2	2.2 Obtención de información hidrometeorológica	152
9.3 (CÁLCULO DE OFERTA HÍDRICA	197
X.	DENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA DEL A	ACUÍFEROS EN
LA C	CUENCA DEL RÍO ORITO	201
XI.	PERFILES DE CALIDAD ACTUAL DEL CUERPO DE AGUA	211
11.1	PRIMERA CAMPAÑA DE MONITOREO (ÉPOCA HÚMEDA)	213
11	.1.1 Características físico químicas medidas in situ	215
11	.1.2 Capacidad buffer y dureza	217
11	.1.3 Contaminación por materia orgánica carbonacea	219
11	.1.4 Contaminación por Nutrientes	221
	.1.5 Contaminación por organismos patógenos y solidos	
11	.1.6 Pesticidas y otras sustancias	225
	.1.7 Contenido de metales y metaloides	
11.2	CAMPAÑA 2 – CONDICIONES DE TIEMPO SECO	228
11	.2.1 Características fisicoquímicas medidas in situ	228
11	.2.2 Capacidad buffer y dureza	231





11.2.3 Contaminación por materia orgánica carbonacea	232
11.2.4 Contaminación por nutrientes	234
11.2.5 Contaminación por organismos patógenos y solidos	235
11.2.6 Pesticidas y otras sustancias	238
11.2.7 Contenido de metales y metaloides	240
XII. DETERMINACIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES	242
12.1 ANÁLISIS DE CARGAS CONTAMINANTES POR TRAMO DEL RÍO OF	RITO243
12.2 CARGAS CONTAMINANTES RIO QUEBRADÓN	245
12.3 Cargas contaminantes rio Caldero	246
12.4 Cargas contaminantes rio Yarumo	246
XIII. ESTIMACIÓN DE INDICES DE CALIDAD FISICO-QUIMICO E HIDRO 248	BIOLÓGICA
13.1 ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA	248
13.1.1. Datos de Calidad y Análisis Físico Químico época húmeda	253
13.1.2 Datos de Calidad y Análisis Físico Químico época seca	257
13.2 ÍNDICE DE RIESGO DE CALIDAD DE AGUA IRCA	263
13.2.1 Resultados del IRCA en época húmeda	263
13.2.2 Resultados de campaña de monitoreo época seca	268
13.3 ÍNDICES DE CALIDAD BIOLÓGICAS DEL AGUA DEL RÍO ORITO	271
13.3.1 Metodología	271
13.3.2 Resultados y análisis de la primera campaña (época húmeda)	279
13.3.3 Resultados y análisis de la segunda campaña (época seca)	289
13.3.4 Análisis comparativo entre las dos épocas de evaluación	305





XIV. DETERMINACIÓN DE CAUDAL AMBIENTAL
XV. CLASIFICACIÓN DE LOS USOS ACTUALES DEL AGUA313
XVI. ESTUDIO DE LA DEMANDA DE AGUA SUPERFICIAL318
16.1 DEMANDA PARA USO DOMÉSTICO318
16.2 DEMANDA PARA USO INDUSTRIAL
16.3 DEMANDA PARA USO PISCÍCOLA319
XVII. ESTIMACIÓN DE LA PRESIÓN SOBRE EL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL
17.1 ÍNDICE DE ESCASEZ322
17.2 ÍNDICE DE USO DEL AGUA326
XVIII. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA Y CONFLICTOS DERIVADOS DEL USO DEL RECURSO HÍDRICO
18.1 PROBLEMÁTICA RELACIONADA CON LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ORITO Y SUS TRIBUTARIOS332
18.2 PROBLEMÁTICAS RELACIONADA CON LA OFERTA Y DEMANDA DE AGUA334
18.3 PROBLEMÁTICA RELACIONADA CON LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL AGUA
18.4 CONFLICTO ASOCIADOS AL USO Y MANEJO DEL AGUA DESDE LA PERCEPCIÓN SOCIAL
XIX. PRODUCCIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRAFICA PARA EL PORH338





19.1 Consideraciones Técnicas Preliminares	338
19.2 Proceso de Producción Cartográfica	340
19.2.1 Definición del área de estudio	341
19.2.2 Consecución de información	343
19.2.3 Revisión y validación de información, control de calidad	344
19.2.4 Generación de cartografía	346
19.2.5 Elaboración de entregables	349
REFERENCIAS	352





LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Superficie ocupada por la cuenca en cada municipio22
Cuadro 2. Codificación IDEAM para la Subzona Hidrográfica Alto del Río Putumayo30
Cuadro 3. Zonificación hidrográfica de la cuenca del río Orito31
Cuadro 4. Parámetros morfométricos de la cuenca del río Orito35
Cuadro 5. Distribución de la población encuestada por zonas en el río Orito37
Cuadro 6. Eventos de socialización y diagnóstico participativo39
Cuadro 7. Personas entrevistadas por cada una de las zonas del río Orito39
Cuadro 8. Percepción de los encuestados de los impactos al río Orito y sus afluentes.42
Cuadro 9. Ranking de percepciones urbanas de impactos al río Orito y sus afluentes .49
Cuadro 10. Ranking de percepciones rurales de impactos al río Orito y sus afluentes .50
Cuadro 11. Ranking de percepciones en las veredas El 35, San Andrés, B. Aires y El
Paraíso de impactos al río Orito y sus afluentes52
Cuadro 12. Acciones de denuncia a la afectación de la Qda. La Silva adelantadas por la
comunidad55
Cuadro 13. Comparativo entre los ranking general, urbano y rural de percepciones de
impactos al río Orito y sus afluentes por vertimientos directos de aguas servidas58
Cuadro 14. Sistema de tratamiento de aguas servidas en la parte rural58
Cuadro 15. Fuentes captadoras de vertimiento de aguas servidas en la parte urbana de
Orito60
Cuadro 16. Qué tratamientos se realizan a las aguas sucias o negras en la parte urbana
60
Cuadro 17. Contaminación por cocheras, galpones o corrales61
Cuadro 18. Enfermedades asociadas al uso del agua de mala calidad en Orito entre el
2015 - 201769
Cuadro 19. Atención hospitalaria en Orito por enfermedades asociadas al agua en
población indígena y mestiza urbana y rural72
Cuadro 20. Atención hospitalaria por género, etnia, urbano y rural de enfermedades
asociadas al uso de agua de mala calidad74
Cuadro 21. Afluentes con mayor descarga de vertimientos en el sector urbano del
municipio de Orito
Cuadro 22. Atención hospitalaria rural por zonas para los años 2015, 2016 y 201786
Cuadro 23. Problemas y limitantes identificados por las comunidades indígenas
identificados en el río Orito91
Cuadro 24. Parámetros evaluados en el río Orito107
Cuadro 25. Número total de registros suministrados por CORPOAMAZONIA109
Cuadro 26. Relación de usuarios por actividad en el río Orito110





Cuadro 27. Concesiones industriales identificadas en el río Orito11	3
Cuadro 28. Relación de vertimientos en el río Orito11	7
Cuadro 29. Relación de obras hidráulicas verificadas en la cuenca del río Orito11	9
Cuadro 30. Relación de minería ilegal en la cuenca del río Orito12	2
Cuadro 31. Visita de reconocimiento sobre el río Orito	
Cuadro 32. Localización de los sitios de medición de la red de monitoreo del río Orito	Э.
13	2
Cuadro 33. Número de predios por municipio	
Cuadro 34. Número de predios por rango de tamaño13	8
Cuadro 35. Cobertura y uso de la tierra cuenca del río Orito14	
Cuadro 36.Unidades de suelos sobre la cuenca del río Orito14	9
Cuadro 37. Clasificación unidades de suelos por grupo hidrológico, cuenca río Orito 15	1
Cuadro 38. Precipitación total mensual estación meteorológica PTO CAICEDO	_
47010110 (Fuente: IDEAM, 2018)15	
Cuadro 39. Precipitación máxima en 24 horas estación meteorológica Puerto Caicedo	
47010110	
Cuadro 40. Precipitación máxima probable estación Puerto Caicedo15	
Cuadro 41. Modelo de ocurrencia de Iluvia máxima mensual estación Pto. Caicedo 16	
Cuadro 42. Precipitación mínima probable estación Pto. Caicedo16	
Cuadro 43. Precipitación total mensual estación meteorológica Churuyaco- 4702002	
Cuadro 44.Precipitación máxima en 24 horas estación meteorológica Churuyaco	
47020020	
Cuadro 45. Precipitación máxima probable Estación Churuyaco	
Cuadro 46. Modelo de ocurrencia de lluvia máxima mensual estación Churuyaco17	
Cuadro 47. Precipitación mínima probable Estación Churuyaco	
Cuadro 48. Precipitación mensual estación meteorológica El Picudo - 4701022017	
Cuadro 49. Precipitación máxima en 24 horas estación meteorológica El Picudo	
47010220	
Cuadro 50. Precipitación máxima probable estación El Picudo	
Cuadro 51. Modelo de ocurrencia de lluvia máxima mensual estación El Picudo179	
Cuadro 52. Precipitación mínima probable estación El Picudo	
Cuadro 53. Precipitación mensual estación meteorológica Santa Isabel - 4701023018	
Cuadro 54. Precipitación máxima en 24 horas estación meteorológica Snta Isabel	
47010230	
Cuadro 56. Modelo de ocurrencia de lluvia máxima mensual estación Sta. Isabel18	
Cuadro 55. Modeio de ocurrencia de lluvia maxima mensual estación Sta. Isabel 18. Cuadro 57. Precipitación mínima probable estación Santa Isabel18.	
Cuadro 58. Precipitación regionalizada sobre la cuenca río Orito por modelo Kriging. 19:	_





Cuadro 59.Cruce de coberturas terrestres y unidades de suelos sobre la cuenca d Orito	
Cuadro 60. CNLookUp con cruce de coberturas terrestres y unidades de suelos sob	
cuenca río Orito	195
Cuadro 61. Número de curva o CN obtenido para la cuenca río Orito	196
Cuadro 62. Oferta hídrica total río Orito por mes, 2017	
Cuadro 63. Oferta hídrica neta río Orito por mes, 2017	
Cuadro 64. Usos del agua subterránea del municipio de Orito	
Cuadro 65. Determinantes medidos in situ en la campaña 1	
Cuadro 66. Alcalinidad, pH y Dureza medidos en la campaña 1	217
Cuadro 67. Oxígeno disuelto, DBO5 y DQO medidos en la campaña 1	
Cuadro 68. Nutrientes medidos en la campaña 1	221
Cuadro 69. Organismos patógenos y sólidos medidos en la campaña 1	223
Cuadro 70. Análisis de Pesticidas	226
Cuadro 71. Análisis de otras sustancias, Campaña 1	226
Cuadro 72. Metales y metaloides detectados en la red de drenaje durante la campa	aña 1
	227
Cuadro 73. Determinantes medidos in situ en la campaña 2	229
Cuadro 74. Alcalinidad, pH y Dureza medidos en la campaña 2	231
Cuadro 75. Oxígeno disuelto, DBO5 y DQO medidos en la campaña 2	232
Cuadro 76. Nutrientes medidos en la campaña 2	235
Cuadro 77. Organismos patógenos y sólidos medidos en la campaña 2	236
Cuadro 78. Análisis de los Pesticidas, Campaña 2	239
Cuadro 79. Análisis de otras sustancias, Campaña 2	239
Cuadro 80. Metales y metaloides detectados en la red de drenaje durante la campa	aña 2
Cuadro 81. Oferta hídrica neta río Orito por mes, 2017	243
Cuadro 82. Resultados de los parámetros exigidos por el decreto 2667 de 2012	245
Cuadro 83. Variables y ponderaciones para el caso de 5 variables	252
Cuadro 84. Variables y ponderaciones para el caso de 6 variables	252
Cuadro 85. Variables y ponderaciones para el caso de 7 variables	252
Cuadro 86. Calificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA	253
Cuadro 87. Resultados Parámetros Fisicoquímicos evaluados sobre el cauce princi	ipal y
tributarios del río Orito	254
Cuadro 88. Índice de Calidad de Agua (ICA) estaciones de monitoreo 2018 c	on 6
variables	255
Cuadro 89. Resultados Parámetros Fisicoquímicos evaluados sobre el cauce princi	ipal y
tributarios del río Orito	257





Cuadro 90. Índice de Calidad de Agua (ICA) estaciones de monitoreo 2018 con variables
Cuadro 91. Puntaje de riesgos de las características físico-químicas y microbiológica
para determinar el IRCA, de acuerdo a la Resolución 2115 de 2007263
Cuadro 92. Clasificación del IRCA, 2018
Cuadro 93. Resultados del IRCA para la cuenca del río Orito temporada húmeda 26-
Cuadro 94. Resultados del IRCA para la cuenca del río Orito época seca27
Cuadro 95. Información geográfica estaciones de monitoreo río Orito27
Cuadro 96. Puntaje de cada familia de macroinvertebrados acuáticos para el cálculo de
índice BMWP/Col
Cuadro 97. Categorías de calidad de agua según el BMWP/Col, Roldán, 2003278
Cuadro 98. Clasificación taxonómica de la comunidad perifítica en las estaciones de
monitoreo río Orito
Cuadro 99. Índices de diversidad comunidad perifítica
Cuadro 100. Clasificación taxonómica de la fauna bentónica en las estaciones de
monitoreo río Orito
Cuadro 101. Índices de diversidad de la fauna bentónica28
Cuadro 102. Clasificación taxonómica de la comunidad perifítica en las estaciones de
monitoreo río Orito
Cuadro 103. Índices de diversidad comunidad perifítica29
Cuadro 104. Clasificación taxonómica de la fauna bentónica en las estaciones río Orito
29
Cuadro 105. Índices de diversidad de la fauna bentónica
Cuadro 106. Caudales captados, según uso y fuente hídrica, cuenca río Orito314
Cuadro 107. Uso del agua por tramos o sectores de la cuenca del río Orito31
Cuadro 108. Metodología índice de escasez, IDEAM, 2010323
Cuadro 109. Índice de escasez, sector 1324
Cuadro 110. Índice de escasez, sector 2
Cuadro 111. Índice de escasez, sector 3
Cuadro 112. Rangos y categorías del Índice de uso del agua329
Cuadro 113. Problemática relacionada con la calidad del agua por tramos o sectores de
río Orito
Cuadro 114. Conflictos del agua asociados al uso y manejo desde la percepción socia
330
Cuadro 115. Orígenes y Zonas Magna
Cuadro 116. Fuentes de información y entidades que deben ser consultadas343





LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la Cuenca del río Orito
Figura 2. Divisoria de aguas24
Figura 3. Codificación de la dirección del flujo. Fuente: Jenson y Dominguez, 198825
Figura 4. Delimitación área de estudio26
Figura 5. Diferencias encontradas en la delimitación manual y automática27
Figura 6. Modelo de Elevación Digital ALOS PALSAR, de la cuenca del río Orito28
Figura 7. Cambio de forma de la curva hipsométrica con la edad del río32
Figura 8. Mapa de zonificación hidrográfica de la cuenca del río Orito, departamento de
Putumayo33
Figura 9. Mapa hipsometría del río Orito34
Figura 10. Perfil longitudinal del río Orito35
Figura 11. Afluentes del río Orito con mayores cargas contaminantes43
Figura 12. Recorrido de la Quebrada El Sábalo por el casco urbano y la parte suburbana
de Orito44
Figura 13. Recorrido de la Quebrada La Danta por el noroccidente del casco urbano de
Orito
Figura 14. Recorrido de la Quebrada Loco William por la zona centro - occidente del casco
urbano de Orito45
Figura 15. Recorrido de la Quebrada La Mojarra sobre el nor-oriente del casco urbano de
Orito
Figura 16. Recorrido de la quebrada San Martín por la parte sur del casco urbano de Orito
46
Figura 17. Localización aproximada de las concesiones para la extracción de material de
río y balastreras ilegales en la parte norte del casco urbano47
Figura 18. Localización aproximada de las concesiones para la extracción de material de
río en la parte norte y sur del casco urbano y suburbano de Orito48
Figura 19. Ubicación de trituradora ilegal sobre la orilla del río Orito en el Caldero Sector
Turístico, sobre vuelo con drone, 201548





Figura 20. Ubicación de micro y medianas empresas porcícolas con reportes de
afectación a cauces, Google Earth, 201849
Figura 21. Vista aérea de las plantas de tratamiento de Servipetrol (superior izquierda) e
Inspectrol (derecha) en la vereda El 35, sobre vuelo con drone 15 de junio de 201851
Figura 22. Recorrido Qda. La Silva y puntos de reportes de afectación, información
cartográfica recogidos en la comunidad, junio 201853
Figura 23. Planta de tratamiento de aguas residuales en la vereda El Paraíso59
Figura 24. Vista aérea de la Finca La Esperanza en la vereda La Venada, sobre vuelo
con drone 15 de junio de 2018. Fuente: ASONOP, 201863
Figura 25. Cochera Adolfo Riascos en la vereda El Caldero
Figura 26. Finca La Granja en le vereda Monserrate64
Figura 27. Socavamiento de las orillas a la altura de la vereda Buenos Aires66
Figura 28. Socavamiento de las orillas a la altura de la vereda Buenos Aires66
Figura 29. Ubicación del relleno sanitario en la vereda El 35, sobre vuelo con drone 16
de junio de 201867
Figura 30. Diagnostico social, síntesis puntos de interés ambiental68
Figura 31. Zonificación para presentar la morbilidad asociada a la calidad del agua para
el consumo humano76
Figura 32. Personas por cada 100 habitantes atendidas en por consulta externa en el
hospital en el año 201577
Figura 33. Personas por cada 100 habitantes atendidas en por urgencias en el hospital
en el año 2015
Figura 34. Atención hospitalaria asociada a la calidad del agua para consumo humano
años 2015, 2016 y 201779
Figura 35. Personas por cada 100 habitantes atendidas en por hospitalización en el
hospital en el año 201580
Figura 36. Personas por cada 100 habitantes atendidas por consulta externa en el
hospital en el año 201681
Figura 37. Personas por cada 100 habitantes atendidas por urgencias en el hospital en
el año 201682





Figura 38. Personas por cada 100 habitantes atendidas por hospitalización en el hosp	
en el año 2016	.82
Figura 39. Personas por cada 100 habitantes atendidas por consulta externa en	el
hospital en el año 2017	.83
Figura 40. Personas por cada 100 habitantes atendidas por urgencias en el hospital	en
el año 2017	.83
Figura 41. Personas por cada 100 habitantes atendidas por hospitalización en el hosp	ital
en el año 2017	.84
Figura 42. Número de casos atendidos por el hospital local de Orito de enfermedad	sek
asociadas a la calidad del agua por zonas en el año 2015	.86
Figura 43. Número de casos atendidos por el hospital local de Orito de enfermedado	sek
asociadas a la calidad del agua por zona en el año 2016	.87
Figura 44. Número de casos atendidos por el hospital local de Orito de enfermedado	sek
asociadas a la calidad del agua por zona en el año 2017	.89
Figura 45. Síntesis de los principales problemas	.97
Figura 46. Tramos de estudio en el río Orito	100
Figura 47. Proceso de simulación de una corriente hídrica superficial	103
Figura 48. Mapa de concesiones río Orito	114
Figura 49. Mapa de vertimientos río Orito	118
Figura 50. Mapa de pozos petroleros en la cuenca del río Orito	124
Figura 51. Mapa de concesiones de minería de arrastre1	125
Figura 52. Ubicación Final Puntos de Monitoreo1	135
Figura 53. Distribución predial de la cuenca del río Orito1	139
Figura 54. Mapa de cobertura y uso de la tierra cuenca del río Orit	144
Figura 55. Unidades de suelos sobre la cuenca del río Orito1	150
Figura 56. Insumo grupo hidrológico de suelos sobre la cuenca río Orito	152
Figura 57. Precipitación anual sobre cuenca río Orito, modelo IDW	191
Figura 58. Precipitación anual sobre cuenca río Orito, modelo Kriging	191
Figura 59. Precipitación anual sobre cuenca río Orito, modelo Spline	192
Figura 60. Número de curva de escorrentía CN sobre la cuenca río Orito	197





Figura 61. Toma de muestras de agua en la zona alta, puntos 1 (sector El Ve	rde,
izquierda) y punto 2 (Resguardo Alto Orito, derecha)	214
Figura 62. Toma de muestras de agua en tributarios: río Yarumo (izquierda) y Quebra	ıdór
(Derecha).	214
Figura 63. Índice de calidad del Agua ICA año 2018, época húmeda	260
Figura 64. Índice de calidad del Agua ICA año 2018, época seca	261
Figura 65. Resultados IRCA época húmeda río Orito	267
Figura 66. Resultados IRCA época seca rio Orito	270
Figura 67. Toma de muestras de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos	272
Figura 68. Toma de muestras de la comunidad perifítica	273
Figura 69. Resultados Índice BMWP río Orito	304
Figura 70. Resultados Índice de escasez río Orito	327
Figura 71. Distribución de planchas IGAC de acuerdo a los orígenes y zonas Magna	339
Figura 72. Flujograma "Proceso de producción cartográfica"	341
Figura 73. Delimitación de divisorias de aguas	342
Figura 74. Organización de grupos temáticos en el Modelo de Datos del IGAC	349
Figura 75. Organización de grupos temáticos en el Modelo de Datos de la ANLA	349
Figura 76. Planchas escala 1:25.000 que cubren el área de estudio	351





LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Atención hospitalaria para las comunidades indígenas entre el 2015 y el 2017
por enfermedades asociadas al uso de agua de mala calidad72
Gráfica 2. Atención hospitalaria para población mestiza rural entre el 2015 y el 2017 por
enfermedades asociadas al uso de agua de mala calidad73
Gráfica 3. Atención hospitalaria para población mestiza rural entre el 2015 y el 2017 por
enfermedades asociadas al uso de agua de mala calidad73
Gráfica 4. Estructura poblacional rural de Orito según el SISBEN74
Gráfica 5. Atención hospitalaria por género, etnia, urbano y rural de enfermedades
asociadas al uso de agua de mala calidad75
Gráfica 6. Atención hospitalaria casco urbano por enfermedades asociadas a la calidad
del agua 2015 – 201785
Gráfica 7. Atención hospitalaria rural por zonas para los años 2015, 2016 y 201789
Gráfica 8. Distribución de caudales concesionados en la cuenca hidrográfica del río Orito.
112
Gráfica 9. Distribución de concesiones por actividad en la cuenca hidrográfica del río Orito
112
Gráfica 10. Distribución de caudales de vertimientos en la cuenca hidrográfica del río
Orito
Gráfica 11. Distribución de caudales vertidos por actividad en la cuenca hidrográfica del
río Orito
Gráfica 12. Balanceo bi-dimensional pluviométrica estación meteorológica PTO
CAICEDO - 47010110. Fuente: IDEAM, 2018
Gráfica 13. Serie histórica de precipitación total mensual multianual157
Gráfica 14. Serie histórica de días totales de precipitación mensual multianual158
Gráfica 15. Balanceo bi-dimensional pluviométrica estación meteorológica Churuyaco-
47020020, Fuente: IDEAM, 2018167
Gráfica 16. Serie histórica de precipitación total mensual multianual168
Gráfica 17. Serie histórica de días totales de precipitación mensual multianual169





Gráfica 18. Balanceo bi-dimensional pluviométrica estación meteorológica EL PICUDO -
47010220176
Gráfica 19. Serie histórica de precipitación total mensual multianual177
Gráfica 20. Balanceo bi-dimensional pluviométrica estación meteorológica Santa Isabel –
47010230, Fuente: IDEAM, 2018185
Gráfica 21. Serie histórica de precipitación total mensual multianual186
Gráfica 22. Serie histórica de días totales de precipitación mensual multianual187
Gráfica 23. Oferta hídrica total río Orito por mes, 2017
Gráfica 24. Precipitación promedio multianual213
Gráfica 25. Perfiles longitudinales en el río Orito de: Caudal y Temperatura, Campaña 1.
216
Gráfica 26. Perfiles longitudinales en el río Orito de: pH. Campaña 1219
Gráfica 27. Perfiles longitudinales en el río Orito de: Oxígeno disuelto, DBO5 y DQO.
Campaña 1
Gráfica 28. Perfiles longitudinales en el río Orito de: SST, Coliformes Totales y Coliformes
fecales termotolerantes. Campaña 1225
Gráfica 29. Perfiles longitudinales en el río Orito de: Caudal y Temperatura. Campaña 2.
230
Gráfica 30. Perfil longitudinal en el río Orito de: pH. Campaña 2232
Gráfica 31. Perfiles longitudinales en el río Orito de: Oxígeno disuelto, DBO5 y DQO.
Campaña 2
Gráfica 32. Perfiles longitudinales en el río Orito de: SST, Coliformes Totales y Coliformes
fecales termotolerantes. Campaña 2237
Gráfica 33. ICA 2018, Puntos monitoreo tributarios del río Orito256
Gráfica 34 Porcentaje de abundancia de los phylum de la comunidad perifítica reportados
en las estaciones de monitoreo de río Orito
Gráfica 35. Similitud de Bray Curtis para la comunidad perifítica río Orito283
Gráfica 36. Correlación canónica comunidad perifítica284
Gráfica 37. Porcentaje de abundancia de los órdenes de la fauna bentónica reportados
en las estaciones de monitoreo de río Orito





Gráfica 38. Similitud de Bray Curtis para la fauna bentónica río Orito	288
Gráfica 39. Similitud de Bray Curtis para la fauna bentónica río Orito	289
Gráfica 40. Porcentaje de abundancia de los phylum de la comunidad perifítica	
reportados en las estaciones de monitoreo de río Orito	293
Gráfica 41. Similitud de Bray Curtis para la comunidad perifítica río Orito	294
Gráfica 42. Correlación canónica comunidad perifitica	295
Gráfica 43. Porcentaje de abundancia de los órdenes de la fauna bentónica reporta	ados
en las estaciones de monitoreo de río Orito.	300
Gráfica 44. Similitud de Bray Curtis para la fauna bentónica río Orito	302
Gráfica 45. Correlación canónica comunidad de macroinvertebrados acuáticos	303
Gráfica 46. Variación temporal índice de diversidad río Orito	306
Gráfica 47. Variación temporal BMWP/Col y ASPT río Orito	307
Gráfica 48. Caudal Ambiental río Orito, sector El Verde	312
Gráfica 49. Caudal Ambiental río Orito, sector Balastrera km 10	312
Gráfica 50. Caudal Ambiental río Orito, sector confluencia con río Putumayo	312
Gráfica 51. Índice de Uso del Agua en el río Orito, Tramo 2	330
Gráfica 52 Índice de Uso del Agua en el río Orito, Tramo 3	330





INTRODUCCION

La presente fase se constituye en la base de información que permite conocer el estado actual del recurso hídrico del río Orito, mediante una caracterización inicial, dentro de la cual se realizó actividades de implementación del proceso participativo, definición de los tramos o sectores de análisis, definición de la estructura conceptual para la modelación de la calidad de agua; un Trabajo de campo, dentro del cual se abordaron las siguientes actividades: Censo de usuarios, diseño y ejecución del plan de monitoreo; y la Construcción de línea base, que permitió consolidar el uso existente del recurso hídrico, estimar la oferta hídrica total y oferta hídrica disponible, los indicadores de estado, la identificación de zonas de recarga de acuíferos, la elaboración de perfiles de calidad actual de cada cuerpo de agua, estimación de índices de calidad físico-química e hidrobiológica del agua, clasificación de los usos actuales, estimación de la demanda de agua, estimación de la presión sobre el recurso hídrico superficial, estimación de cualitativa de los riesgos asociados al estado-presión actual sobre el recurso hídrico, análisis de la problemática y conflictos derivados del uso del recurso hídrico.

Es de destacar que en esta fase, se contó con el apoyo y la colaboración de comunidades 26 comunidades indígenas, 7 consejos comunitarios, 150 participantes pertenecientes a comunidades urbanas, rurales, gremios, entre otros, y de las instituciones locales como funcionarios de las alcaldías de Orito, Puerto Asís y Puerto Caicedo, quienes proporcionaron información, realizaron el acompañamiento en las jornadas de campo y participaron activamente en los talleres de diagnóstico sobre el estado del recurso hídrico en cada sector del río.

En el caso de la información relacionada con el censo de usurarios, fue sistematizada en el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) formato aprobado mediante Resolución 955 de 2012, y que contiene la información de personas naturales y jurídicas que hacen uso del recurso hídrico y la información de tipo administrativa y técnicas





relacionada con el agua. Con esta herramienta la Autoridad Ambiental Competente podrá ejercer el control necesario y hacer seguimiento posterior sobre el uso de este recurso.

Por otra parte, toda la información relacionada con los puntos de monitoreo de oferta, demanda y calidad del recurso hídrico del río Orito, así como información climática y de uso del suelo fueron soportadas con la cartografía pertinente, la cual fue construida teniendo en cuenta los lineamientos generales del IGAC y los definidos específicamente por CORPOAMAZONÍA para este tipo de estudios.





I. LOCALIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA CUENCA

1.1 LOCALIZACIÓN

El área de estudio corresponde a la cuenca del río Orito, se localiza en jurisdicción de los municipios de Orito, Puerto Caicedo y Puerto Asís, todos estos municipios pertenecientes al departamento de Putumayo (Figura 1). El cuadro 1 presenta la extensión superficial de la cuenca en cada uno de los tres municipios mencionados.

Cuadro 1. Superficie ocupada por la cuenca en cada municipio

Municipio	Área	Porcentaje
	(Ha)	
Orito	90.233	97,6
Puerto Asís	1.022	1,1
Puerto Caicedo	1.166	1,3
Total	92. 421	100%

1.2 DELIMITACIÓN DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA

Para establecer la delimitación definitiva de la cuenca del río Orito, se realizaron una serie de análisis geográficos que permitieron cartografiar el conjunto de líneas divisorias de aguas que conforman el perímetro de la cuenca y la separación de las cuencas vecinas. Para este fin inicialmente se realizó la adquisición de los siguientes insumos cartográficos:

- 1. Red hídrica a escala 1:25.000, fuente Base cartográfica IGAC
- 2. Curvas de nivel a escala 1:25.000, fuente Base cartográfica IGAC
- Modelo Digital de Elevación -DEM- resolución espacial de 12.5 metros, fuente Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial JAXA





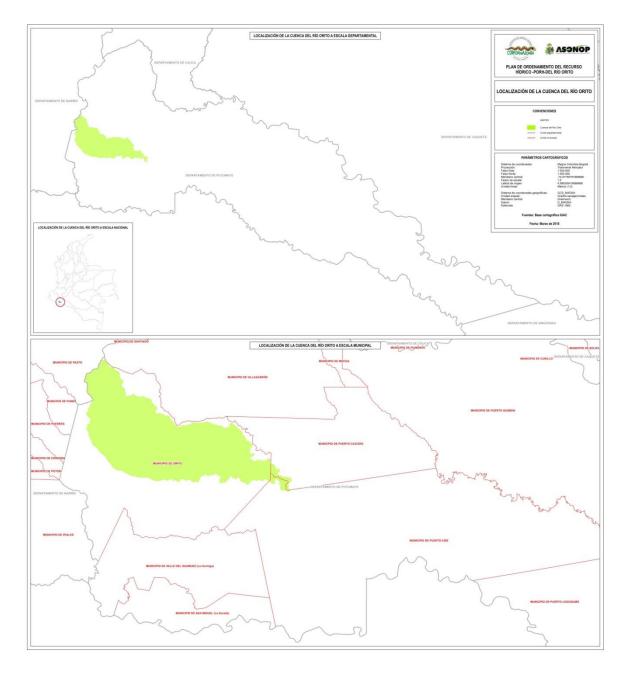


Figura 1. Localización de la Cuenca del río Orito

Una vez obtenidos estos insumos y contando con el trabajo conjunto del profesional Especialista en Hidrología y del Experto SIG, se realizó el trazado de la delimitación a partir del análisis geográfico en el que fueron empleados los tres insumos cartográficos ya citados. Los criterios de análisis que se emplearon fueron los siguientes:





- 1. Identificación del drenaje principal, en este caso el río Orito y su desembocadura.
- 2. Identificación de la red hídrica de tributarios que drenan al drenaje principal.
- 3. Identificación de la red hídrica localizada en las cuencas vecinas con que limita la cuenca del río Orito.
- 4. Análisis cartográfico del relieve empleando curvas de nivel y DEM.
- 5. Trazado de divisorias de aguas. Estas se definen como aquellas líneas en las cuales el agua lluvia que cae a cada lado de la divisoria termina siendo recogida por los ríos principales de dos diferentes cuencas.

La figura 2, muestra un ejemplo de la divisoria de aguas (línea negra). Se puede apreciar como a lado y lado de esta divisoria las aguas lluvias drenan en direcciones contrarias definiendo dos redes hídricas (líneas azules) que corresponden a dos diferentes cuencas. La interpretación cartográfica del relieve y las geoformas, a través de las curvas de nivel (líneas de color anaranjado), permite ver que la divisoria de aguas se encuentra trazada de tal forma que recorre los puntos más altos del área mapeada lo que indica que dicha divisoria de aguas corresponde a un filo montañoso.

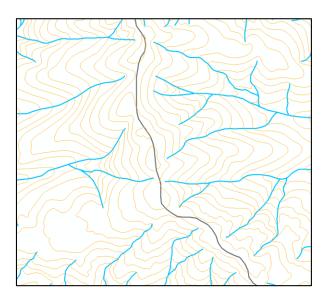


Figura 2. Divisoria de aguas





A fin de realizar una correcta demarcación del área de estudio y en un ejercicio complementario de la delimitación manual, se apoyó en herramientas SIG, que permiten obtenerse de manera automática, siguiendo un criterio objetivo, todo esto regido de una verificación al detalle, contrastando los datos obtenidos por ambos métodos.

La delimitación automática de una unidad hidrográfica se basa en generar un raster de direcciones de flujo, para proceder con uno de acumulaciones de flujo, de tal manera que se calcule el área drenante superficial hasta un punto de cierre común. Este proceso se realiza mediante el uso de modelos de elevación digital (DEM), que para nuestro caso de estudio se utilizó un modelo de resolución espacial de 12.5 metros generado por el satélite ALOS, mediante un sensor PALSAR (ALOS PALSAR).

La dirección de flujo superficial de una celda es sujeta a la relación espacial que maneja con las celdas adyacentes a esta, esta relación es la que rige el comportamiento de cómo se genera el flujo desde cada celda hasta su vecina o vecinas con pendiente descendente, para esto existen diferentes metodologías como lo son D8, Dirección de flujo múltiple (MFD), D-Infinity (DINF), Rho8, FD8, KRA, DEMON, entre otros.

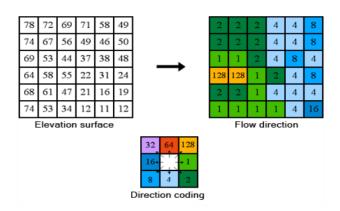


Figura 3. Codificación de la dirección del flujo. Fuente: Jenson y Dominguez, 1988

En la actualidad el método más usado en el entorno SIG, corresponde al modelo de flujo de 8 direcciones (D8), el cual modela la dirección del flujo desde cada celda hasta su





vecina con la pendiente descendente más empinada, como queda representado en la figura 3.

En la implementación de este modelo aparecen algunos problemas que deben ser resueltos antes de la estimación de las direcciones de drenaje, y que se presentan cuando no se tiene una celda adyacente más baja hacia la cual drenar. Estos problemas ocurren en todos los DEM y se asocian a errores de medición, fallas en la interpolación, y problemas de resolución, (Jenson y Domínguez, 1988).

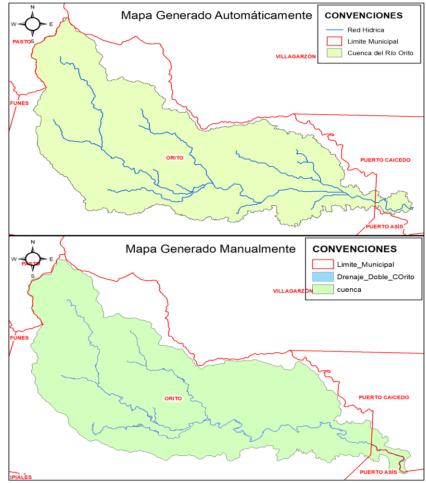


Figura 4. Delimitación área de estudio





Como se puede observar en la figura 4, se evidencian diferencias en la delimitación de la unidad hidrográfica, especialmente en la parte baja de la cuenca, esto se debió a que en esta área, la topografía corresponde a zonas de llanura, las cuales no logran ser representadas correctamente por el DEM, debido a su resolución espacial, motivo por el cual las direcciones de flujo generadas automáticamente presentan sectores completamente rectos con longitudes muy extensas (Figura 5 A). De igual manera la delimitación de la divisoria de aguas en estos sectores no es muy acorde a la base hidrográfica que se posee el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), ya que corta varios drenajes y el punto de cierre de la unidad hidrográfica, en donde se encuentra su desembocadura con el río Putumayo, no corresponde al real (Figura 5).

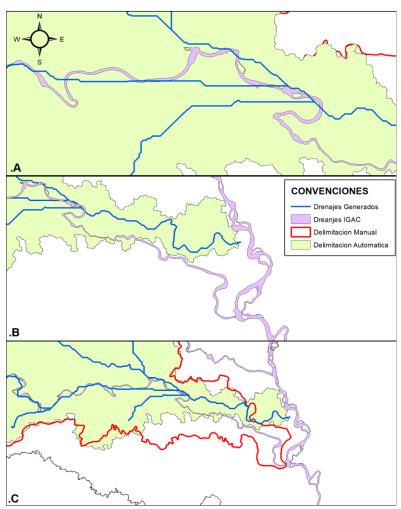


Figura 5. Diferencias encontradas en la delimitación manual y automática





De acuerdo a lo mencionado anteriormente, se decidió hacer uso de la delimitación manual, realizando correcciones de los drenajes con ayuda de Ortofotos de la cuenca y verificando la divisoria de aguas en los sectores de alta pendiente mediante la delimitación generada automáticamente.

En cuanto al DEM con el que se trabajó, corresponde al generado por la misión del Satélite ALOS, de la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA) el cual en términos hidrológicos y para el caso específico de la cuenca del rio Orito, posee una buena resolución espacial (12.5 metros), suficiente para la escala a la cual se pretende desarrollar el estudio sobre el rio Orito. Además, este DEM cuenta con una continuidad y cobertura del 100% del área de estudio y no posee discontinuidades o presencia de datos faltantes en algunas celdas.

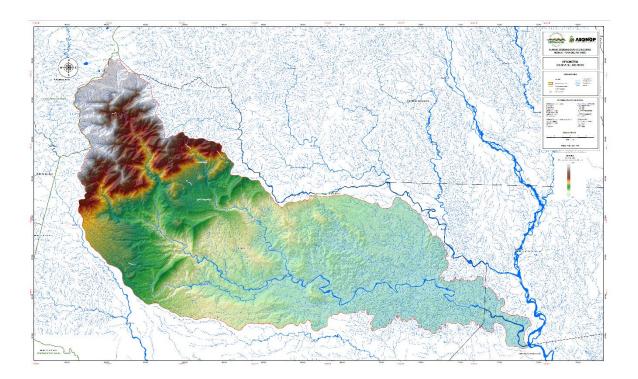


Figura 6. Modelo de Elevación Digital ALOS PALSAR, de la cuenca del río Orito





Con el tratamiento anterior de la información geográfica, la cuenca del río Orito cuenta con un área de 92.676 hectáreas, cuya extensión territorial se encuentra entre las coordenadas 77°7'28.18"W; 0°56'10.26"N y 76°35'59.90W; 0°36'4.63"N. El área de drenaje de la cuenca del rio Orito concluye en las coordenadas 76°35'59,33"W; 0°36'4,95"N, en donde desemboca al rio Putumayo. El río Orito en su área de estudio tiene una longitud de 108.7 Km, teniendo como afluentes principales los ríos: El Caldero, El Quebradón, El Yarumo, Agua Blanca, entre otros.





II. CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS DEL RÍO ORITO

2.1 ZONIFICACIÓN HIDROGRÁFICA A NIVEL NACIONAL

Con respecto a la zonificación hidrográfica a nivel nacional, establecida por el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM-, la cuenca del río Orito se localiza en la Subzona Hidrográfica -SZH- Alto río Putumayo.

Teniendo en cuenta esta zonificación, dicha SZH corresponde a la clasificación y codificación hidrográfica descrita en el cuadro 2.

Cuadro 2. Codificación IDEAM para la Subzona Hidrográfica Alto del Río Putumayo

AH	Nombre del Área	ZH	Nombre de la Zona	SZH	Nombre de la
	Hidrográfica Hidrográfica		Subzona		
					Hidrográfica
4	Amazonas	47	Putumayo	4701	Alto Río Putumayo

2.2 ZONIFICACIÓN HIDROGRÁFICA DE LA CUENCA DEL RÍO ORITO

La cuenca del río Orito se divide en subcuencas que tributan al curso natural. Dentro de los afluentes principales están los ríos Caldero, Yarumo, Quebradón, El Espingo, Agua Blanca, Agua Negra. En el cuadro 3 se listan las subcuencas con su respectiva área y longitud del curso de agua y se representa en la figura 7:





Cuadro 3. Zonificación hidrográfica de la cuenca del río Orito

Subcuenca	Área (ha)	Longitud (km)
Subcuenca Río Yarumo	5527,56	54,82
Subcuenca Baja Río Orito	17254,14	115,98
Subcuenca Río Quebradón	8222,62	64,31
Subcuenca Media Río Orito	13094,18	73,78
Subcuenca Quebrada el Espingo	2510,85	31,61
Subcuenca Río Agua Blanca	12396,03	56,14
Subcuenca Río Caldero	12823,35	61,92
Subcuenca Alta Río Orito	20847,93	67,66

2.3 PARÁMETROS Y COEFICIENTES MORFOMÉTRICOS ESTIMADOS

A continuación, se realizará el cálculo de los parámetros morfométricos de la cuenca del rio Orito, a partir del modelo de elevación digital:

Curva hipsométrica

La curva hipsométrica representa la variación relativa de la altura de la cuenca (h/H) con el área drenada (a/A) (figura 7). También podría verse como la variación media del relieve de la hoya. Las curvas hipsométricas están asociadas con las edades de los ríos. Se construye llevando al eje de las abscisas los valores de la superficie drenada proyectada en km² o en porcentaje, obtenida hasta un determinado nivel, el cual se lleva al eje de las ordenadas, generalmente en metros.





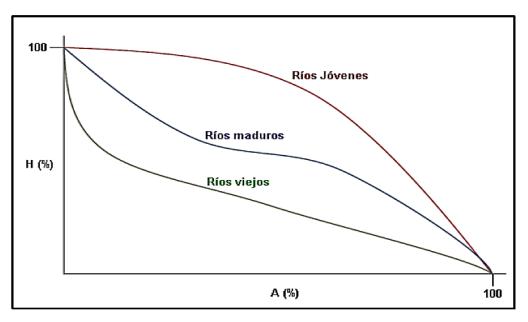


Figura 7. Cambio de forma de la curva hipsométrica con la edad del río





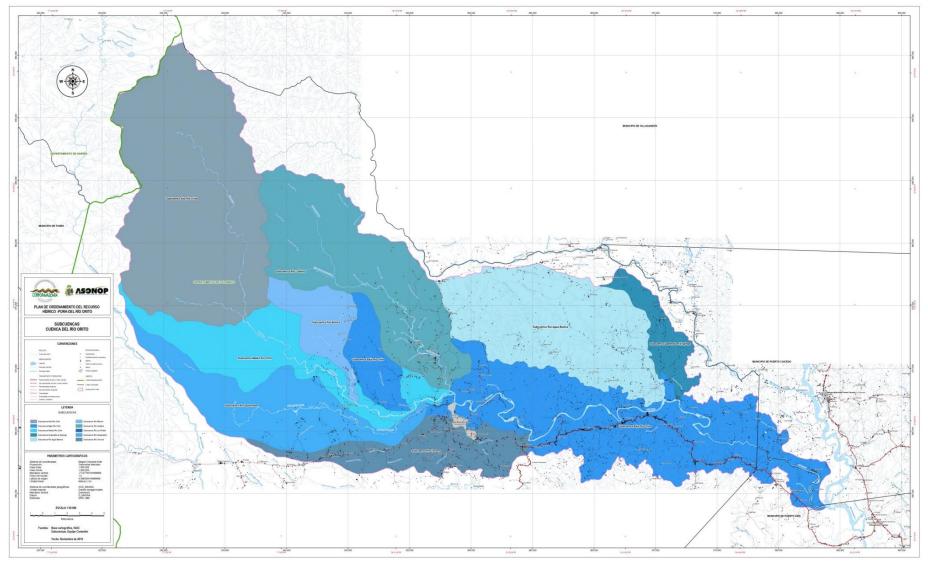


Figura 8. Mapa de zonificación hidrográfica de la cuenca del río Orito, departamento del Putumayo





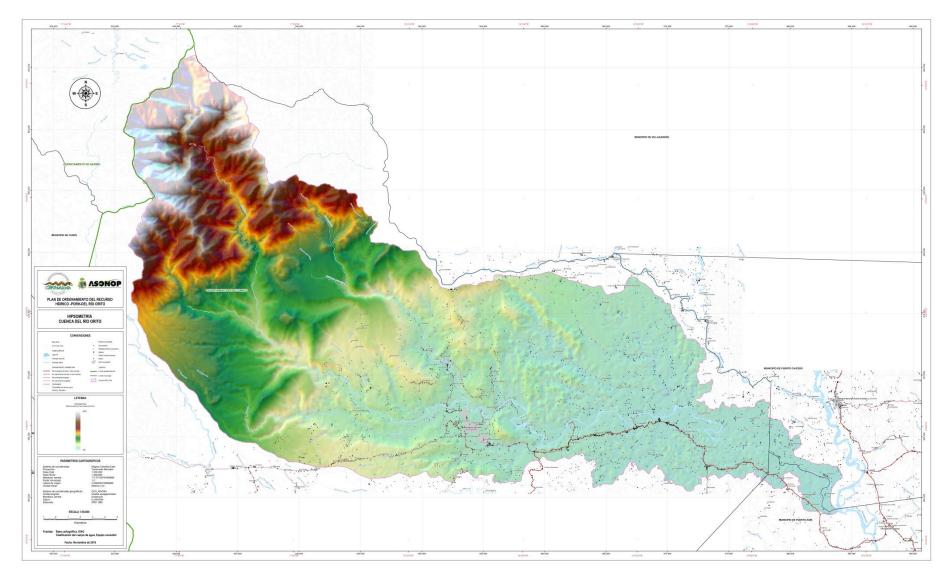


Figura 9. Mapa hipsometría del río Orito





Perfil longitudinal

El perfil longitudinal de un río es la línea obtenida al representar las diferentes alturas desde su nacimiento a su desembocadura.

Generalmente los ríos tienen un perfil longitudinal cóncavo, aunque en ocasiones aparecen partes aplanadas y abruptas a causa de afloramientos de rocas duras, actividad tectónica reciente o cambios súbitos en el canal.

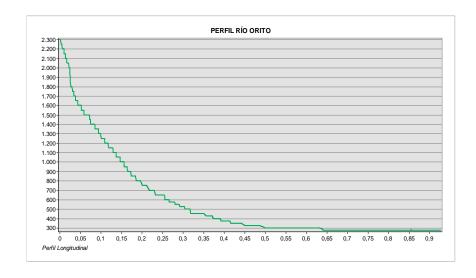


Figura 10. Perfil longitudinal del río Orito

A continuación, se presenta el cuadro 4 de los parámetros y coeficientes morfométricos calculados para el río Orito:

Cuadro 4. Parámetros morfométricos de la cuenca del río Orito

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Área (AC)	km2	926,76
Perímetro (P)	Km	201,839
Cota de nacimiento	Msnm	2351





PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Cota de salida	Msnm	276
Longitud del cauce (L)	Km	102,942
Longitud de la cuenca (Lc)	Km	108,579
Pendiente Media del Cauce	m/m	0,020
Ancho de la cuenca (w)	Km	8,514
Pendiente media de la cuenca	m/m	0,271
Elevación media de la cuenca	M	858,947
COEFICIENTES MORFOMÉTI	RICOS	
Longitud mayor (Le)	Km	90,690
Longitud menor (le)	Km	10,194
Factor de forma (Kf)	-	0,112
Índice de alargamiento (la)	-	12,753
Coeficiente de compacidad	-	1,872

Los anteriores parámetros demuestran que la cuenca en relación a la categoría de forma tiende a ser alargada, frente a ello y relacionando con las cotas máxima y mínima de altura, la cuenca no representa niveles altos de inundación. Sin embargo, la parte baja de la cuenca donde están las cotas de salida se encuentran por debajo de los 300 msnm, presentando una topografía llana y una alta densidad de drenaje, dando lugar a problemas recurrentes de inundación, representando riesgos para las comunidades asentadas al margen del río principalmente, así como también ha afectado a la actividad productiva de la zona.

Esta condición de llanura de los ríos y anegación en temporadas de lluvia, es normal en la región amazónica, situación que requiere del manejo de las zonas de inundación, delimitación de las rondas de los ríos y definir un plan de prevención y control de riesgos para evitar pérdidas humanas o económicas.





III. CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE PARTICIPACIÓN

En este capítulo se recoge el resultado del análisis hecho con la participación de actores sociales que habitan la cuenca del río Orito y sus principales afluentes.

Se utilizaron tres estrategias para la recolección de la información primaria:

1. La aplicación de 819 encuestas a igual número de personas en toda la cuenca del río Orito. Para ello se organizó el río en tres partes: la cuenca alta, la media y la baja. El objetivo principal es definir unas áreas de análisis que puedan evidenciar con mayor claridad y rigor los comportamientos y las relaciones que existen entre actores, actividades y afectaciones a la calidad, cantidad y la dinámica hidrológica y ecológica del río Orito (ver cuadro 5).

Cuadro 5. Distribución de la población encuestada por zonas en el río Orito

ZONAS CUENCA	VEREDA, RESGUARDO O BARRIO	CANTIDAD	PORCENTAJE	TOTAL				
	Resguardo Alto Orito	0	0,00%					
	Resguardo Simorna	0	0,00%					
	Vereda Rio Blanco	1	0,12%					
æ	Vereda Monserrate	30	3,66%					
alta	Vereda Quebradón	30	3,66%	110				
<u>a</u>	Vereda Las Acacias	1	0,12%	13.4%				
Zona	Vereda Silvania	10	1,22%	13.470				
14	Vereda La Florida	9	1,10%					
	Vereda La Palmira	1	0,12%					
	Vereda San Juan de las Palmeras	28	3,42%					
_	Vereda Mirador Pepino	0	0,00%					
Zona media	Vereda Alto Mirador	16	1,95%	494				
	Vereda Mirador Sector Alto	3	0,37%	60.3%				
_	Vereda La Sardina	3	0,37%					





ZONAS	VEREDA, RESGUARDO O	CANTIDAD	DODOENITA IE	TOTAL
CUENCA	BARRIO	CANTIDAD	PORCENTAJE	TOTAL
	Vereda El Caldero	33	4,03%	
	Sector turístico El Caldero	6	0,73%	
	Barrio El Jardín	10	1,22%	
	Barrio Villaflor	39	4,76%	
	Barrio Las Colinas	38	4,64%	
	Barrio Colombia	15	1,83%	
	Barrio La Floresta	29	3,54%	
	Barrio Los Pinos	18	2,20%	
	Barrio La Esperanza	14	1,71%	
	Barrio Los Alpes	13	1,59%	
	Barrio Villacarolina	17	2,08%	
	Barrio La Independencia	17	2,08%	
	Barrio El Sábalo	19	2,32%	
	Barrio El Sabalito	19	2,32%	
	Barrio 7 de Agosto	38	4,64%	
	Barrio Las Rosas	16	1,95%	
	Barrio Las Palmas 2	19	2,32%	
	Barrio Cristo Rey	12	1,47%	
	Urbanización Montero	1	0,12%	
	Barrio La Libertad 1	16	1,95%	
	Barrio La Libertad 2	13	1,59%	
	Barrio Las Vegas	20	2,44%	
	Barrio Los Ángeles	10	1,22%	
	Barrio Alameda	10	1,22%	
	Barrio 12 de Octubre	10	1,22%	
	Vereda Altamira	1	0,12%	
	Vereda Guayabal	19	2,32%	
	Vereda El Triunfo	17	2,08%	
	Vereda Tesalia	20	2,44%	
	Vereda Paraíso	36	4,40%	
	Vereda Buenos Aires	21	2,56%	
Ø	Vereda San Andrés	25	3,05%	
oaj	Vereda El 35	11	1,34%	215
la k	Vereda Versalles	13	1,59%	26.3%
Zona baja	Vereda El Rubí	2	0,24%	20.070
IN	Vereda Brisas del río Orito	7	0,85%	
	Vereda La Paz	4	0,49%	
	Vereda El Yarumo	38	4,64%	
	Vereda Naranjito	18	2,20%	
	Resguardo Guaduales	3	0,37%	





- 2. Seis eventos colectivos: tres en la zona baja, dos en la zona media y uno con comunidades indígenas en la zona alta.
- 3. El último instrumento aplicado fueron las entrevistas a profundidad: seis en la parte de la zona baja y dos en la zona media del río Orito.

Cuadro 6. Eventos de socialización y diagnóstico participativo

CUENCA	EVENTO	VEREDA	FECHA	No PARTICIPANTES
Evento de socialización y diagnós participativo con comunidades indígenas.		Cabildo Alto Temblón	21- Abril- 2018	60 pers.
	Evento de socialización y diagnóstico participativo con presidentes de JACs urbanas y rurales.	B. El Jardín	28- Abril- 2018	58 pers.
Zona media	Evento de socialización y diagnóstico participativo con los técnicos indígenas y los miembros del cabildo Alnamawamí	Vereda El Caldero	19- Junio- 2018	120 pers.
	Evento de socialización y diagnóstico participativo con comunidades afro	B. San Martín	7-Abril- 2018	
Zona baja	Evento de socialización y diagnóstico participativo con comunidades campesinas	Buenos Aires	14- Abril- 2018	45 pers.
	Evento de socialización y diagnóstico participativo con comunidades afro	B. San Martín	15 - Abril- 2018	

Cuadro 7. Personas entrevistadas por cada una de las zonas del río Orito

ZONAS	PERSONAS	VEREDA	FECHA
Zona media	Albeiro Sanabria	El Caldero	8-Mayo-2018
	José Peregrino Cortés	El Paraíso	7-Mayo-2018
baja	Rigoberto Rúales	El 35	6-Mayo-2018
	Oliva Portilla	San Andrés	7-Mayo-2018
Zona	Juan Carlos Gutiérrez	El 35	14-Junio-2018
	Jesús Gómez	San Andrés	11-Junio-2018
	Cristina Molina	San Andrés	12-Junio-2018

Fuente: ASONOP, 2018.





3.1.1 Estado actual de la cuenca desde la percepción social

Con las identificaciones preliminares a partir de la revisión documental, la experiencia y la observación directa se generaron unas hipótesis conceptuales frente al estado actual de la cuenca y el recurso hídrico del río Orito:

- 1. La cuenca alta en razón de los grupos sociales e institucionales que lo habitan y lo gobiernan, y dadas las actividades que realizan, que son básicamente de economía de subsistencia y conservación ambiental, presenta un alto grado de conservación de su cobertura vegetal y una baja afectación a la calidad y cantidad de sus aguas.
- 2. La cuenca media debido a que es la parte en donde se concentra la actividad de la industria petrolera, la cual a su vez atrajo toda una densificación urbana que hoy cuenta con un deficiente proceso de saneamiento básico, manejo de residuos sólidos y con una alta carga de vertimientos en forma directa sin tratamiento al cauce del río o través de los afluentes, presenta un alto nivel deterioro y afectación a la cantidad y calidad de las aguas.
- 3. La cuenca baja, debido a la acumulación de efectos provenientes de la parte alta y media, por la presencia mayoritaria en esta parte de actividades de alto deterioro y contaminación, por la sinergia producida por la hidrodinámica del río y los usos inadecuados dados a los suelos ribereños (vegas) para la agricultura y la ganadería, dan como resultado un mayor grado de alteración, mayores niveles de sedimentación, mayor deterioro de la calidad y la cantidad de agua y más altos niveles de amenaza y riesgo.

Las afectaciones han ocurrido básicamente por los siguientes aspectos y con mayor impacto en las cuencas media y baja:





1. Demográficos:

- a. El aumento de la inmigración,
- b. La ocupación no planificada de territorios y
- c. La densificación de la población,

2. Ambientales:

- a. La deforestación de los bosques de galería,
- b. Desecamiento y ocupación de humedales,
- c. El vertimiento sin tratamiento de aguas servidas, residuos sólidos, residuos y envases de agroquímicos, residuos de la producción de pasta base de coca (hojas de coca contaminada con gasolina, pergamanato de sodio, ácido sulfúrico, cal, cemento, soda caustica),
- d. Residuos sólidos con mala disposición final,
- e. Escorrentías con lixiviados,
- f. Derrames de crudo (por atentados y fallas de operación),
- g. Vertimiento directo sin tratamiento de: aguas residuales tóxicas contenedoras de metales pesados extraídos de los pozos petroleros, cortes de perforación base agua - base aceite (lodos), suelos y residuos contaminados por hidrocarburos, sustancias nocivas, aguas residuales industriales y domésticas generadas por la actividad petrolera.

3. Prácticas productivas

- a. La ampliación de la frontera agropecuaria,
- b. La extracción de material de río,
- c. La economía ilegal de la coca,
- d. Malas prácticas porcícolas, piscícolas, avícolas y ganaderas,
- e. La pesca con dinamita, barbasco y tóxicos sintéticos y
- f. Vertimientos por lavaderos de carros.





En términos generales la percepción que tienen las personas frente a los impactos más graves que están causando alteración, deterioro y contaminación del recurso hídrico del río Orito son las siguientes:

Cuadro 8. Percepción de los encuestados de los impactos al río Orito y sus afluentes

Ranking	Tipo de actividad	Personas	Porcentaje
1	Contaminación por petroleras (A1)	315	38,46%
2	Contaminación por echarle aguas de alcantarilla (A2)	211	25,76%
3	Extracción de material de río (A3)	169	20,63%
4	Extracción de material de río (A3)	179	21,86%
5	Contaminación por cocheras, galpones o corrales (A4)	143	17,46%
6	Deforestación de sus orillas (A6)	162	19,78%
7	Usos indebidos para fines recreativos y turísticos (A7)	154	18,80%
8	Usos indebidos para agricultura y ganadería (A8)	173	21,12%
9	Usos indebidos para vivienda (A9)	162	19,78%
10	Minería ilegal de oro (A10)	224	27,35%
11	Contaminación por vertimientos de lavaderos de carros (A11)	344	42,00%

Los seis principales tipos de actividades que tienen mayor impacto sobre la calidad y la cantidad del recurso hídrico del río Orito son:

- La contaminación por petroleras. Es el tipo de afectación que las personas en el área rural perciben como más grave (57%). Esta afectación está compuesta de dos tipos de actividades:
- 2. La primera tiene que ver con los derrames de crudo sobre los cauces del río Orito y sus afluentes por atentados y fallas de operación de los oleoductos y líneas de transporte. Este tema tiene una mayor percepción de afectación sobre afluentes como el río Yarumo en su parte baja y la quebrada El Sábalo.





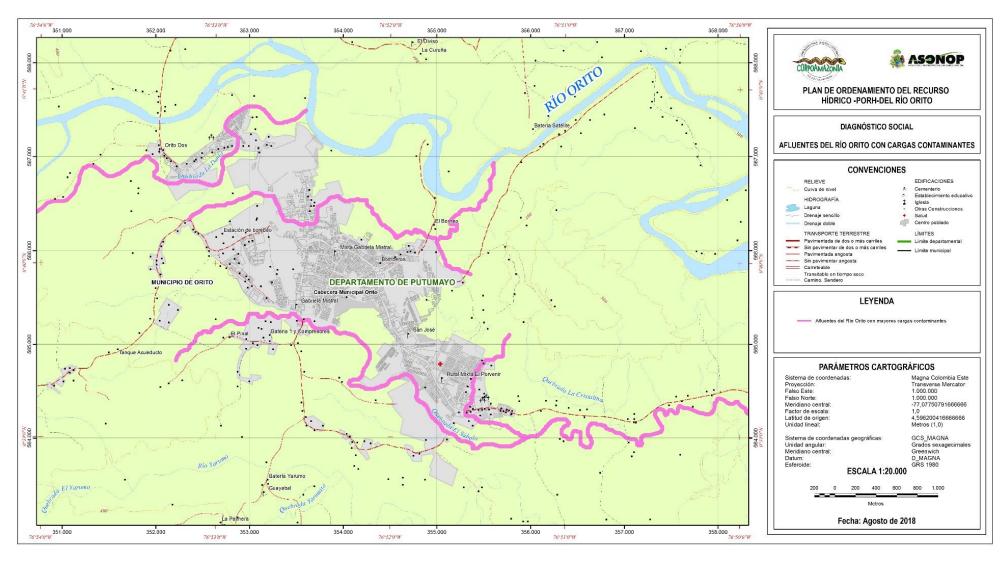


Figura 11. Afluentes del río Orito con mayores cargas contaminantes





- 3. El vertimiento sobre los cauces de cortes de perforación base agua base aceite (lodos), suelos y residuos contaminados por hidrocarburos, aguas residuales, industriales y domésticas generadas por la actividad petrolera. Este tema presenta su mayor nivel de afectación en la quebrada La Silva que cubre las veredas El 35, San Andrés, Buenos Aires, Estrella La Silva y el Paraíso.
- 4. El segundo impacto y tal como se observa en la figura 11, está relacionado con el vertimiento sin tratamiento de las aguas residuales domésticas a los afluentes y directamente al cauce del río Orito.

Los afluentes con mayor afectación son:

a) En la figura 12, se observa en la quebrada El Sábalo que recorre los barrios: La Alameda, Los Ángeles, La Piscina, El Sabalito, El Sábalo, Simón Bolívar, Las Heliconias, La Paz, Las Palmas 2, Las Vegas, La Libertad 1 y 2, Las Rosas y La Gaitana.

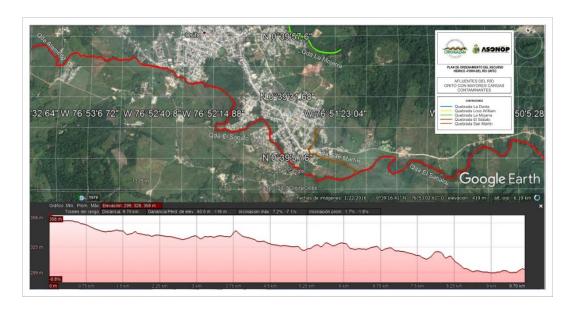


Figura 12. Recorrido de la Quebrada El Sábalo por el casco urbano y la parte suburbana de Orito





b) La quebrada La Danta (ver figura 13), que cruza los barrios: El Jardín, Villaflor y Las Colinas y los asentamientos subnormales el Jardín 2 y El Bosque.

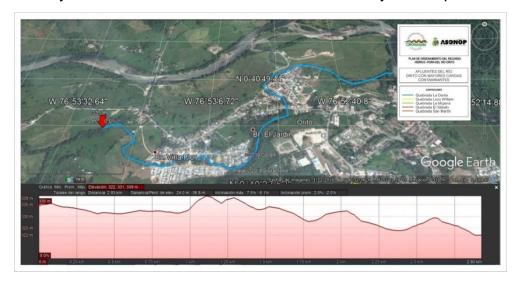


Figura 13. Recorrido de la Quebrada La Danta por el noroccidente del casco urbano de Orito

c) La quebrada Loco William que en su recorrido tiene tres nombres: Santa Clara en el barrio 12 de Octubre, Loco William en el barrio Colombia y Tribaldo en el barrio Villacarolina, ver figura 14.



Figura 14. Recorrido de la Quebrada Loco William por la zona centro - occidente del casco urbano de Orito



d) La quebrada La Mojarra que atraviesa el barrio Los Alpes y parte del sitio conocido como El 70, ver figura 15.

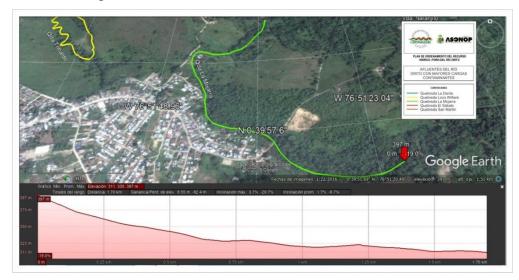


Figura 15. Recorrido de la Quebrada La Mojarra sobre el nor-oriente del casco urbano de Orito.

e) En la figura 16, se observa que la quebrada San Martín que atraviesa los barrios 28 de Mayo, el Obrero, San Martín y Los Pomos.



Figura 16. Recorrido de la quebrada San Martín por la parte sur del casco urbano de Orito Dentro de la clasificación de las afectaciones del recurso hídrico del río Orito está en 3 y 4 lugar la extracción de material de río. Al parecer y debido a la deficiencia en el control, la extracción de material para la construcción no se hace en los lugares concesionados,



ni por las personas a las que les otorgaron dichos títulos. Específicamente ocurre sobre el río Orito entre las inmediaciones de los barrios El Jardín, Las Colinas, el Caldero Sector Turístico y la vereda Quebradón. En el barrio Las Colinas hay una concesión otorgada al señor Aldemar Gutiérrez (Q.E.P.D.) la cual es explotada por el señor Tarquino Chamorro, ver figuras 17 y 18.



Figura 17. Localización aproximada de las concesiones para la extracción de material de río y balastreras ilegales en la parte norte del casco urbano





Figura 18. Localización aproximada de las concesiones para la extracción de material de río en la parte norte y sur del casco urbano y suburbano de Orito



Figura 19. Ubicación de trituradora ilegal sobre la orilla del río Orito en el Caldero Sector Turístico, sobre vuelo con drone, 2015.

Aguas arriba del puente sobre el río Orito hay una balastrera y una trituradora que funcionan ilegalmente (figura 19), al igual que la extracción que se hace aguas abajo por el margen izquierdo (Caldero Sector Turístico).

En el quinto lugar de la clasificación aparece la contaminación por cocheras, galpones o corrales, que en realidad se concentra en las actividades porcícolas con malas prácticas. Los lugares con mayor percepción de problemáticas se encuentran en las veredas La Venada, Monserrate y el Caldero en la cuenca media, Buenos Aires y el Paraíso en la cuenca baja del río Orito, ver figura 20.





Figura 20. Ubicación de micro y medianas empresas porcícolas con reportes de afectación a cauces, Google Earth, 2018.

Al revisar la clasificación que hicieron las personas en la parte urbana, el orden de las afectaciones al río Orito cambia frente a lo que opinan las personas de la parte rural. Como se puede ver en el cuadro 9, en primer lugar aparece la contaminación por aguas proveniente de alcantarilla, seguido de la contaminación por petroleras, después la contaminación por cocheras, galpones o corrales; de cuarto aparece la extracción de material de río y de quinto la contaminación por lavar carros y motos en el río.

Cuadro 9. Ranking de percepciones urbanas de impactos al río Orito y sus afluentes

Ranking	Tipo de afectación	Personas	Porcentaje
1	Contaminación por echarle aguas de alcantarilla (A2)	244	50,83%
2	Contaminación por petroleras (A1)	130	27,08%
3	Contaminación por cocheras, galpones o corrales (A4)	101	21,04%
4	Extracción de material de río (A3)	119	24,79%





5	Contaminación por lavar el río carros y motos (A5)		19,17%
6	Contaminación por lavar el río carros y motos (A5)	105	21,88%
7	Usos indebidos para fines recreativos y turísticos (A7)	92	19,17%
8	Usos indebidos para fines recreativos y turísticos (A7)	101	21,04%
9	Usos indebidos para agricultura y ganadería (A8)	109	22,71%
10	Minería ilegal de oro (A10)	141	29,38%
11	Contaminación por vertimientos de lavaderos de carros (A11)	200	41,67%

Por el contrato en el cuadro 10, se muestra la percepción de los principales impactos que tiene el río, opinión recogida con la comunidad de la zona rural:

Cuadro 10. Ranking de percepciones rurales de impactos al río Orito y sus afluentes

Ranking	Tipo de afectación	Personas	Porcentaje
1	Contaminación por petroleras (A1)	228	56,58%
2	Contaminación por echarle aguas de alcantarilla (A2)	134	33,25%
3	Extracción de material de río (A3)	87	21,59%
4	Extracción de material de río (A3)	74	18,36%
5	Contaminación por cocheras, galpones o corrales (A4)	65	16,13%
6	Deforestación de sus orillas (A6)	73	18,11%
7	Usos indebidos para fines recreativos y turísticos (A7)	73	18,11%
8	Usos indebidos para agricultura y ganadería (A8)	88	21,84%
9	Usos indebidos para vivienda (A9)	84	20,84%
10	Minería ilegal de oro (A10)	96	23,82%
11	Contaminación por vertimientos de lavaderos de carros (A11)	176	43,67%



3.1.2 Conflictos socio – ambientales

La investigación adelantada permitió comprobar las hipótesis conceptuales planteadas al inicio. La cuenca media y baja del río Orito son los tramos donde se presenta el mayor número de conflictos socio-ambientales relacionados con el uso del recurso hídrico.



Figura 21. Vista aérea de las plantas de tratamiento de Servipetrol (superior izquierda) e Inspectrol (derecha) en la vereda El 35, sobre vuelo con drone 15 de junio de 2018

Uno de los conflictos más graves se presenta en la cuenca baja entre las veredas: El 35, San Andrés, Estrella La Silva, Buenos Aires y El Paraíso. Está ocasionado por el vertimiento directo sobre el cauce de la Quebrada La Silva de cortes de perforación base agua - base aceite (lodos), suelos y residuos contaminados por hidrocarburos, aguas residuales, industriales y domésticas generadas por la actividad petrolera, así como residuos hospitalarios que son tratados inadecuadamente y que en grado de descomposición son arrojados al cauce de la quebrada.



Los actores enfrentados son las empresas Inspectrol de propiedad de la señora Irina Serrano y Servipetrol (figura 21), de propiedad de Leidy Tabares, los presidentes de las juntas de acción comunal y los residentes afectados por la contaminación del afluente.

Como se muestra en el cuadro 11, el 65% de las personas (93) encuestadas en las veredas El 35, San Andrés, Buenos Aires y El Paraíso manifestaron que el principal impacto que sufre el río Orito es por cuenta de la contaminación por petroleras, específicamente referida a derrames de crudo (51,6%), contaminación por basuras y lixiviados (35,5%) y contaminación por químicos industriales (20,4%); estos dos últimos aportados por las cargas de la quebrada La Silva.

Cuadro 11. Ranking de percepciones en las veredas El 35, San Andrés, B. Aires y El Paraíso de impactos al río Orito y sus afluentes

Ranking	Tipo de afectación	Personas	Porcentaje
1	Contaminación por petroleras (A1)	60	64,52%
2	Contaminación por echarle aguas de alcantarilla (A2)	28	30,11%
3	Contaminación por echarle aguas de alcantarilla (A2)	24	25,81%
4	Deforestación de sus orillas (A6)	19	20,43%
5	Contaminación por cocheras, galpones o corrales (A4)	17	18,28%
6	Contaminación por lavar el río carros y motos (A5)	15	16,13%
7	Usos indebidos para fines recreativos y turísticos (A7)	21	22,58%
8	Usos indebidos para agricultura y ganadería (A8)	22	23,66%
9	Usos indebidos para vivienda (A9)	23	24,73%
10	Minería ilegal de oro (A10)	21	22,58%
11	Contaminación por vertimientos de lavaderos de carros (A11)	34	36,56%

Como se muestra en la figura 22, la ubicación de la quebrada La Silva y el curso de la misma por la margen derecha de la vía que desde Orito conduce a Puerto Asís (Aprox.



20 km) la ha librado de ser afectada por el derrame de crudo por atentados o fallas de operación, por dicha razón sus aguas eran muy apreciadas por su pureza y usadas por todas las veredas donde cruza, para el consumo humano hasta el año 2006.



Figura 22. Recorrido Qda. La Silva y puntos de reportes de afectación, información cartográfica recogidos en la comunidad, junio 2018.

Según los datos aportados por los informantes, este es un problema que la comunidad padece desde el año 2008, cuando la empresa Inspectrol ubicó su planta de tratamiento en la vereda El 35.

Luego del 2008, los miembros de la comunidad informan que el agua de la quebrada cambió su aspecto físico como: color, olor, sabor y textura, tornándose espumosa de color azuloso, blancuzco, verdoso y olor nauseabundo. También se agotaron especies de peces como el sábalo, bocachico, bagre, cucha y singo que pescaban para el consumo doméstico.

Como consecuencia de lo anterior reportan desde el año 2015 enfermedades, abortos y muertes de ganado vacuno y caballar en las veredas San Andrés y El Paraíso, en las



fincas de Jesús Gómez, Reinelio Criollo, Cristina Molina, Oliva Portilla; daños en cultivos como el plátano y la yuca que ahora se amarillan, muertes de aves de carroña como los gallinazos en la vereda El 35, afectación a la salud humana; siendo más complicado los casos de enfermedades en la piel y gastrointestinales que sufrieron un grupo de soldados en el año 2014 que se asentaron temporalmente en esta zona y usaron para el consumo humano agua de la quebrada La Silva, al igual que un grupo de trabajadores de la finca del señor Alfonso Erazo que resultaron con dolencias estomacales y fuerte diarrea que le obligó a su contratante a llevarlos al hospital local.

Claro está, sin descartar las afecciones a varios miembros de la comunidad, especialmente niños, los cuales dentro en las consultas médicas eran diagnosticados con afectaciones en la piel por la exposición a aguas no aptas para el consumo humano. Las personas entrevistadas informaron que obtuvieron en forma clandestina información entre algunos de los conductores de los tracto camiones que llevan los residuos a estas plantas y en donde manifiestan que los encargados en estas empresas del trámite de recepción les habían entregado documentos de recibido de materiales para ser tratados al interior de las plantas, pero que en realidad habían sido vertidos directamente a la quebrada. Refuerzan este argumento con situaciones como las acontecidas en el año 2017, entre los meses de mayo y junio donde hubo más de cincuenta tracto camiones esperando en largas filas para que les fuera recibida su carga, sin que aparentemente al interior de las plantas hubiera la capacidad de almacenamiento y procesamiento de tales cantidades¹.

El último caso de afectación al recurso hídrico del agua se registró el 8 de abril de 2017 en donde se evidenció un derrame de crudo.

¹ Cada tracto camión carga aproximadamente 6.000 galones los cuales equivalen aproximadamente a 22,7 m³, lo que significa que se entregaban más de 1.135 m³.

CORPOAMAZONIA ASONO
ASON

Para el caso de Servipetrol reportan que esta empresa hace sus quemas de residuos en las noches y el material particulado que se emite a la atmosfera como resultado de la incineración cae de nuevo a la tierra en la lluvia. Han notado que luego de un periodo de aproximadamente 15 días sin lluvias cuando vuelve a llover el agua es de color negruzco y por tal motivo no es usada como alternativa para el consumo humano.

La vereda San Andrés tiene problemas para la captación de agua para el suministro humano, pues por la altura en la que está ubicada no cuenta con fuentes hídrica de las cuales puedan tomar el recurso. Por ello con inversión del municipio de Orito construyeron un tanque elevado para el almacenamiento del agua y una bocatoma en los cuales no se han podido poner en funcionamiento debido a que la fuente de captación es la quebrada La Silva y dados sus niveles de afectación no se puede usar para tal fin, ver en el cuadro 12 el reporte de denuncias. Para superar este impase han recurrido a la alcaldía municipal para que les dote de un sistema de bombeo para extraer el agua subterránea y llenar el tanque, sin embargo, a la fecha esa solución tampoco se ha concretado.

Cuadro 12. Acciones de denuncia a la afectación de la Qda. La Silva adelantadas por la comunidad

No.	Asunto	Fecha	Firmantes	Entidad remitida
1	Solicitud de aplicación de las normas ambientales en las actividades que prestan servicios de remediación de residuos sólidos y líquidos aceitosos de la Superintendencia de Operaciones Putumayo ubicadas en la vereda Santa Rosa del 35.	Julio -	•	Entidades competentes



No.	Asunto	Fecha	Firmantes	Entidad remitida
2	Derecho de petición con solicitud de mediar ante ECOPETROL para que limpie derrame de crudo a la quebrada por el volcamiento de un carro tanque.	5 – Agosto - 2014	Alfonso Erazo Galvis	Personería Municipal
3	Solicitud de control por parte del concejo municipal de Orito	17 – Abril - 2017	Segundo M. Zamudio, Jorge Gutiérrez, Miguel A. Acosta, Jesús Gómez, Faber Andrade, Cristina Molina.	Concejo Municipal de Orito
4	Solicitud para que se intervenga y realice una ardua y extensiva visita a la empresa Inspectrol y a la vez efectuar recorrido a la quebrada La Silva y tomar muestras	10 – Mayo - 2017	Presidentes JACs San Andrés, B. Aires, Estrella Da Silva y El Paraíso.	CORPOAMAZONIA
5	Queja contra la empresa Inspectrol por afectaciones ambientales	2 – Mayo - 2017	Comunidades de San Andrés, B. Aires, Estrella Da Silva, Asentamiento Afro Alto paraíso y El Paraíso.	Personería municipal de Orito
6	Queja contra la empresa Inspectrol por afectaciones ambientales	2 – Mayo - 2017	Comunidades de San Andrés, B. Aires, Estrella Da Silva, Asentamiento Afro Alto paraíso y El Paraíso.	Gran Tierra Energy
7	Queja contra la empresa Inspectrol por afectaciones ambientales	8 – Mayo – 2017	Comunidades de San Andrés, B. Aires, Estrella Da Silva, Asentamiento Afro Alto paraíso y El Paraíso.	Dirección general CORPOAMAZONIA
8	Queja contra la empresa Inspectrol por afectaciones ambientales	9 – Mayo - 2017	Comunidades de San Andrés, B. Aires, Estrella Da Silva, Asentamiento	Concejo municipal de Orito



No.	Asunto	Fecha	Firmantes	Entidad remitida
			Afro Alto paraíso y El Paraíso.	
9	Derecho de petición solicitando una inspección ocular con el fin de que se dé una pronta solución y se tomen las medidas preventivas para evitar que la quebrada se siga contaminando.	5 – Mayo - 2017	Gilberto Velasco presidente y representante legal Consejo Comunitario Alto Paraíso.	Inspectrol
10	Queja contra la empresa Inspectrol por afectaciones ambientales	9 – Mayo - 2017	Comunidades de San Andrés, B. Aires, Estrella Da Silva, Asentamiento Afro Alto paraíso y El Paraíso.	Procuraduría Asuntos Ambientales y Agrarios Dr. Gilberto Augusto Blanco Zúñiga.
11	Denuncia por contaminación quebrada La Silva municipio de Orito.	11 – junio - 2017	Comunidades de San Andrés, B. Aires, Estrella Da Silva, Asentamiento Afro Alto paraíso y El Paraíso.	Ministerio del Interior Dr. Guillermo Rivera
12	Denuncia penal por presunta contaminación quebrada La Silva municipio de Orito.	21 – junio - 2017	Carlos Eduardo Nupán Delgado, Segundo Mesías Zamudio Pupiales, Jesús Eudoro Gómez Martínez, Jesús Edilson Obando Reyes, Antonio María Zambrano	Fiscalía General de La Nación.
13	Denuncia por contaminación quebrada La Silva municipio de Orito.	21 – Octubre - 2017	Hugo Gómez, Jesús Obando, Carlos Nopán, Segundo Zamudio.	Ministerio del Medio Ambiente Dr. Luís Gilberto Murillo.

Fuente: Archivo físico facilitado por la comunidad, junio de 2018.



3.1.3 Contaminación por vertimientos directos de aguas servidas

Otro de los conflictos que con mayor nivel de afectación al río perciben los habitantes en general, es el vertimiento de las aguas servidas sin tratamiento al río Orito y sus afluentes.

Cuadro 13. Comparativo entre los ranking general, urbano y rural de percepciones de impactos al río Orito y sus afluentes por vertimientos directos de aguas servidas

Tipo de afectación	Gene	ral	Rural		Urbano	
ripo de dicelación	Rank.	%	Rank.	%	Rank.	%
Contaminación por echarle	2	26	2	33	1	51
aguas de alcantarilla		20		33	1	31

Fuente: Encuesta de caracterización de la población en relación con el río Orito, 2018.

En el ranking general, cuadro 13, para todos los encuestados, ocupa el segundo lugar con el 26%, mientras que en el sector rural es del 33% también con el segundo lugar y en la parte urbana ocupa el primer lugar de afectación con el 51% de las personas encuestadas señalándolo como tal.

De acuerdo al cuadro 14, el 46% de los encuestados manifestaron que las aguas servidas son tratadas a través de pozos sépticos, mientras que el 44% no tiene ningún tratamiento de aguas residuales. Solo el 3,7% informan que las aguas servidas son tratadas en plantas de tratamiento, específicamente en las veredas Buenos Aires y El Paraíso, en donde existen unas plantas de tratamiento de aguas residuales que desde su instalación no han tenido mantenimiento y operación adecuada, ver figura 23.

Cuadro 14. Sistema de tratamiento de aguas servidas en la parte rural



No.	Tipo de afectación	Personas	Porcentaje
1	Pozo séptico (SQ001)	186	46,2%
2	Ninguno (SQ003)	178	44,2%
3	Planta de tratamiento (SQ002)	15	3,7%
4	No mostrada	15	3,7%
5	Otro	13	1,8%

Fuente: Encuesta de caracterización de la población en relación con el río Orito, 2018.



Figura 23. Planta de tratamiento de aguas residuales en la vereda El Paraíso

Para el caso del sector urbano, el 85,3% de las personas encuestadas manifestaron que las aguas residuales son vertidas al alcantarillado (56,2%) y directamente al río o quebrada (29%). De estas últimas personas vierten directamente las aguas residuales a las quebradas El Sábalo (52 para el 12%), La Danta (49 para el 11%), Loco William (23 para el 5%), Valdés (4 para el 1%), río Orito (4 para el 1%) y la Mojarra (1 para el 0,2%).

Al sumar el porcentaje de personas que vierten las aguas servidas al alcantarillado, directamente a las quebradas tributarias y el río Orito, letrinas y acequias tendríamos que un 94% de las personas lo hacen en forma directa a las fuentes de agua, ver cuadro 16.



Una situación que se corrobora cuando comparamos los porcentajes de las respuestas de los encuestados a los sistemas de tratamiento de las aguas residuales, pues al sumar ningún tratamiento (88,1%) más otro (Quebrada 2%) más otro (alcantarilla 2,2%) la sumatoria nos daría 92.3%, ver cuadro 15.

Cuadro 15. Fuentes captadoras de vertimiento de aguas servidas en la parte urbana de Orito

No.	Fuente captadora de vertimiento	Personas	Porcentaje
1	Otro (Alcantarillado)	248	56,2%
2	Directamente al río o quebrada (SQ003)	128	29,0%
3	Otro (Pozo séptico)	22	5,0%
4	Letrinas (SQ001)	17	3,9%
5	Acequias (SQ002)	15	3,4%
6	Directamente al suelo (SQ004)	10	2,3%
7	Otro (Trampa de grasas)	1	0,2%

Cuadro 16. Qué tratamientos se realizan a las aguas sucias o negras en la parte urbana

No.	Tipo de tratamiento	Personas	Porcentaje
1	Ninguno (SQ003)	355	88,1
2	Pozo séptico (SQ001)	17	4,2
3	Planta de tratamiento (SQ002)	14	3,5
4	Otro (Quebrada)	8	2,0
5	Otro (Alcantarilla)	9	2,2



3.1.4 Contaminación por cocheras, galpones o corrales

Esta es una problemática que enfrenta los propietarios de pequeñas y medianas empresas de producción porcícola que se ubican en la parte suburbana y rural del municipio de Orito, en las veredas La Venada, El Caldero, Monserrate, La Florida, El Guayabal, Buenos Aires, El 35 y El Paraíso.

Cuadro 17. Contaminación por cocheras, galpones o corrales

No.	Empresa	Objeto	Propietario	Ubicación planta	Celular
1	Granja La Esperanza	Capacidad máxima de 400 cerdos. Actividades principales: porcicultura y piscicultura, actividades secundarias: ganadería bovina y avicultura, actividades complementarias: agricultura y huerta (banco de proteína).	Nidia Rosero	Vereda La Venada	317 3669557
2	Finca ganadera y porcícola	Cría de ganado y cerdos.	Harrison Chaux	Vereda Guayabal	312 3935417
3	Finca La Granja	Cría y engorde de cerdos. Capacidad 200 cerdos.	Lucy Luz Peña	Vereda Monserrate	310 4739992
4	Cochera	Cría de cerdos.	Adolfo Riascos	Vereda El Caldero	
5	Finca ganadera y porcícola	Cría de ganado y cerdos.	Carmen Puentes	Vereda La Florida	313 8183910
6	Cochera	Cría de cerdos.	Martha España	Vereda La Florida	315 5125286
7	Cochera		·	Vereda El Paraíso	
8	Cochera	Cría de cerdos	Juan Carlos Gutiérrez	Vereda El 35	320 2854411



9	Cochera	Cría de cerdos	Yenni	Resguardo	310
			Marcela	Guaduales	3429150
			Pérez	entrada	
			Chamorro	Las	
				Malvinas	

Las que presentan mayor nivel de sensibilidad en la percepción de los informantes por los impactos causados y que se relacionan en el cuadro 17 son: la Finca La Esperanza de propiedad de la señora Nidia Rosero ubicada en la vereda La Venada, la finca agropecuaria del señor Harrison Chaux ubicada en la vereda El Guayabal, la cochera del señor Adolfo Riascos ubicada en la vereda El Caldero, la Finca La Granja propiedad de la señora Lucy Luz Peña ubicada en la vereda Monserrate, la finca ganadera y porcícola de propiedad de la señora Carmen Puentes ubicada en la vereda La Florida y la cochera del señor Juan Carlos Gutiérrez ubicada en la vereda El 35.

Los problemas se originan por el vertimiento directo o con tratamiento muy deficiente de los residuos sólidos y líquidos a los cuerpos de agua como el río Orito, río Caldero, río Yarumo, quebrada El Sábalo, quebrada La Silva y humedales. De igual manera la afectación por los malos olores.

Para el caso de la Finca La Esperanza ubicada a 400 metros aguas arriba del balneario natural del puente sobre el río Orito (ver figura 24), las personas se quejan por la contaminación ocasionada por los vertimientos directos al río que afectan a bañistas y turistas que visitan el balneario natural, los cuales utilizan el agua para la recreación y la preparación de alimentos dentro de lo que se conoce como los "paseos de olla".

Por su parte la cochera del señor Adolfo Riascos (figura 25), quien adicionalmente es propietario de la tienda de la vereda El Caldero, los problemas se suscitan por los vertimientos directos a una quebrada que desemboca en el río Caldero y los malos olores



que en forma permanente afectan a los vecinos de la cochera que se ubican a orilla de carretera en la vía que desde el casco urbano conduce al balneario natural La Piedra del Pijilí.

El caso de la Finca La Granja, debido a que se ubica en la pendiente de la vereda Monserrate (ver figura 26), las personas que habitan la vereda Caldero Sector Turístico en la parte baja, se quejan que las escorrentías que provienen desde esta finca afectan humedales y pequeños caños que son utilizados para el consumo humano y los cuales vierten sus aguas al río Caldero.

Los informantes han reportado que desde el año 2016 el señor Riascos instaló de manera presuntamente inconsulta una cochera en predios de propiedad de Gran Tierra o Petrominerales. Los fuertes y nauseabundos olores afectan adicionalmente a todas las personas que por esta ruta visitan La Piedra del Pijilí.



Figura 24. Vista aérea de la Finca La Esperanza en la vereda La Venada, sobre vuelo con drone 15 de junio de 2018. Fuente: ASONOP, 2018.





Figura 25. Cochera Adolfo Riascos en la vereda El Caldero



Figura 26. Finca La Granja en le vereda Monserrate



3.1.5 Riesgos derivados del socavamiento de las orillas del río

Otro de los elementos que presenta mayor conflicto y a su vez riesgo está relacionado con la erosión y el socavamiento producido por las aguas del río Orito sobre sus orillas, especialmente en las partes en donde se presentan alturas superiores a los dos metros entre el nivel del río y la tierra firme.

Las mayores afectaciones se presentan desde el río Yarumo aguas abajo. Los asentamientos mayormente afectados son Resguardo Guaduales, veredas: Brisas del Río Orito, Buenos Aires, El Paraíso, el consejo comunitario Versabal ubicado en la vereda Versalles y El Triunfo.

Los riesgos mayores se presentan en el Resguardo Guaduales, la vereda Buenos Aires (ver figuras 27 y 28) y el consejo comunitario Versabal, pues producto de la erosión de las orillas están en alto nivel de riesgo casas de habitación, infraestructura vial, educativa, de salud.

Según los datos suministrados por los informantes contactados, las causas aparentes del fenómeno de socavamiento y los derrumbes serían provocados por dos procesos relacionados entre sí: 1. la extracción de material de río aguas arriba, lo cual altera la dinámica hidrológica del río por el cambio de las rugosidades en el lecho del mismo, 2. por la ocupación y deforestación ilegal de los bosques de galería, lo cual permite los procesos erosivos, los derrumbes y el aumento de la sedimentación al río.





Figura 27. Socavamiento de las orillas a la altura de la vereda Buenos Aires



Figura 28. Socavamiento de las orillas a la altura de la vereda Buenos Aires



3.1.6 Vertimiento de lixiviados producidos por el basurero

El siguiente conflicto que involucra a la empresa de servicios públicos EMPORITO y las comunidades asentadas en la cuenca baja del río Orito es la contaminación por el vertimiento de lixiviados producidos por la disposición final inadecuada de residuos sólidos, proceso que ocurre a través de las escorrentías de las aguas lluvias y el nivel freático, pues el relleno sanitario opera como un basurero a cielo abierto, tal como se observa en la figura 29. Este basurero funciona hace cerca de 18 años en las inmediaciones de la vereda El 35.

Las comunidades se quejan por la contaminación y el deterioro de sus aguas, así como la proliferación de moscas, sancudos, otros insectos vectores de enfermedades y los malos olores.



Figura 29. Ubicación del relleno sanitario en la vereda El 35, sobre vuelo con drone 16 de junio de 2018



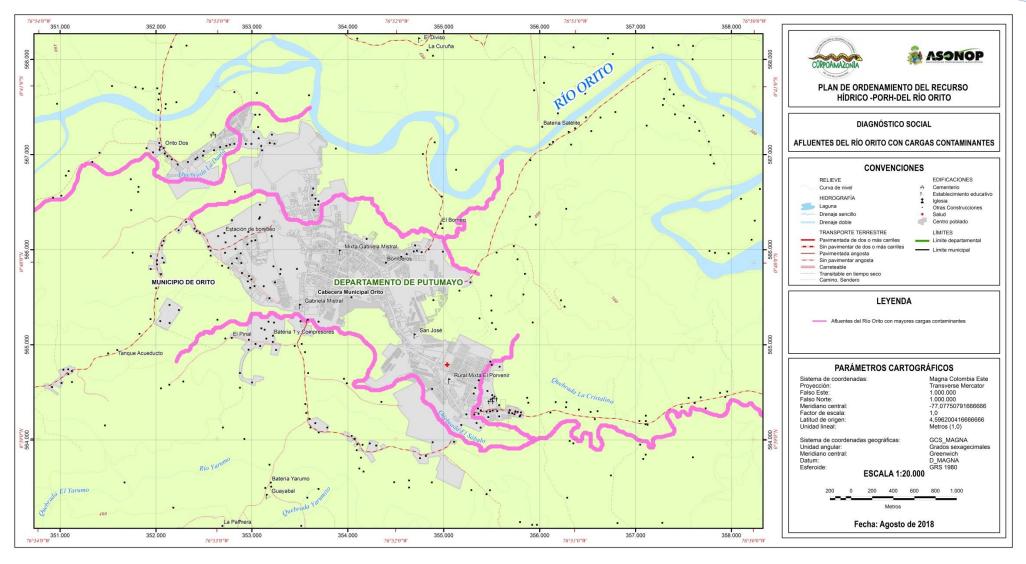


Figura 30. Diagnostico social, síntesis puntos de interés ambiental





3.1.7 La relación entre la calidad del agua y la afectación a la salud humana

Para evidenciar la relación que se presenta entre el uso del agua de mala calidad y la afectación a la salud humana, en cada una de las partes de la cuenca del río Orito, se procedió a procesar y analizar la información de morbilidad de los años 2015, 2016 y 2017 de los cabildos, resguardos, consejos comunitarios, veredas y barrios que se ubican sobre el margen del río Orito. Esta información fue reportada por el hospital local de Orito, el cual las presenta bajo tres formas de atención: 1. Ambulatoria (consulta externa), 2. Hospitalización y 3. Urgencias.

De igual manera se cruzó la información de morbilidad con la que reportó la oficina que maneja el Sistema de Selección de Beneficiarios del municipio de Orito (SISBEN) y pudo establecer indicadores de morbilidad por zonas, haciendo una profundización en la parte urbana del municipio de Orito, en donde se concentra el mayor número de población y las actividades de mayor presión frente al recurso hídrico del río Orito.

De los 1.195 nombres de diagnósticos de ingreso o patologías con las que el hospital de Orito clasifica la atención realizada, 85 de dichas patologías están asociadas a la calidad del agua usada para el consumo humano², ver cuadro 18.

Cuadro 18. Enfermedades asociadas al uso del agua de mala calidad en Orito entre el 2015 - 2017

	ENFERMEDADES ASOCIADAS AL USO DE AGUA DE MALA CALIDAD				
No.	Enfermedades que afectan la piel y	Enfermedades	de	afección	
	tejidos subcut.	gastrointestinal			

² Para la selección del listado de enfermedades asociadas al uso de agua de mala calidad se obtuvo el apoyo del Doctor Edwar Gómez especialista en medicina bioenergética de la Clínica Vida de Orito.





	ENFERMEDADES ASOCIADAS AL USO	D DE AGUA DE MALA CALIDAD
1	Absceso cutáneo. Furúnculo y carbunco de glúteos	Amebiasis intestinal crónica
2	Absceso cutáneo. Furúnculo y carbunco de la cara	Amebiasis. No especificada
3	Absceso cutáneo. Furúnculo y carbunco de miembro	Colitis y gastroenteritis alérgicas y dietéticas
4	Absceso cutáneo. Furúnculo y carbunco de otros sitios	Colitis y gastroenteritis no infecciosas. No especificadas
5	Absceso cutáneo. Furúnculo y carbunco de sitio no especificado	Diarrea funcional
6	Absceso cutáneo. Furúnculo y carbunco del cuello	Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso
7	Absceso cutáneo. Furúnculo y carbunco del tronco	Disentería amebiana aguda
8	Absceso periapical con fistula	Enfermedad infecciosa y parasitaria materna no espec compl emb. Parto y puerperio
9	Alergia no especificada	Enfermedad intestinal debida a protozoarios. No especificada
10	Candidiasis de la piel y las uñas	Enfermedad parasitaria. No especificada
11	Candidiasis de la vulva y de la vagina (n77.1*)	Enterobiasis
12	Candidiasis de otras localizaciones urogenitales	Helmintiasis intestinal. Sin otra especificación
13	Candidiasis. No especificada	Infección intestinal viral. Sin otra especificación
14	Celulitis de la cara	Larva migrans visceral
15	Celulitis de los dedos de la mano y del pie	Nausea y vomito
16	Celulitis de otras partes de los miembros	Parasitosis intestinal. Sin otra especificación
17	Celulitis de otros sitios	Dermatitis de contacto por irritantes. Por otros productos químicos
18	Celulitis de sitio no especificado	Dermatitis de contacto. Forma no especificada. Debida a otros agentes
19	Celulitis del tronco	Dermatitis de contacto. Forma y causa no especificadas
20	Criptococosis. No especificada	Dermatitis herpetiforme
21	Cromomicosis cutánea	Tiña de la barba y del cuero cabelludo



	ENFERMEDADES ASOCIADAS AL USO	D DE AGUA DE MALA CALIDAD		
22	Dermatitis alérgica de contacto debida a otros agentes	Tiña de las uñas		
23	Dermatitis alérgica de contacto debida a otros productos químicos	Tiña del cuerpo (tinea corporis)		
24	Dermatitis alérgica de contacto por plantas. Excepto las alimenticias	Tiña del pie (tinea pedis)		
25	Dermatitis alérgica de contacto. De causa no especificada	Tiña inguinal (tinea cruris)		
26	Dermatitis atópica. No especificada	Ulcera crónica de la piel. No clasificada en otra parte		
27	Dermatitis contacto. Forma no espec. Por drogas en contacto con piel	Urticaria alérgica		
28	Dermatitis de contacto por irritantes. De causa no especificada	Urticaria. No especificada		
29	Dermatitis infecciosa	Otras micosis superficiales especificadas		
30	Dermatitis numular	Otros prurigos		
31	Dermatitis seborreica infantil	Otros pruritos		
32	Dermatitis seborreica. No especificada	Perifoliculitis capitis abscedens		
33	Dermatitis vesicular herpética	Pioderma		
34	Dermatitis. No especificada	Prurito. No especificado		
35	Dermatofitosis. No especificada	Psoriasis. No especificada		
36	Erisipela	Otras dermatitis seborreicas		
37	Estrongiloidiasis cutánea	Otras dermatofitosis		
38	Impétigo (cualquier sitio anatómico) (cualquier organismo)	Otras infecciones locales específicas de la piel y del tejido subcutáneo		
39	Infección local de la piel y del tejido subcutáneo. No especificada	Otras micosis especificadas		
40	Liquen plano. No especificado	Micosis superficial. Sin otra especificación		

Fuente: Reporte de morbilidad del Hospital local de Orito de los años 2015, 2016 y 2017.

De las 83 patologías identificadas 67 corresponden a aquellas que afectan la piel y otros partes externas del cuerpo como las uñas y 16 corresponden a enfermedades de afección gastrointestinal.



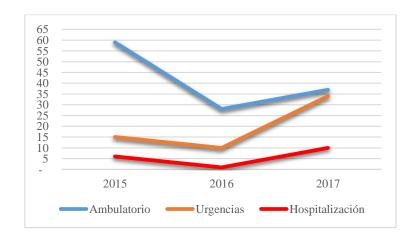
Cuadro 19. Atención hospitalaria en Orito por enfermedades asociadas al agua en población indígena y mestiza urbana y rural

Atención	201	5		2016	3		2017	7	
hospitalaria	Ind.	Mestizos	Mestizos	Ind.	Mestizos	Mestizos	Ind.	Mestizos	Mestizos
		Rural	Urbano		Rural	Urbano		Rural	Urbano
Ambulatorio	59	184	668	28	186	967	37	221	964
Urgencias	15	102	605	10	77	426	34	132	679
Hospitalización	6	14	85	1	12	50	10	9	71

Fuente: El autor a partir del reporte de morbilidad del Hospital local de Orito de los años 2015, 2016 y 2017.

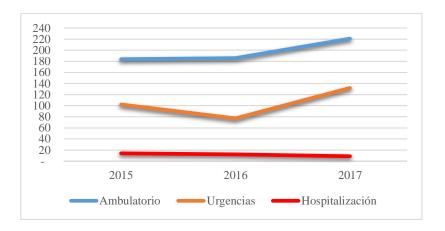
El comportamiento de la atención hospitalaria, para el caso de las comunidades indígenas que acudieron al hospital local de Orito por consulta externa, tuvo el pico más alto en el año 2015, decreció para el año 2.016 y en el año 2.017 tuvo un leve ascenso (ver cuadro 19 y gráfica 1). Similar comportamiento presenta los casos de hospitalización y urgencias.

De acuerdo a los reportes de morbilidad del Hospital local de Orito de los años 2015, 2016 y 2017, para el caso de las comunidades mestizas que habitan la parte rural, hay una tendencia de crecimiento de las visitas al hospital, con un descenso en el año 2016, para el caso de las urgencias, pero en el 2017 la tendencia es al aumento, ver gráfica 2.



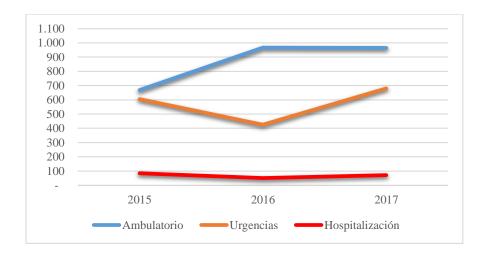
Gráfica 1. Atención hospitalaria para las comunidades indígenas entre el 2015 y el 2017 por enfermedades asociadas al uso de agua de mala calidad





Gráfica 2. Atención hospitalaria para población mestiza rural entre el 2015 y el 2017 por enfermedades asociadas al uso de agua de mala calidad

Para el caso de las comunidades mestizas urbanas, el comportamiento de la atención hospitalaria muestra picos de incremento de la atención por consulta externa en el año 2016 y se mantiene igual para el año 2017. En el caso de la atención por urgencias luego de un descenso en el año 2016 se dispara en el año 2017, lo que significa que el nivel de afectación fue más grave, ver gráfica 3.



Gráfica 3. Atención hospitalaria para población mestiza rural entre el 2015 y el 2017 por enfermedades asociadas al uso de agua de mala calidad.

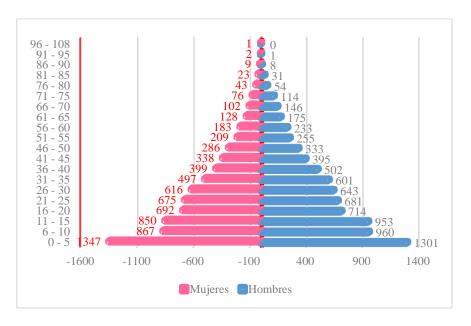


Como se observa en la gráfica 4, si se analiza la composición poblacional según los datos que arroja el censo SISBEN para enero del 2018 en la parte rural, se puede encontrar que la población mayormente afectada se ubica entre los 0 y los 15 años, siendo el segmento más amplio el compuesto por niños y niñas entre los 0 y los 5 años de vida, ver gráfica.

Cuadro 20. Atención hospitalaria por género, etnia, urbano y rural de enfermedades asociadas al uso de agua de mala calidad

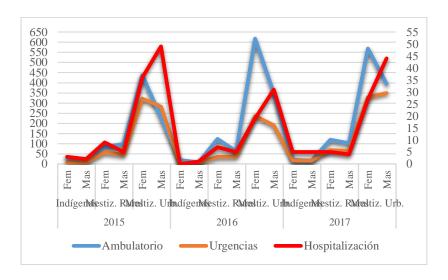
	2015			2016					2017									
Atención hospitalaria	Indíg	enas	Mes Ru	stiz. Iral	Mes Ur		Indíg	enas	Mes Ru		Mes Ur		Indíg	enas	Mes Ru		Mes Ur	
	Fem	Mas	Fem	Mas	Fem	Mas	Fem	Mas	Fem	Mas	Fem	Mas	Fem	Mas	Fem	Mas	Fem	Mas
Ambulatorio	34	25	85	99	438	230	20	8	123	63	618	349	21	16	119	102	569	395
Urgencias	8	7	58	44	36	49	4	6	35	36	236	190	17	17	68	64	329	350
Hospitalización	3	2	9	5	322	283	0	1	7	5	19	31	5	5	5	4	27	44

Fuente: Reporte de morbilidad del Hospital local de Orito de los años 2015, 2016 y 2017.



Gráfica 4. Estructura poblacional rural de Orito según el SISBEN. Fuente: SISBEN municipio de Orito, enero del 2018





Gráfica 5. Atención hospitalaria por género, etnia, urbano y rural de enfermedades asociadas al uso de agua de mala calidad

Como lo muestra la gráfica 5, las mujeres mestizas que se ubican en la parte rural y urbana son las que más acuden al hospital por consulta externa y urgencia para pedir atención para enfermedades asociadas a la calidad del agua, mientras que los hombres son los que presentan el mayor número de atención hospitalaria por hospitalización.

Para el caso del casco urbano del municipio de Orito se presenta la información de morbilidad en seis zonas que tienen relación con los afluentes que le aportan el mayor número de descargas contaminantes al río Orito (figura 31). La Zona Norte que se relaciona con la quebrada La Danta, la Zona Centro Norte y parte de la Zona Centro relacionadas con la quebrada del Loco William, las zonas Centro Occidente, Centro y Sur que se relacionan con la quebrada El Sábalo y la Zona Centro Occidente que se relaciona con la quebrada La Mojarra (ver cuadro 21).





Figura 31. Zonificación para presentar la morbilidad asociada a la calidad del agua para el consumo humano

Cuadro 21. Afluentes con mayor descarga de vertimientos en el sector urbano del municipio de Orito

AFLLENITE	70114	DADDIOO	LIADITANITEO
AFLUENTE CON MAYOR DESCARGA	ZONA	BARRIOS	HABITANTES, SEGÚN SISBEN
Quebrada La Danta	Norte	Villaflor, El Jardín, Las Colinas y el asentamiento subnormal El Bosque	2.416 personas
Quebrada Loco	Centro norte	12 de octubre, Colombia II, Colombia, San Carlos, La Floresta, Los Pinos, Villacarolina y La Esperanza	3.928 personas
William	Centro	Marco Fidel Suárez, Chapinero, Las Galias, La Unión, Simón Bolívar, Villa Docente, Las Heliconias	4.127 personas
	Centro Occidente y Centro	La Alameda, Los Ángeles, La Piscina, el Sabalito y el Sábalo	2.287 personas
Quebrada El Sábalo	Sur	El Vergel, La Paz, Betania, Comuneros, Provenir, 28 de Mayo, El Obrero, San Martín, Palmas I y II, Las Rosas, La Libertad I y II, La	5.534 personas



AFLUENTE CON MAYOR DESCARGA	ZONA	BARRIOS	HABITANTES, SEGÚN SISBEN
		Independencia, Los Laureles, 7 de Agosto, Nuevo Orito, Nuevo Mundo, La Gaitana, Los Pomos, Loma Linda, Las Vegas y Las Américas	
Quebrada La Mojarra	Sur oriente	Cristo Rey, Los Alpes, Portales de Orito, Puertas del Sol	1.499 personas

Al promediar los habitantes de cada zona según el Censo SISBEN y la asistencia al hospital para ser atendidos por enfermedades asociadas a la calidad del agua, se encuentra que en el 2015 fueron atendidos en promedio por consulta externa en la Zona Norte 6 de cada habitantes 100 (140 casos), en la Zona Centro Norte 5 de cada 100 (196 casos), en la Zona Centro Occidente 3 de cada 100 (66 casos), en la Zona Centro 4 de cada 100 (165 casos), en la Zona Sur 6 de cada 100 (321 casos) y en la Zona Centro Oriente 4 de cada 100 (65 casos) (ver figura 32).



Figura 32. Personas por cada 100 habitantes atendidas en por consulta externa en el hospital en el año 2015.



En el 2015 fueron atendidos en promedio por consulta externa en la Zona Norte 2 de cada habitantes 100 (42 casos), en la Zona Centro Norte 4 de cada 100 (160 casos), en la Zona Centro Occidente 2 de cada 100 (49 casos), en la Zona Centro 3 de cada 100 (137 casos), en la Zona Sur 3 de cada 100 (180 casos) y en la Zona Centro Oriente 3 de cada 100 (37 casos) (ver figura 34).

En el 2015 fueron atendidos en promedio por urgencia en la Zona Norte 2 de cada habitantes 100 (42 casos), en la Zona Centro Norte 4 de cada 100 (160 casos), en la Zona Centro Occidente 2 de cada 100 (49 casos), en la Zona Centro 3 de cada 100 (137 casos), en la Zona Sur 3 de cada 100 (180 casos) y en la Zona Centro Oriente 3 de cada 100 (37 casos) (ver figuras 33 y 34).



Figura 33. Personas por cada 100 habitantes atendidas en por urgencias en el hospital en el año 2015.



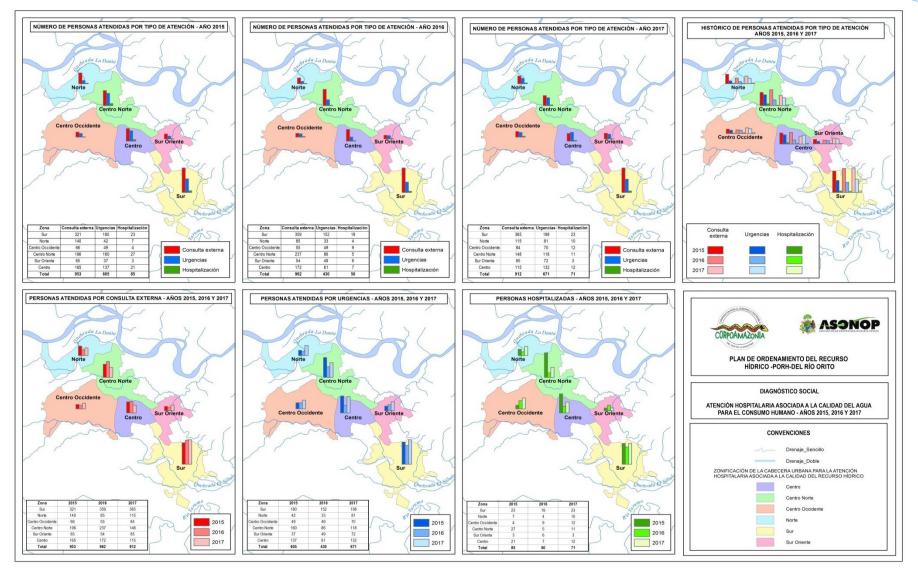


Figura 34. Atención hospitalaria asociada a la calidad del agua para consumo humano años 2015, 2016 y 2017





En el 2015 fueron atendidos en promedio por hospitalización en la Zona Norte 0,3 de cada habitantes 100 (7 casos), en la Zona Centro Norte 1 de cada 100 (27 casos), en la Zona Centro Occidente 0,2 de cada 100 (4 casos), en la Zona Centro 0,5 de cada 100 (21 casos), en la Zona Sur 0,4 de cada 100 (24 casos) y en la Zona Centro Oriente 0,2 de cada 100 (3 casos) (ver figuras 34 y 35).

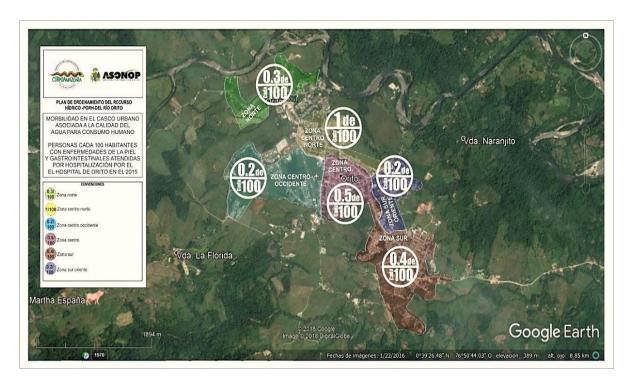


Figura 35. Personas por cada 100 habitantes atendidas en por hospitalización en el hospital en el año 2015

En el 2016 fueron atendidos en promedio por consulta externa en la Zona Norte 4 de cada habitantes 100 (85 casos), en la Zona Centro Norte 6 de cada 100 (237 casos), en la Zona Centro Occidente 2 de cada 100 (55 casos), en la Zona Centro 4 de cada 100 (172 casos), en la Zona Sur 7 de cada 100 (359 casos) y en la Zona Centro Oriente 4 de cada 100 (54 casos) (ver figuras 34 y 36).







Figura 36. Personas por cada 100 habitantes atendidas por consulta externa en el hospital en el año 2016

En el 2016 fueron atendidos en promedio por urgencias en la Zona Norte 1 de cada habitantes 100 (33 casos), en la Zona Centro Norte 2 de cada 100 (86 casos), en la Zona Centro Occidente 2 de cada 100 (49 casos), en la Zona Centro 2 de cada 100 (61 casos), en la Zona Sur 3 de cada 100 (152 casos) y en la Zona Centro Oriente 3 de cada 100 (49 casos) (ver figuras 34 y 37).

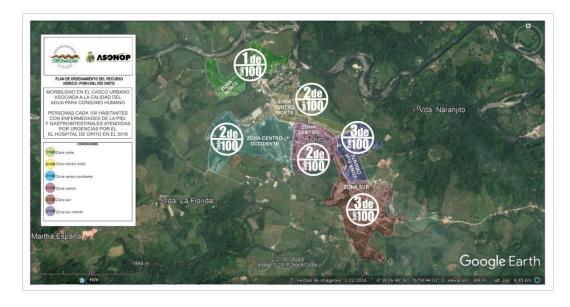




Figura 37. Personas por cada 100 habitantes atendidas por urgencias en el hospital en el año 2016.

En el 2016 fueron atendidos en promedio por hospitalización en la Zona Norte 0,2 de cada habitantes 100 (4 casos), en la Zona Centro Norte 0,1 de cada 100 (5 casos), en la Zona Centro Occidente 0,4 de cada 100 (9 casos), en la Zona Centro 0,2 de cada 100 (7 casos), en la Zona Sur 0,3 de cada 100 (19 casos) y en la Zona Centro Oriente 0,4 de cada 100 (6 casos) (ver figuras 34 y 38).



Figura 38. Personas por cada 100 habitantes atendidas por hospitalización en el hospital en el año 2016

En el 2017 fueron atendidos en promedio por consulta externa en la Zona Norte 3 de cada habitantes 100 (115 casos), en la Zona Centro Norte 3 de cada 100 (148 casos), en la Zona Centro Occidente 3 de cada 100 (84 casos), en la Zona Centro 3 de cada 100 (115 casos), en la Zona Sur 4 de cada 100 (365 casos) y en la Zona Centro Oriente 5 de cada 100 (85 casos), ver figuras 34 y 39.





Figura 39. Personas por cada 100 habitantes atendidas por consulta externa en el hospital en el año 2017

En el 2017 fueron atendidos en promedio por urgencias en la Zona Norte 5 de cada habitantes 100 (81 casos), en la Zona Centro Norte 4 de cada 100 (118 casos), en la Zona Centro Occidente 4 de cada 100 (70 casos), en la Zona Centro 3 de cada 100 (172 casos), en la Zona Sur 7 de cada 100 (198 casos) y en la Zona Centro Oriente 6 de cada 100 (72 casos), ver figuras 34 y 40.



Figura 40. Personas por cada 100 habitantes atendidas por urgencias en el hospital en el año 2017



En el 2017 fueron atendidos en promedio por hospitalización en la Zona Norte 0,4 de cada habitantes 100 (10 casos), en la Zona Centro Norte 0,3 de cada 100 (11 casos), en la Zona Centro Occidente 0,5 de cada 100 (12 casos), en la Zona Centro 0,23 de cada 100 (12 casos), en la Zona Centro Oriente 0,2 de cada 100 (3 casos), ver figuras 34 y 41.

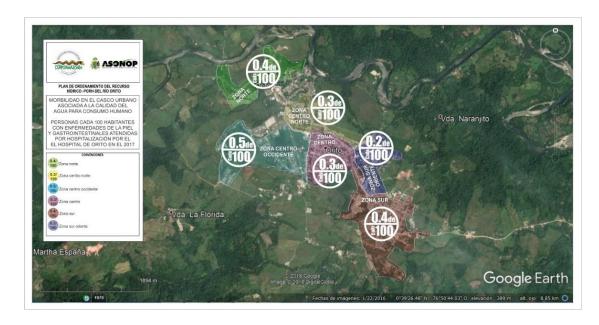
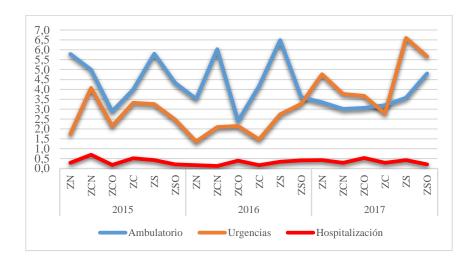


Figura 41. Personas por cada 100 habitantes atendidas por hospitalización en el hospital en el año 2017

Como lo muestra la gráfica 6, las zonas con picos altos de visitas al hospital para atención hospitalaria para los casos de consulta externa y atención por urgencias en los tres años son la norte y la sur. Hay un caso particular que se presenta en el año 2.016 en donde hubo un incremento en la zona centro norte, específicamente en el barrio 12 de Octubre el cual presentó (quebrada Loco William o Santa Clara) que presento 133 casos por diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso.





Gráfica 6. Atención hospitalaria casco urbano por enfermedades asociadas a la calidad del agua 2015 – 2017

Para los años 2016 y 2017, la zona Centro Occidente (quebrada El Sábalo) presentó las tasas más altas de hospitalización por enfermedades asociadas a la calidad del agua.

Para el año 2015, se atendieron en el hospital local de Orito 5 casos por urgencias, 34 casos atendidos por consulta externa en comunidades indígenas, 8 casos por urgencias y 18 casos atendidos por consulta externa en comunidades mestizas que habitan la cuenta alta del río Orito, ve cuadro 22.

Para el mismo año se presentaron 8 casos por urgencias, 6 casos de hospitalización en comunidades indígenas, 70 casos atendidos por consulta externa, 51 casos atendidos por urgencias y 14 casos de hospitalización de población mestiza que habitan la cuenca media del río Orito.

En este mismo año se presentaron 25 casos atendidos por consulta externa y 2 casos atendidos por urgencias en comunidades indígenas, 110 casos atendidos por consulta



externa y 44 casos atendidos por urgencias en comunidades mestizas que habitan la zona baja del río Orito, ver figura 42.

Cuadro 22. Atención hospitalaria rural por zonas para los años 2015, 2016 y 2017

Atención		2015			2016			2017	
hospitalaria	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
Ambulatorio	50	94	110	24	119	65	33	124	72
Urgencias	13	59	46	7	49	26	16	69	75
Hospitalización	0	20	0	2	4	7	5	9	5

Fuente: Reporte de morbilidad del Hospital local de Orito de los años 2015, 2016 y 2017.



Figura 42. Número de casos atendidos por el hospital local de Orito de enfermedades asociadas a la calidad del agua por zonas en el año 2015



Para el año 2016, el comportamiento se modificó en la medida en que se distribuyeron entre las cuencas alta y media la población que fue atendida por hospitalización. Se presentaron 7 casos atendidos por consulta externa, 7 casos atendidos por urgencia y un caso atendido por hospitalización en comunidades indígenas que habitan la cuenca alta.

En la zona alta también se presentaron 17 casos atendidos por consulta externa y uno atendido por hospitalización en comunidades mestizas.

En la zona media bajaron los casos atendidos por hospitalización, pero aumentaron los atendidos por consulta externa. Se presentó un caso atendido por urgencias y 6 hospitalizaciones en comunidades indígenas, 98 casos atendidos por consulta externa, 48 casos atendidos por urgencias y 4 hospitalizaciones en comunidades mestizas.



Figura 43. Número de casos atendidos por el hospital local de Orito de enfermedades asociadas a la calidad del agua por zona en el año 2016

En la zona baja para este año se disminuyeron los casos atendidos por consulta externa, pero se aumentaron las hospitalizaciones en comunidades mestizas. Hubo 25 casos



atendidos por consulta externa y 2 atendidos por urgencias de comunidades indígenas, 65 casos atendidos por consulta externa, 24 casos atendidos por urgencias y 7 hospitalizaciones en el caso de comunidades mestizas (ver figura 43).

Para el 2017 aumentan los casos de enfermedades asociadas a la calidad del agua en las zonas media y baja. Se presentaron 11 casos atendidos por consulta externa, 4 caso atendidos por urgencias y hospitalizaciones en comunidades indígena habitantes de la zona alta. En esta misma cuenca se presentaron 22 casos atendidos por consulta externa, 12 casos por urgencias y una hospitalización en comunidades mestizas.

En la zona media se presentaron 8 casos atendidos por consulta externa, 10 casos atendidos por urgencias y 4 hospitalizaciones de miembros de las comunidades indígenas. También fueron atendidos por el hospital local 116 casos por consulta externa, 59 casos por urgencias y 5 hospitalizaciones de personas mestizas.

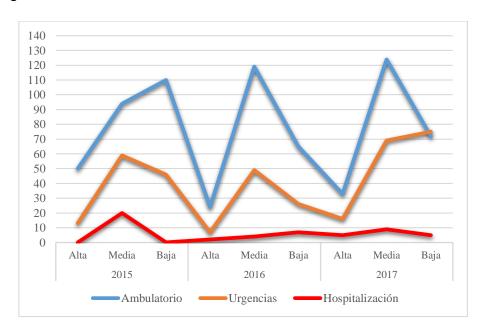
En la zona baja hubo 2 casos atendidos por consulta externa, 3 atendidos por urgencia y una hospitalización de comunidades indígenas. Para el caso de comunidades mestizas se presentaron 70 casos atendidos por consulta externa, 72 por urgencias y 4 hospitalizaciones, ver figura 44.





Figura 44. Número de casos atendidos por el hospital local de Orito de enfermedades asociadas a la calidad del agua por zona en el año 2017.

En general se presenta una tendencia al aumento de consulta externa y urgencias por enfermedades asociadas a la calidad del agua en las cuencas media y baja, como lo muestra la gráfica 7.



Gráfica 7. Atención hospitalaria rural por zonas para los años 2015, 2016 y 2017.



3.1.8 Resultados del diagnóstico participativo con comunidades indígenas y afrodescendientes presentes en el área de estudio.

Para llevar a cabo el trabajo con comunidades étnicas presentes en el área de estudio, se coordinó el proceso de preconsulta y consulta (apertura de consulta, análisis de impactos y medidas de manejo, formulación de acuerdos y protocolización de acuerdos) de conformidad con lo establecido en la Directiva Presidencial 010 de 2013 y Convenio N° 169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes de la Organización Internacional del Trabajo OIT de 1989, respecto del derecho colectivo a la consulta previa de los grupos étnicos.

Aunque, en el proyecto Plan de Ordenamiento del Recurso hídrico del río Orito no se generarían impactos ambientales negativos que pongan en riesgo la estabilidad de las comunidades y de su territorio, se efectuó, un proceso de participación comunitario, en el que se inició con la contratación de técnicos ambientales provenientes de las mismas comunidades, los cuales, facilitaron el desarrollo de talleres, que permitieron entre otros resultados:

- Visualizar a futuro el río Orito
- Identificar las actuales problemáticas ambientales que imposibilitarían alcanzar el escenario deseado
- Plantear las medidas necesarias para alcanzar el escenario deseado

Las comunidades participantes corresponde a 26 comunidades pertenecientes a los pueblos Embera, Pastos, Awa, Yanaconas, Inga, Nasa y Pijao, se procedió en primera instancia con los participantes desde su propia cultura, cosmovisión y ancestralidad a visualizar a futuro el rio Orito, esto es, soñar como les gustaría ver al río Orito en un lapso de 10 años, lo anterior permitió llegar a una reflexión sobre la situación futura deseada del río.



Posteriormente a este ejercicio se procedió a identificar las situaciones actuales y las propuestas de cambio que se requieren para llegar a la situación futura deseada, para ello se procedió a identificar las limitantes, los problemas que son un obstáculo para llevar a cabo esa visión y describir cuáles son las consecuencias o afectaciones socioambientales generadas por las actividades desarrolladas en su entorno.

Finalmente, se llegó a un momento de reflexión y análisis en el cambio de las actitudes habituales frente a lo que en tiempo presente vienen provocando las actividades y prácticas que realizan las comunidades aledañas al rio o usuarios del río y que lo afectan directa o indirectamente. En esta medida llevo a analizar sobre la necesidad de aprender del pasado, asumir responsabilidades sobre el presente y construir colectivamente el futuro. En esta última parte, las comunidades desde su entorno territorial y visión cultural plantearon alternativas de solución que garantizaría la sostenibilidad del agua y de la cuenca a futuro.

3.1.8.1 Comunidades indígenas

A continuación se presentaran las limitantes y problemas identificados por los participantes:

Cuadro 23. Problemas y limitantes identificados por las comunidades indígenas identificados en el río Orito

PUEBLO	PROBLEMAS Y LIMITANTES IDENTIFICADOS
EMBERA (Resguardos Alto Orito, Simorna y La Cristalina	 Contaminación por hidrocarburos Tala de bosques de riberas del rio Orito (perdida de sitios sagrados) Explotación minera (material de arrastre) Caza y pesca indiscriminada con fines comerciales (pólvora, veneno) Contaminación por aguas residuales (falta de baterías sanitarias)



PUEBLO	PROBLEMAS Y LIMITANTES IDENTIFICADOS
INGA (Cabildo Suma luiai)	 Contaminación a las fuentes hídricas por el manejo inadecuado de residuos sólidos. No hay concientización en la protección de la naturaleza Contaminación con glifosato en el rio y quebradas por aspersiones aéreas a cultivos ilícitos Deforestación indiscriminada a causa de la colonización e industrialización No hay una cultura ambiental Incumplimiento de las normas ambientales Otorgamiento de licencias ambientales por entes gubernamentales sin consulta previa a las comunidades indígenas. Pesca y caza ilegal para la comercialización
	 Enfermedades a causa de la contaminación de aguas servidas Manejo inadecuado de residuos solidos
PASTOS (cabildos Pastos Oro Verde, Pastos Orito Putumayo, Pastos Orito Siberia)	 Deforestación masiva de las riberas de las cuencas hidrográficas No se cuenta con plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en lo urbano y lo rural sistemas de pozos sépticos y biodigestores. Falta de concientización, cultura e implementación de programas de manejo de residuos sólidos. Utilización de métodos inadecuados para la pesca Otorgamiento de licencias ambientales para la exploración y explotación de minería sin consulta previa Atropello de grupos armados legales e ilegales a los pueblos en sus territorios Falta de educación ambiental Perdida de los lugares sagrados por la intervención de las empresas o el hombre Contaminación por construcción de chocheras a orillas del rio para la cría de ganado porcino Falta de programas de educación enfocados a la conservación del medio ambiente.
AWA (cabildos Pibipaí, Alnamawami, Playa Rica, Yarumo Pilt	Tala indiscriminada de árboles con pérdida significativa de las áreas de protección boscosa en las riberas del rio y sus afluentes.



PUEBLO

Kwasi, Agua Blanca Piedra Verde, Resguardos Cañaveral, Bellavista, Caicedonia, Selva Verde, Inkal Awa, El Espingo, Chanul.

PROBLEMAS Y LIMITANTES IDENTIFICADOS

- Vertimiento de aguas residuales como (Domesticas, industriales y agropecuarias).
- Manejo inadecuado de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.
- ❖ Baja densidad de peces por la pesca indiscriminada.
- Contaminación generada a causa de la minería de hidrocarburos y material de arrastre en la ribera de los ríos.
- Pérdida de usos y costumbres en la realización de rituales y conexión espiritual con el agua.
- Pérdida del caudal del rio afectando la navegabilidad del mismo.
- Incumplimiento en las normas de protección ambiental
- Mínima inversión por parte de las entidades públicas en saneamiento básico
- Bajo sentido de pertenencia hacia los ríos
- Alta negligencia de las instituciones en el otorgamiento de licencias ambientales
- Bajo nivel de control y vigilancia por parte de las comunidades indígenas
- Afectación de los sitios sagrados ubicados en el río como: sitio curación del chutum, quebrada la cangrejera, el árbol grande del ambarengua.
- Afectación al material cultural artesanal por la pérdida de la arcilla plateada
- Afectación al material cultural artesanal de la tetera y quadua
- Contaminación del estadero san Gerónimo vereda Loma Linda
- La contaminación directa de aguas negras por parte del municipio de Orito y los habitantes a la ribera del rio Sábalo, afluente del río Orito.
- Pesca indiscriminada con pólvora y pistola sin mantener un equilibrio natural de las especies
- Falta de educación ambiental en las comunidades para no contaminar con residuos sólidos las fuentes hídricas
- Contaminación por derrames de crudo por atentados de grupos armados al margen de la ley y fallas operacionales de las empresas Petroleras como: Ecopetrol.
- Contaminación por el uso indiscriminado de la extracción de material de río.
- Deforestación de la ronda hídrica del río Yarumo



PUEBLO	PROBLEMAS Y LIMITANTES IDENTIFICADOS
	 No aplicabilidad del reglamento interno para proteger al rio Orito. Falta de educación ambiental de acuerdo con la cultura indígena Explotación indiscriminada de los hidrocarburos afectando las aguas y montañas del katsasu Afectación al panteón Auka Awa Afectación de la relación directa en la espiritualidad con el rio Afectación de las plantas medicinales que se encuentran en las riberas de los ríos. Por la fumigación área a los cultivos ilícitos afectaron la medicina, sitios sagrados, charco del amor y flora y fauna
PIJAO (Cabildo Chicalá Pijao)	 Vertimiento de aguas residuales industriales, domésticas y agropecuarias. Tala indiscriminada de las áreas de protección de las riberas de los ríos o zonas boscosas Manejo inadecuado de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos Extracción minera legal e ilegal en la ribera de los ríos y las áreas de protección del rio Pesca indiscriminada no artesanal La contaminación al agua nos afecta en la salud, cultura y ancestralidad por el desequilibrio espiritual de nuestro territorio afectando las actividades del pueblo PIJAO.
YANACONA (cabildo Bajo Mirador)	 Descarga o vertimiento de aguas residuales sin tratamiento alguno Exploración y explotación de minería en las áreas de protección del rio sus riberas y territorios indígenas Practicas inadecuadas de caza y pesca Contaminación por el manejo inadecuado de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos Tala indiscriminada de bosques Afectación a nuestra cosmovisión indígena en usos y costumbres perdiendo espacios primitivos para el reencuentro espiritual y ancestral
NASA (cabildos Kwima the Wesx y Danubio).	 Las entidades como la alcaldía y CORPOAMAZONIA no invierten los recursos necesarios para preservar nuestra fuente hídrica



PUEBLO	PROBLEMAS Y LIMITANTES IDENTIFICADOS
	Personas que arrojan residuos orgánicos de las otras comunidades como tarros de insecticidas a la quebrada la Cristalina y el Espingo.
	Las personas que trabajan con cultivos ilícitos tienen laboratorios a las orillas de la quebrada tiran residuos con petróleo y esto con la lluvia caen directamente
	 Quebrada la Cristalina: Depositan residuos orgánicos al agua, tarros de insecticidas, bombas de fumigar, etc.

3.1.8.2 Comunidades afrodescendientes

El diagnóstico participativo de las comunidades afrodescendientes, se logró con la contribución de los consejos comunitarios Versabal, Afro Buenos Aires, El Paraiso, El Triunfo, Afro Tesalia, Tierra Sol Naciente y WillAuralilia, quienes apoyados por los técnicos de campo identificaron las siguientes problemáticas presentadas en las zonas de influencia al río Orito.

Los problemas identificados fueron clasificados en dos categorías; en la primera categoría están las de origen administrativo, como son:

- Corrupción de los funcionarios gubernamentales
- La poca gestión del alcalde
- Falta de empresas que compren y transformen los residuos reciclables.
- Ausencia de las autoridades ambientales
- Falta de empoderamiento de la comunidad
- Incumplimiento de la normatividad por las diferentes entidades ambientales

En la segunda categoría están los problemas de tipo natural y de mal uso por parte de la población de los recursos naturales, como:



- Socavamiento del r\u00edo principalmente en los consejos comunitarios Versabal y Buenos Aires
- Contaminación del agua de las quebradas la Silva y La Danta
- Contaminación de las aguas subterráneas
- Perdida de peces nativos y contaminación de los existentes
- Inundación en las riberas del rio provocando perdida de cultivos como plátano, yuca, etc.
- Perdida de la vegetación de las riberas del río
- Contaminación por la ganadería y otras actividades pecuarias
- 3.1.8.3 Síntesis del proceso participativo de las comunidades locales

Como conclusión de este proceso participativo, las comunidades locales en general, tienen una identificación con el río, han hecho de él un símbolo y un referente de cultura y de identidad, principalmente los habitantes del municipio de Orito. Han creado y recreado leyendas, mitos, espacios de encuentro; sin embargo las mismas comunidades reconocen que algunas actividades de tipo doméstico, productivo, industrial y de extracción de recursos naturales han sido causantes de problemáticas y riesgos para la salud de las personas, la vida de los demás seres vivos y la provisión de bienes y servicios con calidad y en la cantidad requerida para suplir las necesidades.

A continuación en la figura 45 se resumirán los principales problemas identificados por las comunidades asentadas en el río Orito:



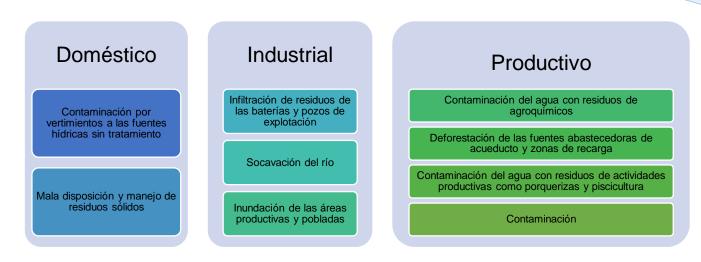


Figura 45. Síntesis de los principales problemas



IV. DEFINICIÓN DE TRAMOS O SECTORES DE ANÁLISIS

Para la identificación de los sectores de análisis o tramos, se realizó, una revisión de información secundaria, teniendo en cuenta las diferentes cargas contaminantes que actúan sobre el rio en toda su longitud, como también las características morfométricas de la cuenca. Considerando lo mencionado anteriormente se divido el rio en 3 tramos (figura 46), de la siguiente manera:

Tramo 1.- parte alta: corresponde a una distancia de 23,21 km, el cual inicio desde la cabecera, en el punto 1 (P1), hasta aguas debajo del río El Quebradón (Tr1).

En este tramo con el recorrido realizado para la toma de muestras y la medición de caudales y con la información obtenida de la actividad de censo de usuarios, no se identificó alguna alteración antrópica existente que pueda llegar a proporcionar algún cambio en el comportamiento de la calidad del agua del rio, tampoco se percibieron malos olores, ni alteración en el color del agua o material orgánico o inorgánico extraño presente que pueda ser considerado como indicador de contaminante. Por tal motivo se maneja la hipótesis de que en este tramo del rio no se presenta afectación por contaminación.

Tramo 2.- Parte media: corresponde a una distancia de 16,81 km. el cual se tomó desde el río El Caldero (Tr2) hasta la desembocadura del río El Yarumo (Tr3).

Este tramo se puede considerar como de mayor atención en lo correspondiente a calidad del agua, por la presencia de asentamientos poblacionales y la ubicación de la cabecera municipal de Orito. Por otra parte, en este tramo el rio Orito recibe las aguas de las quebradas La Danta, Loco William, El Sábalo que es un afluente del río Yarumo, los cuales atraviesan la cabecera municipal y son fuentes receptoras de diferentes



vertimientos tanto domiciliarios como industriales, que son los que mayor carga contaminante aportan a las fuentes hídricas.

En este tramo medio del rio Orito, se puede presentar otra alteración a la calidad del agua del rio, debido a la presencia de sólidos en suspensión causada por la actividad minera que se desarrolla en diferentes puntos de este trayecto, ocasionando una variación en el color del agua.

Tramo 3.- Parte baja: corresponde a una distancia de 34,64 km. el cual se tomó desde aguas debajo de la confluencia del río El Yarumo (P6), hasta antes de su desembocadura al río Putumayo (P7).

El tramo es una zona plana donde no se identificaron vertimientos, ni grandes asentamientos de comunidades que puedan llegar a ocasionar una alteración al comportamiento de la calidad del agua del rio Orito. Se considera el tramo o zona de depuración, donde el rio antes de desembocar al rio Putumayo, se recupera naturalmente y asimila las cargas que le fueron aportadas en la zona del tramo medio. Así mismo, en este trayecto recibe otros tributarios como el rio Blanco que le aporta un gran volumen de agua, ayudando en su proceso de depuración y asimilación.



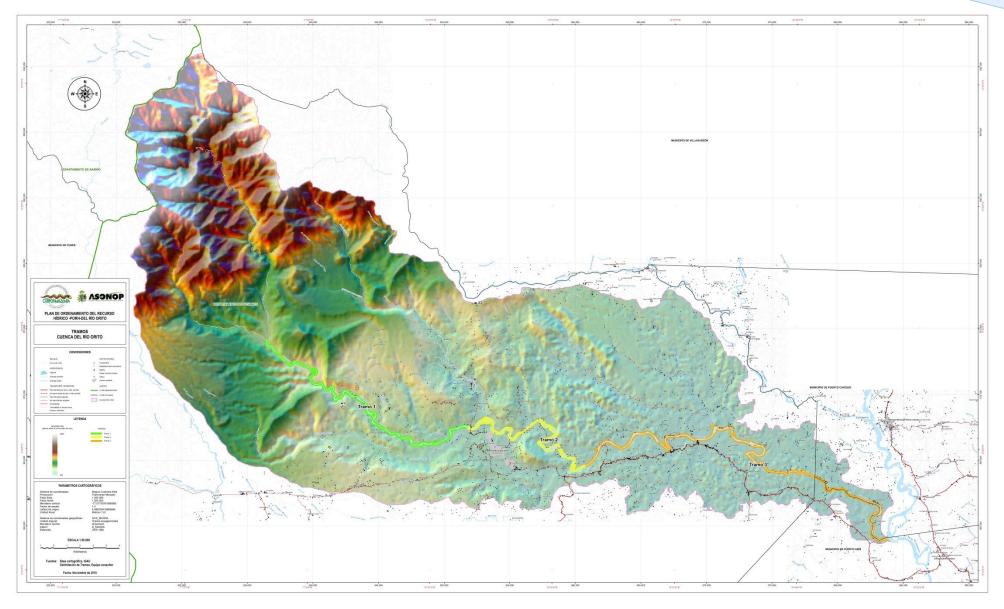


Figura 46. Tramos de estudio en el río Orito





V. DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA CONCEPTUAL PARA LA MODELACIÓN DE CALIDAD DE AGUA

El comportamiento de los contaminantes en el agua es esencialmente dinámico, pues los contaminantes están en permanente movimiento, ya sea por efecto del propio movimiento del agua, o por la movilidad natural de las moléculas y partículas coloidales. Los fenómenos de transporte de contaminantes en cuerpos de agua han sido ampliamente estudiados y han dado origen a numerosas formulaciones matemáticas que describen su comportamiento (Castillo G., 2008). En la actualidad existe un sin número de modelos matemáticos, desarrollados con la finalidad de estudiar el comportamiento de un determinado contaminante o un grupo de éstos a lo largo de una corriente natural (García Q., 2008). Por este motivo, ha sido necesario clasificar los diferentes modelos de calidad del agua existentes de acuerdo a sus características para una mejor comprensión y selección de los mismos como puede verse a continuación (Lozano G. et al., 2003):

- Tipos de procesos: Físicos, químicos, biológicos
- Tipo de método de solución: Métodos empíricos, soluciones aproximadas, análisis simplificado, modelos matemáticos con diferencias finitas.
- Tipo de cuerpo de agua: Río, lago, reservorio.
- Dimensión: 1, 2 o 3 dimensiones.
- Estado: Estacionario, dinámico, cuasi-dinámico.
- Tipo de transporte: Advección, dispersión, intercambio béntico.
- Tipo de cuenca: Urbanas, no urbanas.





Comúnmente, la selección del modelo a implementar depende de la disponibilidad de información con que se cuenta, el propósito de la modelación y los procesos a modelar. Esta condición implica que no siempre un modelo puede aplicarse en el estudio de la calidad del agua en una corriente en particular. Sin embargo, se espera que un modelo de calidad del agua cuente con las siguientes características generales (Lozano G. et al., 2003):

- Simulación de los parámetros básicos de calidad de agua como oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), nitrógeno y fósforo, principalmente. Además, el modelo debe considerar la reducción de la concentración de contaminantes por el efecto de entradas de flujo adicionales.
- Flexibilidad. Es decir, que pueda adaptarse a las condiciones de diferentes corrientes, puesto que sería algo no viable económico y técnicamente utilizar un modelo de simulación diferente para cada corriente.
- Aplicabilidad. Se prefieren los programas que hayan sido empleados en otras regiones similares a la de aplicación del modelo.
- Simplicidad en su ejecución y precisión en sus resultados. Un modelo con entradas de datos o procesos más complejos, necesariamente no es más preciso.
- Viabilidad económica. No se justifica hacer una gran inversión para un programa que tendría casi los mismos resultados de un programa más económico o de uso libre.
- Articulación de información existente de calidad del agua, hidrométrica e información meteorológica.

El proceso general de simulación de una corriente hídrica superficial, inicia con la identificación de las necesidades de la corriente a modelar y sigue con la etapa de selección del modelo. En esta etapa se puede elegir uno de los modelos existentes o se





puede desarrollar uno nuevo. Posteriormente se inician las etapas de aplicación, calibración y confirmación del modelo, las cuales permitirán finalmente predecir la calidad del agua de la corriente y tomar las medidas pertinentes, contando con una herramienta de planificación futura, ver figura 47.

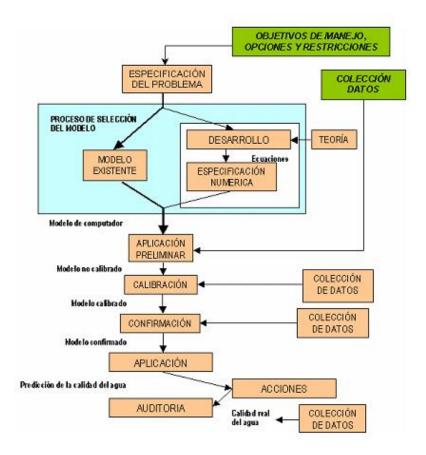


Figura 47. Proceso de simulación de una corriente hídrica superficial.

Fuente: Lozano G. et al., 2003

5.1 SELECCIÓN DEL MODELO

Una vez realizada la revisión detallada de los modelos existentes en el mercado, para la modelación de la calidad el agua en corrientes superficiales, se seleccionó el software QUAL2Kw versión 6.0, cuya principal diferencia con la versión 5.1 es que incluye la



opción de la modelación dinámica de la calidad del agua, el análisis hidráulico de flujo no uniforme y no permanente, y la inclusión de zonas de almacenamiento temporal. Estas nuevas capacidades no son necesarias para este trabajo de modelación, puesto que se plantea el desarrollo de un modelo en estado estable y se supone que la descarga de las aguas residuales es continua y constante en el tiempo, con el fin de considerar un efecto en condiciones de equilibrio sobre el cuerpo receptor.

5.1.1 Descripción del modelo QUAL2Kw v.5.1

El QUAL2K (comúnmente denominado Q2K), es un modelo para estimar la calidad del agua en ríos; dicho modelo es una versión moderna del QUAL2E, software desarrollado a mediados de los ochenta (Brown and Barnwell, 1987), como una versión actualizada de su antecesor, el modelo QUAL. El modelo de calidad del agua QUAL2K fue desarrollado para la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos por Chapra y Pelletier en el año 2003, posteriormente Departamento de Ecología del Estado de Washington incorpora en él, una herramienta para calibrar sus parámetros, mediante el uso de una subrutina de optimización, basada en algoritmos genéticos para la calibración de las constantes y recibe por nombre QUAL2Kw. Algunas de las características más representativas del modelo se describen a continuación (Chapra et.al., 2008):

- Tipo de software e interface gráfica: El modelo se ejecuta en ambiente Windows mediante el lenguaje Visual Basic. La interface gráfica funciona bajo el software Excel, lo que hace el modelo muy amigable y de fácil uso.
- Segmentación del modelo: El modelo no presenta limitaciones en la especificación del número y longitud de tramos que se pueden modelar, por lo cual se pueden incluir múltiples fuentes puntuales o dispersas en cualquier tramo.



- Dimensionalidad: El QUAL2Kw es un modelo unidimensional en la dirección del flujo, esto es debido a que en la mayoría de los ríos las dimensiones de la longitud son mucho mayores a las profundidades y anchos. Adicionalmente se asume que el río o canal se encuentra bien mezclado tanto vertical como horizontalmente.
- Hidrodinámica: El flujo de agua se simula en condiciones hidráulicas estables, esto quiere decir en condiciones de flujo permanente, simulando periodos de caudal y cargas constantes en el tiempo.
- Modelación de sistemas hídricos de tipo dendrítico: El modelo permite realizar simulaciones en casos donde la simulación se extiende no solo a la corriente principal, sino también a tributarios. El modelo tiene capacidad de simular en total cuatro (4) corrientes superficiales de manera independiente o integrada al ramal principal dependiendo de las necesidades del usuario.
- Entradas de masa y calor al sistema: Se simulan vertimientos y extracciones tanto puntuales como dispersas.
- Parámetros modelados: Conductividad, sólidos suspendidos inorgánicos, oxígeno disuelto, DBO rápida, DBO lenta, nitrógeno orgánico disuelto, nitrógeno amoniacal, nitratos, fósforo orgánico disuelto, fósforo inorgánico, fitoplancton, detritus, patógenos, alcalinidad, carbono orgánico total, algas de fondo, temperatura y caudal.
- Especies de DBO carbonácea: El modelo QUAL2Kw usa dos formas de DBO carbonácea para representar el carbono orgánico. Estas formas son: la DBO de rápida oxidación (DBO fast) y la DBO de lenta oxidación (DBO slow). Adicionalmente, se simula la materia orgánica particulada (Detritus), este material de detritus está compuesto por partículas de carbón, nitrógeno y fósforo en una estequiometría fija.



- Patógenos: Se modela un patógeno genérico (coliformes fecales o coliformes totales). La remoción de patógenos está determinada como función de la temperatura, la luz y la sedimentación.
- Algas en el fondo (periphyton o plantas radiculadas fijas): El modelo tiene un módulo completo de modelación de crecimiento de phytoplankton (plantas flotantes) y de periphyton y macrófitas (plantas radiculadas fijas) y simula explícitamente las formaciones de algas en el fondo.
- Interacciones agua-sedimento: Los flujos en la interfase agua-sedimento de OD y
 nutrientes se simulan internamente en el modelo. De esta forma el flujo de demanda
 béntica (SOD) y de nutrientes son simulados como función de la sedimentación de
 materia orgánica particulada, reacciones dentro de los sedimentos, y de
 concentraciones de las formas solubles en la columna de agua.

Como se describió anteriormente, el modelo tiene unas características que le conceden muchas ventajas frente a otros modelos, sin embargo, el QUAL2Kw también presenta algunas limitaciones que se mencionan a continuación (Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, 2011):

- El modelo no es muy flexible y por tanto se encuentra algo limitado en cuanto a los parámetros y procesos que pueden ser simulados. Por ejemplo, no se incluye la degradación de hidrocarburos. Los vertidos de derivados del petróleo no pueden modelarse.
- El modelo es unidimensional y por tanto asume que el río tiene una mezcla perfecta lateral y vertical. Esta es una asunción razonable para la mayoría de los ríos, excepto cuando los ríos son particularmente anchos, profundos o tienen un movimiento lento.
 En estos casos debería considerarse un modelo bidimensional.



El modelo se aplicará para las dos épocas o campañas de monitoreo, la época húmeda y la época seca o de estiaje, esperando que se logre evidenciar cambios o diferencias en el comportamiento de parámetros que se sometieron a evaluación para este estudio en particular, tal como se relacionan en el siguiente cuadro:

Cuadro 24. Parámetros evaluados en el río Orito

NO.	PARÁMETROS	UNIDADES
	In situ	
1	pH	[Unidad]
2	Conductividad eléctrica	[µS/cm]
3	Oxígeno disuelto	[mg/L O]
4	Temperatura del agua	[°C]
	Físico- químico	S
5	Alcalinidad	[mg/L CaCO]
6	³ Dureza Total	[mg/L CaCO]
7	DBO Total	[mg/L O]
8	5 DBO Filtrada	[mg/L O]
9	DQO Total	[mg/L O]
10	DBO última	[mg/L O]
11	Sólidos suspendidos totales (SST)	[mg/L]
12	Sólidos suspendidos volátiles (SSV)	[mg/L]
13	Sólidos sedimentables	[mL/L]
14	³ Sólidos disueltos totales	[mg/L]
15	³ Turbiedad	[UNT]
16	Nitrógeno total	[mg/L N]
17	Nitrógeno amoniacal	[mg/L N-NH]
18	Nitritos	[mg/L N-NO]
19	Nitratos	[mg/L N-NO]
20	Fósforo total	[mg/L P]





NO.	PARÁMETROS	UNIDADES
21	Ortofosfatos	[mg/L P-PO]
22	Grasas y aceites	[mg/L]
23	³ SAAM	[mg/L]
24	Fenoles	[mg/L]
25	Hidrocarburos totales del petróleo	[mg/L]
26	Clorofila-a	[mg/L Chl-a]
27	Compuestos organoclorados	[mg/L]
28	Compuestos organofosforados	[mg/L]
	lones	
29	Cianuros	[mg/L CN]
30	3 Cloruros	[mg/L Cl]
31	³ Sulfatos	[mg/L SO]
32	Calcio	[mg/L]
33	Magnesio	[mg/L]
34	Sodio	[mg/L]
	Microbiológicos	
35	Coliformes termotolerantes	[NMP/100mL]
36	Coliformes totales	[NMP/100mL]
37	Coliformes fecales	[NMP/100mL]
38	E. Coli	[NMP/100mL]
	Hidrobiológicos	5
39	Perifiton	[Org/cm ²], [µg/m Chl-a] y [g/m2 Peso seco]
40	Macroinvertebrados	[Org/cm]



VI. CENSO DE USUARIOS Y CONSOLIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN (INVENTARIOS DE USUARIOS)

Para este estudio, fue importante conocer y analizar, el censo actual de los usuarios registrados en CORPOAMAZONIA, que han tramitado procesos de concesión, permiso de vertimientos, licencias ambientales, PUEAA, PSMV, entre otros, como también los usuarios relacionados con la alteración de la calidad de la cuenca del río Orito.

Esta información fue analizada bajo los formatos del Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH), propuestos por el IDEAM, en el que algunas casillas fueron modificadas de acuerdo a las necesidades de la cuenca en ordenación.

Proceso, que se llevó a cabo, de acuerdo a la Guía para el ordenamiento del recurso hídrico continental superficial (resolución MADS 751 de 2018).

En total se analizaron 229 documentos para esta temática, ver cuadro 25 y anexo 2, matriz de informacion de calidad de agua RURH.

Cuadro 25. Número total de registros suministrados por CORPOAMAZONIA

TEMATICA	REGIONAL	NACIONAL	LOCAL
Permisos de vertimiento			111
PSMV			3
PGIRS			1
PUEAA			2
Concesiones			46
Minería llegal			9
Minería Legal			9
Registro de obras hidráulicas			7
Pozos activos Ecopetrol			41
Total			229



6.1 CONCESIONES DE AGUA

6.1.1. Concesiones de agua sobre el río Orito

Revisada la información suministrada por la autoridad ambiental, se identificaron un total de 46 usuarios. Al momento de realizar la verificación de la información y ubicación de los usuarios, se encontró que algunos de estos, actualmente cuentan con trámites vencidos y expedientes cerrados, como también se encuentran por fuera de la cuenca del rio Orito.

Con el análisis de la información suministrada más la verificación en campo, se identificó un total de 40 usuarios con trámite ante CORPOAMAZONIA, los cuales, se categorizaron por actividad en tres grupos, tal como se muestra en el cuadro 26:

Cuadro 26. Relación de usuarios por actividad en el río Orito

INDUSTRIAL	DOMESTICA	PISCICOLA
Servipetrol LTDA	Emporito	Cesar Remigio Guevara Rúales
Inspectrol LTDA	Alcaldía municipal de Orito	Gladis Magola Rúales Andrade
Ecotrans-orito LTD	MMM barrio Jardín	Leobardo Antonio Hoyos
MMM barrio Jardin	Energy Services y Servicios	Magdalena Acevedo Rúales
Ecopetrol	Tereza de Jesus Florez	Segundo Fernando Ruales
Carlos Arley Cuasialpud Hernández	Nelba Yolanda Recalde	Acuamayo
Adriana de Jesús Marcillo Aguilar		Hernán Erot Hoyos
Alcaldía Municipal de Orito		Jhonny Florez
Fullservice		Harrison Chaux Velez
Carlos Enrique Villota González		María Esther Melo
Aldemar Gutiérrez Mora		Alfonso Segundo Aroca Briñez
Ruth Cecilia García De Barrera		Herman Fidel Melo López
Jose Efren Cuchala Vallejo		Paola Andrea Chamarro

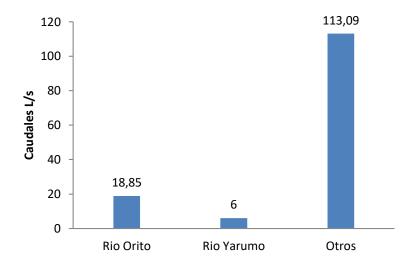


INDUSTRIAL	DOMESTICA	PISCICOLA
Jose Humberto Mueses		Gilma mena
Risueño		
Omar Antonio Jojoa Chantre		
German Nazareno		
Betancourt Pantoja		
Multicon LTDA		
Magdalena Acevedo Rueda		
Tito Romero		
Pablo Emilio Cuaspud		

Teniendo en cuenta la información de usuarios de la tabla anterior, el porcentaje más alto por usuarios se debe a la actividad industrial con un 50%, del cual el 15% corresponde a la industria petrolera, un 12,5% a la minería y un 22,5% a otras (lavadero automotriz, estaciones de gasolina, embotellamiento de agua). La actividad piscícola con un porcentaje de usuarios del 35% y la actividad doméstica con un 15%.

De un caudal total de 145,17 m³/s, la cuenca del río Orito tiene concesionado 13.84 m³/s de agua superficial a 19 usuarios de índole natural y jurídica. Con el trabajo de campo se identificaron otras concesiones de las cuales no se encontró información en la base de datos suministrada por la autoridad ambiental. Estas concesiones se distribuyen en las quebradas la Cristalina, El Cuervo, Yarumo, la Fragua y en quebradas sin N.N (sin nombre), y en los ríos Yarumo y Orito, (Gráfica 8).

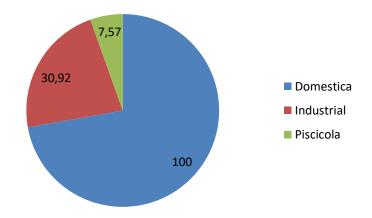




Gráfica 8. Distribución de caudales concesionados en la cuenca hidrográfica del río Orito.

La actividad que mayor demanda de agua presenta es la doméstica, con un volumen de 100 L/s, seguido de la industrial (30,92 l/s) y finalmente la piscícola (7,57 l/s), ver gráfica 9.

Concesiones por actividad L/s



Gráfica 9. Distribución de concesiones por actividad en la cuenca hidrográfica del río Orito





El volumen de agua concesionado para uso industrial, principalmente se dirige a la actividad petrolera, y como responsable esta la empresa Ecopetrol, con aproximadamente 18,86 l/S, ver cuadro 27.

Cuadro 27. Concesiones industriales identificadas en el río Orito

USUARIO	RESOLUCIÓN	LUGAR	N	W	CAUDAL (L/S)
Ecopetrol	DTP-1194	Barrio las Colina	00°40′56,7′′	076°52'28,1''	5,25
Ecopetrol	DTP-1195	Barrio las Colinas	00°40′56,6"	076°52'28,6"	0,2
Ecopetrol	DTP-1196	Barrio las Colinas	00°40′56,6"	076°52'28,8"	0,1
Ecopetrol	DTP-1197	Barrio las Colinas	00°40'56,7''	076°52'28,1"	0,1
Ecopetrol	DTP-1198	Barrio las Colinas	00°40′56,6"	076°52'28,6"	8,2
Ecopetrol	DTP-1199	Barrio las Colinas	00°40′56,6"	076°52'28,8"	5,01
Paola Andrea Chamarro	No registra	Resguardo Guaduales	00°39'19,2"	076°49'27,5"	No registra

6.1.2 Concesiones en los ríos Tributarios

Con la información suministrada por CORPOAMAZONIA y el trabajo de campo realizado, en los ríos tributarios como Caldero y Quebradón no se encontraron concesiones en estas fuentes hídricas, pero para el caso del rio Yarumo si se identificó una concesión para actividad industrial (ver figura 48).



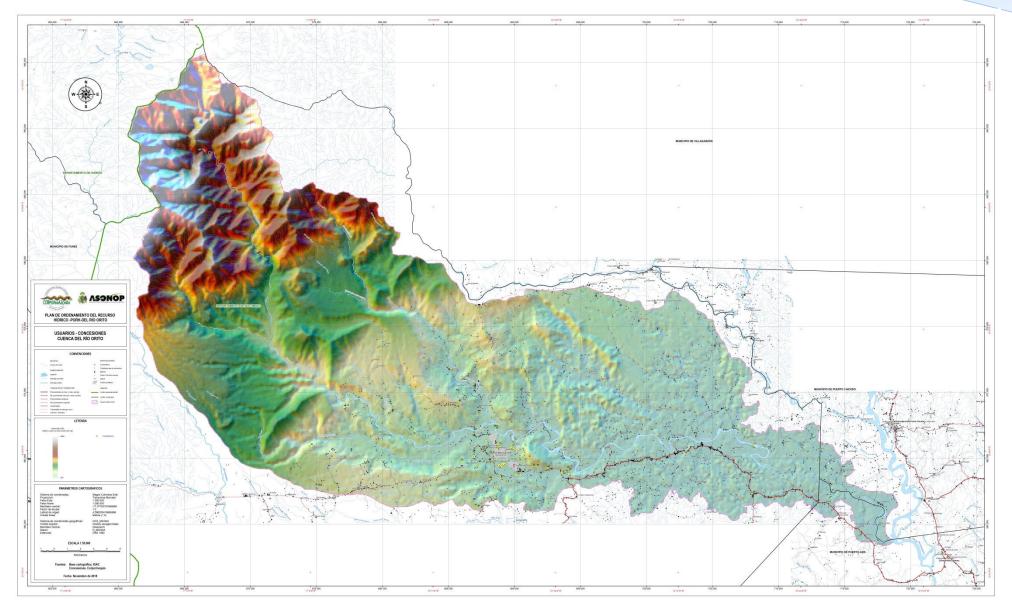


Figura 48. Mapa de concesiones río Orito





6.1.2 Concesiones en los ríos Tributarios

Con la información suministrada por CORPOAMAZONIA y el trabajo de campo realizado, en los ríos tributarios como Caldero y Quebradón no se encontraron concesiones en estas fuentes hídricas, pero para el caso del rio Yarumo si se identificó una concesión para actividad industrial.

La única concesión que ha tramitado su registro corresponde al usuario de nombre Multicon Ltda; tiene una resolución DTP 0133, la cual se encuentra vigente y se localiza en la vereda Guayabal a una altura de 354 m.s.n.m, cuyas coordenadas corresponde a N 00°38′50,2′′, W 076°52′41″, el total de caudal concesionado es de 6 l/s.

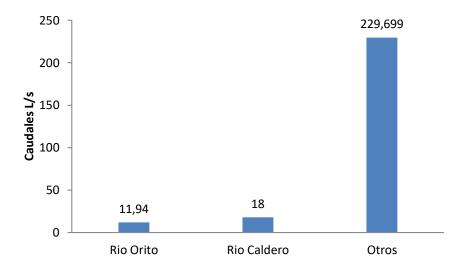
6.2 Usuarios de vertimientos o aguas residuales

Los usuarios de vertimientos se caracterizan por ser de tipo doméstico, industrial y de servicios, que descargan al cauce principal del río Orito, incidiendo sobre su calidad fisicoquímica y biológica, además ocasionando un incremento en el caudal.

Para el caso de permisos de vertimiento, la autoridad ambiental tiene otorgado un volumen de 129,996 L/s en aguas superficiales, a un total de 22 usuarios de índole natural y jurídica. Con el trabajo de campo se identificaron otros vertimientos, los cuales suman un volumen de 129,643 L/s. Todos estos vertimientos se distribuyen en las quebradas San Martin, La Gironda, Loco William, La Cristalina, Sábalo, La Danta, La Mojarra, Alameda y en quebradas N.N (sin nombre), y en los ríos Caldero y Orito (gráfica 10).



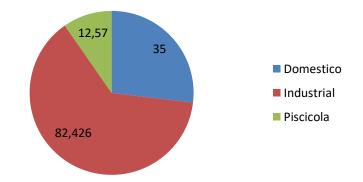




Gráfica 10. Distribución de caudales de vertimientos en la cuenca hidrográfica del río Orito.

De los permisos de vertimientos otorgados por CORPOAMAZONIA sobre la cuenca del rio Orito, la actividad que mayor volumen de agua vierte es la actividad industrial, con un volumen de 82,426 L/s, seguida de la actividad doméstica y finalmente la piscícola, tal como se evidencia en la gráfica 11.

Vertimientos por actividad L/s



Gráfica 11. Distribución de caudales vertidos por actividad en la cuenca hidrográfica del río Orito





6.2.1 Vertimientos en el rio Orito

Con la información suministrada por la autoridad ambiental y el trabajo de verificación realizado por el equipo de ASONOP, se encontró que los volúmenes de agua vertidos al rio Orito son provenientes de la industria petrolera, tal como se observa en el cuadro 28, sumando un volumen de 11,74 l/s.

Cuadro 28. Relación de vertimientos en el río Orito

Usuario	Resolución	Lugar	N	W	Caudal (L/S)
Ecopetrol	DTP-0123	Vereda la Alea	00°40′53,5′′	076°53'11''	1,3
Ecopetrol	DTP-1199	Sector la parque	00°40′43,4"	076°52'25,2"	5,01
Ecopetrol	DTP-1199	Vereda el Naranjito	00°40′45,4"	076°51'10,1"	0,1
Ecopetrol	No registra	Barrio las Colinas	00°40'57,2''	076°52'28,2"	5,53

6.2.2 Vertimientos en los ríos Tributarios

Para el caso de los ríos tributarios, no se encontró vertimientos directos hacia el rio Quebradón y el rio Yarumo, pero se debe tener en cuenta que el rio Yarumo recibe las aguas de la quebrada el Sábalo, a la cual si se le realizan vertimientos líquidos sin ningún tratamiento. De acuerdo a información secundaria suministrada por CORPOAMAZONIA, la cual fue posible verificarla en campo, el agua residual vertida a esta fuente es de 97,6 L/s diariamente (ver figura 49).

En el rio El Caldero, se identificó un vertimiento proveniente de la actividad petrolera, el cual se identifica mediante la Resolución DTP-1199, presente en la vereda El Caldero, cuyo usuario es Ecopetrol y tiene un permiso de vertimiento de 18 L/s.





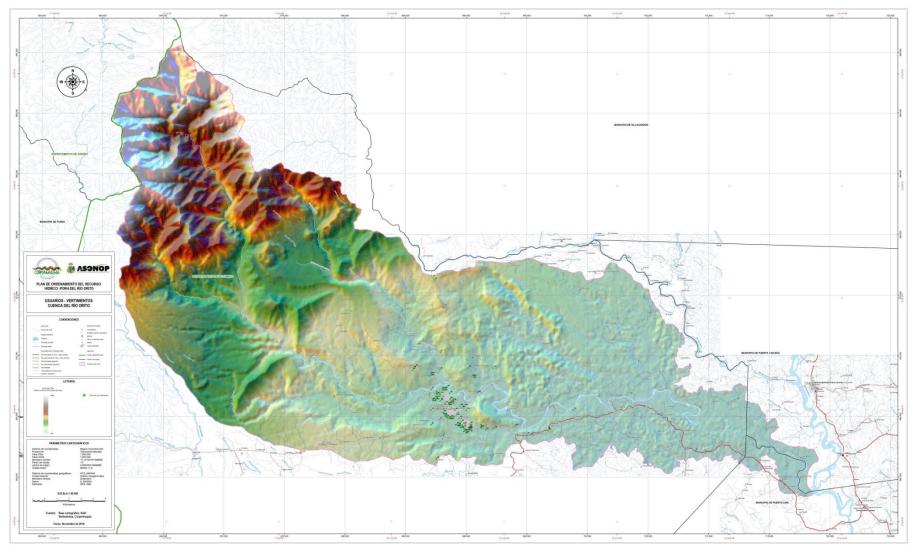


Figura 49. Mapa de vertimientos río Orito





6.3 OBRAS HIDRÁULICAS

A continuación en el cuadro 29, se presenta la información detallada sobre registros de obras hidráulicas verificadas en campo, que realizan captaciones a lo largo del cauce principal del rio Orito. Se levantó información como coordenadas, altura, registro fotográfico, uso del recurso, entre otras.

Cuadro 29. Relación de obras hidráulicas verificadas en la cuenca del río Orito

EXPEDIENTE	REGISTRO	OBSERVACIONES	
CO-06-86- 320- X-002- 067-02		Coordenadas	0°38′34 76°58′2,1
USO		Ubicación	VEREDA SILVANIA
EMPORITO	Anne y F	Nombre de la fuente	EL YARUMO
		BOCATOMA DE FONDO	
CO-06-86- 320- X-002-067-02		Coordenadas	0°38′43.0 76°58′33.1
Uso		Ubicación	VEREDA SILVANIA
Alcaldía municipal de Orito		Nombre de la fuente	LA FRAGUA
		BOCATOMA DE FONDO	
CO-06-86- 320- X-002- 004-09	1	Coordenadas	0°39′20,5 76°50′48
Uso		Ubicación	VEREDA LA CRISTALINA
Alcaldía municipal de Orito		Nombre de la fuente	LA CRISTALINA
		Tipo de fuente	QUEBRADA
		BOCATOMA	
PE-06-86-320- X-002-042-08		Coordenadas	0°40′30,94 76°52′59,06





EXPEDIENTE	REGISTRO	OBSERV	ACIONES	
Uso		Ubicación	BARRIO VILLAFLOR	
EMPORITO		Nombre de la fuente	LA DANTA	
		Tipo de fuente	QUEBRADA	
		Sistema de trata residual	miento de agua	
PE-06-86-320- X-002-042-08		Coordenadas	0°40′53,88 76°52′48,23	
Usos		Ubicación	Barrio Las Colinas	
EMPORITO		Nombre de la fuente	La Danta	
		Tipo de fuente	Quebrada	
		Sistema de tratamiento de agua residual		
PE-06-86-320- X-002-042-08		Coordenadas	0°39′38,14 76°52′17,48	
Uso		Ubicación	Barrio Heliconias	
EMPORITO		Nombre de la fuente	El Sábalo	
		Tipo de fuente	Quebrada	
		Sistema de trata residual	miento de agua	

El estado de la infraestructura en general es regular, presenta algunos deterioros por la exposición a la intemperie y presenta un inadecuado mantenimiento. De la infraestructura relacionada en el cuadro 29, 3 corresponden a bocatomas y 3 a sistemas de tratamiento de agua residual. Al encontrarse en estas condiciones pueden para el caso de los sistemas de tratamiento de agua residual, generar infiltraciones y contaminación en el medio; y para el caso de las bocatomas, se pueden presentar pérdida de agua y disminución en la disponibilidad de agua para consumo. Finalmente los principales responsables de dichas infraestructuras son EMPORITO y la Alcaldía municipal. Es importante manifestar que dichas obras hidráulicas se localizan sobre las quebradas La Danta, La Cristalina y Sábalo y el río Yarumo, no se pudo evidenciar obras hidráulicas sobre el curso principal del río Orito.





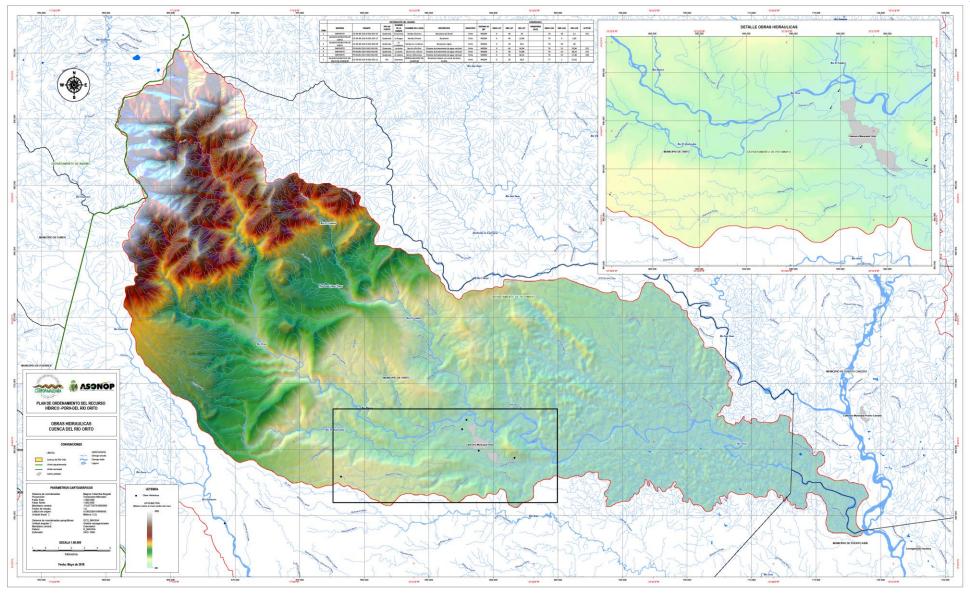


Figura 50. Mapa de ubicación de obras hidráulicas en el río Orito





6.4 MINERÍA LEGAL

A continuación, se presenta la información detallada sobre registros de minería legal ubicadas en campo. Se levantó información como coordenadas, altura, registro fotográfico, uso del recurso, entre otras. Ver Anexo Formato RURH verificación de información en campo.

6.5 MINERÍA ILEGAL

A continuación, en el cuadro 30 se presenta la información detallada sobre registros de minería ilegal ubicadas en campo. Se levantó información como coordenadas, altura, registro fotográfico, uso del recurso, entre otras. Ver Anexo, Formato RURH verificación de información en campo.

Cuadro 30. Relación de minería ilegal en la cuenca del río Orito

EXPEDIENTE	REGISTRO	OBSERV	ACIONES
		Coordenadas de polígono	
LA-06-86-320-E- 001-051-07		0° 41' 11,963''	76° 53' 17,891"
Uso		0° 41' 9,522"	76° 53' 16,468"
Material de arrastre		0° 41′ 12,712"	76° 53' 12,652"
Ubicación		0° 41' 18,051"	76° 53' 7,768"
		0° 41' 20,558''	76° 53' 1,074"
	A STATE OF THE STA	0° 41' 13,851"	76° 53' 1,106''
Barrio Las Colinas		0° 41' 10,953''	76° 52' 53,604"
Barrio Las Collilas		0° 41' 15,966"	76° 52' 39,697"
		0° 41' 27,296"	76° 52' 47,232''
		0° 41′ 32,311″	76° 52' 59,812''
LA-06-86-320-E- 001-011-05	100万里	Coordenadas de polígono	
Uso		0° 42' 55,690''	76° 53' 28,268"
Ubicación		0° 42' 53,703"	76° 53' 25,681"
		0° 42′ 58,912″	76° 53' 25,681"
Vereda El Caldero		0° 42' 58,914"	76° 53' 59,638"
Vereda El Galacio		0° 42′ 53,705′′	76° 53' 59,638''
LA-06-86-320-E- 001-020-09		Coordenadas de polígono	
Uso		0° 41′ 18,338″	76° 50' 42,755"





EXPEDIENTE	REGISTRO	OBSERV.	ACIONES
Material de arrastre		0° 40′ 50,435′′	76° 50' 6,730''
Ubicación		0° 40' 59,908''	76° 50' 0,423"
Vereda El Caldero		0° 41' 25,272''	76° 50' 38,292"
LA-06-86-320-E- 001-020-10		Coordenadas de polígo	ono
Uso		0° 40' 56,857''	76° 53' 24,392"
Material de arrastre		0° 41' 12,712"	76° 53' 12,652"
Ubicación	STREET, THE STREET, ST	0° 41' 9,522"	76° 53' 16,468"
V 1 510 11		0° 41' 11,963''	76° 53' 17,891"
Vereda El Caldero		0° 41' 4,639''	76° 53' 25,685''
LA-06-86-320-E- 001-023-11		Coordenadas de polígo	
Uso		0° 39' 33,417"	76° 48' 34,778"
Material de arrastre		0° 34' 24,891"	76° 48' 48,148''
Ubicación		0° 39' 20,198"	76° 49' 7,332''
Riesgos por		0° 39' 24,912"	76° 49' 9,111"
cercanía de relleno sanitario		0° 39' 32,432" 0° 39' 40,703"	76° 48' 50,379'' 76° 48' 34,555"
LA-06-86-320-E- 001-069-14		Coordenadas de polígo	ono
Uso		0° 40'27,8"	76° 51'48,9"
Material de arrastre	The second second	0° 40' 23,3"	76° 51'45,2"
Ubicación	TO THE RESERVE OF THE PARTY OF	0° 40' 21,6"	76° 51'35,6"
		0° 40' 26,5"	76° 51'35,6"
		0° 40' 26,5"	76° 51'42,1"
Naranjito		0° 40' 39,5"	76° 51'42,1"
		0° 40' 39,5"	76° 51'46,4"
DM 00 00 000 F		0° 40' 34,3"	76° 51'48,9"
PM-06-86-320-E- 115-069-11	4	Coordenadas de polígo	ono
Uso		0° 39'56,7"	76° 48' 9,6''
Material de arrastre		0° 39' 53,7"	76° 48' 3,2''
	K & S	0° 40' 8,4"	76° 47' 56,3''
		0° 40' 15,0"	76° 47' 47,1"
		0° 40' 15,0"	76° 47' 38,0"
		0° 40' 21,5"	76° 47' 38,0"
		0° 40' 21,5" 0° 40' 11,9"	76° 47' 47,1" 76° 48' 0,2"
		0 40 11,9	70 40 U,Z





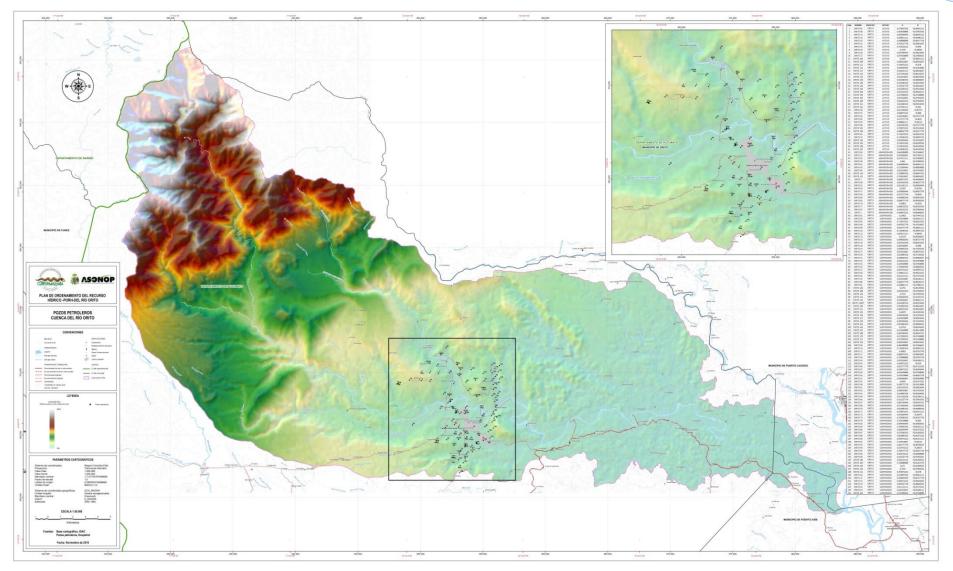


Figura 50. Mapa de pozos petroleros en la cuenca del río Orito





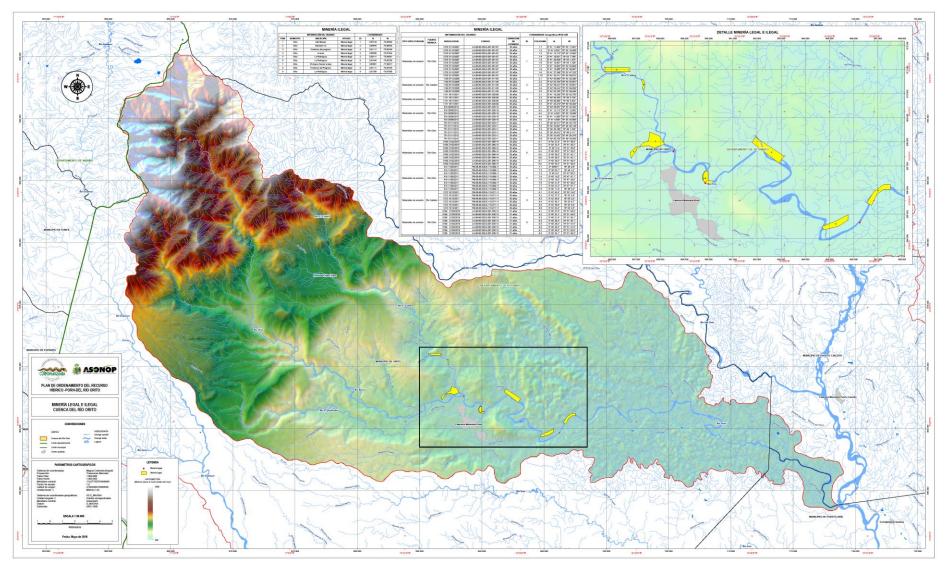


Figura 51. Mapa de concesiones de minería de arrastre





VII. DISEÑO Y EJECUCIÓN DEL PLAN DE MONITOREO

7.1 Visita de reconocimiento al río Orito

Previo a definir los puntos de monitoreo sobre el río Orito, fue necesario realizar una visita de reconocimiento sobre el curso principal del mismo, actividad que tenía como objetivo identificar los sitios que presentaban situaciones críticas que afectaban a la oferta y la calidad del agua, así mismo ubicar puntos estratégicos donde se podía establecer puntos de control que a futuro la Autoridad ambiental pueda adoptar para realizar seguimiento y monitoreo al río.

Esta actividad se realizó en el mes de abril de 2018, y se partió desde la parte baja de la cuenca, hasta la desembocadura del río Quebradón, punto de confluencia entre la parte alta de la cuenca con la media. Haciendo una observación sobre el río se pudo reconocer que presenta variaciones altitudinales que van desde los 262 m.s.n.m, punto que corresponde a la desembocadura, hasta la cota 2224 m.s.n.m, sector donde nace el río. Así mismo el río presenta zonas navegables que van desde la desembocadura, hasta el sector El Naranjito.

Por otra parte, se observó que sobre el curso principal solo existen 2 descargas de aguas lluvia, localizadas en el sector de Ecopetrol, y finalmente se pudo observar que existen puntos sobre el río que se evidencias problemas de socavamiento e inundación, principalmente en las veredas Buenos Aires y Versalles (socavamiento), y Resguardo Guaduales (inundación), tal como se aprecia en el cuadro 31.





Cuadro 31. Visita de reconocimiento sobre el río Orito

UBICACIÓN	CONFLUENCIA RÍO	ALTURA	656
	EL VERDE	Río Orito, Cuenca Alt	ta
este punto con de dimensione Orito, es un se	enca alta del río Orito, en ifluye el primer tributario es considerables al río ector bastante retirado y ntró ningún tipo de ntrópica		
Ubicación	Río Quebradón	Altura Río Quebradón	364
presencia de	corrido se encontró la piscícolas en el sector, río es ampliamente usa		
Ubicación	Puente río Orito	Altura río Orito, cuenca med	332 dia
	ente popular de la zona, s un balneario y sector		
Ubicación	río Caldero	Altura río Caldero	331



CONFLUENCIA RÍO ALTURA UBICACIÓN 656 **EL VERDE** Río Orito, Cuenca Alta Este río es ampliamente conocido por ser de uso turístico y recreacional. Aunque también presenta explotación de material de arrastre en algunos sectores. 290 Ubicación Vereda el Yarumo Altura Río Orito, Cuenca Baja En este sector de la vereda el Yarumo. se evidencia una fuerte socavación en el margen derecho del río Orito, que está generando una situación de riesgo en un asentamiento cercano. Ubicación Vereda el Yarumo Altura 285 Río Yarumo. Confluencia río Yarumo al río Orito, este cauce recibe la mayor parte de los aportes de aguas residuales de la cabecera municipal de Orito, así como los vertimientos de la planta de sacrifico y marraneras de la zona. Ubicación Km 10 281 Río Orito, Cuenca Baja



UBICACIÓN	CONFLUENCIA RÍO	ALTURA	656
	EL VERDE	Río Orito, Cuenca Alt	a
Entrada Balastrera Km 10, este sector presenta explotación de material de arrastre, al momento de la visita la maquinaria se encontraba guardada, debido a que los altos niveles del río Orito no permitían el ingreso del equipo.			
Ubicación	Vereda Buenos Aires	Altura	272
en la margen o cual está afect el centro pobla Buenos Aires,	se presenta socavación derecha del río Orito, lo ando de manera directa ado de la comunidad de causando el abandono viendas debido al alto ha generado.	Río Orito, Cuenca Ba	Ja
Ubicación	Vereda Versalles	Altura	262
parte baja de Versalles, a desembocadul en este sector	ra en el Río Putumayo, r se presenta una gran e material de arrastren	Río Orito, Cuenca Ba	Ja

7.2 RED DE MONITOREO DEL RIO ORITO

La red de monitoreo de la calidad del agua del río Orito y sus tributarios principales se definió a partir de la información existente y con el fin de obtener los insumos necesarios para el modelo de la calidad del agua de la corriente principal.



7.2.1 Criterios para la selección de los sitios de monitoreo

Siendo consecuente con la Resolución 751 de 2018, mediante el cual se adopta la guía para la formulación del PORH, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, los criterios que se tuvieron en cuenta para el presente estudio fueron los siguientes:

- 1. Los sitios de monitoreo seleccionados deben representar de forma apropiada el cambio de la calidad del agua a lo largo del cuerpo de agua principal. Para ello, se deben seleccionar puntos que permitan identificar el efecto de aportes de carga contaminante de tributarios y vertimientos puntuales y difusos, debidos a cambios en el uso del agua y del suelo.
- 2. Se debe considerar la localización de sitios de monitoreo que acoten cambios significativos en la geomorfología y dinámica de los cuerpos de agua (por ejemplo, cambios de pendiente, tipo de cauce, meso-hábitats, geometría hidráulica). También deben considerarse los vertimientos principales y tributarios principales al cuerpo de agua. Gran parte de esta información se puede obtener de visitas preliminares de campo y el acceso a imágenes de sensores remotos y fotografías aéreas.
- 3. Los tributarios considerados en el monitoreo son aquellos que generan un aporte significativo de caudal y/o carga contaminante sobre el cuerpo de agua objeto de ordenamiento. En particular, se deben incluir aquellos que reciben la descarga de aguas residuales (tratadas o no tratadas) de centros poblados o industrias.
- 4. Se tienen en consideración las estaciones utilizadas previamente por la Autoridad Ambiental competente en otros estudios para la evaluación y control de la calidad del agua, con el fin de aprovechar, en lo posible, la información disponible y establecer una continuidad en el monitoreo que permita hacer seguimiento a la evolución temporal de la calidad del recurso hídrico en diferentes sitios de la corriente.



5. Un aspecto adicional por considerar, es la facilidad de acceso a los sitios propuestos de monitoreo. Para este fin es importante la visita preliminar de campo, el acceso a cartografía con las vías principales que cruzan o pasan cerca del cuerpo de agua objeto de ordenamiento y sus tributarios principales, y las condiciones topográficas de los puntos potencialmente identificados.

7.2.2 Metodología para la definición de los puntos de medición

Teniendo en cuenta los criterios definidos anteriormente propuestos por la Guía técnica para la formulación de planes de ordenamiento del recurso hídrico, el proceso para la obtención de los puntos de monitoreo fue el siguiente:

- Inicialmente se procedió con la identificación de los Tributarios principales del río Orito, para esto se hizo uso de la hidrografía suministrada por el IGAC en escala 1:25.000 y de la red de drenajes obtenida mediante el uso del DEM PALSAR (celda de 15.5 m aprox).
- Se realizó la identificación de los principales centros poblados urbanos y rurales (Orito, Monserrate, El Yarumo, Buenos Aires, El Paraiso, Tesalia) los cuales encuentran ubicados dentro del área de la cuenca del rio Orito.
- Mediante la información obtenida de la ANLA, con la ubicación y el estado de todos los pozos de explotación petrolera, así como de las concesiones mineras que se encuentran dentro del área de estudio, se definieron los sectores y los cauces con más impacto por el desarrollo de esta actividad.
- Se realizó una revisión de la información correspondiente a las concesiones y vertimientos que existen sobre el cauce del río Orito y sus tributarios principales, a fin de verificar las fuentes hídricas con mayores vertimientos y de cuales se extrae más caudal.



- Obtención del perfil longitudinal de elevación del río orito desde su cabecera hasta su confluencia con el río Putumayo.
- Revisión de las campañas de monitoreo de la calidad del agua anteriores para identificar los sitios de medición utilizados en las respectivas campañas de monitoreo.

7.2.3 Campaña de monitoreo propuesta

Para interpretar apropiadamente la ubicación estratégica de las estaciones, en el cuadro 32, se presentan las estaciones y las altitudes correspondientes a cada punto monitoreado sobre el río Orito y sus tributarios. El punto 0 se definió en el sitio aguas arriba de la desembocadura del rio el verde (P1), el cual se considera como la cabecera del río Orito para la implementación del modelo hidráulico y de calidad del agua, tal como se presenta a continuación:

Cuadro 32. Localización de los sitios de medición de la red de monitoreo del río Orito.

NOMBRE DE LA ESTACIÓN	ID	COOR	ALTITUD (M)					
		Х	Υ					
PUN ⁻	TOS SOBRI	E EL RÍO ORITO)					
Aguas Arriba desembocadura del rio el verde	P1	-77,0283462	0,77739946073	657				
Escuela Resguardo Alto Orito	P2	-77,0253120	0,736935360508	458				
Puente rio Orito	P3	-76,8944872	0,682075399331					
Ecopetrol - La parque	P4	-76,8739934	0,683640364757	324				
Vereda Naranjito	P5	-76,8521334	0,678694852906	317				
Balastrera Km10	P6	-76,8034064	0,661636508773	264				
Vereda San Cayetano	P7	-76,6147822	0,611186635391	260				
TRIBUTARIOS								
Rio Quebradón	Tr1	-76,8982443	0,67684389935					
Rio Caldero	Tr2	-76,8781464	0,689257481789					
Rio Yarumo	Tr3	-76,8218815	0,653048878058	286				



Posterior al recorrido de campo en la parte media de la cuenca, se establecieron los puntos de monitoreo de la siguiente manera:

La primera estación de monitoreo sobre el río Orito (P1), se ubicó a 26 km de su nacimiento, con una altura de 707 msnm, área perteneciente al resguardo indígena Alto Orito, a 7,5 km aguas abajo de la terminación del área que corresponde a la Reserva Forestal Protectora Piedemonte. Esta ubicación fue designada por las siguientes características:

- 1. Su área de drenaje corresponde a la parte alta de la cuenca del río Orito.
- 2. Se encuentra ubicado en la terminación de la zona que corresponde a la Reserva Forestal Protectora Piedemonte.
- 3. Según la información revisada, no se presentan aportes de cargas contaminantes antes de dicho punto.

Del listado de afluentes principales identificados, se seleccionaron los siguientes de acuerdo con el aporte de caudal y/o carga contaminante:

- Rio Quebradón (Tr1): el cual recoge parte de las aguas provenientes del Santuario de flora plantas medicinales Ingi Ande, además de que este cauce presenta denuncias por minería ilegal.
- 2. Rio el Caldero (Tr2): genera un aporte importante de caudal, posee explotación de material de arrastre.
- 3. Rio Yarumo (Tr3): Este recibe las cargas contaminantes del río El Sábalo, el cual a su vez recibe directamente las aguas residuales del centro urbano del municipio de Orito y de la planta de aprovechamiento animal.



Los puntos de monitoreo restantes sobre el río Orito se localizan aguas abajo de los afluentes principales definidos en el listado anterior o en sitios estratégicos para cuantificar el aporte de múltiples descargas difusas. Los puntos en donde se realizarán los monitores sobre el río Orito, son los siguientes:

- Punto 1 (P1): Cabecera. Calidad del agua de la parte alta de la cuenca del río Orito.
- 2. Punto 2 (P2): Parte media, sector que presenta cambio de pendiente, ubicado dentro de la zona media de la cuenca.
- 3. Punto 3 (P3): Aguas debajo de la desembocadura del río El Quebradón, en un lugar de fácil acceso, sirve como punto de control para establecer el aporte contaminante por contribución difusa y del río El Quebradón.
- 4. Punto 4 (P4): Aguas debajo de la llegada del río El Caldero, de igual manera un lugar de fácil acceso, ubicado en un sector con gran explotación de hidrocarburos, permitirá saber los aportes de carga contaminando de esta industria y del río El Caldero.
- 5. Punto 5 (P5): Ubicado en el sector conocido como el Naranjito, aguas abajo de la desembocadura de la quebrada Loco William, la cual recibe gran parte de las aguas residuales del Centro Urbano del municipio de Orito.
- 6. Punto 6 (P6): Ubicado aguas debajo de la desembocadura del río Yarumo, punto de control de los aportes contaminantes provenientes del centro urbano del municipio de Orito y de la planta de aprovechamiento animal.
- 7. Punto 7 (P7): Este punto corresponde al cierre de la red de monitoreo sobre el río Orito y permitiría establecer, entre otros, la calidad del agua del río Orito próximo a su entrega al río Putumayo.



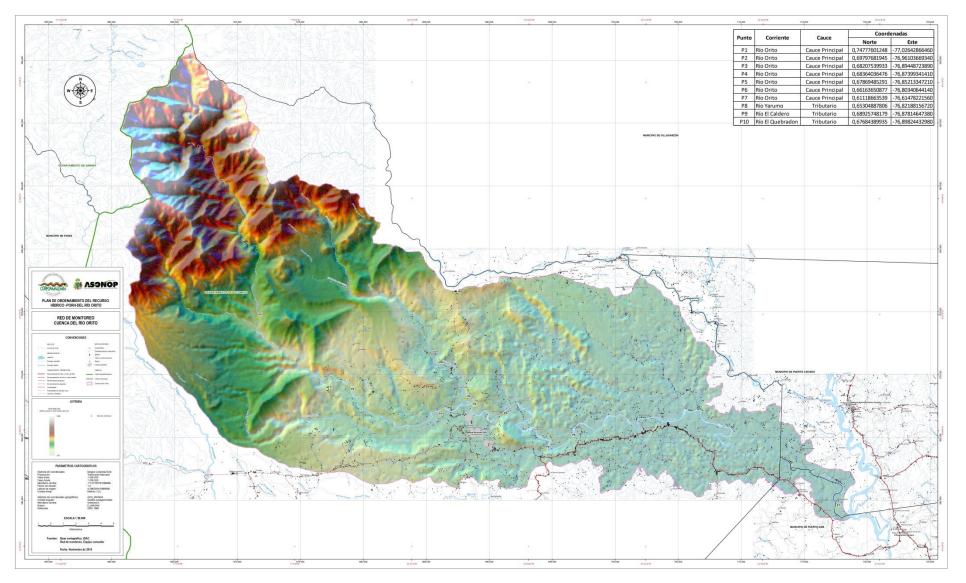


Figura 52. Ubicación Final Puntos de Monitoreo





7.2.4 Descripción de las campañas de monitoreo

Con el fin de tener una radiografía del estado actual de la calidad del agua bajo condiciones contrastantes de caudales mínimos y periodos húmedos, se llevaron a cabo dos campañas de monitoreo en el año 2018. La primera campaña, correspondiente a características de época húmeda, se efectuó entre los días 05 al 10 de julio de 2018, mientras que la segunda campaña, correspondiente a características en época seca, se efectuó entre el 24 al 28 de septiembre de 2018.

Como se mencionó en secciones anteriores, el río Orito fue dividido en tres sectores para el levantamiento de la información de calidad del agua y se siguió un programa de monitoreo conservando los mismos punto de evaluación.





VIII. USOS EXISTENTES DEL RECURSO HÍDRICO

Para la consolidación de los usos existentes del recurso hídrico del curso principal del río Orito, es necesario realizar un análisis de las actividades productivas que realizan cada uno de los actores presentes en el margen del río, para ello es importante analizar por un lado las condiciones de tenencia de la tierra, así como la cobertura de la tierra prevaleciente, así mismo conocer las actividades productivas, industriales y todas aquellas actividades que demanda de agua.

8.1 ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN Y TAMAÑO DE PREDIOS

Para el análisis de la distribución y tamaño de predios del área de estudio fue inicialmente necesario emplear la información cartográfica suministrada por la Subdirección de Catastro del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Esta fuente de información permitió establecer que existen 2.220 predios localizados, total o parcialmente en la cuenca. El cuadro 33, muestra el número de predios por municipio localizado en la cuenca.

Cuadro 33. Número de predios por municipio

MUNICIPIO	NÚMERO DE PREDIOS
Orito	2.113
Puerto Caicedo	75
Puerto Asís	32

En el cuadro 34, se presenta la cantidad de predios por rango de tamaño, indicando que la mayor cantidad (40,5%), se encuentra por debajo de dos hectáreas, presentándose graves problemas de fraccionamiento de la tierra, principalmente sobre la ribera del río





Orito, lo que lleva dependiendo del uso a una sobre explotación y por ende una degradación de los suelos.

Por otro lado, 1117 predios se encuentran en áreas menores a 50 hectáreas, de los cuales, en su mayoría son utilizadas para uso pecuario, como lo es la ganadería extensiva, actividad que altera las características fisicoquímicas del suelo por los contaminantes orgánicos que genera, como también las características del río Orito por procesos de escorrentía e infiltración.

Cuadro 34. Número de predios por rango de tamaño

RANGO DE PREDIOS	PREDIOS	PORCENTAJE
Hasta 2 Ha	899	40,50
Entre 2 y 10 Ha	528	23,78
Entre 10 y 50 Ha	589	26,53
Entre 50 y 100 Ha	138	6,22
Entre 100 y 200 Ha	33	1,49
Entre 200 y 500 Ha	18	0,81
Entre 500 y 1.000 Ha	2	0,09
Entre 1.000 y 2.000 Ha	6	0,27
Entre 2.000 y 5.000 Ha	5	0,23
Mayor a 5.000 Ha	2	0,09
Total	2.220	100%

Como se puede observar en la figura 54, los predios que se encuentran en color verde claro y oscuro corresponde a territorios colectivos tanto de comunidades indígenas como de comunidades afrodescendientes, los cuales para el caso de territorios indígenas se encuentran con una mayor área destinada a protección y conservación tal es el caso de los resguardos de Simorna y Alto Orito, que en total suman cerca de 10.000 hectáreas.





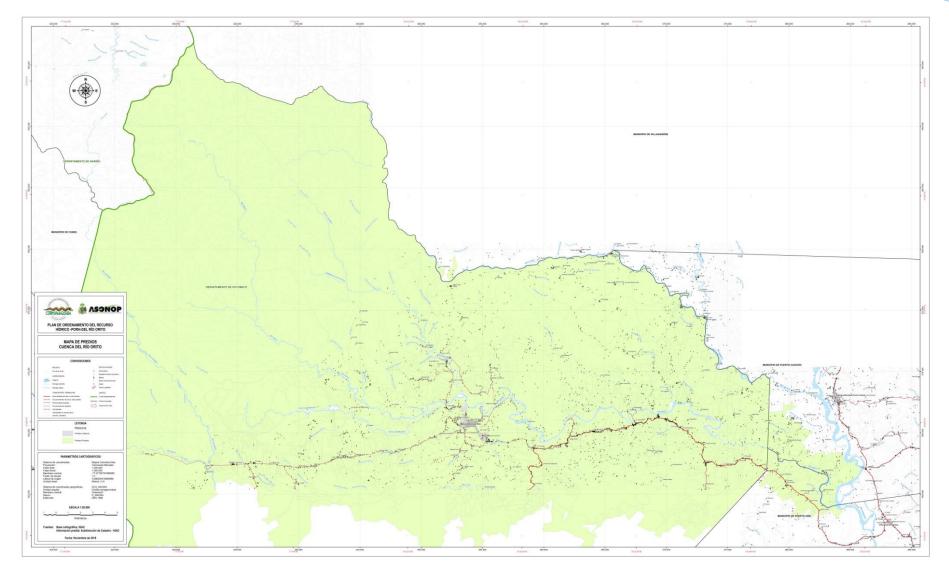


Figura 53. Distribución predial de la cuenca del río Orito





8.2 COBERTURA Y USO DEL SUELO

Para el análisis de la cobertura y uso de la tierra se empleó la información suministrada por el Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana – SIATAC, generada a escala 1:200.000. Este sistema de información ofrece un conjunto de datos geográficos del territorio amazónico que son actualizados frecuentemente para ofrecer indicadores multitemporales de tipo ambiental. Dentro de este conjunto de variables se encuentran una serie temporal de mapas de cobertura vegetal para los años 2002, 2007, 2012, 2014 y 2016.

La ficha técnica de coberturas para el año 2016 presenta la siguiente descripción: capa de coberturas de la Tierra según metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, con base en la reinterpretación del mapa de coberturas del año 2014, utilizando imagenes Landsat, sensor ETM+, OLI.

Cuadro 35. Cobertura y uso de la tierra cuenca del río Orito

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	NIVEL IV	NIVEL V	NIVEL VI	ÁREA (HAS)	POR CEN TAJE
Territorios artificializa dos	Zonas	Tejido urbano continuo				425,88	0,46
	adas	Tejido urbano discontinuo				61,81	0,07
	Zonas industria les o comerci	Zonas industriales o comerciales				17,09	0,02
	ales y redes de	Aeropuertos				8,80	0,01





NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	NIVEL IV	NIVEL V	NIVEL VI	ÁREA (HAS)	POR CEN TAJE
	comunic ación						
	Zonas de extracci ón minera y escomb rera	Zonas de extracción minera	Explotaci ón de hidrocarb uros			73,37	0,08
		Pastos limpios				8870,9 2	9,51
Territorios agrícolas	Pastos	Pastos enmalezado s				1053,9 0	1,13
	Áreas agrícola s heterog éneas	Mosaico de pastos y cultivos				343,46	0,37
		Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales				6965,3 4	7,47
		Mosaico de pastos con espacios naturales				6341,6 2	6,80
Bosques y áreas seminatur ales	Bosque s	Bosque denso	Bosque denso alto	Bosque denso alto de tierra firme		49753, 84	53,36
		Bosque fragmentad o	Bosque fragmenta do con pastos y cultivos			3356,5 0	3,60
			Bosque fragmenta do con vegetació			2465,5 4	2,64





NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	NIVEL IV	NIVEL V	NIVEL VI	ÁREA (HAS)	POR CEN TAJE
			n secundari a				
	Áreas con vegetaci ón herbáce a y/o arbustiv a	Herbazal	Herbazal denso	Herbaza I denso de tierra firma	Herba zal denso de tierra firma arbola do	526,85	0,57
		Vegetación secundaria en transición				12011, 99	12,88
Superficie de agua	Aguas continen tales	Ríos (50 m)				1143,9 3	1,23

De acuerdo a la información anterior, se puede analizar que el 53,36% de la cuenca del río Orito se encuentra en cobertura vegetal, principalmente en bosque denso y gran parte está ubicado en la zona de recarga de la misma, puntualmente en territorio de los resguardos de Simorna y Alto Orito, así mismo en esta zona se encuentra el Santuario de Flora Plantas Medicinales Orito Ingi Ande que cubre un área de 10.204,26 hectáreas. Esta condición de protección, garantiza de alguna manera la regulación del agua y la permanencia del caudal que alimenta al río.

Sobre el curso principal del río Orito objeto del presente estudio, se puede observar que, las comunidades en la medida en que fueron asentándose, iban ocupando los espacios y fueron aprovechado la tierra para fines productivos, por ello se pueden encontrar áreas dedicadas a la producción agrícola, principalmente la producción de cultivos de pan coger como plátano, yuca, maíz, chiro, frutales, cacao, entre otros, ello, ha permitido el sustento de la familia; así mismo se encuentran áreas dedicadas a la producción de ganado bovino





de manera intensiva y extensiva, producción de pescado y especies menores como cerdos y gallinas, actividades que se dan de manera tradicional sin la adopción de tecnología lo cual evita generar contaminación por escorrentía o infiltración hacia las corrientes hídricas.

Por lo anterior, el uso de suelo de la cuenca está en permanente transformación, especialmente, bosque primario y secundario, debido al aumento de la población y por ende de sus actividades económicas, como la agricultura (cultivos de pancoger). Posteriormente se habilitaron áreas planas de fácil acceso y comunicación para la ganadería extensiva, la instalación de cultivos de uso ilícito, construcción de vías y otro tipo de infraestructura de servicios. Lo anterior guarda estrecha relación con los reportes del IDEAM 2017, en donde la deforestación se concentra en tres de los trece municipios que tiene el departamento del Putumayo, como son Orito, Puerto Asís y Puerto Guzmán.



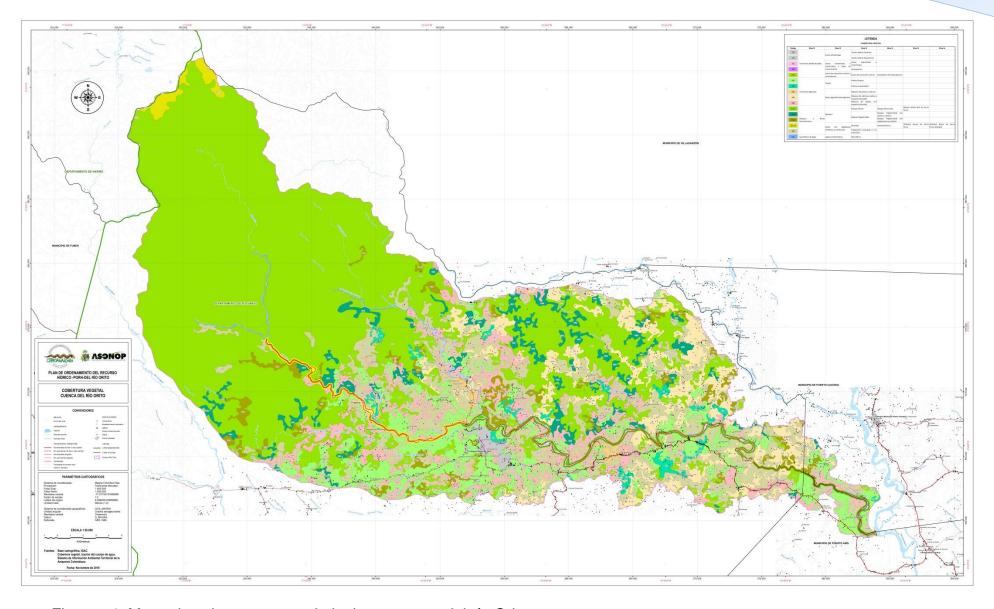


Figura 54. Mapa de cobertura y uso de la tierra cuenca del río Orit





IX. ESTIMACIÓN DE OFERTA HÍDRICA TOTAL

9.1 DEFINICIÓN

Es aquella porción de agua que después de haberse precipitado sobre la cuenca y satisfecho las cuotas de evapotranspiración e infiltración del sistema suelo – cobertura vegetal, escurre por los cauces mayores de los ríos y demás corrientes superficiales, alimenta lagos, lagunas y reservorios, confluye con otras corrientes y llega directa o indirectamente al mar. Usualmente esta porción de agua que escurre por los ríos es denominada por los hidrólogos como escorrentía superficial y su cuantificación conforma el elemento principal de medición en las redes de seguimiento hidrológico existentes en los distintos países (IDEAM, 2004).

La oferta hídrica de una cuenca, corresponde también al volumen disponible de agua para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre. Al cuantificar la escorrentía superficial a partir del balance hídrico de la cuenca, se está estimando la oferta de agua superficial de la misma. El conocimiento del caudal del río, su confiabilidad y extensión de la serie del registro histórico son variables que pueden influir en la estimación de la oferta hídrica superficial. Cuando existe información histórica confiable de los caudales con series extensas, el caudal medio anual del río es la oferta hídrica de esa cuenca (CORPONARIÑO, 2008).

9.2 OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la estimación o cálculo de la Oferta Hídrica Superficial de la cuenca del río Orito, se tuvo en cuenta como principal insumo el documento elaborado por la Universidad Militar





Nueva Granada denominado "Procedimiento para Calcular la Oferta Hídrica Superficial por Método Relación Lluvia-Escorrentía, Caso de estudio Cuenca de la quebrada Apauta, 2015".

Como se ha mencionado anteriormente la falta de información en la unidad hidrográfica, es una gran limitante a la hora de escoger un modelo, y una vez analizados varios modelos disponibles, se optó por la aplicación del modelo Número de Curva.

La metodología se basa en el número de curva de escorrentía (CN), desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de los Estados Unidos de Norteamérica, el cual combina información de suelos, de cubierta vegetal bajo un escenario de humedad antecedente al fenómeno de lluvias, traduciéndose todo en un índice o valor numérico que se aplica a las precipitaciones, y así poder determinar el volumen de agua superficial que transita sobre la cuenca hasta su desembocadura (Lopez & Delgado , 2009)

El número de curva es un parámetro adimensional con valores entre 0 y 100, donde 0 indica un 0% de escurrimiento, es decir que toda la entrada de agua a la cuenca por precipitación se infiltra en el suelo, en la práctica no es posible este escenario; mientras que un valor de 100, traduce 100% de escurrimiento y 0% de infiltración por precipitaciones, como sucede sobre los cuerpos de agua, donde la precipitación se convierte directamente en escorrentía (Ferrer, Rodríguez, & Estrela, 19995)

En el método propuesto por el Soil Conservation Service – SCS; para la formulación del método del número de curva, la altura de precipitación efectiva o escorrentía directa (Pe) es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación (P); de manera similar, después que la escorrentía se inicia, la profundidad adicional del agua retenida en la cuenca (Fa) es menor o igual a alguna retención potencial máxima (S).



Existe una cierta cantidad de precipitación (la) (Abstracción inicial antes del encharcamiento) para la cual no ocurrirá escorrentía, luego de eso, la escorrentía potencial es la diferencia entre (P) e (la).

La metodología del Número de Curva considera como variables en su determinación:

- La precipitación, representada en este caso por la precipitación para un período de tiempo previamente seleccionado.
- El complejo de suelo hidrológico que considera la interrelación suelo cobertura vegetal.
- La condición de humedad antecedente; de acuerdo con estas variables se fija un número de curva (CN) que representa tal interrelación.

Para desarrollar el método de curva de escorrentía sobre la cuenca del río Orito, fue necesario contar con los siguientes insumos:

- Capa espacial con la delimitación de la cuenca.
- Capa espacial de cobertura vegetal.
- Capa espacial de unidades de suelos.
- Topografía de la cuenca en vector o raster.
- Estaciones meteorológicas con datos de precipitación.

Toda la información espacial que se generó se apoyó en el sistema de referencia oficial para Colombia, Magna Sirgas, adoptado mediante Resolución 068 de 2005, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC.



Para el caso de la delimitación de la cuenca y la cobertura espacial se encuentran analizados en la parte inicial del diagnóstico. Las unidades de suelos, la topografía de la cuenca y el análisis de la información meteorológica se presentan a continuación:

9.2.1 Obtención de las unidades de suelos

Para la generación del mapa de suelos, se realizó la solicitud directa a CORPOAMAZONIA, recibiendo la información correspondiente al resultado del estudio de suelos sobre el departamento del Putumayo, del año 2014, en escala 1:100.000, desarrollado por el IGAC.

Debido a que esta información únicamente contaba con el identificador taxonómico y para incorporar este insumo en el modelo, se debía caracterizar por su composición granulométrica (arena, limo y arcilla), según lo recomendado por Malagón, (2002), además de esto, tenía que relacionarse espacialmente con la capa de pendientes, para darle una mayor interpretación a cada unidad; el DEM previamente elaborado, fue el insumo para elaborar las pendientes del terreno sobre la cuenca.

Estas pendientes se incorporaron a través del último carácter del identificador (a: 0-3%, b: 3-7%, c: 7-12%, d: 12-25%, e: 25-50%, f: 50-75% y g: >75%), gracias al cruce espacial de las capas vectoriales de suelos y pendientes se ve reflejado en el cuadro 36 y figura 56.



Cuadro 36. Unidades de suelos sobre la cuenca del río Orito

SUELO	PAISAJE	TIPO DE RELIEVE	MATERIAL PARENTAL	CLIMA	ÁREA (KM2)	PORCENTAJ E
LUBc LUBd	Lomerío	Lomas y colinas	Rocas sedimentarias (arcillolitas, areniscas y	Cálido muy húmedo	48,72 228,8 6 13,70	5,27% 24,77%
2 LUBe			conglomerados		15,17	1,48%
MLFg	Montaña	Filas y vigas	Cenizas volcánicas	Frío húmedo	19,21	2,08%
MLHg			Cenizas volcánicas y rocas ígneas (granitos)		107,1 3	11,60%
MPAg			Cenizas volcánicas y granodioritas	Templad o muy húmedo	71,87	7,78%
MUAd		Cuestas	Rocas sedimentarias (arcillolitas y conglomerados)	Cálido muy húmedo	85,25	9,23%
PUAa	Piedemont	Abanicos	Depósitos		93,09	10,08%
PUAd	е	antiguos	aluviales		30,98	3,35%
PUAe					121,5 0	13,15%
VUAai	Valle	Plano de inundació n	Depósitos aluviales heterogéneos		0,97	0,11%
VUCa		Terrazas nivel 2	Depósitos aluviales (arcillolitas) y cenizas volcánicas		74,83	8,10%
ZU	Zonas urbanas	Zonas urbanas	Zonas urbanas	Zonas urbanas	1,95	0,21%
CA	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	10,55	1,14%
		_		Total	923,8 0	100,00%

Fuente: IGAC, 2014.



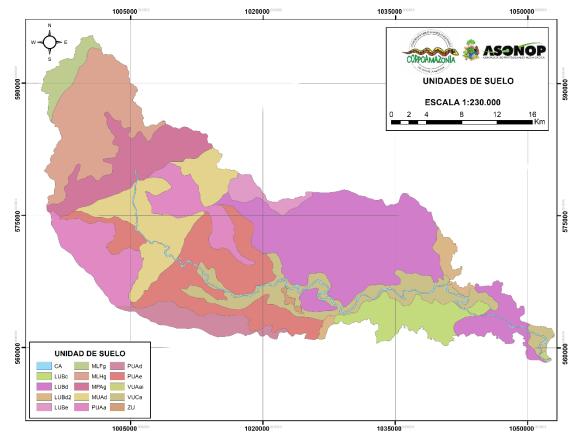


Figura 55. Unidades de suelos sobre la cuenca del río Orito

Con los atributos añadidos a cada unidad de suelos (composición y pendiente), se puede inferir la capacidad de infiltración para cada suelo, caracterizando ahora cada división desde el punto de vista hidrológico, como lo plantea la metodología desarrollada por el Servicio de Conservación de Suelos CSC; que agrupa todos los suelos en cuatro únicas categorías:

 Categoría A: Caracterizado por su composición granulométrica de arenas y limos de gran tamaño, corresponde a suelos profundos, con bajo potencial de escurrimiento o alto potencial de infiltración.



- Categoría B: Suelos medianamente profundos, compuesto por arenas y limos principalmente, con texturas finas permitiendo una infiltración moderada, bajo condiciones precedentes de humedad.
- Categoría C: Suelos poco profundos, con composición granulométrica de limos y arcillas en mayor medida, su capacidad de infiltración es baja y su potencial de escurrimiento alto.
- Categoría D: Suelos superficiales que se expanden cuando están húmedos, con alto contenido de arcilla, su capacidad de infiltración es muy baja, a diferencia de su alta capacidad de escurrimiento.

Definidas las categorías, se procedió a asociarlas con cada unidad de suelo, de esta manera se obtuvo el mapa hidrológico de suelo (figura 57), elemento indispensable para la aplicación de la metodología. Es de mencionar que las Zonas urbanas debido a que se tiende a impermeabilizar el suelo con construcciones, se las clasifico como categoría D, debido a su alta capacidad de escurrimiento y mínimo potencial de infiltración. Para el caso de los cuerpos de agua, estos se generalizaron según el tipo de suelo en el que se encontraban.

Cuadro 37. Clasificación unidades de suelos por grupo hidrológico, cuenca río Orito

Suelo	Grupo Hidrológico	Área (km2)	Porcentaje
LUBc	С	48,96	5,30%
LUBd	С	229,54	24,85%
LUBd2	С	13,70	1,48%
LUBe	С	15,17	1,64%
MLFg	Α	19,21	2,08%
MLHg	Α	107,13	11,60%
MPAg	С	72,03	7,80%
MUAd	D	86,81	9,40%
PUAa	В	93,09	10,08%
PUAd	В	30,98	3,35%





PUAe	В	122,01	13,21%
VUAai	В	1,17	0,13%
VUCa	А	82,03	8,88%
ZU	D	1,95	0,21%
	Total	923,80	100,00%

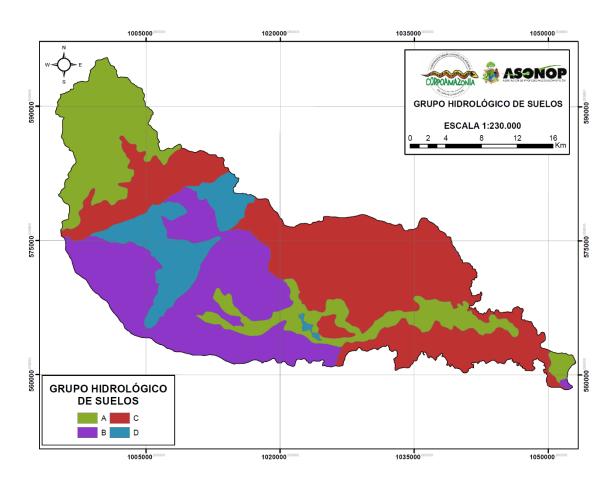


Figura 56. Insumo grupo hidrológico de suelos sobre la cuenca río Orito

9.2.2 Obtención de información hidrometeorológica

El estudio hidrológico tiene como objeto determinar la intensidad máxima de precipitación, con la cual, se debe modelar y simular el componente hidráulico de la red



hídrica conjugada con las variables topográficas, estratigráficas y físico-numéricas de la red hidrométrica de la cuenca. Adicionalmente el estudio hidrológico permite, no solo conocer los caudales máximos, sino los escurrimientos medios y los niveles de agotamiento a los cuales se sometería la fuente en función de las dinámicas de intervención y condiciones de cambio climático.

Es así como se obtendrá los valores hidrológicos del área de estudio, basado en la estimación de la intensidad, tiempo y duración de la precipitación, el tipo de cobertura, pendiente del terreno y variables de la ecuación de Gumbel.

El presente cálculo se realizó basándose en los valores mensuales acumulados y valores máximos de precipitación en 24 horas para las estaciones meteorológicas de Churuyaco [47020020], Picudo [47010220], Puerto Caicedo [47010110], Santa Isabel [47010230], las cuales tienen una relación espacial con el área de estudio.

Para la definición de las áreas influyentes de las condiciones atmosféricas de la cuenca se utilizó diferentes métodos como: el modelo IDW, spline e interpolación por Kriging.

9.2.2.1 Estación Pluviométrica Puerto Caicedo (47010110).

a). Precipitación total mensual

La estación pluviométrica Pto. Caicedo de encuentra ubicada en las cercanías de la parte baja de la cuenca del río Orito, a 6,5 km de su confluencia con el río Putumayo, en el municipio de Puerto Caicedo, a una altitud de 300 msnm, Esta estación cuenta con información desde 1978 hasta el 2017, los datos que recoge son: valores totales mensuales de precipitación (mms), número de días mensuales de precipitación y valores máximos mensuales de precipitación (mms).



Cuadro 38. Precipitación total mensual estación meteorológica PTO CAICEDO – 47010110 (Fuente: IDEAM, 2018)

EST	ACIÓN	: PTO	CAICE	00 - 470	10110 -			TALES	MENS	SUALES	DE PR	ECIPIT	ACIÓN
.5.5							ıms)					5.0	
AÑO	ENE	FEB *	MAR	ABR *	MAY *	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1978	*		*			*	*	*	*	199,0	184,5	184,5	673,5
1979	179,0	33,0	677,0	362,0	327,0	514,0	368,0			323,0	509,7	509,7	4223,7
1980 1981	315,0	220,0 *	333,0	468,0	386,0	525,0	485,0			289,0	160,1	160,1	3736,3
1982	21,1 405,0	10/10	*	179,1	300,1 337,8	476,3 214,5	261,3 351,2	*	340,3	299,3	249,6	249,6	2481,8 2302,7
	341,0			605,9	310,9	84,5	325,0	118 1	141 0	481,7	775,1	775,1	4237,6
1984		120,2	80,9	149,9	182,4	146,6			195,3	49,8	258,5	258,5	2002,1
1985		133,3	,	48,3	67,6	101,6	245,9			,	430,8	430,8	2118,0
1986		221,3	347,1	275,1	416,0	312,6	312,0	90,9	88,2	109,2	90,2	90,2	2486,3
1987	71,2	*	281,2	309,9	188,3	342,2	345,0				184,0	184,0	2732,1
1988		468,0	129,6	310,0	543,0	605,0				453,0	215,0	215,0	3792,1
1989	*	232,0	481,0	630,6	523,0	441,5	179,8	307,9	278,0	375,4	489,2	489,2	4346,9
1990		842,0	396,2	415,6	524,7	373,4		714,8		340,1	123,2	123,2	4302,8
1991	10,1	55,4	37,8	205,0	448,1	287,2				118,2	444,2	444,2	2461,6
1992	62,8	93,1	339,9	319,7	333,7	156,8			420,8	276,5	368,5	368,5	3563,4
1993		435,0	538,0	606,0	445,0	377,0	58,9	36,3		28,0	46,6	46,6	3077,3
1994	16,4	23,5	41,9	87,8	625,0	308,0	278,0			242,0	317,0	317,0	2943,6
1995	,		296,0	502,0	39,7	50,5	18,3			262,0	390,0	390,0	2417,5
1996		711,0		420,0	332,0	329,0		216,0		152,4	220,2	220,2	3916,1
			252,5	387,7	657,1 605,3	271,5	254,0				240,7	240,7	3756,6
			467,5 323,8	518,4 654,1	605,3	590,6 521,5	342,2 273,5			351,9	390,5 298,6	390,5 298,6	4458,5 5047,7
			306,4	429,1	608,9	382,2	362,5				330,5	330,5	4531,1
			399,9	343,8	624,5	502,2	246,0				255,8	255,8	4100,3
	177,8			593,4	530,0	285,2	416,7			342,6	404,5	404,5	4113,9
	137,3			548,6	422,2	416,5	265,3				381,3	381,3	4310,0
			352,4	354,8	719,4	450,9	396,0				435,8	435,8	4369,4
2005	273,5	381,8	444,0	561,3	303,2	223,6	274,4				476,3	476,3	4360,8
2006	364,8	247,4	479,7	521,4	354,6	383,2	186,5	273,3	352,2	292,2	616,8	616,8	4372,2
	255,9		459,5	558,3	573,7	541,9	309,3				438,9	438,9	4760,3
	299,8		222,1	402,4	540,8	559,2	393,4				529,2	529,2	4689,7
	290,3			488,3	661,6	380,9	276,4				395,1	395,1	4597,8
	125,9			644,3	312,2	494,9				267,9	476,7	476,7	4067,1
	222,4			779,5	245,2	155,0	197,0	149,0	170,8	195,8	189,6	189,6	3103,5
2012 2013	5,3	38,3	286,2 172,6	94,3	108,0	69,4	197,7	*	*	*	*	*	1050,9 317,2
2013	85,1	70,8	130,7	82,2	140,8	124,5	212,3	49,6	74,5	85,1	118,0	118,0	1592,4
2015			553,5	297,5	275,4	356,8	327,8		211,3		495,9	495,9	3981,5
2016	99,1	298,5		343,2	522,5	618,7	492,3		254,9	330,3	538,6	538,6	4445,5
	416,0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	416,0
		9251,	12289.	14497,	15141.	12974.	10831.	8794.	8546.	10593.	12469.	12469,	134257,
SUMA		6	0	5	0	3	3	5	7	7	2	2	8
MEDI													
Α	227,9	257,0	341,4	402,7	409,2	350,7	292,7	251,3	244,2	294,3	346,4	346,4	3356,4



Observando los datos anteriores se puede considerar que para los 39 años evaluados las lluvias medias y totales presentan los valores de mayor significado a finales del primer trimestre, principios del segundo y finales del último, siendo los meses de abril (402,7 mm), mayo (409,2 mm) y diciembre 346,4 mm) los más lluvioso, mientras que agosto (251,3 mm), septiembre (244,2 mm) y enero (227,9 mm), los de menor precipitación.

Cuadro 39. Precipitación máxima en 24 horas estación meteorológica Puerto Caicedo – 47010110

ESTA	CIÓN: F	РТО СА	ICEDO	- 47010					MENSU	JALES	DE PRE	CIPITA	CIÓN
					EN	24 HOF	RAS (m	ms)					
.5.												516	ANUA
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	L
1978	*	*	*	*	*	*	*	*	*	46,0	71,5	163,0	163,0
1979	48,0	13,0	130,0	92,0	55,0	135,0	70,0	60,0	89,0	85,0	73,0	58,0	135,0
1980	70,0	136,0	48,0	98,0	51,0	71,0	90,0	36,5	69,1	42,0	35,0	72,6	136,0
1981	7,6	*	*	*	54,8	65,0	61,5	40,5	90,4	94,0	80,0	60,0	94,0
1982	70,0	67,5	*	55	78,0	63,4	64,7	*	*	*	*	63,0	78,0
1983	113,1	148,4	77,2	126,8	71,3	16,2	140,7	38,0	37,8	77,0	93,8	46,5	148,4
1984	46,5	10,0	12,8	29,5	55,3	69,3	78,0	68,0	54,4	6,2	52,5	18,0	78,0
1985	26,3	40,1	50,0	10,0	20,5	20,0	43,0	53,1	55,0	52,0	130,5	45,0	130,5
1986	92,7	89,2	71,5	61,5	80,9	94,5	42,0	35,6	15,0	49,8	24,5	*	94,5
1987	24,5	*	50,9	112,6	41,0	79,2	52,0	140,0	48,0	125,0	32,0	18,0	140,0
1988	84,0	89,0	38,0	87,0	75,0	67,0	44,0	31,0	58,0	87,0	30,0	41,0	89,0
1989	*	70,0	100,0	75,0	103,4	70,5	93,5	*	70,5	72,6	127,3	64,7	127,3
1990	70,3	210,0	56,7	56,0	51,2	68,1	63,0	206,5	27,3	95,3	38,2	4,4	210,0
1991	4,3	34,4	8,5	63,5	121,0	53,0	56,2	33,0	78,6	20,8	74,5	33,1	121,0
1992	35,1	20,2	80,1	85,5	74,7	40,7	112,0	77,0	116,0	62,6	105,5	63,0	116,0
1993	130,0	90,0	59,0	110,0	100,0	61,0	12,9	6,3	4,6	4,5	6,8	13,0	130,0
1994	4,3	10,0	8,7	13,5	105,0	50,0	55,0	69,0	80,0	80,0	63,0	49,0	105,0
1995	52,0	24,0	42,0	135,0	4,8	6,0	6,5	32,0	45,0	41,0	53,0	49,0	135,0
1996	45,0	141,0	31,0	35,0	32,0	31,0	35,0	40,0	38,0	40,6	44,9	51,2	141,0
1997	65,8	54,4	63,0	82,7	89,5	53,0	51,5	40,0	29,8	99,5	54,0	35,3	99,5
1998	42,0	54,5	131,5	73,3	95,5	88,0	71,5	134,0	49,4	42,3	79,7	72,0	134,0
1999	77,5	48,7	55,0	74,8	95,5	64,0	60,8	109,0	126,0	109,9	58,3	60,0	126,0
2000	86,4	57,8	57,5	53,4	79,3	58,9	57,8	93,5	44,3	126,5	58,7	75,5	126,5
2001	64,0	53,3	124,7	61,3	105,8	132,2	62,2	99,7	68,0	62,0	43,0	63,8	132,2
2002	37,7	78,8	68,8	118,8	91,7	51,2	57,3	36,0	31,7	44,2	88,5	52,0	118,8
2003	24,3	63,7	55,7	96,4	47,3	78,4	48,4	88,8	130,7	66,0	125,0	45,8	130,7
2004	130,0	27,8	42,3	66,5	120,0	49,7	67,4	62,3	44,7	47,0	70,0	78,7	130,0
2005	130,0	96,8	78,4	77,8	84,7	38,4	54,7	94,0	65,7	86,1	109,7	70,0	130,0
2006	100,0	61,0	104,6	107,0	56,3	57,3	35,5	105,0	55,7	66,3	122,7	46,3	122,7
2007	49,7	18,5	97,7	90,2	100,9	120,0	44,5	58,8	73,0	74,5	111,0	90,2	120,0
2008	56,8	98,4	33,4	53,0	73,5	70,0	91,0	33,3	68,5	51,0	101,7	95,6	101,7
2009	68,8	51,4	90,0	75,5	127,7	58,4	68,0	71,0	42,0	89,7	117,7	55,7	127,7
2010	48,8	56,0	63,0	83,0	96,0	101,5	75,4	39,0	54,5	62,2	81,0	83,0	101,5

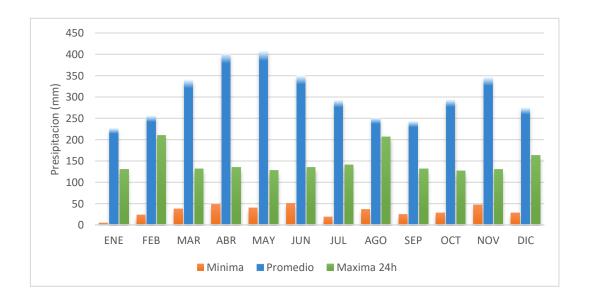




ESTA	ESTACIÓN: PTO CAICEDO - 47010110 - VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mms)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	ОСТ	NOV	DIC	ANUA L
2011	48,0	56,9	62,3	109,2	73,5	30,2	34,5	30,7	47,5	49,5	40,4	62,2	109,2
2012	40,0	21,1	30,4	28,5	25,9	13,5	71,5	*	*	*	*	*	71,5
2013	3,1	10,3	21,5	*	*	*	*	*	*	*	*	23,0	23,0
2014	21,1	30,7	20,3	18,5	30,4	19,3	48,3	20,5	46,3	31,7	21,5	70,6	70,6
2015	71,2	83,5	62,4	48,1	42,7	43,9	51,3	32,0	120,0	44,6	66,5	63,5	120,0
2016	57,2	49,5	79,5	66,8	124,2	51,5	88,5	49,5	81,5	91,0	91,5	46,0	124,2
2017	63,7	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	63,7
MAX	130,0	210,0	131,5	135,0	127,7	135,0	140,7	206,5	130,7	126,5	130,5	163,0	210,0

Fuente: IDEAM 2018

Complementario a la precipitación media mensual, la precipitación máxima en 24 horas se genera en el primer semestre del año, con valores máximos en los meses de febrero (210 mm), agosto (206,5 mm) y diciembre (130,5 mm).



Gráfica 12. Balanceo bi-dimensional pluviométrica estación meteorológica PTO CAICEDO – 47010110. Fuente: IDEAM, 2018

En la gráfica 12, se evidencia que contrario a la precipitación media mensual para el periodo 1979-2017, la precipitación máxima en 24 horas se genera en los meses que se

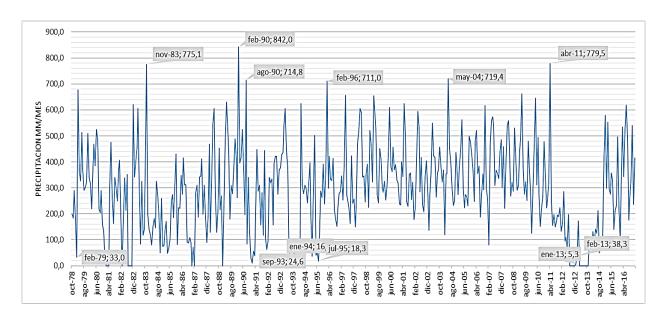


consideran de verano, en donde los días con precipitación máxima más alta, los tenemos en los meses de febrero (210 mm) y agosto (206,5 mm), siendo estos mismos meses, según la precipitación media, los de menor lluvia.

b). Series históricas

Las series históricas máximas de precipitación corresponden al estiramiento de los histogramas de precipitación histórica. Éstas gráficas relacionan los registros donde la mayor desviación standard entre ciclos permite asumir un retorno de un ciclo meteorológico.

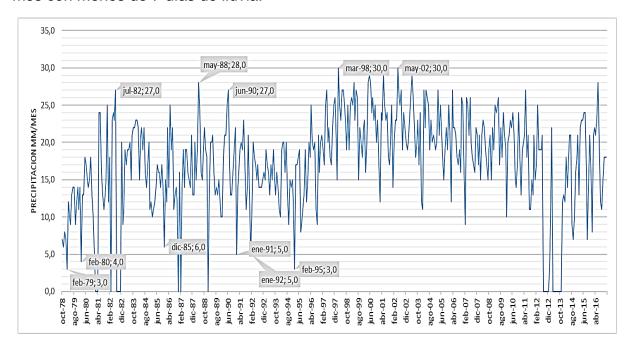
En la serie histórica de precipitación total mensual multianual (Grafico 13), se pueden identificar las máximos y mínimos en lluvias acumuladas, que históricamente corresponde al mes de febrero de 1990, en donde se presentó una precipitación mensual acumulada de 842 mm, de igual forma encontramos que el mes de menos precipitación corresponde a enero de 2013, en donde según los datos suministrados por el IDEAM, se registró una precipitación acumulada de 5,3 mm.



Gráfica 13. Serie histórica de precipitación total mensual multianual



Los días totales de precipitación evidencian que el sector de estudio en la mayoría de los registros se encuentran por encima de los 15 días, encontrando picos máximos como el mes de mayo del 2002 con 30 días; por otra parte, encontramos el mes con menos lluvia, es febrero de 1995 con 3 día. Este año es el último en la serie histórica que registra un mes con menos de 7 días de lluvia.



Gráfica 14. Serie histórica de días totales de precipitación mensual multianual

c). Precipitación máxima probable

En el cuadro 40, se relacionan los retornos de lluvia máxima mensual acumulada en función de los meses de ocurrencia, donde se confirma lo manifestado en los cuadros de precipitación, evidenciando que se tiene un régimen bimodal, en donde los meses con mayor concentración de lluvias tienen su primer pico entre el final e inicio del primer y segundo semestre respectivamente.



Cuadro 40. Precipitación máxima probable estación Puerto Caicedo

N	AÑO	Mes Max.	Preci	pitación
N	ANO	Precp.	xi	(xi-x)^2
1	1978	DIC	290,0	72631,63
2	1979	MAR	677,0	13805,65
3	1980	JUN	525,0	1190,43
4	1981	JUN	476,3	6922,67
5	1982	DIC	620,2	3684,18
6	1983	NOV	775,1	46482,25
7	1984	JUL	324,5	55226,21
8	1985	NOV	430,8	16564,35
9	1986	MAY	416,0	20592,99
10	1987	AGO	411,3	21964,00
11	1988	JUN	605,0	2070,02
12	1989	ABR	630,6	5054,85
13	1990	FEB	842,0	79804,80
14	1991	MAY	448,1	12410,53
15	1992	AGO	421,7	18989,55
16	1993	ABR	606,0	2162,01
17	1994	MAY	625,0	4289,91
18	1995	ABR	502,0	3306,54
19	1996	FEB	711,0	22951,47
20	1997	MAY	657,1	9525,26
21	1998	MAY	605,3	2097,41
22	1999	ABR	654,1	8948,67
23	2000	MAY	608,9	2440,11
24	2001	MAY	624,5	4224,67
25	2002	ABR	593,4	1149,04
26	2003	ABR	548,6	118,87
27	2004	MAY	719,4	25567,19
28	2005	ABR	561,3	3,23
29	2006	NOV	616,8	3283,00
30	2007	MAY	573,7	201,57
31	2008	JUN	559,2	0,09
32	2009	MAY	661,6	10423,89
33	2010	ABR	644,3	7190,61
34	2011	ABR	779,5	48398,87
35	2012	MAR	286,2	74694,29
36	2013	MAR	172,6	149693,59
37	2014	DIC	418,8	19797,21
38	2015	ENE	579,0	380,15
39	2016	JUN	618,7	3504,34
	Suma		21820,6	781746,07

En consecuencia, de lo anterior, se obtiene que para la estación de Puerto Caicedo la precipitación máxima mensual acumulada corresponde a un valor de 494,95 mm, con promedio mensual máximo de 559,50 mm, con una variación standard de 143,43 mm.





Éstos valores están por debajo de la precipitación mensual máxima histórica (842 mm), sin embargo, para ajustar la probabilidad de ocurrencia se evalúa la corrección a intervalo fijo los datos históricos normalizados.

d). Modelo de probabilidad

El modelo de probabilidad desarrollado para la estación de Pto. Caicedo, por contener una condición de 39 años de registro reduce notablemente los valores de probabilidad en comparación con otros valores de mayor significancia. A continuación en el cuadro se indica que para periodos de retorno de 5 años la probabilidad es del 80%, y para 10 años una probabilidad del 90%, lo cual en el índice Kappa denota una certeza alta de ocurrencia. Teniendo en cuenta que la precipitación mensual máxima histórica es de 842 mms, se tiene que para los 10 años se alcanza una precipitación de 843,68 mms, el cual está por el orden del histórico, y así se convierte en un determinante de retorno de cálculo hidrológico.

Cuadro 41. Modelo de ocurrencia de lluvia máxima mensual estación Pto. Caicedo

Periodo	Variable	Precip.	Prob. de	Corrección
de retorno	Reducida	(mm)	ocurrencia	intervalo fijo
Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)
2	0,367	535,94	0,5000	605,61
5	1,500	662,69	0,8000	748,84
10	2,250	746,62	0,9000	843,68
25	3,199	852,65	0,9600	963,50
50	3,902	931,32	0,9800	1052,39
75	4,311	977,04	0,9867	1104,05
100	4,600	1009,40	0,9900	1140,62
500	6,214	1189,83	0,9980	1344,51



e). Precipitación mínima probable

Para la definición de la precipitación mínima mensual acumulada, se realiza el mismo procedimiento descrito anteriormente, generando el cuadro 42, en donde obtenemos que los meses con menos lluvias son los de septiembre de 1994 (24,6 mm) y enero de 2013 (5,3 mm).

Cuadro 42. Precipitación mínima probable estación Pto. Caicedo

Mínima Mensual											
		Mes Min.		pitación							
N	AÑO	Precp.	xi	(xi-x)^2							
1	1978	NOV	184,5	4470,81							
2	1979	FEB	33,0	7163,24							
3	1980	DIC	133,6	254,85							
4	1981	ENE	21,1	9319,18							
5	1982	ABR	179,1	3777,84							
6	1983	JUN	84,5	1097,99							
7	1984	OCT	49,8	4601,71							
8	1985	ABR	48,3	4807,47							
9	1986	SEP	88,2								
10	1987	ENE	71,2	2156,29							
11	1988	AGO	129,5	140,76							
12	1989	JUL	179,8	3864,38							
13	1990	DIC	28,6	7927,39							
14	1991	ENE	10,1	11563,97							
15	1992	ENE	62,8	3006,98							
16	1993	SEP	24,6	8655,68							
17	1994	ENE	16,4	10248,71							
18	1995	JUL	18,3	9867,62							
19	1996	ОСТ	152,4	1208,54							
20	1997	SEP	162,0	1968,17							
21	1998	ENE	150,0	1047,44							
22	1999	AGO	241,1	15243,38							
23	2000	FEB	253,6	18486,24							
24	2001	AGO	228,2	12224,42							
25	2002	ENE	177,8	3619,72							





	Mínima Mensual										
N	AÑO	Mes Min.	Preci	pitación							
IN	ANO	Precp.	xi	(xi-x)^2							
26	2003	ENE	137,3	386,68							
27	2004	FEB	120,5	8,20							
28	2005	JUN	223,6	11228,39							
29	2006	JUL	186,5	4742,26							
30	2007	FEB	79,5	1454,35							
31	2008	MAR	222,1	10912,75							
32	2009	SEP	251,6	17946,38							
33	2010	ENE	125,9	68,30							
34	2011	AGO	149,0	983,71							
35	2012	JUN	69,4	2326,70							
36	2013	ENE	5,3	12619,35							
37	2014	AGO	49,6	4628,88							
38	2015	AGO	139,9	495,69							
39	2016	ENE	99,1	343,58							
	Suma		4587,8	215734,45							

Para la estación de Pto. Caicedo la precipitación mínima mensual acumulada corresponde a un valor de 83,73 mm, con promedio mensual mínimo de 117,64 mm, con una variación standard de 75,053 mm.

9.2.2.2 Estación Pluviométrica Churuyaco (47020020)

La estación Churuyaco se encuentra ubicada al sur-occidente del municipio de Orito, en límites con el municipio de Ipiales, departamento de Nariño, a una distancia de 21 km de la cuenca del río Orito y a una altitud de 500 msnm. Esta estación cuenta con información desde 1981 hasta el 2016, los datos que recoge son: valores totales mensuales de precipitación (mms), número de días mensuales de precipitación y valores máximos mensuales de precipitación (mms).



a). Precipitación

Cuadro 43. Precipitación total mensual estación meteorológica Churuyaco- 47020020

ES	ESTACION: CHURUYACO- 47020020 - VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)												CION
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	ОСТ	NOV	DIC	ANUAL
1981	*	*	*	*	759,0	1044,0	566,0	480,0	313,0	390,0	661,0	1004,0	5217,0
1982	627,0	847	704	823	707,0	943,0	414,0	317,0	619,0	443,0	604,1	648,0	7696,1
1983	536,0	835,0	381,0	496,0	427,2	297,0	455,0	249,0	327,0	331,0	413,0	331,0	5078,2
1984	361,0	363,0	401,0	675,0	277,0	250,0	184,5	217,0	486,0	568,0	482,0	65,9	4330,4
1985	196,0	88,0	345,0	583,0	24,0	512,0	186,0	371,0	430,4	390,0	194,0	228,0	3547,4
1986	267,0	583,0	265,0	755,0	972,0	887,1	1417,0	333,0	670,5	134,0	252,0	245,4	6781,0
1987	218,8	490,6	267,1	58,0	68,3	43,4	71,1	*	*	671,0	933,0	393,0	3214,3
1988	234,0	705,0	347,0	722,0	806,0	1002,0	548,0	239,0	283,0	394,8	529,6	482,0	6292,4
1989	547,0	605,0	658,0	679,0	640,0	856,0	475,0	390,0	407,0	525,0	506,5	102,0	6390,5
1990	445,2	224,8	514,0	398,6	509,0	659,0	618,0	241,0	551,0	456,0	468,0	524,0	5608,6
1991	206,0	310,0	599,0	321,0	471,0	738,0	476,0	206,0	563,0	522,0	445,0	306,0	5163,0
1992	260,0	211,0	305,0	444,5	601,0	302,0	479,0	517,0	345,0	516,0	522,0	485,0	4987,5
1993	381,0	516,0	568,0	570,0	747,0	364,0	542,0	538,0	346,0	454,0	749,0	526,5	6301,5
1994	294,0	226,0	453,0	846,0	613,0	511,0	459,0	426,0	457,0	593,0	676,0	733,0	6287,0
1995	249,0	88,0	312,0	750,0	853,8	468,0	393,0	213,0	376,0	443,0	816,0	624,0	5585,8
1996	535,0	443,0	513,0	526,0	747,0	550,0	423,0	324,0	449,0	272,0	409,0	717,0	5908,0
1997	847,0	685,0	480,0	630,0	843,0	467,0	550,0	652,0	741,0	449,0	445,0	282,0	7071,0
1998	252,0	521,0	611,0	291,0	660,0	465,0	421,0	356,0	335,0	434,0	286,3	349,0	4981,3
1999	758,6	387,0	600,0	826,0	413,0	859,0	395,0	296,5	343,0	312,0	406,0	401,0	5997,1
2000	261,0	309,0	404,0	463,0	769,0	459,0	496,0	361,0	378,0	338,0	249,0	203,0	4690,0
2001	264,0	208,0	393,0	408,0	275,0	477,0	197,0	222,0	254,0	296,0	534,0	302,0	3830,0
2002	329,0	282,0	296,0	224,0	313,0	280,0	198,8	168,0	434,0	179,0	434,7	440,0	3578,5
2003	230,0	200,0	202,0	632,0	256,0	230,0	338,0	229,0	391,0	394,0	508,0	527,0	4137,0
2004	346,0	108,0	419,0	713,0	876,0	412,0	478,0	380,0	526,0	296,0	580,0	589,0	5723,0
2005	385,0	602,0	467,0	645,0	449,0	387,0	313,0	300,0	227,0	389,0	262,0	379,0	4805,0





ES1	TACION	I: CHUF	RUYAC	O- 4702	20020 - 1		ES TOT ims)	[ALES	MENSU	ALES I	DE PRE	CIPITA	CION
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	ОСТ	NOV	DIC	ANUAL
2006	311,0	522,0	337,0	402,0	357,0	358,0	413,0	249,0	266,0	217,0	409,0	697,0	4538,0
2007	306,0	113,0	481,0	378,0	823,0	708,0	482,0	470,0	540,0	901,0	419,0	680,0	6301,0
2008	303,0	526,0	454,0	566,0	526,0	1092,0	1031,0	534,0	618,0	650,0	647,0	341,0	7288,0
2009	447,0	579,0	623,0	315,0	352,0	847,0	267,0	505,0	148,0	277,0	456,0	552,0	5368,0
2010	56,0	256,0	592,0	764,0	289,0	462,0	694,0	44,0	359,0	291,0	464,0	716,0	4987,0
2011	515,0	208,0	896,0	673,0	733,0	441,0	500,0	251,0	364,0	309,0	432,0	562,0	5884,0
2012	646,0	666,0	1014,0	737,0	525,0	772,0	647,0	216,0	437,0	675,0	416,0	447,0	7198,0
2013	398,0	624,0	1050,0	452,0	847,0	592,0	473,0	*	*	*	*	432,0	4868,0
2014	389,0	375,0	553,0	782,0	851,0	683,0	748,0	262,0	526,0	354,0	656,0	550,0	6729,0
2015	384,0	523,0	566,0	721,0	892,0	*	*	*	*	320,0	529,0	212,0	4147,0
2016	156,0	329,0	767,0	414,0	473,0	*	613,0	182,0	475,0	206,0	716,0	629,0	4960,0
SUM	14095,		17837,	_						14389,	,	,	196624,
Α	6	4	1	1	3	5	4	5	9	8	2	8	6
MEDI A	391,5	416,0	509,6	562,4	576,2	571,1	484,6	325,4	423,8	411,1	500,3	464,0	5314,2
MIN	56	88	202	58	24	43,4	71,1	44	148	134	194	65,9	1155

Fuente: IDEAM, 2018

Del cuadro anterior se deduce que para los 35 años evaluados, las lluvias medias y totales presentan los valores de mayor significado a finales del primer trimestre, principios del segundo y finales del ultimo, siendo los meses de mayo (576,2 mm), junio (571,1 mm) y noviembre (500,3 mm) los más lluvioso, mientras que agosto (325,4 mm) y enero (391,5 mm) los de menor precipitación. Esto nos evidencia un comportamiento bimodal en el régimen de lluvias. Igualmente se tiene que los valores medios de precipitación mensual para ésta estación en son mayores en consideración con la estación Puerto Caicedo.



Cuadro 44. Precipitación máxima en 24 horas estación meteorológica Churuyaco-

ESTA	ESTACION: CHURUYACO- 47020020 - VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION EN 24 HORAS (mms)										CION EN		
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	ОСТ	NOV	DIC	ANUAL
1981	*	*	*	*	71,0	145,0	96,0	114,0	100,0	79,0	136,0	133,0	145,0
1982	103,0	116	100	130	86,0	128,0	44,0	36,0	69,0	88,0	62,0	86,0	130,0
1983	74,0	127,0	80,0	110,0	76,0	93,0	63,0	73,0	60,0	60,0	71,0	76,0	127,0
1984	96,0	67,0	130,0	136,0	40,0	60,0	45,0	36,0	135,0	130,0	80,0	16,0	136,0
1985	60,0	23,0	69,0	130,0	14,0	90,0	105,0	120,0	90,0	90,0	80,0	86,0	130,0
1986	90,0	130,0	70,0	130,0	130,0	130,0	130,0	60,0	90,0	15,0	110,0	*	130,0
1987	54,0	63,0	63,0	14,0	24,0	6,5	8,9	*	*	130,0	130,0	115,0	130,0
1988	70,0	130,0	70,0	100,0	130,0	115,0	84,0	52,0	102,0	96,0	79,0	75,0	130,0
1989	88,0	78,0	135,0	85,0	62,0	125,0	85,0	70,0	60,0	66,0	82,0	25,0	135,0
1990	73,0	42,0	80,0	74,0	80,0	130,0	85,0	75,0	84,0	56,0	77,0	120,0	130,0
1991	42,0	60,0	99,0	40,0	78,0	125,0	74,0	52,0	135,0	95,0	130,0	55,0	135,0
1992	102,0	54,0	79,0	85,0	120,0	59,0	64,0	130,0	117,0	80,0	100,0	70,0	130,0
1993	130,0	57,0	60,0	60,0	78,0	80,0	90,0	70,0	70,0	94,0	118,0	80,0	130,0
1994	57,0	50,0	64,0	122,0	85,0	84,0	73,0	75,0	70,0	75,0	120,0	74,0	122,0
1995	83,0	23,0	92,0	97,0	108,0	82,0	105,0	39,0	52,0	64,0	125,0	96,0	125,0
1996	79,0	62,0	127,0	103,0	107,0	83,0	65,0	72,0	118,0	49,0	129,0	125,0	129,0
1997	90,0	130,0	62,0	115,0	112,0	134,0	90,0	105,0	131,0	75,0	71,0	61,0	134,0
1998	61,0	80,0	129,0	50,0	133,0	55,0	72,0	132,0	94,0	75,0	82,0	82,0	133,0
1999	96,0	52,0	71,0	80,0	70,0	116,0	60,0	110,5	58,0	54,0	77,0	90,0	116,0
2000	70,0	65,0	111,0	*	82,0	59,0	70,0	50,0	80,0	110,0	54,0	34,0	111,0
2001	68,0	37,0	60,0	75,0	80,0	60,0	30,0	40,0	100,0	74,0	100,0	40,0	100,0
2002	87,0	53,0	67,0	30,0	50,0	35,0	20,0	30,0	100,0	30,0	55,0	84,0	100,0
2003	35,0	29,0	35,0	*	42,0	34,0	59,0	51,0	80,0	72,0	93,0	132,0	132,0
2004	120,0	50,0	70,0	122,0	74,0	121,0	68,0	70,0	98,0	45,0	83,0	88,0	122,0
2005	65,0	75,0	85,0	107,0	50,0	48,0	45,0	48,0	30,0	82,0	35,0	130,0	130,0

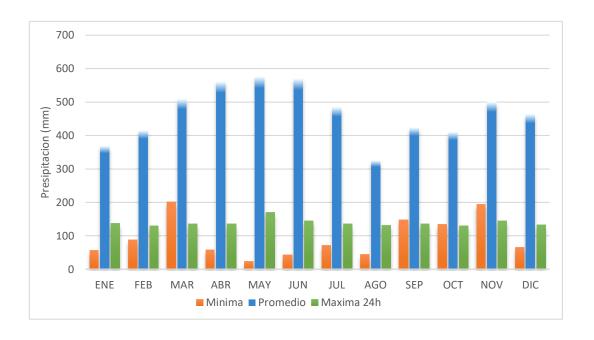


ESTA	ESTACION: CHURUYACO- 47020020 - VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION EN 24 HORAS (mms)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	ОСТ	NOV	DIC	ANUAL
2006	70,0	65,0	70,0	72,0	52,0	44,0	70,0	60,0	33,0	34,0	80,0	80,0	80,0
2007	53,0	38,0	60,0	60,0	80,0	94,0	89,0	96,0	99,0	99,0	90,0	92,0	99,0
2008	69,0	95,0	81,0	95,0	95,0	98,0	85,0	97,0	98,0	93,0	92,0	133,0	133,0
2009	82,0	77,0	132,0	*	90,0	130,0	58,0	96,0	45,0	42,0	*	92,0	132,0
2010	25,0	39,0	125,0	128,0	54,0	70,0	120,0	15,0	90,0	110,0	90,0	100,0	128,0
2011	90,0	68,0	100,0	100,0	126,0	100,0	87,0	80,0	100,0	60,0	70,0	120,0	126,0
2012	134,0	75,0	98,0	132,0	100,0	90,0	135,0	83,0	93,0	98,0	81,0	90,0	135,0
2013	75,0	*	106,0	100,0	84,0	96,0	72,0	*	*	*	*	82,0	106,0
2014	137,0	72,0	134,0	87,0	133,0	103,0	98,0	78,0	*	73,0	97,0	85,0	137,0
2015	90,0	101,0	133,0	135,0	170,0	*	*	*	*	70,0	131,0	54,0	170,0
2016	41,0	43,0	70,0	47,0	74,0	*	110,0	26,0	130,0	50,0	145,0	115,0	145,0
MAX	137,0	130,0	135,0	136,0	170,0	145,0	135,0	132,0	135,0	130,0	145,0	133,0	

Fuente: IDEAM 2018

Complementario a la precipitación media mensual, la precipitación máxima en 24 horas tiene un comportamiento más homogéneo, encontrando un único pico en el segundo trimestre del año, con un valor máximo en el mes de mayo (170 mm).





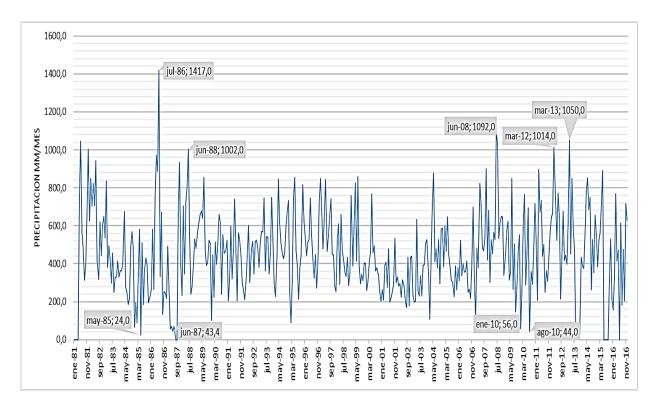
Gráfica 15. Balanceo bi-dimensional pluviométrica estación meteorológica Churuyaco-47020020, Fuente: IDEAM, 2018

En la gráfica 15, se puede evidenciar el comportamiento bimodal de las precipitaciones, además se observa que la precipitación máxima en 24 horas, tiene un comportamiento más homogéneo, en donde solo se presenta un pico, sin que este sea muy representativo, siendo mayo (170 mm) el mes de mayor precipitación. Sin embargo, se identificó que los meses con menor precipitación en el registro histórico son abril (136 mm), mayo (170 mm) y junio (145 mm), los cuales corresponden a los meses con mayor promedio de precipitación.

b). Series históricas

Las series de precipitación histórica para la región demuestran que los valores de precipitación total mensual son variables, no conservan un patrón de ajuste incremental o de frecuencia periódica; por ejemplo en el mes de julio de 1986 se presentó el histórico máximo de precipitación acumulado de 1417 mm, muy por encima de cualquier otro.

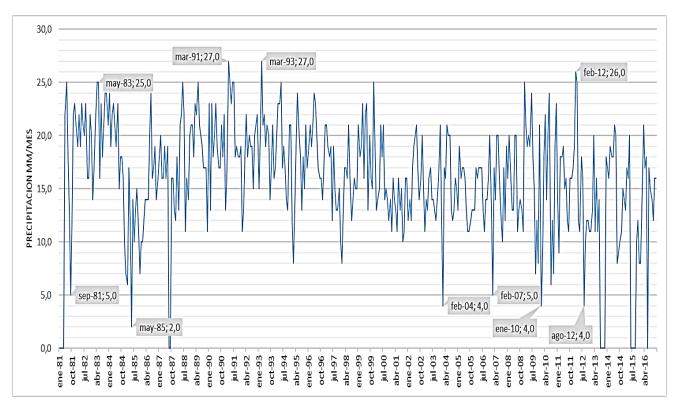




Gráfica 16. Serie histórica de precipitación total mensual multianual

En cuanto a los días máximos de precipitación a diferencia de la estación Pto. Caicedo el tope máximo de precipitación es de 27 días, siendo que la media hasta el año 2000 se encontraba sobre los 15 días de lluvia mensual, después de este año la serie se vuelve más irregular, teniendo topes mínimos cercanos a los 4 días.





Gráfica 17. Serie histórica de días totales de precipitación mensual multianual

c). Precipitación máxima probable

En el registro histórico los meses en donde se presentan las precipitaciones máximas mensuales acumuladas, son los de mayo, junio y julio, esto en concordancia con lo que nos muestra el grafico 26 (Balanceo bi-dimensional pluviométrica estación meteorológica Churuyaco- 47020020), que se analizó en la sección anterior.



Cuadro 45. Precipitación máxima probable Estación Churuyaco

Máxima Mensual Acumulada										
3	AÑO	Mes Max.		ipitación						
n	ANO	Precp.	Xi	(xi-x)^2						
1	1981	JUN	1044,0	50240,73						
2	1982	JUN	943,0	15164,55						
3	1983	FEB	835,0	229,35						
4	1984	ABR	675,0	20983,13						
5	1985	ABR	583,0	56100,55						
6	1986	JUL	1417,0	356581,49						
7	1987	NOV	933,0	12801,67						
8	1988	JUN	1002,0	33176,60						
9	1989	JUN	856,0	1306,42						
10	1990	JUN	659,0	25874,51						
11	1991	JUN	738,0	6700,33						
12	1992	MAY	601,0	47897,75						
13	1993	NOV	749,0	5020,51						
14	1994	ABR	846,0	683,53						
15	1995	MAY	853,8	1152,23						
16	1996	MAY	747,0	5307,93						
17	1997	ENE	847,0	736,82						
18	1998	MAY	660,0	25553,80						
19	1999	JUN	859,0	1532,29						
20	2000	MAY	769,0	2586,29						
21	2001	NOV	534,0	81713,40						
22	2002	DIC	440,0	144290,24						
23	2003	ABR	632,0	35289,71						
24	2004	MAY	876,0	3152,20						
25	2005	ABR	645,0	30574,47						
26	2006	DIC	697,0	15093,49						
27	2007	OCT	901,0	6584,42						
28	2008	JUN	1092,0	74062,60						
29	2009	JUN	847,0	736,82						
30	2010	ABR	764,0	3119,84						
31	2011	MAR	896,0	5797,98						
32	2012	MAR	1014,0	37692,07						
33	2013	MAR	1050,0	52966,47						
34	2014	MAY	851,0	969,98						
35	2015	MAY	892,0	5204,82						
36	2016	MAR	767,0	2793,71						
	Suma		29514,8	1169672,69						

Para la estación de Churuyaco la precipitación máxima mensual acumulada corresponde a un valor de 737,58 mm, con promedio mensual máximo de 819,86 mm, con una variación standard de 182,81 mm. Se vuelve a tener que estos valores están por debajo de la precipitación mensual máxima histórica (1417 mm), por este motivo, para ajustar la





probabilidad de ocurrencia se evalúa la corrección a intervalo fijo los datos históricos normalizados.

d). Modelo de probabilidad

El modelo de correlación entre los valores de precipitación y el intervalo de ocurrencia, indica que la precipitación mensual máxima histórica corresponde a un intervalo de ocurrencia de 50 años, con una certidumbre del 98%.

Cuadro 46. Modelo de ocurrencia de lluvia máxima mensual estación Churuyaco

		Precip.		Corrección
Periodo de retorno	Variable Reducida	(mm)	Prob. de ocurrencia	intervalo fijo
Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)
2	0,367	789,83	0,5000	892,50
5	1,500	951,38	0,8000	1075,06
10	2,250	1058,34	0,9000	1195,93
25	3,199	1193,49	0,9600	1348,64
50	3,902	1293,75	0,9800	1461,94
75	4,311	1352,02	0,9867	1527,79
100	4,600	1393,27	0,9900	1574,39
500	6,214	1623,25	0,9980	1834,27

e). Precipitación mínima probable

En el registro histórico, los meses con menores precipitaciones son los de enero de 2016 con 156 mm y agosto de 2010 con 44 mm, lo cual concuerda con lo presentado en la gráfica de Balanceo bi-dimensional pluviométrica estación meteorológica para la estación de Churuyaco- 47020020.



Cuadro 47. Precipitación mínima probable Estación Churuyaco

Mínima Mensual										
N	AÑO	Mes Max.	Prec	ipitación						
N	ANO	Precp.	xi	(xi-x)^2						
1	1981	SEP	313,0	12354,32						
2	1982	AGO	317,0	13259,52						
3	1983	AGO	249,0	2223,12						
4	1984	DIC	65,9	18482,40						
5	1985	MAY	24,0	31630,62						
6	1986	OCT	134,0	4603,62						
7	1987	JUN	43,4	25106,40						
8	1988	ENE	234,0	1033,62						
9	1989	DIC	102,0	9970,02						
10	1990	FEB	224,8	526,70						
11	1991	ENE	206,0	17,22						
12	1992	FEB	211,0	83,72						
13	1993	SEP	346,0	20779,22						
14	1994	FEB	226,0	583,22						
15	1995	FEB	88,0	12961,82						
16	1996	OCT	272,0	4921,02						
17	1997	DIC	282,0	6424,02						
18	1998	ENE	252,0	2515,02						
19	1999	AGO	296,5	8958,62						
20	2000	DIC	203,0	1,32						
21	2001	JUL	197,0	23,52						
22	2002	AGO	168,0	1145,82						
23	2003	FEB	200,0	3,42						
24	2004	FEB	108,0	8807,82						
25	2005	SEP	227,0	632,52						
26	2006	OCT	217,0	229,52						
27	2007	FEB	113,0	7894,32						
28	2008	ENE	303,0	10231,32						
29	2009	SEP	148,0	2899,82						
30	2010	AGO	44,0	24916,62						
31	2011	FEB	208,0	37,82						
32	2012	AGO	216,0	200,22						
33	2013	ENE	398,0	38474,82						
34	2014	AGO	262,0	3618,02						
35	2015	DIC	212,0	103,02						
36	2016	ENE	156,0	2102,22						
	Suma		7266,6	277756,45						

Para la estación Churuyaco la precipitación mínima mensual acumulada corresponde a un valor de 161,76 mm, con promedio mensual mínimo de 201,85 mm, con una variación standard de 89,08 mm.





9.2.2.3 Estación Pluviométrica El Picudo (47010220)

La estación El picudo se encuentra ubicada al sur-este del municipio de Orito, en límites con el municipio de Valle del Guamuez, a una distancia de 15 km de la cuenca del río Orito, a una altitud de 385 msnm.

a). Precipitación

Esta estación cuenta con información desde 1988 hasta el 2016, los datos que recoge son: valores totales mensuales de precipitación (mms), número de días mensuales de precipitación y valores máximos mensuales de precipitación (mms) cuadro 48.

Cuadro 48. Precipitación mensual estación meteorológica El Picudo - 47010220

ESTA	CION: I	EL PIC	UDO - 4	7010220) - VALC	RES TO	TALES	MENS	UALES	DE PF	RECIPI	TACIO	N (mms)
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	ОСТ	NOV	DIC	ANUAL
1988	279,5	441,2	273,7	406,2	406,2	573,4	422,2	282,6	400,5	370,2	486,8	355,8	4815,4
1989	255,7	367,5	596,8	651,1	651,1	420,3	409,4	390,4	297,7	325,5	173,9	88,8	4440,0
1990	249,6	308,6	443,3	352,2	352,2	452,2	429,9	140,3	210,4	416,6	236,7	317,9	3921,8
1991	113,0	303,2	179,6	258,5	258,5	261,2	314,0	112,8	333,9	304,9	426,1	194,4	3182,2
1992	87,5	137,3	196,2	397,4	397,4	233,4	403,0	112,8	377,1	237,2	211,5	503,3	3234,4
1993	231,0	368,8	353,2	287,4	287,4	349,4	307,6	367,1	281,6	423,0	602,0	205,1	4406,1
1994	142,8	252,9	478,6	480,5	480,5	308,3	383,6	187,9	374,4	337,8	225,5	336,8	4057,1
1995	148,1	83,8	254,8	188,1	188,1	279,1	127,6	170,3	260,6	263,7	242,7	153,6	2529,0
1996	306,2	301,9	171,5	363,4	363,4	478,7	243,3	384,6	147,5	246,3	117,8	416,8	3516,1
1997	288,9	423,2	278,3	535,7	535,7	160,8	217,1	208,7	140,7	274,3	147,4	180,2	3185,2
1998	125,0	135,4	613,4	442,2	442,2	365,7	330,7	261,1	280,6	372,1	349,0	262,0	3932,4
1999	552,7	369,6	282,5	568,8	568,8	350,7	310,7	147,2	241,0	252,4	303,0	387,1	4181,1





ESTA	CION: I	EL PIC	UDO - 4	7010220) - VALC	RES TO	TALES	MENS	UALES	DE PF	RECIPI	TACIO	N (mms)
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	ОСТ	NOV	DIC	ANUAL
2000	232,8	202,5	229,2	327,5	327,5	406,8	268,9	363,9	237,9	279,4	387,7	285,7	3920,4
2001	167,5	217,3	344,6	236,2	236,2	294,8	157,4	78,6	346,1	329,6	269,0	440,4	3305,6
2002	163,5	207,2	385,6	460,8	460,8	244,6	272,3	240,3	118,4	410,5	215,5	258,0	3321,3
2003	135,0	169,0	292,9	644,3	644,3	244,2	220,4	178,5	254,0	201,6	116,5	189,1	3136,2
2004	230,0	82,6	620,6	405,6	405,6	332,9	476,3	262,1	156,0	149,4	536,1	248,1	4130,9
2005	319,6	383,4	305,9	399,0	399,0	304,6	242,3	251,0	256,5	435,1	339,2	583,5	4235,6
2006	296,7	294,5	413,8	465,2	465,2	289,5	204,8	288,4	179,5	264,2	256,7	282,4	3427,4
2007	205,5	39,2	389,2	245,7	245,7	254,2	242,9	247,8	214,3	287,3	332,6	310,5	3027,9
2008	148,5	128,3	313,5	202,6	202,6	486,2	147,9	157,6	228,0	363,1	366,6	243,9	3068,3
2009	498,3	356,6	500,8	394,6	394,6	397,9	330,2	319,3	227,4	308,0	429,0	330,0	4299,5
2010	247,0	314,0	514,0	579,0	579,0	361,0	557,0	224,0	160,0	191,0	616,0	401,0	4486,0
2011	256,0	415,0	300,0	667,0	667,0	394,0	500,0	372,0	360,0	555,0	534,0	635,0	5680,0
2012	270,0	356,0	589,0	578,0	578,0	341,0	475,0		165,0	367,0			3376,0
2013	139,0	397,0	449,0	273,0	273,0	413,0	393,0	421,0	190,0	419,0	527,0	238,0	4327,0
2014	227,0	339,0	262,0	555,0	555,0	553,0	391,0	300,0	243,0	432,0	436,0	285,0	4605,0
2015	378,0	303,0	428,0	468,0	468,0	446,0	530,0	206,0	94,0	232,0	582,0	209,0	4365,0
2016	33,0	353,0	503,0	264,0	264,0	562,0	493,0	216,0	339,0	313,0	526,0	386,0	4543,0
2017	447,0	271,0	552,0	319,0	319,0	409,0	420,0	197,0	519,0				3622,0
SUMA	7174, 4	8322, 0	11515, 0	12416, 0	12416, 0	10967, 9	10221, 5	7089, 3	7634, 1	9361, 2	9992, 3	8727, 4	116277, 9
MEDI A	239,1	277,4	383,8	413,9	413,9	365,6	340,7	244,5	254,5	322,8	356,9	311,7	3875,9
MIN	33	39,2	171,5	188,1	188,1	160,8	127,6	78,6	94	149,4	116,5	88,8	2529

Fuente: IDEAM, 2018

Los valores medios de precipitación mensual para ésta estación, se asemejan en todos los casos con los registrados en la estación Pto. Caicedo, sin embargo, los mínimos registrados en ésta son inferiores.



Cuadro 49. Precipitación máxima en 24 horas estación meteorológica El Picudo - 47010220

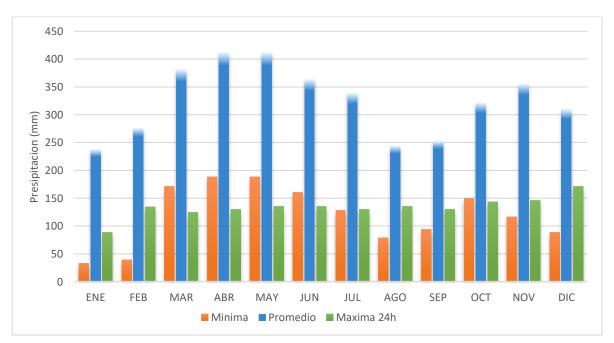
ESTACIÓN: EL PICUDO - 47010220 - VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mms)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	ОСТ	NOV	DIC	ANUAL
1988	63,2	63,2	45,5	64,1	65,7	73,4	49,8	54,4	44,2	57,3	87,6	89,9	89,9
1989	33,9	66,2	63,4	96,2	65,4	71,8	72,1	96,3	67,4	75,8	46,7	39,2	96,3
1990	64,6	93,7	63,9	84,3	56,7	43,2	67,1	21,5	35,7	69,7	47,3	65,1	93,7
1991	54,8	50,4	41,6	39,0	51,3	52,8	39,7	24,9	90,5	143,0	74,9	39,0	143,0
1992	43,0	43,0	39,2	90,5	76,0	85,5	79,9	24,9	104,0	32,7	74,8	97,5	104,0
1993	37,3	70,0	73,8	46,5	130,1	57,4	46,5	87,3	68,8	61,8	118,5	38,6	130,1
1994	46,6	56,2	95,0	81,0	70,0	55,2	72,1	36,9	99,2	75,8	73,7	67,0	99,2
1995	43,8	33,8	42,3	51,7	79,6	73,5	33,8	42,5	62,5	58,4	57,6	35,7	79,6
1996	57,7	70,4	44,5	55,0	80,0	45,4	61,5	54,3	34,3	55,5	35,2	171,3	171,3
1997	58,6	71,5	80,0	129,5	53,6	37,5	38,5	28,7	40,5	52,2	28,5	78,5	129,5
1998	36,3	52,5	95,0	77,0	81,5	92,1	40,7	82,8	76,5	133,5	103,2	54,6	133,5
1999	82,0	67,4	55,4	64,5		93,4	52,0	78,0	49,5	86,5	61,8	99,2	99,2
2000	77,0	50,7	44,6	44,3	135,0	86,3	70,5	70,5	66,0	79,7	146,6	58,3	146,6
2001	38,5	56,5	104,3	57,8	91,1	62,6	48,0	26,5	78,2	84,5	62,2	96,5	104,3
2002	37,0	64,4	92,0	113,1	74,0	54,5	45,0	51,3	28,0	95,6	28,5	69,4	113,1
2003	32,6	28,2	61,0	95,5	98,5	66,5	37,5	65,5	64,5	41,0	44,5	95,7	98,5
2004	68,5	35,5	98,7	62,5	58,9	54,6	107,0	45,2	28,2	55,1	102,0	50,5	107,0
2005	77,0	55,2	53,2	53,8	61,3	52,5	49,8	94,6	89,0	132,0	81,0	121,0	132,0
2006	56,5	75,0	52,9	102,9	38,5	65,0	41,0	69,0	52,6	81,0		60,0	102,9
2007	78,0	11,4	74,5	53,5	65,5	47,2	58,6	57,3	59,5	72,4	76,0	80,5	80,5
2008	52,5	31,5	44,5	33,8	48,3	96,0	44,0	91,0	105,2	52,2	104,0	84,5	105,2
2009	88,0	90,2	70,7	70,5	40,5	70,3	81,0	93,5	63,2	70,0	107,0	49,0	107,0
2010	89,0	55,0	84,0	84,0	71,0	38,0	108,0	85,0	47,0	45,0	116,0	116,0	116,0
2011	43,0	134,0	107,0	95,0	132,0	104,0	95,0	135,0	90,0	80,0	106,0	120,0	135,0
2012	58,0	85,0	125,0	105,0	68,0	124,0	130,0	_	80,0	65,0			130,0



ESTA	ESTACIÓN: EL PICUDO - 47010220 - VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mms)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2013	37,0	52,0	60,0	45,0	60,0	125,0	60,0	110,0	63,0	98,0	135,0	51,0	135,0
2014	50,0	71,0	57,0	78,0	86,0	135,0	110,0	57,0	35,0	132,0	91,0	58,0	135,0
2015	66,0	41,0		58,0	78,0	66,0	87,0	44,0	62,0	56,0	96,0	70,0	96,0
2016	11,0	61,0	56,0	49,0	100,0	80,0	72,0	50,0	72,0	95,0	90,0	94,0	100,0
2017	75,0	53,0	75,0	42,0	80,0	90,0	71,0	50,0	130,0				130,0
MAX	89,0	134,0	125,0	129,5	135,0	135,0	130,0	135,0	130,0	143,0	146,6	171,3	171,3

Fuente: IDEAM, 2018

La distribución de lluvias máximas contemplada en el cuadro 49, correspondiente a esta estación, se relaciona con los meses del segundo semestre del año, donde se presentan valores pico en octubre (143 mm), noviembre (146,6 mm) y diciembre (171,3 mm), y con picos mínimos en el primer trimestre anual, enero (89 mm), febrero (134 mm) y febrero (125 mm).



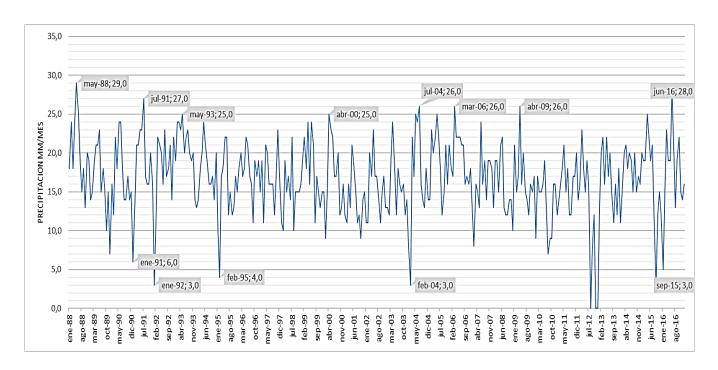
Gráfica 18. Balanceo bi-dimensional pluviométrica estación meteorológica EL PICUDO – 47010220. Fuente: IDEAM, 2018



Al igual que las anteriores estaciones, en el gráfico 18, se puede evidenciar el comportamiento bimodal, pudiéndose notar que el promedio de lluvias mínimas en esta estación es el más alto, en comparación con las otras, así también es posible deducir, que el comportamiento de las lluvias máximas en 24 horas al igual que en la estación Churuyaco es bastante homogéneo, en donde se mantienen entre los 100 y 150 mm

b). Series históricas

La precipitación mensual total para la estación El Picudo indica un comportamiento de variación discreta en los datos por frecuencia de ocurrencia, meses de presencia y valores de precipitación. En donde encontramos que los picos máximos se mantienen con un periodo de ocurrencia de entre 4 y 5 años, mientras los mínimos se generan cada 3 años.



Gráfica 19. Serie histórica de precipitación total mensual multianual



Complementando la información anterior, se encuentra que los días máximos de precipitación presentan como tope los 29 días, teniendo en el registro 6 meses en donde se sobrepasó los 25 días de precipitación. En cuanto a los mínimos encontramos 4 meses que se encuentran por debajo de los 5 días.

c). Precipitación máxima probable

En el cuadro 50, se relaciona la lluvia máxima mensual acumulada en función de los meses de ocurrencia, en donde se tiene que los meses con mayor precipitación en el registro histórico son abril de 2011 (667 mm) y junio de 1988 (573,4 mm).

Cuadro 50. Precipitación máxima probable estación El Picudo

	Máxima Mensual Acumulada										
N	AÑO	Mes Max.	Preci	pitación							
N	ANO	Precp.	xi	(xi-x)^2							
1	1988	JUN	573,4	2146,47							
2	1989	ABR	651,1	15383,44							
3	1990	JUN	452,2	5605,52							
4	1991	NOV	426,1	10194,94							
5	1992	DIC	503,3	565,01							
6	1993	NOV	602,0	5614,50							
7	1994	ABR	480,5	2168,76							
8	1995	JUN	279,1	61489,12							
9	1996	JUN	478,7	2339,66							
10	1997	ABR	535,7	74,48							
11	1998	MAR	613,4	7452,87							
12	1999	ABR	568,8	1741,39							
13	2000	JUN	406,8	14464,87							
14	2001	DIC	440,4	7511,69							
15	2002	ABR	460,8	4391,71							
16	2003	ABR	644,3	13742,87							
17	2004	MAR	620,6	8747,86							
18	2005	DIC	583,5	3184,34							
19	2006	ABR	465,2	3827,90							
20	2007	MAR	389,2	19008,14							
21	2008	JUN	486,2	1670,36							
22	2009	MAR	500,8	690,11							
23	2010	NOV	616,0	7908,54							





Máxima Mensual Acumulada										
N	AÑO	Mes Max.	Preci	pitación						
IN	ANO	Precp.	xi	(xi-x)^2						
24	2011	ABR	667,0	19580,40						
25	2012	MAR	589,0	3835,32						
26	2013	NOV	527,0	0,00						
27	2014	ABR	555,0	780,08						
28	2015	NOV	582,0	3017,30						
29	2016	JUN	562,0	1220,10						
30	2017	MAR	552,0	621,50						
	Suma	15812,1	228979,30							

Para la estación de El Picudo la precipitación máxima mensual acumulada (cuadro 50), corresponde a un valor de 487,08 mm, con promedio mensual de 527,07 mm, con una variación standard de 88,86 mm. Como se puede observar en el cuadro 51, los valores están por debajo de la máxima histórica (667 mm), sin embargo, para ajustar la probabilidad de ocurrencia se evalúa la corrección a intervalo fijo los datos históricos normalizados.

d). Modelo de probabilidad

Realizando el cálculo de la correlación de los datos de precipitación máxima media acumulada con relación a los datos promedio mensual, se encuentra en el cuadro 51, que el máximo histórico que se tiene en los registros corresponde a un periodo de retorno de 5 años que tiene una probabilidad de ocurrencia de un 80%.

Cuadro 51. Modelo de ocurrencia de lluvia máxima mensual estación El Picudo

Periodo de retorno	Variable Reducida	Precip. (mm)	Prob. de ocurrencia	Corrección intervalo fijo
Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)
2	0,367	512,47	0,5000	579,09
5	1,500	591,00	0,8000	667,83
10	2,250	642,99	0,9000	726,58
25	3,199	708,68	0,9600	800,81





Periodo	Variable	Precip.	Prob. de	Corrección
de retorno	Reducida	(mm)	ocurrencia	intervalo fijo
	\ <u>-</u>	\ \	_, _,	•
Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)
50	3,902	757,42	0,9800	855,88
75	4,311	785,74	0,9867	887,89
100	4,600	805,79	0,9900	910,54
500	6,214	917,58	0,9980	1036,86

e). Precipitación mínima probable

Siguiendo el mismo proceso que con las anteriores estaciones en el cuadro 52, encontramos que los meses con menos precipitación son los de enero de 2016 (33 mm) y septiembre de 2015 (94 mm), lo cual concuerda con el comportamiento bimodal que se describió para ésta estación.

Cuadro 52. Precipitación mínima probable estación El Picudo

		Mínima Mensua	al				
<u></u>	AÑO	Mes Max.	Prec	Precipitación			
n	ANO	Precp.	Xi	(xi-x)^2			
1	1988	MAR	273,7	16548,25			
2	1989	DIC	88,8	3165,19			
3	1990	AGO	140,3				
4	1991	AGO	112,8				
5	1992	ENE	87,5	3313,15			
6	1993	DIC	205,1	3604,80			
7	1994	ENE	142,8	5,11			
8	1995	FEB	83,8	3752,79			
9	1996	NOV	117,8	743,11			
10	1997	SEP	140,7	19,01			
11	1998	ENE	125,0	402,40			
12	1999	AGO	147,2	4,58			
13	2000	FEB	202,5	3299,35			
14	2001	AGO	78,6	4416,93			
15	2002	SEP	118,4	710,76			
16	2003	NOV	116,5	815,67			
17	2004	FEB	82,6				
18	2005	JUL	242,3	9455,62			





	Mínima Mensual								
	AÑO	Mes Max.	Precipitación						
n	ANO	Precp.	Xi	(xi-x)^2					
19	2006	SEP	179,5	1186,11					
20	2007	FEB	39,2	11206,34					
21	2008	FEB	128,3	280,90					
22	2009	SEP	227,4	6779,88					
23	2010	SEP	160,0	223,20					
24	2011	ENE	256,0	12307,68					
25	2012	SEP	165,0	397,60					
26	2013	ENE	139,0	36,72					
27	2014	ENE	227,0	6714,16					
28	2015	SEP	94,0	2607,12					
29	2016	ENE	33,0	12557,44					
30	2017	AGO	197,0	2697,76					
	Suma		4351,8	112216,27					

Para la estación El Picudo la precipitación mínima mensual acumulada corresponde a un valor de 117,06 mm, con promedio mensual mínimo de 145,06 mm, con una variación standard de 62,21 mm.

9.2.2.4 Estación Pluviométrica Santa Isabel (47010230)

La estación Sta Isabel se encuentra ubicada al Noroccidente de la cuenca del río Orito, en el municipio de Pasto, departamento de Nariño, a una distancia de 10,6 km, su área de influencia corresponde a la cuenca alta del río Orito, a una altitud de 2719 msnm.

a). Precipitación

Esta estación cuenta con información de precipitación desde 1989 hasta el 2015, los datos que recoge son: valores totales mensuales de precipitación (mm), número de días mensuales de precipitación y valores máximos mensuales de precipitación (mm), cuadro 53.



Cuadro 53. Precipitación mensual estación meteorológica Santa Isabel - 47010230

ESTAC	IÓN: Sī	ΓΑ ISAI	BEL - 4	701023	0 - VAL	ORES	TOTAL	ES MEI	NSUAL	ES DE I	PRECIF	PITACIO	ON (mm)
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	ОСТ	NOV	DIC	ANUAL
1989	*	*	*	*	306,8	*	288,0	279,0	146,0	367,0	102,0	48,0	1536,8
1990	134,0	121,0	216,0	116,0	310,0	324,0	306,0	243,0	110,0	102,0	79,0	128,0	2189,0
1991	96,0	158,0	98,0	135,0	233,0	151,0	191,0	346,2	90,0	157,0	82,0	69,6	1806,8
1992	88,0	75,0	129,0	169,9	124,0	123,0	413,0	197,0	106,0	61,0	50,0	52,0	1587,9
1993	57,0	105,0	162,0	105,0	123,0	154,0	226,0	111,0	79,0	74,0	118,0	116,0	1430,0
1994	134,0	117,0	129,0	253,0	196,0	235,0	224,0	324,0	128,0	124,0	145,0	171,0	2180,0
1995	73,0	60,0	102,0	121,0	241,0	177,0	180,0	128,0	145,0	83,0	136,0	148,0	1594,0
1996	104,0	155,0	185,0	200,0	253,0	192,0	287,0	143,0	138,0	107,0	90,0	134,2	1988,2
1997	184,0	184,5	116,0	149,1	254,8	176,8	299,2	190,2	296,2	620,0	122,9	80,2	2673,9
1998	41,2	107,3	111,8	150,5	242,8	208,3	210,5	191,8	34,8	36,8	86,0	96,2	1518,0
1999	170,1	79,4	61,1	260,6	189,3	235,8	193,8	141,2	172,9	79,2	146,2	166,7	1896,3
2000	44,8	110,7	61,0	154,5	407,7	225,9	189,2	181,8	136,6	85,8	97,1	160,5	1855,6
2001	145,7	195,2	111,9	208,1	189,0	247,8	155,7	190,6	178,4	60,9	141,0	117,2	1941,5
2002	98,3	96,6	126,4	108,4	193,9	228,6	185,3	269,8	65,4	92,5	149,0	101,5	1715,7
2003	50,1	83,7	142,6	121,1	180,7	151,5	215,6	145,7	137,3	122,2	122,9	85,5	1558,9
2004	11,4	56,7	174,7	176,4	216,2	234,7	233,1	177,1	198,7	97,4	173,0	184,1	1933,5
2005	129,7	201,0	226,5	256,9	170,2	147,8	164,2	81,1	114,5	140,0	103,8	170,3	1906,0
2006	214,9	121,5	192,6	132,5	131,0	197,6	194,9	161,2	158,3	149,2	163,3	137,2	1954,2
2007	40,7	66,5	186,5	213,1	160,1	261,9	169,4	278,7	245,8	202,8	189,6	179,2	2194,3
2008	240,4	290,6	359,8	281,8	201,1	219,7	86,2	66,1	119,1	146,3	172,5	269,3	2452,9
2009	218,0	183,9	174,1	168,3	264,6	284,8	222,9	131,5	146,4	195,4	72,0	73,9	2135,8
2010	79,9	108,9	156,2	262,1	104,5	83,0	130,0	85,1	60,9	80,3	162,5	54,9	1368,3
2011	128,2	42,4	206,2	129,3	146,7	106,0	202,4	115,2	156,3	5,6	74,0	*	1312,3
2012	*	*	*	*	*	*	*	*	*	75,1	98,1	113,9	287,1
2013	68,9	234,5	175,7	115,6	*	*	632,2	295,6	138,4	166,4	88,3	94,7	2010,3
2014	146,2	70,8	139,7	75,1	161,4	400,5	288,7	165,8	29,7	141,0	*	*	1618,9
2015	*	24,1	123,9	23,7	*	*	221,4	63,5	45,8	102,1	*	*	604,5



ESTAC	IÓN: S	ΓΑ ISAI	3EL - 4	701023	0 - VAL	ORES	TOTAL	ES MEI	NSUAL	ES DE	PRECIF	PITACIÓ	ON (mm)
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	ОСТ	NOV	DIC	ANUAL
SUMA	2698,5	3049,3	3867,7	4087,0	5000,8	4766,7	6109,7	4703,2	3377,5	3674,0	2964,2	2952,1	47250,7
MEDIA	112,4	122,0	154,7	163,5	208,4	207,2	235,0	180,9	129,9	136,1	118,6	123,0	1750,0
MIN	11,4	24,1	61	23,7	104,5	83	86,2	63,5	29,7	5,6	50	48	287,1

Fuente: IDEAM, 2018

De los datos registrados en el cuadro anterior, se observa que las lluvias medias y totales presentan los valores de mayor significado a finales del primer semestre y principios del segundo, siendo los meses de mayo 208,4 mm y julio 235 mm, los más lluvioso, mientras que los meses de enero 112,4 mm y octubre 136,1 mm, los de menor precipitación.

Cuadro 54. Precipitación máxima en 24 horas estación meteorológica Snta Isabel - 47010230

ESTAC	ESTACIÓN: STA ISABEL - 47010230 - VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mm)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1989	*	*	*	*	36,0	*	51,0	32,0	33,0	80,0	16,0	10,0	80,0
1990	20,0	30,0	30,0	12,0	42,0	110,0	75,0	50,0	25,0	20,0	15,0	12,0	110,0
1991	18,0	30,0	20,0	10,0	34,0	23,0	19,0	31,0	11,0	30,0	10,0	11,0	34,0
1992	35,0	17,0	35,0	30,0	12,0	15,0	55,0	32,0	20,0	14,0	17,0	11,0	55,0
1993	33,0	30,0	31,0	22,0	20,0	34,0	40,0	19,0	19,0	11,0	20,0	15,0	40,0
1994	27,0	18,0	20,0	50,0	36,0	54,0	35,0	50,0	15,0	25,0	21,0	31,0	54,0
1995	16,0	39,0	19,0	14,0	40,0	23,0	21,0	17,0	21,0	22,0	30,0	32,0	40,0
1996	26,0	17,0	31,0	41,0	36,0	49,0	59,0	25,0	28,0	23,0	23,0	21,0	59,0
1997	25,0	29,0	18,0	41,0	29,3	21,5	33,0	34,8	83,0	113,0	36,2	15,5	113,0
1998	12,8	16,7	21,3	20,0	36,7	28,0	31,0	31,0	16,9	9,8	14,4	11,7	36,7
1999	17,5	8,6	14,3	87,9	21,3	31,2	20,2	52,3	32,6	19,9	40,6	23,3	87,9



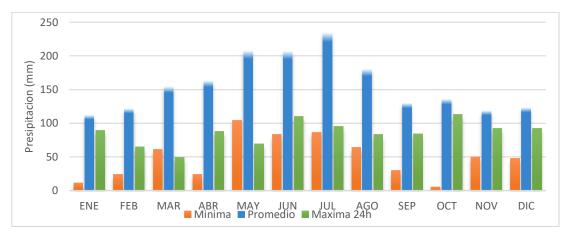


2000	9,7	33,9	14,3	22,4	69,2	32,2	34,3	22,3	15,9	24,0	12,2	30,0	69,2
2001	34,0	65,0	17,0	29,2	35,3	32,4	24,5	24,5	60,5	16,5	28,4	14,0	65,0
2002	21,0	15,0	20,0	25,1	25,2	35,8	31,2	35,0	9,8	17,4	15,7	10,1	35,8
2003	8,2	10,7	18,7	25,1	36,0	27,0	23,0	18,5	15,6	12,5	17,9	13,0	36,0
2004	3,9	8,8	29,3	19,5	21,5	21,4	46,2	31,2	33,5	12,1	92,3	92,1	92,3
2005	25,8	21,9	38,2	29,7	25,1	33,8	21,3	10,0	15,7	15,7	15,6	19,5	38,2
2006	89,3	16,9	34,0	26,3	40,8	33,2	42,0	22,9	24,5	27,5	24,5	16,9	89,3
2007	9,4	24,6	39,4	49,2	21,2	32,2	25,8	34,5	84,2	24,2	21,3	29,8	84,2
2008	19,9	19,8	31,3	18,9	33,1	14,5	16,4	13,4	21,3	13,4	*	*	33,1
2009	23,1	24,3	19,6	18,2	29,4	29,8	19,8	18,7	19,8	24,1	24,3	13,4	29,8
2010	17,5	15,4	26,1	28,9	33,4	20,2	21,0	18,1	11,2	16,8	24,6	11,2	33,4
2011	23,1	19,7	49,1	35,2	18,6	14,3	15,8	19,7	56,6	2,9	14,0	*	56,6
2012	*	*	*	*	*	*	*	*	*	27,6	37,8	19,2	37,8
2013	21,9	34,4	24,6	39,6	*		95,1	83,0	20,0	31,0	20,6	12,2	95,1
2014	25,5	16,6	25,0	9,8	18,9	23,0	37,3	39,8	4,3	33,5	*	*	39,8
2015	*	10,0	23,8	4,8	*	*	*	11,3	9,0	48,0	*	*	48,0
MAX	89,3	65,0	49,1	87,9	69,2	110,0	95,1	83,0	84,2	113,0	92,3	92,1	113,0

Fuente: IDEAM, 2018

Complementario a la precipitación media mensual, la precipitación máxima histórica en 24 horas se dio en octubre de 1997 (113 mm), los valores máximos se encuentran en los meses de junio (110 mm) y octubre (113 mm) como se podrá visualizar en el cuadro 54.





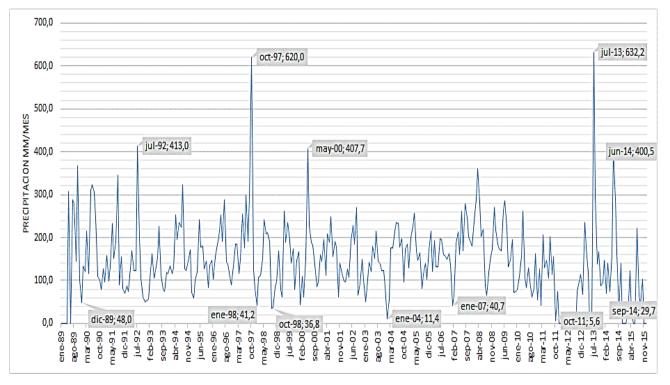
Gráfica 20. Balanceo bi-dimensional pluviométrica estación meteorológica Santa Isabel – 47010230, Fuente: IDEAM, 2018

En la gráfica 20, se evidencia que, a diferencia de las anteriores tres estaciones (Santa Isabel, el Picudo y Churuyaco), ésta, presenta un comportamiento unimodal, teniendo como pico máximo el mes de julio y su mínimo en enero, además, tenemos que las precipitaciones máximas en 24 horas, se mantienen entre los 50 y 100 mm, teniendo únicamente 2 datos históricos que están por encima de este rango, como fue en 1990 con una precipitación anual de 110 mm y de 113 mm en 1997.

b). Series históricas

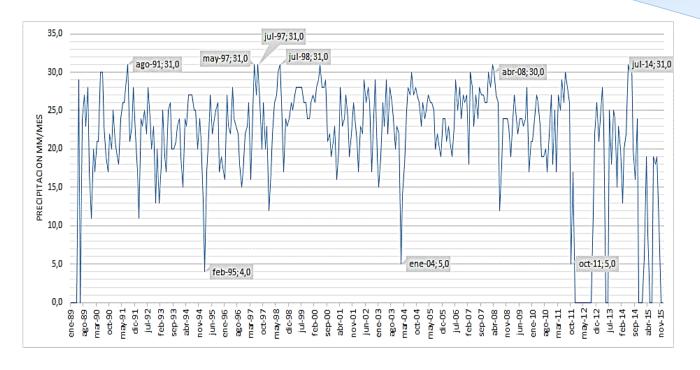
De la gráfica 21 de precipitación total mensual multianual, se pueden identificar máximos históricos muy marcados por encima de los 600 mm, teniendo que la serie presenta una media de histórica de 157,5 mm. Por otra parte, en cuanto a los registros mínimos, estos son más constantes, teniendo 7 datos por debajo de los 40 mm.





Gráfica 21. Serie histórica de precipitación total mensual multianual

A diferencia de las demás estaciones, en la estación de Sta Isabel los días máximos de precipitación llegan hasta el tope mensual, manteniendo un promedio por encima de los 20 días de precipitación mensual, sin embargo, en comparación con las demás estaciones registra las precipitaciones mensuales más bajas, lo que indicaría que en la zona de influencia de la estación Sta. Isabel, se presentan un clima lluvioso, pero con precipitaciones bajas. En cuanto a los mínimos se tiene que, en el registro histórico, solo 3 meses se encuentran por debajo de los 10 días de precipitación efectiva.



Gráfica 22. Serie histórica de días totales de precipitación mensual multianual

c). Precipitación máxima probable

En el cuadro 55, se relacionan los meses con mayor precipitación y corresponden a junio de 2014 (400,5 mm), julio de 2013 (632,2 mm) y agosto de 1991 (346,2 mm), y los de menor son diciembre 113,9 mm y enero 214,9 mm. Esto vuelve a confirmar lo manifestado en las tablas de precipitación, evidenciando que se tiene un régimen unimodal y un pico de lluvias en julio y un mínimo en enero.



Cuadro 55. Precipitación máxima probable estación Sta. Isabel

	Máxima	a Mensual Acu	mulada	Máxima Mensual Acumulada								
N	AÑO	Mes Max.	Pred	ipitación								
N	ANO	Precp.	xi	(xi-x)^2								
1	1989	OCT	367,0	3736,38								
2	1990	JUN	324,0	328,55								
3	1991	AGO	346,2	1626,18								
4	1992	JUL	413,0	11475,96								
5	1993	JUL	226,0	6379,87								
6	1994	AGO	324,0	328,55								
7	1995	MAY	241,0									
8	1996	JUL	287,0	356,23								
9	1997	ОСТ	620,0									
10	1998	MAY	242,8									
11	1999	ABR	260,6	2049,74								
12	2000	MAY	407,7	10368,52								
13	2001	JUN	247,8	3372,60								
14	2002	AGO	269,8									
15	2003	JUL	215,6									
16	2004	JUN	234,7									
17	2005	ABR	256,9									
18	2006	ENE	214,9									
19	2007	AGO	278,7	738,43								
20	2008	MAR	359,8									
21	2009	JUN	284,8	444,12								
22	2010	ABR	262,1	1916,17								
23	2011	MAR	206,2									
24	2012	DIC	113,9									
25	2013	JUL	632,2									
26	2014	JUN	400,5									
27	2015	JUL	221,4									
	Suma		8258,6	347450,13								

Para la estación de Sta. Isabel la precipitación máxima mensual acumulada corresponde a un valor de 253,85 mm, con promedio mensual máximo de 305,87 mm, con una variación standard de 115,60 mm.

d). Modelo de probabilidad

El modelo de correlación entre los valores de precipitación y el intervalo de ocurrencia indica que la probabilidad correspondiente al valor máximo mensual acumulado es de 30 años con una probabilidad de ocurrencia del 96,6 %, cuadro 56.



Cuadro 56. Modelo de ocurrencia de lluvia máxima mensual estación Sta. Isabel

Periodo de	Variable	Precip.	Prob. de	Corrección
retorno	Reducida	(mm)	ocurrencia	intervalo fijo
Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)
2	0,367	286,88	0,5000	324,18
5	1,500	389,04	0,8000	439,62
10	2,250	456,68	0,9000	516,05
25	3,199	542,14	0,9600	612,62
50	3,902	605,54	0,9800	684,26
75	4,311	642,39	0,9867	725,91
100	4,600	668,48	0,9900	755,38
500	6,214	813,90	0,9980	919,71

e). Precipitación mínima probable

En el cuadro 57 se muestra que los meses con menos lluvias son los de enero, noviembre y diciembre; más precisamente noviembre de 1992 (50 mm), diciembre de 1989 (48 mm) y enero de 2004 (11,4 mm).

Cuadro 57. Precipitación mínima probable estación Santa Isabel

	Mínima Mensual								
N	AÑO	Mes Max.	Preci	pitación					
N	ANO	Precp.	Xi	(xi-x)^2					
1	1989	DIC	48,0						
2	1990	NOV	79,0	362,97					
3	1991	DIC	69,6	93,16					
4	1992	NOV	50,0	98,97					
5	1993	ENE	57,0						
6	1994	FEB	117,0	3254,91					
7	1995	FEB	60,0	0,00					
8	1996	NOV	90,0	903,11					
9	1997	DIC	80,2	410,14					
10	1998	SEP	34,8	632,43					
11	1999	MAR	61,1	1,33					
12	2000	ENE	44,8	229,47					
13	2001	OCT	60,9	0,91					
14	2002	SEP	65,4	29,72					
15	2003	ENE	50,1	96,99					
16	2004	ENE	11,4						
17	2005	AGO	81,1	447,40					





Mínima Mensual								
N	AÑO	Mes Max.	Precipitación					
N	ANO	Precp.	Xi	(xi-x)^2				
18	2006	FEB	121,5	3788,63				
19	2007	ENE	40,7	370,49				
20	2008	AGO	66,1	37,85				
21	2009	NOV	72,0	145,25				
22	2010	DIC	54,9	25,48				
23	2011	OCT	5,6	2953,72				
24	2012	OCT	75,1	229,58				
25	2013	ENE	68,9	80,14				
26	2014	SEP	29,7	914,95				
27	2015	ABR	23,7	1313,93				
	Suma	•	1618,6	18929,89				

En la estación de Sta. Isabel la precipitación mínima mensual acumulada corresponde a un valor de 47,40 mm, con promedio mensual mínimo de 59,98 mm, con una variación standard de 26,98 mm.

Una vez realizado el análisis estadístico y la estimación de las precipitaciones mensuales máximas y mínimas para cada una de las estaciones, se procedió a la interpolación de la variable precipitación mediante splines, que se encuentra en los diferentes programas usados para trabajar en GIS. Se utilizó además el modelo de interpolación por Kriging (ver cuadro 58), que considera una autocorrelación entre la ubicación de las estaciones, y la forma como se organizan en conjunto alrededor de la cuenca.

Para realizar el cálculo de la oferta hídrica total se trabajó con las precipitaciones medias anuales, con lo cual se generaron las respectivas interpolaciones. De igual madera para obtener los caudales máximos y mínimos se trabajó con la información de las 4 estaciones, los cuales tienen datos mensuales.

Una vez regionalizada la variable de entrada del modelo, se procedió a reclasificar a valores discretos, para luego ser convertida a formato vector, y finalmente relacionarla a la superficie de la cuenca, generando los siguientes mapas (figuras 58, 59 y 60).



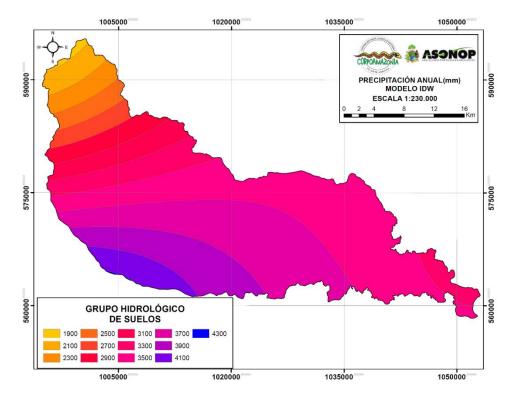


Figura 57. Precipitación anual sobre cuenca río Orito, modelo IDW.

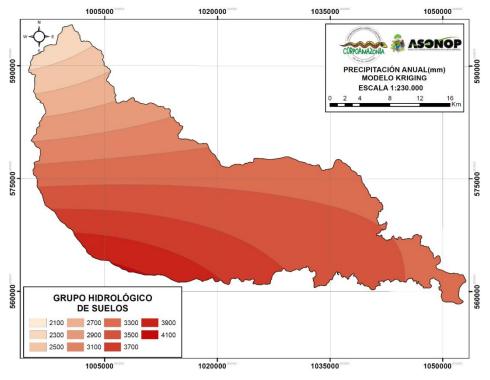


Figura 58. Precipitación anual sobre cuenca río Orito, modelo Kriging.



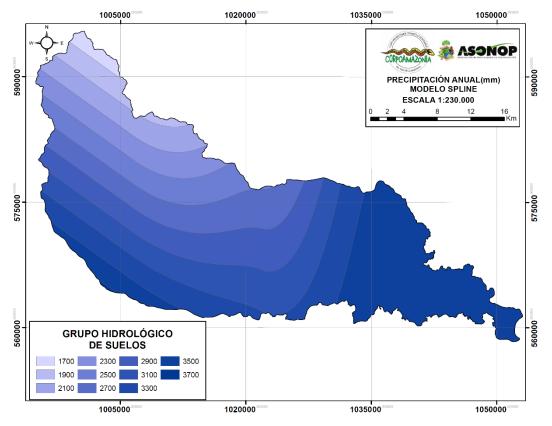


Figura 59. Precipitación anual sobre cuenca río Orito, modelo Spline.

Como se mencionó anteriormente, haciendo una comparación de los diferentes modelos de interpolación, encontramos que la que mejor representa el comportamiento de la variable es el Modelo IDW, el cual maneja un rango entre los 1900 mm y 4300 mm, que se encuentra correctamente espaciado entre los valores de precipitación media anual de las estaciones (mínimo-estación Santa Isabel 1750,03 mm; máximo-estación Churuyaco: 5429,71 mm), además verificando el modelo Spline, se evidencia que la parte baja de la cuenca no se generan isolineas, indicando que no se representa completamente la influencia de la estación Pto. Caicedo, siendo esta la más cercana a la cuenca.

Cuadro 58. Precipitación regionalizada sobre la cuenca río Orito por modelo Kriging

PRECIPITACIÓN	ÁREA (KM2)	PORCENTAJE
3700	217,65	23,56%
1900	4,06	0,44%
2100	25,47	2,76%



2300	26,93	2,92%
2500	23,78	2,57%
2700	25,69	2,78%
2900	35,90	3,89%
3100	47,39	5,13%
3300	79,64	8,62%
3900	103,80	11,24%
4300	0,42	0,05%
4100	39,82	4,31%
3500	293,25	31,74%
Total	923,78	100,00%

• Procesamiento Automatizado.

Tal como se dio a conocer en el inicio de este capítulo, para hacer posible el cálculo de la oferta hídrica superficial de la cuenca en estudio, se aplicó la metodología basada en el número de curva de escorrentía (CN), para lo cual, fue necesario clasificar las unidades de suelos hidrológicamente y de coberturas vegetales en grandes grupos, por medio de la aplicación de herramientas y conceptos geomáticos, a través de la herramienta computacional (US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center., 2013), la cual devolverá en respuesta el parámetro número de curva (CN).

Para el primer insumo se cruzaron las capas espaciales de suelos y coberturas, para cada una se le asignó un código identificador; la relación con los suelos se dio a través de cinco columnas, una que asociaba la letra correspondiente al grupo de suelo al cual pertenecía y, cuatro columnas adicionales que denotaban el porcentaje de completitud para cada uno de los grupos de suelos, lo anterior se resume en el cuadro 59.

Cuadro 59.Cruce de coberturas terrestres y unidades de suelos sobre la cuenca del río Orito

Cobertura Terrestre	Landuse	Pcta	Pctb	Pctc	Pctd	SoilCode	Area_km2	Porcentaje
Aguas	1	0	0	100	0	С	1,64	0,18%
continentales	1	0	0	0	100	D	1,30	0,14%





Cobertura Terrestre	Landuse	Pcta	Pctb	Pctc	Pctd	SoilCode	Area_km2	Porcentaje
	1	0	100	0	0	В	1,32	0,14%
	1	0	100	0	0	В	0,30	0,03%
	1	100	0	0	0	Α	6,80	0,74%
Áreas agrícolas	2	0	0	100	0	С	87,39	9,46%
heterogéneas	2	0	0	0	100	D	0,56	0,06%
	2	0	100	0	0	В	26,21	2,84%
	2	0	100	0	0	В	0,05	0,01%
	2	100	0	0	0	Α	20,58	2,23%
Áreas con	3	0	0	100	0	С	64,78	7,01%
vegetación	3	0	0	0	100	D	0,61	0,07%
herbácea y/o	3	0	100	0	0	В	33,33	3,61%
arbustiva	3	0	100	0	0	В	0,60	0,06%
	3	100	0	0	0	Α	25,18	2,73%
Bosques	4	0	0	100	0	С	193,57	20,95%
	4	0	0	0	100	D	84,42	9,14%
	4	0	100	0	0	В	145,98	15,80%
	4	100	0	0	0	Α	125,90	13,63%
Pastos	5	0	0	100	0	С	31,84	3,45%
	5	0	0	0	100	D	0,03	0,00%
	5	0	100	0	0	В	38,49	4,17%
	5	0	100	0	0	В	0,23	0,02%
	5	100	0	0	0	Α	26,88	2,91%
Zonas de	6	0	100	0	0	В	0,35	0,04%
extracción minera y escombreras	6	100	0	0	0	Α	0,37	0,04%
Zonas	7	0	100	0	0	В	0,05	0,01%
industriales o comerciales y redes de comunicación	7	100	0	0	0	А	0,20	0,02%
Zonas	8	0	0	100	0	С	0,17	0,02%
urbanizadas	8	0	0	0	100	D	1,83	0,20%
	8	0	100	0	0	В	0,34	0,04%
	8	100	0	0	0	Α	2,49	0,27%
						Total	923,80	100,00%

Para le ejecución del software, se ingresó un modelo digital de elevación sin vacíos, al cual previamente ya se le había realizado un tratamiento de llenado. Pese a que los suelos fueron caracterizados también desde el punto de vista topográfico a través de las pendientes, la herramienta requirió nuevamente la representación del terreno, para asegurarse de asignar un número de curva que infiriera la escorrentía acorde a la topografía de la cuenca.





El tercer y último insumo que requirió la aplicación, fue un cuadro denominado CNLookUp (ver cuadro 60), el cual es una relación construida a partir de la información del número de curva, (Martinez de Azagra, Mongil, & del Rio, 2003), valorizando cada posible cobertura presente en la cuenca, con cada uno de los cuatro grandes grupos de suelos que expone el método de curva de escorrentía.

Cuadro 60. CNLookUp con cruce de coberturas terrestres y unidades de suelos sobre la cuenca río Orito

Landuse	Cobertura Terrestre	Α	В	С	D
1	Aguas continentales	100	100	100	100
2	Áreas agrícolas heterogéneas	55	69	78	83
3	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	32	58	72	79
4	Bosques	26	52	63	69
5	Pastos	49	69	79	84
6	Zonas de extracción minera y escombreras	74	84	90	92
7	Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	59	74	82	86
8	Zonas urbanizadas	59	74	82	86

Como se había mencionado en la descripción del modelo, este exige una condición antecedente de humedad en el suelo llamada AMC, existiendo tres posibles escenarios, el primero bajo una condición seca, el segundo bajo condiciones normales, y el tercero, asocia una condición de humedad en el suelo antecedente a las precipitaciones.

Como la finalidad de este modelo es identificar la oferta hídrica total de la cuenca del río Orito, así como los caudales máximos y mínimos. Para el caso del cálculo de la oferta hídrica, se utilizaron el total de los datos de precipitación con los que se disponía, por ello se determinó que la condición de humedad antecedente sobre la cuenca, representativa para el periodo del cual se disponía información, era AMC II, es decir bajo condiciones



normales, ya que existieron meses donde los suelos estuvieron secos y otros que, por el contrario, estaban húmedos antes de las lluvias.

El procesamiento a través de la herramienta computacional arrojó un raster con el CN (ver figura 61) y, sobre la capa vectorial ingresada, se generó la columna denominada CN con valores del parámetro de escurrimiento (ver cuadro 61).

Cuadro 61. Número de curva o CN obtenido para la cuenca río Orito

CN	CN	Area_Km2	Porcentaje
С	82	0,17	0,02%
С	79	32,46	3,51%
С	78	87,39	9,46%
С	63	193,57	20,95%
С	72	64,78	7,01%
D	86	1,83	0,20%
D	83	0,56	0,06%
D	69	149,39	16,17%
В	84	0,39	0,04%
В	52	145,98	15,80%
В	58	33,93	3,67%
Α	59	2,69	0,29%
Α	74	0,76	0,08%
Α	49	26,88	2,91%
Α	55	20,58	2,23%
Α	26	125,90	13,63%
Α	32	25,18	2,73%
Α	100	11,37	1,23%
•	Total	923,80	100,00%



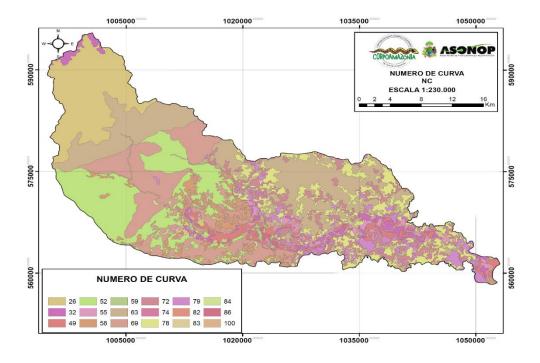


Figura 60. Número de curva de escorrentía CN sobre la cuenca río Orito

9.3 CÁLCULO DE OFERTA HÍDRICA

A fin de estimar la oferta hídrica total, se necesitó realizar una serie de cálculos con los registros de precipitación registrada en las estaciones cercanas al área de estudio y con el cálculo del número de curva, se aplicaron las fórmulas que alimentaron el modelo:

$$S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

El valor de S representa la diferencia máxima potencial, entre la precipitación efectiva del periodo de cálculo o P, y la escorrentía superficial directa Q, (Lopez & Delgado , 2009). Para el caso el valor de S obtenido, fue de 178,632 mm.

Posterior a esto, mediante la ecuación (1), descrita en la metodología, se procedió a calcular la escorrentía directa o Q



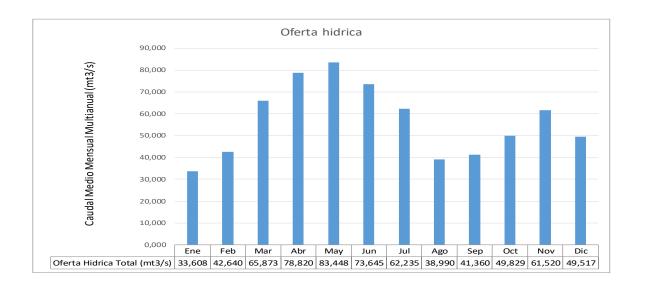
$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$

Aplicando la ecuación descrita tenemos que para la cuenca del rio Orito, el valor *Q* fue de 3223,10 mm año. Este valor *Q* o escorrentía directa, se transformó a unidades de caudal, obteniendo un valor de 94,354 m³ por segundo, este dato correspondería a un caudal sintético, obtenido mediante la aplicación del modelo, con los datos de precipitación multianual de todas las series históricas de las 4 estaciones más cercanas al área de estudio; cabe aclarar que la cuenca del río Orito no posee una estación que pueda registrar los datos de caudal de manera periódica, obligando para este estudio hacerlo a través de modelos. En el cuadro 62 se observa el comportamiento del caudal del río Orito en cada mes:

Cuadro 62. Oferta hídrica total río Orito por mes, 2017

Mes	Oferta Hídrica Total (mt3/s)	Mes	Oferta Hídrica Total (mt3/s)
Enero	33,608	Julio	62,235
Febrero	42,64	Agosto	38,99
Marzo	65,873	Septiembre	41,36
Abril	78,82	Octubre	49,829
Mayo	83,448	Noviembre	61,52
Junio	73,645	Diciembre	49,517
	56,79		





Gráfica 23. Oferta hídrica total río Orito por mes, 2017

De acuerdo a la Resolución 865 de 2004 en relación a la oferta hídrica neta disponible, a los resultados de la oferta hídrica total del río Orito (ver grafica 23) se le deben aplicar dos factores: el primero relacionado con la reducción por calidad de agua, que corresponde a la alteración de la calidad del agua, por presencia de materia orgánica y químicos. Para el caso de la cuenca del río Orito, se destacan contaminantes provenientes de aguas residuales domésticas y aguas escurridas de zonas agrícolas.

De acuerdo a la norma, la oferta hídrica total obtenida se debe afectar por un porcentaje de 25%. El segundo factor corresponde a la reducción por caudal ecológico, el cual representa el caudal mínimo requerido para el sostenimiento del ecosistema, la flora y la fauna. En este caso se adoptó normativamente un factor de 25% para aplicarlo sobre la oferta hídrica total. En el cuadro 63, se relacionan los resultados para la oferta hídrica neta del río Orito.



Cuadro 63. Oferta hídrica neta río Orito por mes, 2017

Mes	Oferta Hídrica Total (mt3/s)	Reducción por calidad	Reducción por caudal ecológico	Oferta hídrica neta (m3/s)	Oferta hídrica neta (I/s)
Enero	33,608	8,402	8,402	16,804	16.804,18
Febrero	42,640	10,660	10,660	21,320	21.320,08
Marzo	65,873	16,468	16,468	32,936	32.936,27
Abril	78,820	19,705	19,705	39,410	39.409,88
Mayo	83,448	20,862	20,862	41,724	41.723,90
Junio	73,645	18,411	18,411	36,822	36.822,44
Julio	62,235	15,559	15,559	31,118	31.117,65
Agosto	38,990	9,747	9,747	19,495	19.494,89
Septiembre	41,360	10,340	10,340	20,680	20.679,87
Octubre	49,829	12,457	12,457	24,914	24.914,48
Noviembre	61,520	15,380	15,380	30,760	30.760,02
Diciembre	49,517	12,379	12,379	24,758	24.758,49

Por último, del cuadro anterior se tiene la oferta hídrica neta por mes, en donde se evidencia que los meses más críticos corresponden a enero (16.804,18 L/s) y agosto (19.494,89 L/s), en donde se presenta una reducción del 59% frente a los meses de mayor caudal, abril (39.409,88 L/s) y mayo (41.723,90 L/s).

La Oferta Hídrica calculada, corresponde a la disponibilidad de agua superficial presente en toda el área de la cuenca del río Orito la cual por condiciones topográficas y geomorfológicas escurre hacia un Talweg o Cauce Principal.



X. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA DEL ACUÍFEROS EN LA CUENCA DEL RÍO ORITO

Las aguas subterráneas en Colombia constituyen un recurso que día a día adquiere mayor importancia, pues son fuentes alternas de aprovechamiento en cuencas con acceso limitado de aguas superficiales para diferentes usos, principalmente los relacionados con actividades productivas, industriales y de servicios, entre otros.

Ellas, forman generalmente grandes embalses subterráneos, con un mayor grado de protección frente a fuentes potenciales de contaminación y a variaciones climáticas. Sin embargo, el deterioro de su calidad es más peligroso que el de aguas superficiales, ya que es más difícil de detectar y se reconoce tardíamente.

Las aguas subterráneas forman parte del ciclo hidrológico y el conocimiento de su estado y dinámica debe ser abordado desde la comprensión de una trama de flujos hídricos atendiendo particularidades propias de los medios naturales, permeables y porosos de sedimentos y rocas fracturadas, donde se alojan las reservas de este patrimonio natural (ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2018) (IDEAM, 2014).

Dentro de los estudios previstos para el análisis y aprovechamiento del recurso hídrico, dispuesto como herramienta de entendimiento por parte de las instituciones encargadas del abordaje ambiental y de planificación regional, se construyen a partir de la información secundaria y del análisis de datos hídricos y geológicos los modelos hidrogeológicos en una determinada área. Estos, en un primer momento se determinan como modelos hidrogeológicos conceptuales.



Los modelos hidrogeológicos conceptuales son representaciones en dos o tres dimensiones de las condiciones estáticas y dinámicas de sistemas hidrogeológicos. Esta representación incluye la geometría de los acuíferos, delimitación de unidades hidrogeológicas de acuerdo con sus posibilidades de almacenar y transmitir agua, características hidráulicas de los acuíferos, posición de los niveles piezométricos, condiciones del flujo de las aguas subterráneas y su relación con los componentes del ciclo hidrológico, características hidroquímicas y eventualmente isotópicas y delimitación de zonas de recarga, tránsito y descarga.

En términos generales, sintetiza las condiciones básicas del estado y dinámica de las aguas subterránea en el subsuelo y sus relaciones con los cuerpos de agua superficial y los aportes atmosféricos. Se realiza con base en el análisis e interpretación de información geológica, hidrológica, hidráulica, hidroquímica e isotópica y permite tener una visión del comportamiento de los acuíferos o sistemas acuíferos de un área dada a la escala deseada.

Para llevar a cabo la construcción de un modelo hidrogeológico conceptual es requerimiento contar con una serie de datos y componentes. Estos componentes alimentan en si el modelo desde sus distintos enfoques. Los componentes ideales a tener en cuenta serian:

- Modelo Geológico Básico
- Descripción geológica
- Unidades geológicas
- Unidades hidrogeológicas
- Corte hidrogeológico
- Mapa Geológico



- Mapa hidrogeológico
- Modelo hidrológico
- Precipitación
- Infiltración
- Recarga (zonas, valor)
- Condiciones de flujo
- Inventario Puntos de agua
- Características hidráulicas
- Tipos de acuíferos, Caudales de explotación, características de las captaciones
- Uso del agua subterránea
- Uso por sectores (estadísticas), fuentes abastecedoras de acueductos
- Características físico químicas del agua
- Tipo de agua
- Afectaciones por actividad antrópicas
- Actividades económicas, fuentes de contaminación

Debido a que en el departamento del Putumayo no se han adentrado en profundidad investigaciones y estudios directos acerca de modelos hidrogeológicos de acuíferos o aguas subterráneas, no se tiene por ende una línea de base que permita extraer información que aporte significativamente a los objetivos comprendidos en proyectos sobre el manejo y tipologías de aguas en escenarios similares y bajo características relacionadas a las requeridas bajo la propuesta acá mencionada. Y es el caso de la información necesaria para hacer un barrido bibliográfico que documente mejor y permita analizar las características presentes en las aguas subterráneas, sus usos, carga contaminante y demás datos que contribuyan significativamente al propósito de evaluar las características hidrológicas de una zona puntal, como es el caso de la cuenca del río Orito.



Los datos con los que se cuenta para aportar a la lectura y construcción de un estado del arte sobre el tema que en este documento compete se han recopilado de un solo texto proporcionado por la corporación autónoma regional para el sur de la amazonia, CORPOAMAZONIA, quien ha facilitado la respuesta que se hizo a un proyecto denominado modelo hidrogeológico, físico, químico y microbiológico de las aguas subsuperficiales y subterráneas.

El documento citado corresponde a una propuesta elaborada para CORPOAMAZONÍA en busca de una evaluación del potencial hídrico subterráneo en el departamento de Putumayo, que le permitiría cuantificar tanto la demanda como la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo con el fin de poder definir una reglamentación al respecto que le permita realizar el aprovechamiento del mismo de forma sostenible en el tiempo.

Uno de los principales obstáculos que enfrenta este tipo de iniciativas es la poca presencia de información y las dificultades que se presentan en campo para la recolección de datos clave para los fines objetivos del proyecto, para el caso puntal del modelo hidrogeológico para el rio Orito presentado se hace evidente las siguientes limitaciones:

- No se contó con pruebas de bombeo que permitieran determinar propiedades geohidráulicas de los acuíferos presentes.
- No existió una red de pozos de monitoreo que permitiera establecer registros históricos de niveles estáticos existentes en el área.
- No existen datos geofísicos, que permitan conocer los buzamientos en profundidad de las unidades geológicas descritas en el estudio.
- No se presentó una nivelación topográfica de los puntos de agua a escala centimétrica que ayudara a establecer un modelo de flujo detallado.



 No se contó con información de todos los puntos inventariados bien sea porque en muchos casos no se encontró a nadie en la vivienda o no se respondió la información solicitada. Por lo cual sólo se georreferenció el predio donde se ubicaba el punto de agua.

Sobre la metodología propuesta en el proyecto es preciso establecer que se hizo evidente la insuficiencia documental que le daría soporte a un estado del arte general necesario antes de construir abordajes diferenciados por temas de interés geológicos, geográficos, sociales, culturales, territoriales, técnicos, hidrológicos etc.

Las etapas de adquisición de información planteadas dentro de la metodología contaron con el aporte significativo de datos recogidos por la elaboración de un inventario de puntos de gua, en zonas urbanas y de expansión de las mismas, se levantaron datos sobre la geología y la geomorfología del área a intervenir con las cuales se buscaba acercarse a una cartografía geológica y un posible levantamiento de columnas litoestratigráficas. También la toma de muestras de agua para análisis físico y químico.

Dentro del estudio se hicieron sondeos eléctricos verticales en medio de una campaña geofísica que duro 10 días, resulta importante resaltar que el número de estos sondeos no es significativo a la hora de realizar análisis de datos que permitan medir la isoresistibilidad de los suelos, lo que ayuda a identificar los tipos de suelos presentes bajo tierra y a su vez los acuíferos.

Bajo esta premisa la identificación de las características del suelo, por ejemplo, de las denominadas coberturas permite determinar los usos permisibles para el suelo en su uso agrícola y otros usos no permisibles permite construir una forma de evaluación o monitoreo de las zonas y la posibilidad de analizar y comparar el cambio en coberturas en un determinado tiempo. El mostrar estos procesos de cambio en la cobertura y la



magnitud del cambio de uso de las tierras establece un punto inicial de una planificación integrada para el uso sostenible de los recursos naturales. De forma global podría decirse que se evidenciaron 5 clases de coberturas de suelo, que corresponden a las categorías más comunes en cobertura y uso de las tierras; áreas artificiales, áreas agrícolas, bosques y áreas seminaturales, pantanos, superficies de agua, la mayoría presentes en el análisis o la toma de fotografías aéreas en un perímetro preestablecido de 1350 ha (CORPOAMAZONIA-SIAM, 2017).

Para determinar el balance hidrogeológico de la zona, se quiso determinar a través de algunas pruebas la carga de aguas subterráneas presentes y los usos de las mismas. Estas demandas podrían resumirse de la siguiente forma:

- Demanda del agua subterránea en el municipio de Orito; como en el departamento no se cuenta con información adecuada sobre el uso del agua en los distintos sectores productivos, se deben entonces hacer aproximaciones acerca de la demanda de la misma, y estos datos se pueden obtener a partir de los volúmenes registrados en el inventario para los distintos sectores productivos que realizan consumo directo del agua subterránea y los promedios de consumos de agua establecidos a nivel nacional.
- Demanda Doméstica; estas estimaciones se realizan a partir de la información de población para el año 2011 realizadas por el DANE en la que se establece que el municipio cuenta con una población de 20.936 habitantes en su área urbana, como también es útil tener en cuenta la cobertura de servicio de acueducto con que se abastece el casco urbano del municipio es del 78%, por lo tanto es probable acercarse a decir que el 22% de la población no cuenca con este sistema de abastecimiento y es la población que se tiene en cuenta para definir la demanda. En sí, la población



que potencialmente hace uso y aprovecha el agua subterránea en el municipio es de 4.606 habitantes.

 Demanda industrial, hace referencia al empleo de aguas subterráneas para fines comerciales en sectores asociados a empresas del sector comprendidos en el área de estudio.

De acuerdo a la información suministrada por CORPOAMAZONIA-SIAM, 2017, se pudo deducir que la demanda de agua subterránea del municipio de Orito es de aproximadamente 701 m³/día, lo que equivale a 255.865 m³/año, información que también permitió determinar la geología de la zona, con la finalidad de establecer las particularidades del suelo y sus componentes, y con ello dar una idea de cómo se forman y a través de qué clase de suelos se permiten las filtraciones de aguas subterráneas.

Más adelante el estudio presenta la información relacionada a la toma de puntos de agua, que corresponde a la medición de los niveles y la cantidad del agua subterránea presente en un determinado conjunto de lugares previamente dispuestos que permiten a su vez elaborar una aproximación de los acuíferos presentes en una zona de estudio específica, arrojando información más detallada sobre los mismos.

En cada punto de trabajo, se realizó el diligenciamiento del Formulario Único Nacional para el Inventario de Puntos de Agua Subterránea, emitido por Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Esta herramienta permite a través de una serie de datos agrupar mediante la toma de muestras, información que luego permitirá evaluar la calidad del acuífero.



Como relación a este procedimiento se obtuvo un total de 361 puntos, de los cuales 332 corresponden a aljibes, 22 a manantiales y 7 a piezómetros. A partir de esta información y la recolección de datos, se pudo establecer lo siguiente:

- El 64% de los puntos de agua son productivos, el 18% en reserva, esto ayudaría a solventar de agua en un eventual suspensión del servicio o una temporada seca demasiado prolongada, el 13% son puntos inactivos debido principalmente a que han sido reemplazados por el servicio de acueducto municipal, el 2% son puntos de agua para el monitoreo de calidad, estos puntos se encuentran ubicados en instalaciones de ECOPETROL, también se encontraron puntos sellados correspondiente al 1% y otros abandonados con el 2%.
- En cuanto al uso del recurso, el uso doméstico alcanza un porcentaje del 63.3%, sin uso el 29.2%, los cuales corresponden a los puntos que están inactivos, en reserva, sellados y abandonados; uso industrial con el 5.7%, para abastecimiento público el 1.2% y finalmente el 0.5% de los puntos para uso institucional (ver cuadro 64).

Cuadro 64. Usos del agua subterránea del municipio de Orito

Usos del agua subterránea	%
Doméstico	63,3
Sin uso	29,2
Industrial	5,7
Abastecimiento público	1,2
Uso institucional	0,5

Fuente: CORPOAMAZONÍA-SIAM, 2017.

En cuanto a la caracterización hidroquímica, se tomaron muestras de 25 puntos de agua distribuidos de la siguiente manera: Veinte (20) Aljibes y cinco (5) manantiales.



Respecto a la condición de calidad del agua de los 25 puntos muestreados, los resultados de los parámetros de alcalinidad, dureza total, turbiedad, nitratos, calcio, hierro, magnesio y manganeso, reportan que del 20 y el 28% se encuentran por encima de los niveles exigidos por la norma colombiana, siendo la presencia de nitratos el único dato que se totaliza en las muestras con presencia en todas ellas. Pero con niveles reglamentados o considerados normales bajo el parámetro nacional de la normatividad colombiana.

Los punto del 0-24 ubicado en el barrio Las Galias del municipio de Orito, no registra coliformes totales y fecales, los demás puntos muestreados presentan valores de coliformes totales y/o coliformes fecales por encima del valor máximo permisible para aguas de consumo, de acuerdo con la legislación vigente (Resolución 2115 de 2007). La presencia de coliformes fecales indica contaminación por materia fecal, esto probablemente sea por la cercanía que tienen los pozos sépticos y las letrinas a los puntos de agua muestreados, o por fugas de la red de alcantarillado.

Lo anterior lleva a realizar un llamado de alerta en torno al posible riesgo para la población que accede a este recurso hídrico en distintas condiciones, pero también deja abierta la inquietud acerca de cómo podrían llegar a influir en su calidad la presencia de otros focos de contaminación presentes en la zona de estudio como los vertimientos realizados por empresas, la industria o los desagües de hidrocarburos.

De acuerdo al Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y ciencias del ambiente (CEPIS), 2017, las siguientes actividades pueden considerarse como las principales fuentes de contaminación directa y que son corroboradas en estudio de CORPOAMAZONÍA –SIAM, 2017:



- En algunos barrios se encontraron tuberías de alcantarillado en mal estado lo cual permite la filtración de estas aguas en el suelo afectando la calidad de los puntos de agua.
- En los barrios que han sido construidos de forma ilegal o invasiones donde no existe la cobertura de alcantarillado, la ubicación de los aljibes y pozos estaba muy cerca de los pozos sépticos y letrinas.
- Las estaciones de servicio pueden generar entre otros contaminantes compuestos microorgánicos y carga orgánica.
- En muchos de los aljibes inventariados había presencia de cucarachas, las cuales pueden llegar a generar graves problemas de salud en la población. Por otro, lado, son un bioindicador de la calidad del agua, ya que por lo general estos animales viven y se reproducen en aguas estancadas, alcantarillas, fosas sépticas, pozos y aljibes sin protección.

Por último, es de mencionar que, aunque la información secundaria suministrada por CORPOAMAZONIA-SIAM, referente a aguas subterráneas para el municipio de Orito ha sido de gran importancia para conocer la condición oferta y calidad, los datos no son suficientes para generar modelos hidrogeológico, físico, químico y microbiológico de las aguas subterráneas de la cuenca del río Orito. En vista de lo anterior, y considerando que este tipo de estudios son muy dispendiosos y costosos, es necesario que se plantee como una necesidad a ser considerada en la parte prospectiva del PORH.



XI. PERFILES DE CALIDAD ACTUAL DEL CUERPO DE AGUA

Los resultados presentados en esta sección están orientados a analizar el comportamiento espacial (longitudinal) de los siguientes aspectos sobre la calidad fisicoquímica del agua del río Orito y sus tributarios principales:

- 1. Características fisicoquímicas medidas in situ.
- 2. Contaminación por materia orgánica carbonácea.
- 3. Contaminación por nutrientes.
- 4. Contaminación por organismos patógenos y sólidos.
- 5. Capacidad buffer del cuerpo de agua.
- 6. Contaminación por pesticidas.
- 7. Contenido de metales y metaloides.
- 8. Contenido de otras sustancias e iones relevantes.

Por lo anterior, se realizó, un análisis comparativo entre los resultados de ambas campañas, la determinación de índices de calidad del agua, así como el análisis de conflictos por uso-calidad, el cumplimiento de normas vigentes de límites máximos permisibles para vertimientos, entre otros.

La toma y análisis de las muestras fisicoquímicas y microbiológicas fue ejecutada por el laboratorio ChemiLab — Chemical Laboratory S.A.S., el cual tiene los parámetros acreditados mediante las Resoluciones 2016 de 2014 y 1226 de 2016 del IDEAM. A continuación, se presentan algunos aspectos destacables para este propósito, que fueron seguidos de forma estricta durante las campañas de medición:

 La toma de muestras se realizó desde aguas arriba hacia aguas abajo, incluyendo los afluentes en el orden que confluyen en la corriente principal. En ese mismo orden se realizaron los respectivos aforos de caudal líquido.



A fin de realizar el levantamiento de información de calidad y cantidad de agua, se realizó la medición de caudal líquido, Con dicho caudal se establecieron los tiempos de viaje para realizar la toma de muestras, siguiendo la misma masa de agua a lo largo de la corriente principal, desde aguas arriba hacia aguas abajo. Una vez obtenida la información de los aforos, se calcularon las velocidades medias, de la siguiente manera:

$$V = Q/A$$

Siendo *Q* el caudal calculado y *A* el área de la sección aforada. Estas velocidades fueron utilizadas para estimar los tiempos medios de viaje (t), en los puntos de monitoreo:

$$t = L/V$$

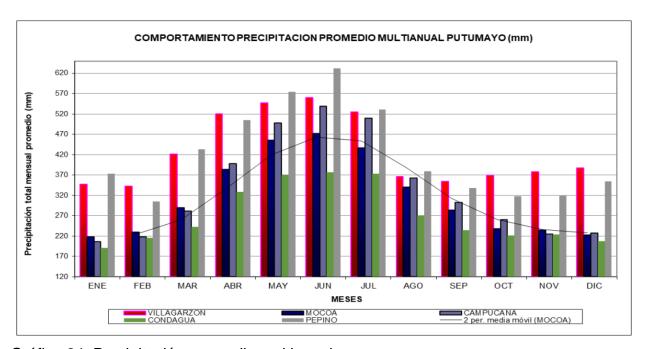
- Las muestras sobre corrientes naturales de agua superficial se realizaron de forma integrada en la sección transversal y en la profundidad. Las muestras de oxígeno disuelto y de los parámetros microbiológicos fueron tomadas de forma puntual en el centro de la corriente. La muestra de oxígeno disuelto se tomó de manera superficial, previniendo cualquier reaireación artificial de la muestra de oxígeno para no alterar la medida.
- Durante la toma de muestras se registraron observaciones referentes a las condiciones del lugar, tales como:
 - a. Estado de tiempo.
 - b. Evento meteorológico.
 - c. Color de agua.
 - d. Olores.
 - e. Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas.
 - f. Presencia de espuma
 - g. Tipo de sedimento de fondo (bloques, cantos, gravas, arenas, limos, arcillas).



- h. Topografía del punto de muestreo
- Se Realizó registro fotográfico de cada sitio de medición.

11.1 PRIMERA CAMPAÑA DE MONITOREO (ÉPOCA HÚMEDA)

Esta campaña se realizó durante los días, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 de julio de 2018, fechas que corresponden a condiciones hidrológicas de tiempo húmedo en la región de la amazonia colombiana.



Gráfica 24. Precipitación promedio multianual

Fuente: IDEAM, 2016.

En estas fechas se realizó el seguimiento a la cantidad y calidad del agua en los 10 puntos propuestos en la campaña de monitoreo, los cuales se encuentran sobre la corriente del río Orito y los tres afluentes principales (ver grafica 24). En estos puntos se realizaron los



aforos de caudal, el análisis de los diferentes parámetros de calidad del agua y la descripción de las características del entorno de cada punto, como por ejemplo presencia o ausencia de cobertura vegetal, actividades productivas aledañas, presencia o no de comunidades, algún tipo de intervención en el cauce principal, entre otras.



Figura 61. Toma de muestras de agua en la zona alta, puntos 1 (sector El Verde, izquierda) y punto 2 (Resguardo Alto Orito, derecha).



Figura 62. Toma de muestras de agua en tributarios: río Yarumo (izquierda) y Quebradón (Derecha).



11.1.1 Características físico químicas medidas in situ

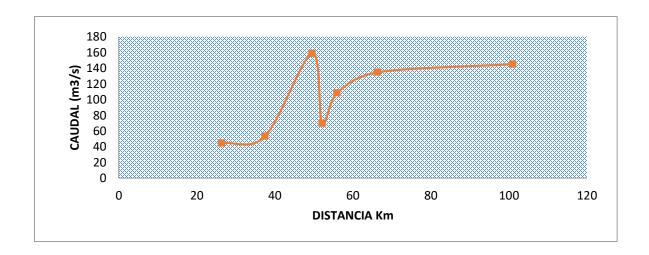
En el cuadro 65, se presentan los determinantes medidos in situ para cada uno de los sitios de medición durante la primera campaña de monitoreo.

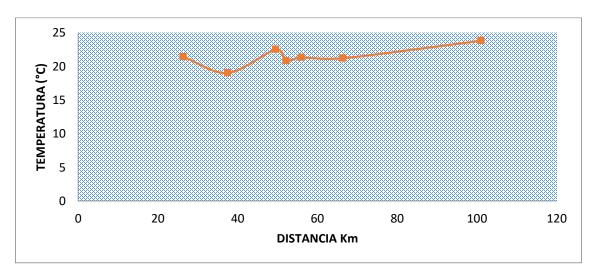
Cuadro 65. Determinantes medidos in situ en la campaña 1

NOMBRE DE LA ESTACIÓN	ID	CAUDA L	PH	CONDUC	TEMP	OD	SS
Estaciones sobre el rio Orito		m3/s	unid . de pH	μs/cm	°C	mg/L O2	mL/ L
Aguas arriba desembocadura del rio Verde	P1	44,44	7,63	45,1	21.4	8,7	<0,1
Escuela Resguardo Alto Orito	P2	53,33	8,16	16,82	19	9,18	<0,1
Puente rio Orito	P3	158,72	7,86	57,6	22.5	8,3	<0,1
Ecopetrol -La Parque	P4	69,65	8,28	30,1	20.8	8,93	<0,1
Vereda Naranjito	P5	108,35	8,4	32,2	21.3	8,76	<0,1
Balastera Km 10	P6	134,66	7,35	31,8	21.2	8,75	<0,1
Vereda San Cayetano	P7	145,17	7,85	27,2	23.8	8,27	<0,1
Tributarios							
Rio Quebradón	Tr1	4,21	7,63	22,4	23.6	8,49	<0,1
Rio Caldero	Tr2	19,2	8,1	66,8	24.2	8,35	<0,1
Rio Yarumo	Tr3	5,98	7,69	146,2	25	8,57	<0,1

En la gráfica 25, se representa el perfil longitudinal de los caudales y temperatura medida sobre la corriente principal.







Gráfica 25. Perfiles longitudinales en el río Orito de: Caudal y Temperatura, Campaña 1.

Las condiciones hidrológicas asociadas a la primera campaña de monitoreo corresponden a tiempo húmedo, por lo que los caudales sobre el río Orito adquieren valores relativamente altos entre 44,44 m³/s y 145,17 m³/s aguas arriba de la desembocadura del rio el Verde (P1, cabecera) y vereda San Cayetano (P7, próximo a la desembocadura), respectivamente. Estas condiciones representan el escenario de capacidad de dilución más alta sobre el río Orito.



La temperatura del agua se encuentra en un rango del orden de 19 a 23,8 °C, mostrando un aumento progresivo hacia aguas abajo que es consistente con la disminución de la altitud, también se presenta la variabilidad por la hora y condición del clima en el momento de la toma de muestra.

La conductividad es una medida indirecta de la cantidad de sales o sólidos disueltos que tiene un agua natural. Teniendo en cuenta los siguientes rangos de valores para tipos de aguas: aguas lluvia $5-50~\mu\text{S/cm}$ y agua potable <2500 $\mu\text{S/cm}$ (Ros Moreno, 2010), con esto, fue posible determinar que la conductividad en el rio Orito se encuentra en valores bajos que no representan amenazas para ningún tipo de uso del agua; esto concuerda con los valores de presencia de solidos sedimentables que están por debajo del límite de cuantificación del método de análisis del laboratorio.

Así también, se identificó que el valor más alto de conductividad lo tiene el tributario Yarumo con 146,2 µS/cm, por lo cual, se asume que posee esta característica por ser receptor del río Sabalo, siendo este el receptor de una alta carga organica, por los vertimientos domesticos e industriales generados en la cabecera municipal.

11.1.2 Capacidad buffer y dureza

En el cuadro 66, se presentan los valores medidos de Alcalinidad, pH y Dureza medidos durante la primera campaña de monitoreo en el río Orito.

Cuadro 66. Alcalinidad, pH y Dureza medidos en la campaña 1

NOMBRE DE LA ESTACIÓN	ID	ALCALINIDAD TOTAL	PH	DUREZA TOTAL
Estaciones sobre el rio Orito		mg CaCO3/L	unid. de pH	mg CaCO3/L
Aguas arriba desembocadura del rio verde	P1	6,92	7,63	7,1



NOMBRE DE LA ESTACIÓN	ID	ALCALINIDAD TOTAL	PH	DUREZA TOTAL
Escuela Resguardo Alto Orito	P2	<6,40	8,16	
Puente rio Orito	P3	9,88	7,86	9,19
Ecopetrol - la parque	P4	8,4	8,28	11,7
Vereda Naranjito	P5	8,89	8,4	14,2
Balastrera KM 10	P6	8,4	7,35	17,4
Vereda San Cayetano	P7	6,92	7,85	12,5
Ti	ributari	os		
Rio Quebradón	Tr1	9,88	7,63	16,7
Rio Caldero	Tr2	12,8	8,1	19,6
Rio Yarumo	Tr3	19,8	7,69	24,6

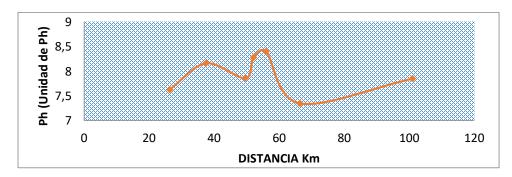
De acuerdo con la clasificación de dureza, las aguas superficiales del río Orito y de sus tributarios principales presentan valores muy bajos de dureza (7,1 – 24,6 mg/L CaCO3). El cuerpo de agua superficial con mayor dureza es el rio Yarumo, el cual recibe una parte importante de las aguas residuales domésticas del municipio de Orito. Nótese, que la mayor dureza sobre el río Orito se encuentra en el punto de La Balastrera Km10, lo cual se puede explicar por el aporte que le puede proporcionar aguas arriba la desembocadura del rio Yarumo.

En la gráfica 26, se presenta el perfil de pH a lo largo del río Orito. El pH del agua se encuentra dentro de los rangos de los niveles neutros (6.0 a 8.0 unidades de pH), se destaca los valores más altos 8,28 y 8,4 en el punto de Ecopetrol - La Parque y vereda el Naranjito respectivamente, lo que nos dice que en estos puntos se tienen condiciones del agua más básicas por disminución en la presencia de concentraciones de iones de hidrogeno y el agua tiende a ser alcalina, pero no son niveles que lleguen afectar la actividad biológica de los ecosistemas, tal como se evidencia en los resultados microbiológicos.

La alcalinidad es un parámetro que determina la capacidad de un agua para neutralizar los efectos ácidos que sobre ella actúen, la presencia de alcalinidad en sus diferentes



formas es necesaria para evitar los cambios bruscos de pH, en comparación de estos dos parámetros podemos ver que en el caso de presentarse cambios bruscos de pH no tendrían los cuerpos de agua la capacidad suficiente de neutralización considerando los valores bajos de alcalinidad presentes.



Gráfica 26. Perfiles longitudinales en el río Orito de: pH. Campaña 1

11.1.3 Contaminación por materia orgánica carbonacea

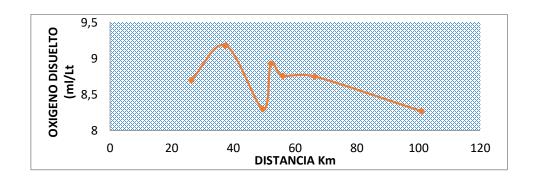
En el cuadro 67, se presentan los valores medidos de Oxígeno disuelto, DBO5 y DQO durante la primera campaña de monitoreo sobre la red del río Orito.

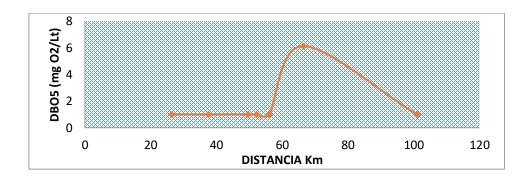
Cuadro 67. Oxígeno disuelto, DBO5 y DQO medidos en la campaña 1

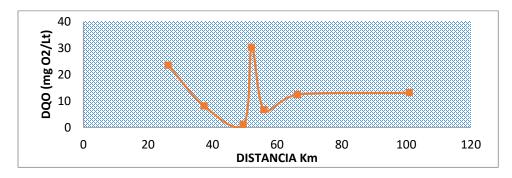
Nombre de la estación	ID	OD	DBO5	DBO5 Disuelta	DQO
Estaciones sobre el rio Orito		mg/L	mg O2/L	mg O2/L	mg O2/L
Aguas arriba desembocadura del rio verde	P1	8,7	<5,0	<5,0	23,3
Escuela Resguardo Alto Orito	P2	9,18	<5,0	<5,0	7,89
Puente rio Orito	P3	8,3	<5,0	<5,0	<5,00
Ecopetrol -la parque	P4	8,93	<5,0	<5,0	30,1
Vereda Naranjito	P5	8,76	<5,0	<5,0	6,52
Balastrera KM 10	P6	8,75	6,13	<5,0	12,3
Vereda San Cayetano	P7	8,27	<5,0	<5,0	13
	Tributar	ios			



Rio Quebradón	Tr1	8,49	<5,0	9,25
Rio Caldero	Tr2	8,35	<5,0	18,5
Rio Yarumo	Tr3	8,57	<5,0	18,8







Gráfica 27. Perfiles longitudinales en el río Orito de: Oxígeno disuelto, DBO5 y DQO. Campaña 1

En la gráfica 27, muestra el comportamiento de los parámetros oxígeno disuelto, DBO5 y DQO. Para el oxígeno disuelto la normatividad no tiene límite permisible sobre este



parámetro, sin embargo para que pueda vivir un organismo en el agua lo ideal es que presente una concentración mayor a 4 mg/L. Los resultados referentes a este parámetro nos dan valores mayores, lo que nos dice que las aguas superficiales en oxígeno disuelto se encuentran en buenas condiciones.

La cantidad registrada de DBO₅ fue un valor inferior a los límites de cuantificación de la técnica analítica utilizada por el laboratorio; solo en el punto de la balastrera Km10 (P6) nos reporta un valor cuantificable exacto con el cual podemos dar una relación de cantidad de oxigeno requerida por las bacterias, para estabilizar la materia orgánica biodegradable, bajo condiciones aerobias. Los valores de DQO presentes en las fuentes superficiales son más altos que los de DBO₅, lo que nos reporta que la capacidad de degradación de la materia orgánica de manera biológica es poca y se presenta esta degradación por oxidación.

11.1.4 Contaminación por Nutrientes

En el cuadro 68, se presentan los resultados de laboratorio para los nutrientes medidos durante la campaña 1 en el río Orito.

Cuadro 68. Nutrientes medidos en la campaña 1

Nombre de la estación	ID	NTK	Nitrógeno amoniacal	Nitratos	Fósforo total
Estaciones sobre el rio Orito		mg N/L	mg/L NH3-N	mg NO3/L	mg P/L
Aguas arriba desembocadura del rio Verde	P1	<3,00	<0,054	2,59	0,277
Escuela Resguardo Alto Orito	P2	<3,00	<0,054		0,334
Puente rio Orito	P3	<3,00	<0,054		0,322
Ecopetrol -la parque	P4	<3,00	<0,054	11,7	0,21
Vereda Naranjito	P5	4,48	<0,054	14,31	<0,07
Balastrera KM 10	P6	<3,00	<0,054	<1,00	0,184
Vereda San Cayetano	P7	<3,00	<0,054	<1,00	<0,07
	Trib	utarios			



Rio Quebradón	Tr1	<3,00			<0,07
Rio Caldero	Tr2	<3,00			0,124
Rio Yarumo	Tr3	3,36	0,139	17,99	<0,07

En relación con los nutrientes (NTK, nitrógeno y fósforo totales), para el caso de los Nitrógenos, los valores en la gran mayoría de los puntos monitoreados se presentan por debajo de los limites cuantificables de la técnica analítica del laboratorio, lo que nos demuestra que existe poca presencia de sustancias como proteínas, aminoácidos y ureas. En la fuente del rio Yarumo se evidencia mayor presencia de nutrientes, esto debido a ser cuerpo receptor del río El Sábalo, el cual le proporciona todas las cargas de los vertimientos recibidos en su trayecto por la cabecera del municipio de Orito.

Para el caso de Nitratos, se requiere hacer un tratamiento previo para poder utilizar estas aguas para consumo humano, ya que puede llegar ocasionar enfermedades. Aunque el fósforo no presenta toxicidad en los seres vivos, la presencia de fosfatos es una advertencia de la calidad del agua ya que la presencia de fósforo en el agua puede ser debida a los agroquímicos fosforados y grandes cantidades pueden llegar a ser un riesgo al consumidor de estas fuentes de agua natural.

11.1.5 Contaminación por organismos patógenos y solidos

En el cuadro 69, se presentan los resultados de la primera campaña de monitoreo para determinantes de la calidad del agua asociados con organismos patógenos y sólidos suspendidos y disueltos.



Cuadro 69. Organismos patógenos y sólidos medidos en la campaña 1

NOMBRE DE LA ESTACIÓN	ID	SDT	SST	SSV	COLIFORME S TOTALES	COLIFORMES FECALES TERMOTOLE RANTES
Estaciones sobre el rio Orito		mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100mL	NMP/100mL
Aguas arriba desembocadura del rio verde	P1	10,6	<10,0	<10, 0	15531	1657
Escuela Resguardo Alto Orito	P2	5,29	<10,0	<10, 0	934	539
Puente rio Orito	P3	195	<10,0	<10, 0	517	6
Ecopetrol -la parque	P4	18,9	15	15	10462	171
Vereda Naranjito	P5	19,5	<10,0	<10, 0	17329	269
Balastrera Km 10	P6	14,5	<10,0	<10, 0	6488	1450
Vereda San Cayetano	P7	11,2	16	16	9804	1031
		Tribut	arios			
Rio Quebradón	Tr1	271	<10,0	<10, 0	3945	17
Rio El Caldero	Tr2	29,5	<10,0	<10, 0	2613	82
Rio Yarumo	Tr3	86,8	<10,0	<10, 0	3654	144

Los resultados de laboratorio para los Sólidos Disueltos Totales (SDT) son consistentes con el comportamiento observado para la conductividad. Teniendo en cuenta los cambios de caudales al momento de las tomas de muestras ya que la variabilidad del clima en la jornada de la primera campaña nos representa los cambios en los diferentes parámetros, teniendo en cuenta lo anterior podemos observar que el rio Yarumo es el que mayor conductividad presenta al igual que los SDT presentes en la fuente.

Analizando en general los valores presentes de los sólidos, podemos observar que los puntos con mayor presencia de solidos son las estaciones de Ecopetrol – la parque y vereda San Cayetano, esto puede ser ocasionado por la actividad de minería (extracción



de material de arrastre) que se le realiza al rio Orito aguas arriba de cada uno de estos dos puntos monitoreados. Lo que genera la alteración en el comportamiento de sólidos y partículas presentes en la fuente hídrica.

En relación con los Coliformes Totales, la gran mayoría de los puntos medidos sobre el rio Orito, incluyendo aguas arriba en la desembocadura del rio verde (P1), presentaron concentraciones superiores a 1000 NMP/100mL, lo cual limita el uso del recurso para riego agrícola sin restricciones, consumo humano con solo desinfección y el uso recreativo con contacto primario (de acuerdo con el decreto 1594 de 1984). No obstante, es importante aclarar que la contaminación no solo se debe a Coliformes Fecales a causa de la contaminación fecal, sino a aportes también de microorganismos que se presentan de forma natural en el agua.

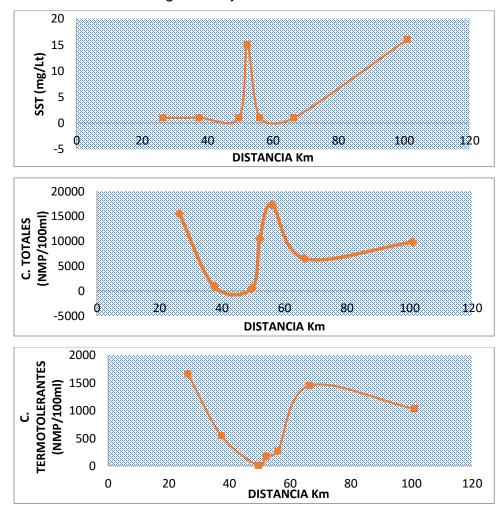
Para los Coliformes Termotolerantes, su presencia está asociado principalmente con Escherichia Col. Nótese que el contenido de C. Termotolerantes en la cabecera del río Orito es alto (1657 NMP/100mL). Este valor se sale de lo esperado por cuanto al ser el punto de referencia, se encontraría en condiciones de naturales, estos es, la no existencia de asentamientos humanos o actividades productivas de impacto.

Siguiendo con el punto 2, a medida que se avanza longitudinalmente en la dirección de la corriente, hay un aumento prácticamente constante hasta la parte media del cuerpo de agua, en donde alcanza un máximo (justo en la zona de mayores aportes de vertimientos directos de aguas servidas originado en su mayor porcentaje del centro urbano de Orito), que luego disminuye al monitorear el punto 7 dada la capacidad asimilativa de la corriente.

Es importante resaltar que el cuerpo de agua tributario, que presenta el mayor contenido de Coliformes Termotolerantes, es el río Yarumo (que recibe la descarga del río El Sábalo). Las concentraciones presentes en el rio Yarumo pueden llegar a presentar



cambio y el nivel más alto en el rio Orito, ya que el punto con niveles altos del rio principal se encuentra inmediatamente aguas abajo de la desembocadura del rio Yarumo.



Gráfica 28. Perfiles longitudinales en el río Orito de: SST, Coliformes Totales y Coliformes fecales termotolerantes. Campaña 1.

11.1.6 Pesticidas y otras sustancias

En los cuadros 71 y 72, se reportan los resultados de laboratorio de la primera campaña de medición, con respecto a plaguicidas y otras sustancias. Estas no se midieron en todos los puntos de la red de monitoreo, sino en sitios específicos de interés por el tipo de actividades asociadas al cuerpo de agua.



Cuadro 70. Análisis de Pesticidas

Nombre de la estación	ID	Plaguicidas Organofosfor ados	Plaguicidas Organoclorad os	Cloruros
Estaciones sobre el rio Orito		mg/L	mg/L	mg CI-/L
Aguas arriba desembocadura del rio verde	P1	<0,0004	<0,00004	
Escuela Resguardo Alto Orito	P2	<0,0004	<0,00004	<9,9
Puente rio Orito	P3			
Ecopetrol -la parque	P4		<0,00004	<9,9
Vereda Naranjito	P5			
Balastrera KM 10	P6	<0,0004	<0,00004	<9,9
Vereda San Cayetano	P7			
	Tri	butarios	_	
Rio Quebradón	Tr1	<0,0004	<0,0004	<9,9
Rio Caldero	Tr2			
Rio Yarumo	Tr3			

Cuadro 71. Análisis de otras sustancias, Campaña 1

NOMBRE DE LA ESTACIÓN	ID	SAAM	GRASAS Y ACEITES	FENOLES TOTALES	SULFATOS
ESTACIONES SOBRE EL RIO ORITO		MG SAAM/L	MG P/L)	MG FENOL /L)	MG SO4/L)
Aguas arriba desembocadura del		07 t7 till 72		1 2110 2 727	
rio verde	P1	<0,5	1,16	<0,100	
	- DO			.0.400	.5.0
Escuela Resguardo Alto Orito	P2			<0,100	<5,0
Puente rio Orito	P3		0,211	<0,100	
Ecopetrol -la parque	P4		0,407	<0,100	<5,0
Vereda Naranjito	P5	<0,5	0,634	<0,100	
Balastrera Km 10	P6	<0,5	0,614	<0,100	<5,0
Vereda San Cayetano	P7	<0,5	0,602	<0,100	



NOMBRE DE LA ESTACIÓN	ID	SAAM	GRASAS Y ACEITES	FENOLES TOTALES	SULFATOS
ESTACIONES SOBRE EL RIO ORITO		MG SAAM/L	MG P/L)	MG FENOL/L)	MG SO4/L)
	TRIB	UTARIOS			
Rio Quebradón	Tr1		0,654	<0,100	5,23
Rio El Caldero	Tr2		0,993	<0,100	
Rio Yarumo	Tr3	<0,5	0,839	<0,100	

En relación con los plaguicidas y cloruros, ninguno de los puntos monitoreados presenta valores por encima de detección del método de análisis del laboratorio, por lo tanto es un indicador de poca influencia importante de estos contaminantes en los cuerpos de aguas superficiales.

Con respecto a las otras sustancias reportadas, nótese que las SAAM, fenoles y sulfatos se encuentran todos por debajo del límite de detección en los cuerpos de agua superficial, con excepción de grasas y aceites, que hay un valor alto en el P1 el cual no presenta influencia alguna de actividades o asentamientos, punto de tener en cuenta para la segunda campaña.

11.1.7 Contenido de metales y metaloides

Los metales y metaloides medidos en la campaña 1 fueron Arsénico (As), Hierro Total (Fe), Selenio (Se) y Zinc (Zn), cuadro 73.

Cuadro 72. Metales y metaloides detectados en la red de drenaje durante la campaña 1



NOMBRE DE LA ESTACIÓN	ID	AS	FE TOTAL	SE	ZN
ESTACIONES SOBRE EL RIO ORITO	ט	MG AS/L	MG FE/L	MG/L	MG ZN/L
Aguas arriba desembocadura del rio verde	P1	<0,0025	<0,200	<0,0025	<0,050
Escuela Resguardo Alto Orito	P2	<0,0025	<0,200	<0,0025	<0,050
Puente rio Orito	P3				
Ecopetrol -la parque	P4				
Vereda Naranjito	P5	<0,0025	0,29	<0,0025	<0,050
Balastrera Km 10	P6				
Vereda San Cayetano	P7	<0,0025	0,86	<0,0025	0,095
TRI	BUTA	RIOS			
Rio Quebradón	Tr1	<0,0025	0,24	<0,0025	<0,050
Rio Caldero	Tr2	<0,0025	<0,200	<0,0025	<0,050
Rio Yarumo	Tr3				

De acuerdo con el Decreto 1594 de 1984, aún vigente por el artículo 76 del Decreto 3930 de 2010, los valores medidos en todos los cuerpos de agua superficial no presentan conflicto alguno para la destinación del recurso hídrico.

11.2 CAMPAÑA 2 - CONDICIONES DE TIEMPO SECO

De manera similar a como se hizo para la campaña 1, a continuación se describen los resultados obtenidos en campo y en laboratorio durante la campaña 2, la cual fue llevada a cabo en condiciones características de época de bajas precipitaciones. Es importante indicar que en época de aguas bajas, los aportes de carga por escorrentía superficial son mucho menores.

11.2.1 Características fisicoquímicas medidas in situ

En el cuadro 73, se presentan los resultados de monitoreo de los determinantes medidos in situ durante la segunda campaña.

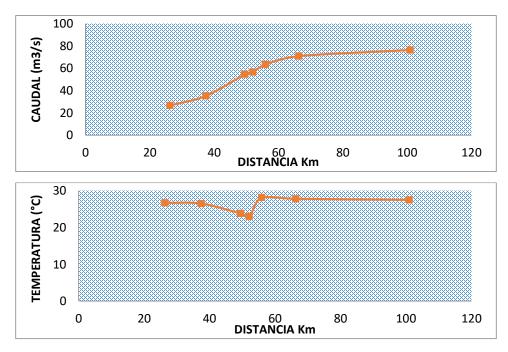


Cuadro 73. Determinantes medidos in situ en la campaña 2

NOMBRE DE LA ESTACIÓN		CAUDAL	PH	CONDUC.	TEMP.	OD	SS
ESTACIONES SOBRE EL RIO ORITO	ID	M3/S	UNID. DE PH	μS/CM	°C	MG/L O2	ML/L
Aguas arriba desembocadura del rio verde	P1	26,5	8,21	20,44	26,7	9,8	<0,1
Escuela Resguardo Alto Orito	P2	35,1	7,56	20,02	26,5	8,65	<0,1
Puente rio Orito	P3	54,41	7,6	21,39	23,8	8,38	<0,1
Ecopetrol -la parque	P4	56,4	7,15	28,5	23	8,2	<0,1
Vereda Naranjito	P5	63,2	7,45	31,2	28,1	8,39	<0,1
Balastrera KM 10	P6	70,7	7,46	42,3	27,8	8,73	<0,1
Vereda San Cayetano	P7	76,2	6,95	42,2	27,5	7,54	<0,1
		TRIBUTA	ARIOS				
Rio Quebradón	Tr1	4,6	7,11	24	22,3	8,55	<0,1
Rio Caldero	Tr2	8,9	7,08	65,9	23,7	8,21	<0,1
Rio Yarumo	Tr3	5	7,42	114,3	28	8,52	<0,1

Como las condiciones hidrológicas asociadas a la segunda campaña de monitoreo corresponden a tiempo seco, los valores de caudal sobre el río Orito y sus tributarios principales tienen valores relativamente bajos entre 26,5 m³/s y 76,2 m³/s en Aguas arriba desembocadura del rio el Verde (P1, Cabecera) y vereda San Cayetano (P7, próximo a la desembocadura), respectivamente.

De acuerdo con lo anterior, se puede inferir que los caudales característicos en el río Orito en época seca son del orden de 2 y hasta 3 veces menor que los encontrados en época de altas precipitaciones. Se debe tener en cuenta que el aporte de sus tributarios como el rio Quebradón y el aporte significativo del río Caldero que es el tributario más importante del río Orito, en términos de cantidad de agua, hacen que el rio Orito después de sus desembocaduras incremente su caudal, pero se mantiene la diferencia a lo referente con épocas de altas precipitaciones.



Gráfica 29. Perfiles longitudinales en el río Orito de: Caudal y Temperatura. Campaña 2.

En relación con la temperatura, el río Orito registra 26,7°C en su cabecera, aguas arriba desembocadura del rio el Verde (mayor a la registrada en la campaña 1 en el mismo punto, lo cual es consistente con la condición hidrológica que está asociada a temperaturas ambiente más altas durante el día) y de 27,5°C en la vereda San Cayetano, lo cual indica un aumento progresivo que es conforme con la disminución de la altitud.

El comportamiento de la conductividad es menor al observado para la campaña 1, pero se evidencia un aumento progresivo de sustancias disueltas a lo largo del recorrido de las aguas del río Orito, lo cual se debe a los aportes naturales y antrópicos existentes, y el quiebre observado hacia el kilómetro 52 por el aumento significativo de aportes efecto de la actividad de extracción de material aguas arriba de dicho sector. Nótese que la conductividad en el río va incrementando a medida que se desciende y estos valores son mayores a la registrada en la campaña 1 (entre 20,44 y 42,2 μS/cm), lo cual se debe directamente al efecto de menor dilución que ocurre en época seca. La mayor conductividad se encontró, de nuevo y sin sorpresa, en el tributario rio Yarumo (114,3 μS/cm).



11.2.2 Capacidad buffer y dureza

En el cuadro 74, se reportan los valores medidos de alcalinidad, pH y dureza medidos en la segunda campaña de monitoreo sobre el río Orito.

Cuadro 74. Alcalinidad, pH y Dureza medidos en la campaña 2

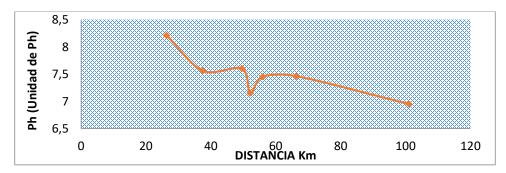
NOMBRE DE LA ESTACIÓN	ID	ALCALINIDAD TOTAL	PH	DUREZA TOTAL
ESTACIONES SOBRE EL RIO ORITO		MG CACO3/L	UNID. DE PH	MG CACO3/L
Aguas arriba desembocadura del rio verde	P1	11,4	8,21	8,15
Escuela Resguardo Alto Orito	P2	8,94	7,56	
Puente rio Orito	P3	10,9	7,6	6,52
Ecopetrol - la parque	P4	11,4	7,15	8,56
Vereda Naranjito	P5	12,4	7,45	9,78
Balastrera Km 10	P6	12,4	7,46	<5,0
Vereda San Cayetano	P7	9,44	6,95	12
TRIB	UTARI	os		
Rio Quebradón	Tr1	<6,40	7,11	7,34
Rio Caldero	Tr2	20,9	7,08	22
Rio Yarumo	Tr3	20,9	7,42	22,4

Comparando los resultados obtenidos en la campaña 1 y 2, los de esta última campaña son mayores, lo cual se debe al efecto de baja dilución por el menor aporte superficial y subsuperficial de agua en época seca.

El pH de las aguas se encuentra dentro de los rangos de los niveles neutros (6.0 a 8.0 unidades de pH), se destaca el valor más altos 8,21 en el punto aguas arriba desembocadura del rio orito. Lo que concuerda con el aumento de alcalinidad en el mismo sector o que nos dice que en estos puntos se tienen condiciones del agua más básicas por disminución en la presencia de

concentraciones de iones de hidrogeno y el agua tiende a ser alcalina, pero no son niveles que lleguen afectar la actividad biológica de los ecosistemas.

Los puntos más altos de alcalinidad están en los tributario Caldero y Yarumo, esto puede ser por el material que constituye el suelo, y para el caso específico del rio Yarumo puede darse la presencia de minerales básicos carbonatados por ser receptor de la fuente (río El Sábalo) que recibe los vertimientos domésticos e industriales.



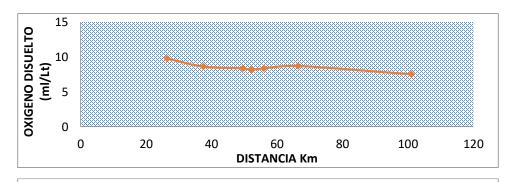
Gráfica 30. Perfil longitudinal en el río Orito de: pH. Campaña 2

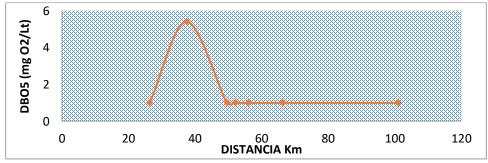
11.2.3 Contaminación por materia orgánica carbonacea

En el cuadro 75, se presentan los valores medidos de oxígeno disuelto y materia orgánica carbonacea en equivalentes de oxígeno, durante la segunda campaña de monitoreo en el río Orito.

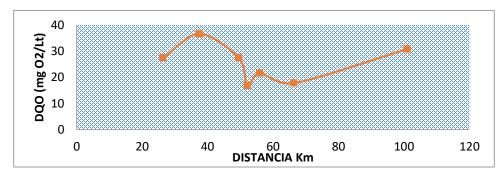
Cuadro 75. Oxígeno disuelto, DBO5 y DQO medidos en la campaña 2

NOMBRE DE LA ESTACIÓN	ID	OD	DBO5	DBO5 DISUELTA	DQO
ESTACIONES SOBRE EL RIO ORITO		MG/L	MG O2/L	MG O2/L	MG O2/L
Aguas arriba desembocadura del rio verde	P1	9,8	<5,0	<5,0	27,4
Escuela Resguardo Alto Orito	P2	8,65	5,41	6,7	36,6
Puente rio Orito	P3	8,38	<5,0	7,6	27,4
Ecopetrol -la parque	P4	8,2	<5,0	<5,0	16,8
Vereda Naranjito	P5	8,39	<5,0	<5,0	21,6
Balastrera KM 10	P6	8,73	<5,0	<5,0	17,8
Vereda San Cayetano	P7	7,54	<5,0	<5,0	30,8
	TRIBU	TARIOS			
Rio Quebradón	Tr1	8,55	<5,0		88,6
Rio Caldero	Tr2	8,21	<5,0		19,9
Rio Yarumo	Tr3	8,52	<5,0		6,17









Gráfica 31. Perfiles longitudinales en el río Orito de: Oxígeno disuelto, DBO5 y DQO. Campaña 2.

Como se observa en las gráficas 31, para oxígeno disuelto la normatividad no tiene límite permisible sobre este parámetro, sin embargo para que pueda vivir un organismo en el agua lo ideal es que presente una concentración mayor a 4 mg/L. Los resultados referentes a este parámetro nos dan valores mayores, lo que nos dice que las aguas superficiales en oxígeno disuelto se encuentran en buenas condiciones.

La cantidad registrada de DBO₅ fue un valor inferior a los límites de cuantificación de la técnica analítica utilizada por el laboratorio; solo en el punto de la escuela Resguardo Alto Orito (P2), reporta un valor cuantificable exacto con el cual podemos dar una relación de cantidad de oxigeno requerida por las bacterias, para estabilizar la materia orgánica biodegradable, bajo condiciones aerobias. Los valores de DQO presentes en las fuentes superficiales son más altos que los de DBO₅, lo que nos reporta que la capacidad de degradación de la materia orgánica biológica es baja y se presenta esta degradación por manera de oxidación, este comportamiento se mantiene en relación con lo reportado en la primera campaña.

11.2.4 Contaminación por nutrientes

En el cuadro 76, se presentan los resultados de laboratorio para los nutrientes monitoreados durante la campaña 2 en el río Orito.



Cuadro 76. Nutrientes medidos en la campaña 2

NOMBRE DE LA ESTACIÓN	5	NTK	NITRÓGENO AMONIACAL	NITRATOS	FÓSFORO TOTAL
ESTACIONES SOBRE EL RIO ORITO	ID	MG N/L	MG/L NH3-N	MG NO3/L	MG P/L
Aguas arriba desembocadura del rio verde	P1	<3,00	<0,054	3,39	0,082
Escuela Resguardo Alto Orito	P2	<3,00	<0,054		<0,07
Puente rio Orito	P3	<3,00	<0,054		<0,07
Ecopetrol -la parque	P4	<3,00	<0,054	3,73	<0,07
Vereda Naranjito	P5	<3,00	<0,054	1,02	<0,07
Balastrera KM 10	P6	<3,00	<0,054	1,24	<0,07
Vereda San Cayetano	P7	<3,00	<0,054	1,46	<0,07
	Tri	butario	S		
Rio Quebradón	Tr1	6,89			<0,07
Rio Caldero	Tr2	<3,00			<0,07
Rio Yarumo	Tr3	<3,00	<0,054	4,26	0,631

En relación con los nutrientes (NTK, nitrógeno y fósforo totales), para el caso de los Nitrógenos los valores de todos los puntos monitoreados se presentan por debajo de los limites cuantificables de la técnica analítica del laboratorio lo que nos demuestra que es muy poca presencia de sustancias como proteínas, aminoácidos y ureas.

Para el caso de Nitratos, con referencia a los resultados de la primera campaña mermaron dando valores mucho menores a los obtenidos anteriormente, lo que nos reporta que la presencia de sales en las fuentes hídricas en el tiempo de la segunda campaña fue mucho menor. Para el caso del fósforo no presenta toxicidad en los seres vivos, pero la presencia de fosfatos es una advertencia de la calidad del agua, porque la presencia de fósforo en el agua puede ser debida a los agroquímicos fosforados y grandes cantidades pueden llegar a ser un riesgo al consumidor de estas fuentes de agua natural.

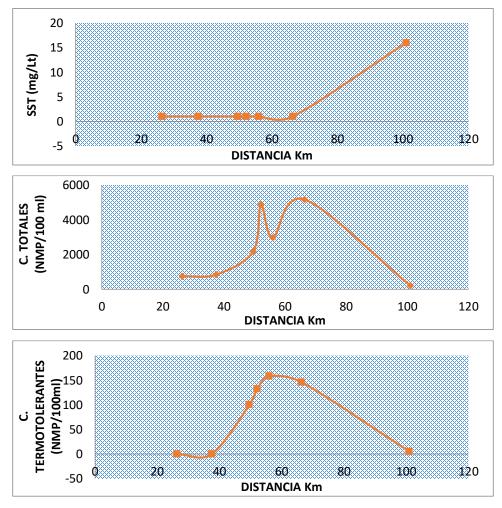
11.2.5 Contaminación por organismos patógenos y solidos



En el cuadro 77, se presentan los resultados de la segunda campaña de monitoreo para determinantes de la calidad del agua asociados con organismos patógenos y sólidos suspendidos y disueltos.

Cuadro 77. Organismos patógenos y sólidos medidos en la campaña 2

NOMBRE DE LA ESTACIÓN	ID	SDT	SST	SSV	COLIFORMES TOTALES	COLIFORMES FECALES TERMOTOLER ANTES
ESTACIONES SOBRE EL RIO ORITO		MG/L	MG/L	MG/L	NMP/100ML	NMP/100ML
Aguas arriba desembocadura del rio Verde	P1	8,97	<10,0	<10, 0	750	<1
Escuela Resguardo Alto Orito	P2	9,29	<10,0	<10, 0	850	<1
Puente rio Orito	P3	8,38	<10,0	<10, 0	2180	100
Ecopetrol -la parque	P4	11,2	<10,0	<10, 0	4884	132
Vereda Naranjito	P5	11,8	<10,0	<10, 0	2987	158
Balastrera Km 10	P6	15	<10,0	<10, 0	5172	146
Vereda San Cayetano	P7	11,2	16	16	214	5
		TRIBL	JTARIO	S		
Rio Quebradón	Tr1	12,3	<10,0	<10, 0	6890	200
Rio Caldero	Tr2	24,8	13,5	10,5	6840	630
Rio Yarumo	Tr3	40,8	<10,0	<10, 0	23590	1450



Gráfica 32. Perfiles longitudinales en el río Orito de: SST, Coliformes Totales y Coliformes fecales termotolerantes. Campaña 2.

Como se observa en la gráfica 32, los resultados de laboratorio para los Sólidos Disueltos Totales (SDT) son consistentes con el comportamiento observado para la conductividad. El rio Yarumo presenta un contenido relativamente elevado de sustancias disueltas en relación con el resto de puntos, lo cual tiene una relación directa con la alcalinidad y con la dureza total que también son más altos en el rio Yarumo que en otros puntos. En este punto es válido recordar que la dureza es una medida indirecta de la presencia de calcio y magnesio y que la alcalinidad corresponde a una medida indirecta del contenido de carbonatos y bicarbonatos en el agua, iones que aportan a la conductividad y a los SDT.



La fuente de estos iones puede explicarse principalmente por la influencia de las cargas que pueden ser aportadas por el río El Sábalo que desemboca en el rio Yarumo. En el rio Orito los SDT más altos se encuentran en los puntos donde hay influencia de actividades antrópicas en la unidad hidrográfica (extracción de material de arrastre) y también desembocan quebradas que recorren la cabecera municipal y son usadas para verter las aguas residuales (domesticas e industriales principalmente).

Por otra parte, nótese que, de manera consecuente con lo encontrado para la materia orgánica carbonácea, los Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) están por debajo del límite de detección en laboratorio en la gran mayoría de los puntos monitoreados. Los SSV son una medida, en términos de peso seco, del contenido de materia orgánica particulada (detritos) que, en equivalentes de oxígeno, aporta a la DBO total.

Para los ríos tributarios, en relación con los Coliformes Totales, los valores encontrados en la campaña 2 son mucho mayores que en la campaña 1, al igual que los coliformes fecales termotolerantes, lo que se podría explicar por la disminución de caudal. En el caso del rio Orito, se presenta una disminución notable en todos los puntos tanto de coliformes totales como de coliformes fecales termotolerantes.

11.2.6 Pesticidas y otras sustancias

En el cuadro 78, se reportan los resultados de laboratorio de la segunda campaña de medición, con respecto a plaguicidas y otras sustancias. Estas no se midieron en todos los puntos de la red de monitoreo, sino en sitios específicos de interés por el tipo de actividades asociadas al cuerpo de agua.



Cuadro 78. Análisis de los Pesticidas, Campaña 2.

Nombre de la estación	ID	Plaguicidas Organofosfora dos	Plaguicidas Organoclorados	Cloruros	
Estaciones sobre el rio Orito		mg/L	mg/L	mg CI-/L	
Aguas arriba desembocadura del rio Verde	P1	<0,0004	<0,00004		
Escuela Resguardo Alto Orito	P2	<0,0004	<0,0004	<9,9	
Puente rio Orito	P3				
Ecopetrol -la parque	P4	<0,0004	<0,0004	17,3	
Vereda Naranjito	P5				
Balastrera Km 10	P6	<0,0004	<0,0004	12,5	
Vereda San Cayetano	P7	<0,0004	<0,0004		
Tributarios					
Rio Quebradón	Tr1	<0,0004	<0,0004	32,6	
Rio Caldero	Tr2				
Rio Yarumo	Tr3				

Cuadro 79. Análisis de otras sustancias, Campaña 2

Nombre de la estación	ID	SAAM	Grasas y Aceites	Fenoles totales	Sulfatos		
Estaciones sobre el rio Orito		mg SAAM /L	mg P/L)	mg Fenol /L)	mg SO4/L)		
Aguas arriba desembocadura del rio Verde	P1	<0,5	1,05	<0,100			
Escuela Resguardo Alto Orito	P2			<0,100	<5,0		
Puente rio Orito	P3		0,413	<0,100			
Ecopetrol -la parque	P4	<0,5	<0,2	<0,100	<5,0		
Vereda Naranjito	P5	<0,5	<0,2	<0,100			
Balastrera Km 10	P6	<0,5	<0,2	<0,100	<5,0		
Vereda San Cayetano	P7	<0,5	<0,2	<0,100			
Tributarios							
Rio Quebradón	Tr1		0,601	<0,100	<5,0		
Rio Caldero	Tr2		1,12	<0,100			



En relación con los plaguicidas organofosforados y organoclorados reportados en el cuadro 78, ninguno de los puntos monitoreados presenta valores por encima de detección del método de análisis del laboratorio, por lo tanto es un indicador de poca influencia importante de estos contaminantes en los cuerpos de aguas superficiales.

Referente a los cloruros, se presentan valores bajos los cuales no suelen plantear problemas de potabilidad a las aguas de consumo. Los contenidos en cloruros de las aguas naturales no suelen sobrepasar los 50-60 mg/l.

Tal como lo presenta en el cuadro 79, con respecto a las otras sustancias reportadas, nótese que las SAAM, fenoles y sulfatos se encuentran todos por debajo del límite de detección en los cuerpos de agua superficial, con excepción de grasas y aceites, que hay valores presentes en los puntos P1, P3, Tr1, Tr2 y Tr3. Es de sorpresa los valores obtenidos en las dos campañas lo reportado en el punto P1, teniendo en cuenta que aguas arriba no hay presencia de actividad antrópica ni asentamientos humanos cerca de la zona.

11.2.7 Contenido de metales y metaloides

Tal como se muestra en el cuadro 80, los metales y metaloides medidos en la campaña 1 fueron Arsénico (As), Hierro Total (Fe), Selenio (Se) y Zinc (Zn).

Cuadro 80. Metales y metaloides detectados en la red de drenaje durante la campaña 2

Nombre de la estación	ID	As	Fe total	Se	Zn
Estaciones sobre el rio Orito	טו	mg As/L	mg Fe/L	mg /L	mg Zn/L



Aguas arriba desembocadura del rio Verde	P1	<0,0025	<0,200	<0,0025	<0,050
Escuela Resguardo Alto Orito	P2	<0,0025	<0,200	<0,0025	<0,050
Puente rio Orito	P3				
Ecopetrol -la parque	P4				
Vereda Naranjito	P5	<0,0025	<0,200	<0,0025	<0,050
Balastrera Km 10	P6				
Vereda San Cayetano	P7	<0,0025	0,39	<0,0025	<0,050
Tri	butario	os			
Rio Quebradón	Tr1	<0,0025	0,22	<0,0025	<0,050
Rio Caldero	Tr2	<0,0025	<0,200	<0,0025	<0,050
Rio Yarumo	Tr3		•		

De acuerdo con el Decreto 1594 de 1984, aún vigente por el artículo 76 del Decreto 3930 de 2010, los valores medidos en todos los cuerpos de agua superficial no presentan conflicto alguno para la destinación del recurso hídrico.



XII. DETERMINACIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES

La determinación de cargas contaminantes es un indicador de medida que representa la masa de contaminante por unidad de tiempo que es vertida por una corriente residual. Comúnmente se expresa en T/año, T/día ó Kg/d.

Con el apoyo en la normatividad colombiana vigente, la medición de cargas contaminantes se tiene estipulada en el Decreto 2667 del 21 de diciembre de 2012, "Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones".

En el Capítulo II, Artículo 3 define:

Carga contaminante diaria (Cc). Es el resultado de multiplicar el caudal promedio por la concentración de una sustancia, elemento o parámetro contaminante por el factor de conversión de unidades y por el tiempo diario de vertimiento del usuario, medido en horas por día, es decir:

$$Cc = Q \times C \times 0.0036 \times t$$

Dónde:

- Cc = Carga Contaminante, en kilogramos por día (kg/día)
- Q = Caudal promedio de aguas residuales, en litros por segundo (l/s)
- C = Concentración del elemento, sustancia o compuesto contaminante, en miligramos por litro (mg/l)
- 0.0036 = Factor de conversión de unidades (de mg/s a kg/h)
- t = Tiempo de vertimiento del usuario, en horas por día (h)

La anterior norma hace referencia al seguimiento que se puede realizar a las cargas contaminantes presentes en un vertimiento, pero teniendo en cuenta que en el desarrollo de las actividades de monitoreo y toma de muestras sobre el rio Orito no se realizaron muestras en vertimientos, solo se realizaron en el cauce del rio y de manera puntual, esta



norma y la fórmula que contiene se dificulta para poderla aplicar teniendo en cuenta los datos a remplazar.

Para la determinación de las cargas contaminantes se tuvo en cuenta los vertimientos directos que se realizan al rio Orito y los tributarios priorizados. Para el caso de los vertimientos se encontraron cuatro puntos con permisos de vertimientos provenientes de la industria petrolera, ver cuadro 81. En las visitas de campo para verificación de los puntos se encontró que dos de estos no se encuentran realizando vertimiento alguno, esto a razón de políticas de la empresa de cero vertimientos, todas la aguas residuales generadas en los pozos se están transportando hasta la batería dos donde se hace un aprovechamiento y una reinyección. En los otros dos puntos que se identificaron caudal de vertimiento, se verifico que estas son aguas de drenaje de aguas lluvias, no son mezcladas o residuales de la actividad industrial.

Cuadro 81. Oferta hídrica neta río Orito por mes, 2017

Usuario	Resolución	Lugar	N	W	Caudal (L/S)
Ecopetrol	DTP-0123	Vereda la Alea	00°40′53,5′′	076°53'11''	1,3
Ecopetrol	DTP-1199	Sector la parque	00°40′43,4"	076°52'25,2"	5,01
Ecopetrol	DTP-1199	Vereda el Naranjito	00°40´45,4"	076°51'10,1"	0,1
Ecopetrol	No registra	Barrio las Colinas	00°40'57,2''	076°52'28,2"	5,53

12.1 ANÁLISIS DE CARGAS CONTAMINANTES POR TRAMO DEL RÍO ORITO

En cuanto al análisis de las cargas contaminantes que recibe en río Orito, se tuvo en cuenta los resultados del censo de usuarios de agua y fue analizado por tramos del río, a continuación se hace una descripción de lo encontrado:



12.1.1 Tramo 1: parte alta

En este tramo con el recorrido realizado para la toma de muestras y la medición de caudales y con la información obtenida de la actividad de censo de usuarios, no se identificó alguna alteración antrópica existente que pueda llegar a proporcionar algún cambio en el comportamiento de la calidad del agua del rio, tampoco se percibieron malos olores, ni alteración en el color del agua o material orgánico o inorgánico extraño, que pueda ser considerado como indicador de contaminante.

12.1.2 Tramo 2: parte media

Este tramo se puede considerar como de mayor atención en lo correspondiente a calidad del agua, por la presencia de asentamientos poblacionales y la ubicación de la cabecera municipal de Orito. También en este tramo el rio recibe las aguas de quebradas y ríos que atraviesan la cabecera municipal y son fuentes receptoras de diferentes vertimientos tanto domiciliarios como industriales que son los que pueden generar cargas contaminantes.

A parte de lo ya mencionado anteriormente, en este tramo existe otra alteración de la calidad del agua del rio, causada por la actividad minera que se desarrollan en diferentes puntos, ocasionando una variación en el color del agua.

12.1.3 Tramo 3: parte baja

En este tramo no se identificaron vertimientos ni grandes asentamientos de comunidades que puedan llegar a ocasionar una alteración al comportamiento de la calidad del agua del rio Orito. Es más bien considerado el tramo o zona de depuración, donde el rio antes de desembocar al rio Putumayo, se recupera naturalmente y asimila las cargas que le fueron aportadas en el tramo medio. También en este trayecto recibe otros tributarios



como el rio Blanco que le aporta un gran volumen de agua ayudando en su proceso de depuración y asimilación.

Para los tributarios priorizados, se trabajó con los resultados obtenidos en las campañas de monitoreo. En el cuadro 82, se muestra los resultados de los parámetros exigidos por el Decreto 2667 de 2012.

Para la determinación de las cargas contaminantes que le pueden aportar estos tributarios se realizó el cálculo con la fórmula indicada en el Decreto 2667 de 2012. Se tiene en cuenta que los caudales y el aporte de estos tributarios son continuos y corresponden

Cuadro 82. Resultados de los parámetros exigidos por el decreto 2667 de 2012

PARÁMETRO	UNIDAD	RÍO QUEBRADÓN	RÍO CALDERO	RÍO YARUMO
Temperatura de Muestra (In Situ)	°C	23,6	24,2	25
DOB5 (Demanda Bioquímica de Oxigeno)	mg O2/L	<5,0	<5,0	<5,0
SST (Solidos Suspendidos Totales)	mg/L	<10,0	<10,0	<10,0
DQO (Demanda Química de Oxigeno)	mg O2/L	9,25	18,5	18,8
OD (Oxígeno Disuelto) in situ	mg O2/L	8,49	8,35	8,57
Coliformes Fecales Termotolerantes	NMP/100ml	17	82	144
рН	Unidades de pH	7,63	8,1	7,69

12.2 CARGAS CONTAMINANTES RIO QUEBRADÓN

DQO (Demanda Química de Oxigeno) $Cc = Q \times C \times 0.0036 \times t$



 $Cc = 4210 \times 9,25 \times 0.0036 \times 24$

 $Cc = 4210 \times 8,49 \times 0.0036 \times 24$

Cc = 3364,632 kg/día

Cc = 3088,187 kg/día

OD (Oxígeno Disuelto) in situ

 $Cc = Q \times C \times 0.0036 \times t$

12.3 Cargas contaminantes rio Caldero

DQO (Demanda Química de Oxigeno) OD (Oxígeno Disuelto) in situ

 $Cc = Q \times C \times 0.0036 \times t$ $Cc = Q \times C \times 0.0036 \times t$

 $Cc = 17600 \times 18,5 \times 0.0036 \times 24$ $Cc = 17600 \times 8,35 \times 0.0036 \times 24$

Cc = 28131,84 kg/dia Cc = 12697,344 kg/dia

12.4 Cargas contaminantes rio Yarumo

DQO (Demanda Química de Oxigeno) OD (Oxígeno Disuelto) in situ

 $Cc = Q \times C \times 0.0036 \times t$ $Cc = Q \times C \times 0.0036 \times t$

 $Cc = 5976 \times 18.8 \times 0.0036 \times 24$ $Cc = 5976 \times 8.57 \times 0.0036 \times 24$

Cc = 9706,936 kg/dia Cc = 4424,917 kg/dia

Se debe aclarar que los parámetros de DQO y OD no son contaminantes específicamente, son parámetros que proporcionan información relacionada a la presencia de material orgánico. En el caso de los tres ríos tributarios teniendo en cuenta los resultados del monitoreo, podemos observar en el cuadro 79, se puede deducir que la descomposición de la materia orgánica presente en el cuerpo de agua se está realizando no mayormente por actividad biológica sino por medio de oxidación en relación con el oxígeno presente.

Por lo anterior se puede concluir que el cuerpo de agua presenta un nivel adecuado de oxigenación, teniendo en cuenta que si la DQO es alta, el nivel de oxígeno disuelto



también será alto, permitiendo a los organismos presentes, niveles de vida aptos para su preservación.

Los tres tributarios en general se encuentran en rangos aceptables en la mayoría de los parámetros y la relación entre estos es relativa, el pH se encuentra dentro del rango de valor neutro, los SST en valores muy bajos y los coliformes totales termotolerantes tienden a tener un comportamiento a lo esperado, ya que el tributario con mayor presencia en este parámetro es el rio Yarumo, el cual es el receptor del río El Sábalo, fuente hídrica que hace su recorrido por el medio de la cabecera municipal de Orito y es el que recoge la mayoría de aguas residuales generadas.



XIII. ESTIMACIÓN DE INDICES DE CALIDAD FISICO-QUIMICO E HIDROBIOLÓGICA

13.1 ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA

El Índice de calidad del agua es el 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, seis o siete variables, registradas en una estación de monitoreo j en el tiempo t.

Los valores calculados del indicador se comparan con los establecidos en tablas de interpretación permitiéndose clasificar la calidad del agua de forma descriptiva en una de cinco categorías (buena, aceptable, regular, mala o muy mala) que a su vez se asocian a un determinado color (azul, verde, amarillo, naranja y rojo, respectivamente). La comparación temporal de la calidad del agua calificada mediante las cinco categorías y colores simplifica la interpretación, la identificación de tendencias (deterioro, estabilidad o recuperación) y la toma de decisiones por cuenta de las diferentes autoridades. Los valores del indicador pueden ser especializados en mapas, asociándolos al punto que identifica la ubicación de las estaciones de monitoreo.

El indicador se puede calcular con un diferente conjunto de variables medidas, cuya cantidad y tipo depende de la disponibilidad de datos, de las diferentes presiones contaminantes a las cuales están sometidos los diferentes cuerpos de agua y del tipo de cuerpo de agua. Para el caso colombiano, se ha medido desde 2005, en las corrientes superficiales, un conjunto de cinco variables, a saber: oxígeno disuelto solidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, conductividad eléctrica y pH total. A partir de 2009, en las estaciones de la Red se ha medido adicionalmente nitrógeno total y fosforo total.



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.

La fórmula de cálculo del indicador es:

$$ICAnjt = i = 1nWi * likjt$$

Donde:

- ICAnjt: es el Índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua j en el tiempo t, evaluado con base en n variables.
- Wi: es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i.
- likjt: es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o
 ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j, registrado durante la
 medición realizada en el trimestre k, del período de tiempo t.
- n: es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5, 6 o 7 dependiendo de la medición del ICA que se seleccione.

Cálculo del valor de cada variable:

A continuación, se muestran las ecuaciones de referencia.

Oxígeno disuelto (OD):

Para obtener el valor de OD, se aplica la siguiente formula:

$$IOD = 1 - (1 - 0.01 * PSOD)$$

Cuando el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto es mayor al 100%:

$$IOD = 1 - 0.01 * PSOD - 1$$



Sólidos suspendidos totales (SST):

El subíndice de calidad para sólidos suspendidos se calcula de la siguiente manera:

$$ISST = 1 - (-0.02 + 0.003 * SST)$$

La anterior ecuación se efectúa bajo las siguientes condiciones:

- Si SST ≤ 4.5, entonces ISST=1
- Si SST ≥ 320, entonces ISST=0

Demanda química de oxígeno (DQO):

Mediante adaptación de la propuesta de la Universidad Politécnica de Catalunya se calcula con la fórmula:

- Si 20 ≤ DQO , entonces IDQO = 0.91
- Si 20 < DQO ≤ 25, entonces IDQO = 0.71
- Si 25 < DQO ≤ 40, entonces IDQO = 0.51
- Si 40 < DQO ≤ 80, entonces IDQO = 0.26
- Si 80 < DQO , entonces IDQO = 0.125

Conductividad eléctrica (C.E.):

Para conocer el valor de esta variable, se aplica la siguiente formula:

$$IC.E. = 1 - 10(-3.26 + 1.34 Log 10C.E.)$$

Teniendo en cuenta que cuando IC.E.<0, entonces IC.E.=0

Potencial de Hidrogeno (pH):

Evalúa la acidez, puesto que valores extremos pueden afectar la flora y fauna acuáticas.



- Si 4 > pH entonces IpH = 0.1
- Si $4 \le pH \le 7$, entonces IpH = 0.02628419 * e(pH * 0.520025)
- Si 7 < pH \leq 8, entonces IpH = 1
- Si 8 < pH \leq 11, entonces IpH = 1 * epH 8 0.5187742
- Si 11 < pH, entonces IpH = 0.1

Nitrógeno total/Fósforo total (NT/PT):

La fórmula para calcular el subíndice de calidad para NT/PT es:

- Si 15 ≤ NTPT ≤ 20, entonces INTPT = 0.8
- Si $10 \le NTPT \le 15$, entonces INTPT = 0.6
- Si $5 \le NTPT \le 10$, entonces INTPT = 0.35
- SiNTPT ≤ 5, ó NTPT > 20, entonces INTPT = 0.15

Coliformes Fecales (UFC/100 ml):

La fórmula para calcular el subíndice de calidad para Coliformes Fecales es:

- Si $CF \leq 50 \# /100 ml$, entonces SICF = 0.98
- Si $50\#/100ml \le CF \le 1600\#/100\ ml$, entonces $SICF = 98\ x\ exp.((FC 50)\ x\ (-9.917754E 4\)$
- Si $1600\#/100ml \le FC$, entonces SICF = 10

En los cuadros 83 y 84, se resumen las variables que están involucradas en el cálculo del indicador para los casos en los que se emplea 5, 6 y 7 variables, la unidad de



medida en la que se registra cada uno de ellos y la ponderación que tienen dentro de la fórmula de cálculo.

Cuadro 83. Variables y ponderaciones para el caso de 5 variables

Variable	Unidad de Medida	Ponderación
Oxígeno Disuelto	% Saturación	0.2
SST	mg/L	0.2
DQO	mg/L	0.2
Conductividad	us/cm	0.2
рН	Unidades de pH	0.2

Cuadro 84. Variables y ponderaciones para el caso de 6 variables

Variable	Unidad de Medida	Ponderación
Oxígeno Disuelto	% Saturación	0.17
SST	mg/L	0.17
DQO	mg/L	0.17
NT/PT	-	0.17
Conductivida d	us/cm	0.17
рН	Unidades de pH	0.15

Cuadro 85. Variables y ponderaciones para el caso de 7 variables

Variable	Unidad de Medida	Ponderación
Oxígeno Disuelto	% Saturación	0.16
SST	mg/L	0.14
DQO	mg/L	0.14
NT/PT	-	0.14



Variable	Unidad de Medida	Ponderación
Conductivida d	us/cm	0.14
рН	Unidades de pH	0.14
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	0.14

Cuadro 86. 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
0.00 - 0.25	Muy Mala	Rojo
0.26 - 0.50	Mala	Naranja
0.51 – 0.70	Regular	Amarillo
0.71 – 0.90	Aceptable	Verde
0.91 – 1.00	Buena	Azul

Fuente: IDEAM, 2010

Tomando como referencia los criterios metodológicos del IDEAM, 2010, para la escala de trabajo y considerando como mínimo los parámetros de oxígeno disuelto, porcentaje de saturación, (ECOLI) coliformes fecales, sólidos en suspensión, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, conductividad eléctrica, (pH) y relación N total / P Total, se calculó el Índice de Calidad del Agua para el periodo de estudio. El monitoreo de calidad de agua se realizó en 10 puntos de muestreo de la cuenca del rio Orito y tributarios.

13.1.1. Datos de Calidad y Análisis Físico Químico época húmeda

La campaña se desarrolló durante el mes de julio del 2018 bajo el respaldo del laboratorio CHEMILAB S.A.S en las labores de Muestreo y caracterización de aguas (ver cuadro 87), procedimientos certificados con las Resoluciones 2016 del (08 de agosto 2014) y 1226



del (14 de junio 2016) por parte del Instituto de hidrología, meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM.

Cuadro 87. Resultados Parámetros Fisicoquímicos evaluados sobre el cauce principal y tributarios del río Orito

Estacione s sobre el río Orito	Conductivid ad In situ	DQO	Fosfo ro total	Nitróge no total (Kjel dahl)	Oxíg eno disu elto (In situ)	Temperatur a muestra (In situ)	pH Insit u	Sólidos suspendi dos totales
Aguas 								
arriba								
desemboca	45,1	23,2	0,277	<3,00	8,70	294,55	7,63	<10,0
dura del río								
Verde								
Escuela								
Resguardo	16,82	7,89	0,334	<3,00	9,18	292,15	8,16	<10,0
Alto Orito								
Puente río	57,6	<5,00	0,322	<3,00	8,30	295,65	7,86	<10,0
Orito	·				-	·	·	·
Ecopetrol-	30,1	30,1	0,210	<3,00	8,93	293,95	8,28	15,0
La Parque	·	,	ŕ	,	,	,	·	,
Vereda	32,2	6,52	<0,07	4,48	8,76	294,45	8,40	<10,0
Naranjito	·	ŕ	,	,	,	,	,	·
Balastrera	31,8	12,3	0,184	<3,00	8,75	294,35	7,35	<10,0
Km 10	,,,	, -	-, -	-,	-, -	,,,,,,	,	-,-
Vereda								
San	27,2	13,0	<0,07	<3,00	8,27	296,95	7,85	16,0
Cayetano								
Río	224	9,25	<0,07	<3,00	8,49	296,75	7,63	<10,0
Quebradón		0,20	20,07	30,00	3,43	250,75	7,00	~10,0
Río El	66,8	18,5	0,124	<3,00	8,35	297,35	8,10	<10,0
Caldero	00,0	10,0	5,127	10,00	3,00	201,00	5,10	10,0





Río Yarumo	146,2	18,8	<0,07	3,36	8,57	298,15	7,69	<10,0

Determinación del Índice para 6 variables

Tomando como referencia la metodología del IDEAM para el cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA) descrito en el Estudio Nacional del Agua ENA 2010, éste fue determinado para cada estación de monitoreo definida.

En el siguiente cuadro se presentan los resultados:

Cuadro 88. Índice de Calidad de Agua (ICA) estaciones de monitoreo 2018 con 6 variables

PUNTOS DE MUESTREO	NOMBRE DE PUNTO	ICA	CALIDAD
Punto 1	Punto 1. Río Orito, El Verde	0,79	Aceptable
Punto 2	Punto 2. Río Orito	0,78	Aceptable
Punto 3	Punto 3. Río Orito	0,81	Aceptable
Punto 4	Punto 4. Río Orito	0,72	Aceptable
Punto 5	Punto 5. Río Orito	0,81	Aceptable
Punto 6	Punto 6. Río Orito	0,83	Aceptable
Punto 7	Punto 7. Río Orito	0,82	Aceptable
Punto 8	Tributario 1. Río Quebradón	0,72	Aceptable
Punto 9	Tributario 2. Río Caldero	0,76	Aceptable
Punto 10	Tributario 3. Río Yarumo	0,77	Aceptable

Cabe considerar en este análisis que el 70% de la cuenca presenta niveles de calidad aceptable, por debajo de la máxima categoría que es buena, lo que implica que la afectación es homogénea y preocupa que en las partes altas de la cuenca los niveles de calidad de agua no sean los de la máxima categoría, ya que se supone que es la zona con menor intervención antrópica de la cuenca. En este sentido se considera que la cuenca desde la zona alta se ve afectada por procesos erosivos que introducen en el

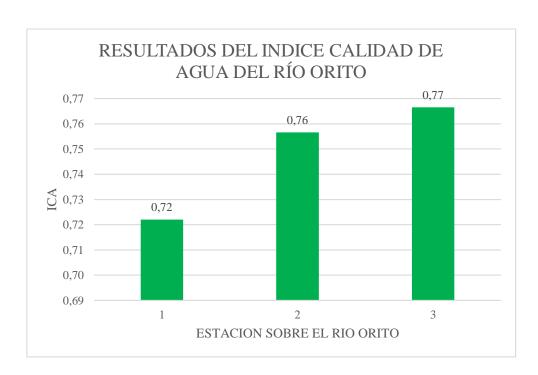




recurso hídrico gran cantidad de elementos sólidos que afectan indiscutiblemente su calidad.

Para el Punto 3 ubicado en el Río Orito, se evidencia claramente la afectación ocasionada por la concentración de vertimientos en la cabecera municipal de Orito. En la salida gráfica correspondientes al mapa de vertimientos del río Orito, se puede evidenciar que el 90% del total de los vertimientos que se encuentran en la zona de influencia de la cuenca se concentran aguas arribas del punto de monitoreo No. 4 (río Orito), lo que indica claramente la afectación sobre el recurso hídrico, generando una disminución de la calidad del agua hasta la categoría de regular.

Implica el incremento de la deforestación, menor capacidad para retener el recurso hídrico y mayor erosión de las riberas, ocasionando disminución en la calidad del agua. A continuación en la gráfica 33, se presentan los resultados del ICA para los puntos de monitoreo ubicados sobre los tributarios del rio Orito



Gráfica 33. ICA 2018, Puntos monitoreo tributarios del río Orito.



Punto 8:Se refiere a la cuenca del río Quebradón, que para el día del muestreo y la caracterización tenía un caudal de 4,2 litros por segundo, lo que queda evidenciado en la tabla de aforo correspondiente al río Quebradón. Es evidente en la salida gráfica de Obras hidráulicas la ubicación de dos infraestructuras de gran envergadura que tienen su concesión de agua sobre el río Quebradón, lo que implica disminución representativa en el caudal del cauce. Esta influencia se refleja en la dilución de los elementos contaminantes que se puedan presentar el flujo reflejándose el menor de los valores que posee los tributarios del río Orito.

13.1.2 Datos de Calidad y Análisis Físico Químico época seca

La campaña se desarrolló durante el mes de septiembre del 2018, a continuación se relacionan los resultados de los parámetros físico-químicos evaluados en el cauce principal y tributarios del río Orito.

Cuadro 89. Resultados Parámetros Fisicoquímicos evaluados sobre el cauce principal y tributarios del río Orito

Estaciones sobre el	Condi	OD	DQO	Nitrógen	Fosfor	Temperatur	рН	Sólidos
río Orito	ctivida			o Total	o total	a muestras	in	suspendid
	d In			Kje ladhl		In situ	situ	os totales
	situ							
Aguas arriba	20,44	9,8	27,4	<3,00	0,082	29,9	8,21	<10,0
desembocadura del								
río Verde								
Escuela Resguardo	20,02	8,65	36,6	<3,00	<0,07	29,9	7,56	<10,0
Alto Orito								
Puente río Orito	21,29	8,38	27,4	<3,00	<0,07	29,6	7,60	<10,0
Ecopetrol- La	28,5	8,20	16,8	<3,00	<0,07	29,6	7,15	<10,0
Parque								
Vereda Naranjito	31,2	8,39	21,6	<3,00	<0,07	29,8	7,45	<10,0
Balastrera Km 10	42,3	8,73	17,8	<3,00	<0,07	30,0	7,46	<10,0



Estaciones sobre el	Condi	OD	DQO	Nitrógen	Fosfor	Temperatur	рН	Sólidos
río Orito	ctivida			o Total	o total	a muestras	in	suspendid
	d In			Kje ladhl		In situ	situ	os totales
	situ							
Vereda San	42,2	7,54	30,8	<3,00	<0,07	30,0	6,95	<10,0
Cayetano								
Río Quebradón	24	8,56	88,6	6,89	<0,07	295,45	7,11	<10,0
Río El Caldero	66,9	8,21	19,9	<3,00	<0,07	296,85	7,08	13,5
Río Yarumo	114,3	8,52	6,17	<3,00	0,981	30,1	7,32	<10,0

• Determinación del Índice para 6 variables

Tomando como referencia la metodología del IDEAM para el cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA), éste fue determinado para cada estación de monitoreo. A continuación en el cuadro 90 se presentan los resultados:

Cuadro 90. Índice de Calidad de Agua (ICA) estaciones de monitoreo 2018 con 6 variables

PUNTOS DE MUESTREO	NOMBRE DE PUNTO	ICA	CALIDAD
Punto 1	Punto 1. Río Orito, El Verde	0,68	Regular
Punto 2	Punto 2. Río Orito	0,75	Aceptable
Punto 3	Punto 3. Río Orito	0,78	Aceptable
Punto 4	Punto 4. Río Orito	0,82	Aceptable
Punto 5	Punto 5. Río Orito	0,79	Aceptable
Punto 6	Punto 6. Río Orito	0,81	Aceptable
Punto 7	Punto 7. Río Orito	0,75	Aceptable
Punto 8	Tributario 1. Río Quebradón	0,70	Regular
Punto 9	Tributario 2. Río Caldero	0,81	Aceptable
Punto 10	Tributario 3. Río Yarumo	0,78	Aceptable



Cabe considerar en este análisis que el 85% de la cuenca presenta niveles de calidad aceptable, por debajo de la máxima categoría que es buena, lo que implica que la afectación igual como se presentó en la época húmeda es homogénea y preocupa que en las partes altas de la cuenca los niveles de calidad de agua no sean los de la máxima categoría, ya que se supone que es la zona con menor intervención antrópica de la cuenca. En este sentido se considera que la cuenca desde la zona alta se ve afectada por procesos erosivos que introducen en el recurso hídrico gran cantidad de elementos sólidos que afectan indiscutiblemente su calidad.



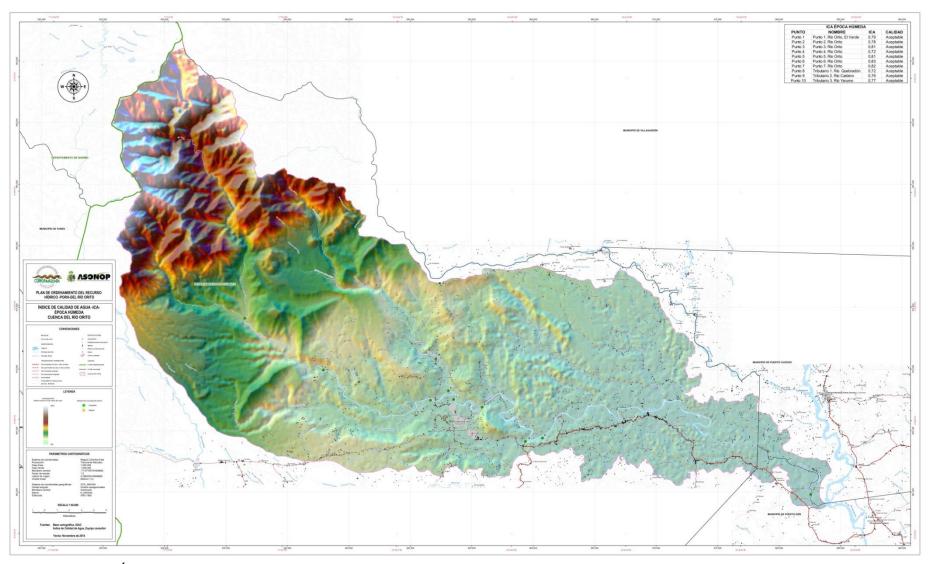


Figura 63. Índice de calidad del Agua ICA año 2018, época húmeda



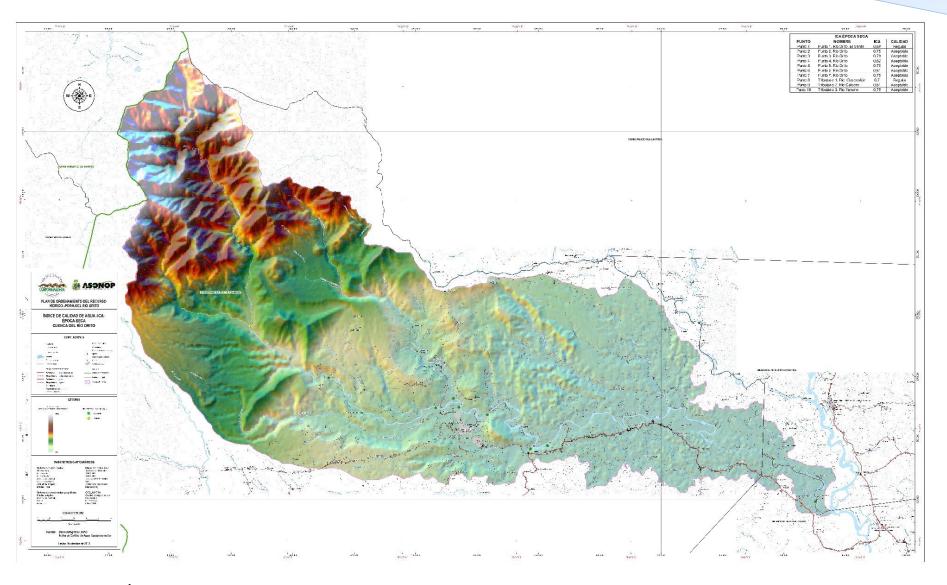


Figura 64. Índice de calidad del Agua ICA año 2018, época se



Punto 1: ubicado en el río Orito, en el cual, se evidencia claramente la afectación ocasionada en el inicio del rio aguas arriba, posiblemente por la deforestación presentada en la misma y al tipo de material que el rio presentan en esta zona, siendo la roca lo que generaría poca retención de oxígeno y degradación de la misma por erosión. Se observa una recuperación en el recorrido del río y a excepción de la época húmeda, esta área presento un nivel medio de calidad, el cual puede ser mejorado con un adecuado tratamiento.

Es evidente que factores importantes como el contenido de solidos suspendidos totales, nitrógeno total y fosforo total no fueron valores representativos y se presentaron por debajo del límite de cuantificación del método utilizado para su procesamiento, dificultando la obtención de valores exactos en los resultados para cada variable aplicada.

En conclusión, las concentraciones de las sustancias contaminantes que posee el rio en su cuenca y en sus tributarios no son lo suficientemente altas para causar un riesgo inminente, sin embargo, es de gran importancia sostener este equilibrio para que el rio no tenga problemas futuros de contaminación.

Finalmente, el cálculo del ICA es muy útil, sencillo y practico, permite tener una idea muy próxima de la calidad del recurso hídrico que se presenta en la cuenca del rio Orito, complementario a lo anterior, se requiere analizar la relación del ICA con los parámetros microbiológicos y bilógicos que presenta la cuenca. Además de que no se tiene en cuenta la totalidad de los analitos fisicoquímicos lo cual es muy importante para determinar la calidad total del recurso hídrico, por lo tanto se tendrá en cuenta los índices de riesgo de calidad de agua IRCA para determinar los objetivos y metas de calidad para el rio Orito.



13.2 ÍNDICE DE RIESGO DE CALIDAD DE AGUA IRCA

13.2.1 Resultados del IRCA en época húmeda

Para el cálculo del índice de riesgo de calidad de agua (IRCA), se determinaron los parámetros físico-químicos y microbiológicos exigidos según la Resolución 2115 de 2007. Para lo cual, se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros: Alcalinidad Total, Dureza Total, Fosfatos, Hierro Total, Nitratos, Nitritos, pH, Turbiedad, Zinc, Cloro residual, y microbiológicos como Escherichia Coli, Coliformes Totales, con una sumatoria de 81 puntos como se muestra en el cuadro 91:

Cuadro 91. Puntaje de riesgos de las características físico-químicas y microbiológicas para determinar el IRCA, de acuerdo a la Resolución 2115 de 2007

CARACTERÍSTICA	PUNTAJE DE RIESGO
Color Aparente	6
Turbiedad	15
рН	1,5
Cloro Residual Libre	15
Alcalinidad Total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1
Zinc	1
Dureza Total	1
Sulfatos	1
Hierro Total	1,5
Cloruros	1
Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio (Al 3+)	3
Fluoruros	1
СОТ	3
Coliformes Totales	15
Escherichia Coli	25





CARACTERÍSTICA	PUNTAJE DE RIESGO
Sumatoria de puntajes asignados	100

Se evidencia en el cuadro anterior que los parámetros con mayor puntaje de riesgo son los microbiológicos Escherichia Coli y Coliformes totales con 25 y 15 puntos respectivamente, y los fisicoquímicos: cloro residual, turbiedad con un puntaje de 15. Se tiene en cuenta el cloro residual libre porque se trata de uno de los parámetros básicos medibles en análisis de agua para realizar el cálculo de IRCA.

Según el riesgo que presente la muestra de agua se puede clasificar de la siguiente manera, cuadro 92.

Cuadro 92. Clasificación del IRCA, 2018.

CLASIFICACIÓN IRCA (%)	NIVEL DE RIESGO	IRCA MENSUAL (ACCIONES)					
80.1 -100	INVIABLE SANITARIA MENTE	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.					
35.1 – 80	ALTO	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.					
14.1 – 35	MEDIO	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.					
5.1 – 14	BAJO	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.					
0 – 5	SIN RIESGO	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.					

Cuadro 93. Resultados del IRCA para la cuenca del río Orito temporada húmeda



Nombre de la estación	ID	IRCA
Estaciones sobre el rio Orito		%
Aguas arriba desembocadura del rio Verde	P1	86,42
Escuela resguardo Alto Orito	P2	86,42
Puente rio Orito	P3	67,90
Ecopetrol -La Parque	P4	87,65
Vereda Naranjito	P5	87,65
Balastrera Km 10	P6	86,42
Vereda San Cayetano	P7	88,27
Rio Quebradón	Tr1	67,90
Rio El Caldero	Tr2	86,42
Rio Yarumo	Tr3	87,65

Los resultados representados en el cuadro 93, demuestran que tanto los siete (7) puntos y tributarios presentaron riesgos, desde alto hasta inviable sanitariamente como fuentes de abastecimiento de agua potable. En este escenario tantos los Coliformes totales y Echericha Coli pueden ser eliminados con un sistema de desinfección ya sea químico o físico pudiendo llegar a un 75% del riesgo presente.

Los puntos 3 y el tributario uno (río Quebradón), presentaron riesgo alto. Tanto Coliformes totales (3 y 17 respectivamente), E. coli (14,8 y 25,9 respectivamente), y el cloro residual, presentan los valores más bajos en comparación con los otros puntos, siendo favorable para un futuro uso que se le pueda dar al agua, principalmente el doméstico, el cual requeriría de un tratamiento de desinfección ya sea por métodos físicos o químicos.

Los puntos 4 y 5 y el tributario 3 (río Yarumo), son los que más riesgo presentan; reportan valores de nitratos de 11,70; 14,31 y 17,99 respectivamente, considerándose por fuera de la norma. Su presencia se puede deber a las descargas de aguas residuales que se presentan en este tramo. Los tratamientos para la eliminación o disminución de este compuesto tiene que ser un tratamiento más especializado con el fin de tener en cuenta esta fuente como abastecedora de una potabilización.



En cuanto a la turbiedad que también registra valores que oscilan entre 1 a 18, este último destacable en los puntos 4 y 7, puede ser manejada dentro de un tratamiento en una planta de potabilización con valores inferiores a 20 NTU. A futuro pueden ser disminuidos en gran porcentaje mediante la aplicación mecánica de los filtros. En todos los análisis esta característica en gran parte está ligada al color verdadero.

En cuanto a los parámetros de Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO5), DBO30 y demanda química de oxígeno (DQO) están por fuera de la Resolución 2115 de 2007, aclarando que estos no son contaminantes, pero sus niveles altos, indican la presencia de contaminación de las aguas.

El parámetro de DBO5, no presenta riesgo, se encuentra dentro de los rangos permisibles por la norma, sin embargo se deberá tener en cuenta el punto 6 que corresponde al tramo 3, donde las aguas del rio Yarumo desemboca sobre el cauce principal de rio Orito, generándose cambios en este parámetro, pero aguas abajo el rio nuevamente disminuye su DBO, esto quiere decir que a mayor contaminación más alta va hacer la DBO y mayor oxigeno van a consumir los microorganismos durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra.

El parámetro de DQO indica que en el punto 4 que correspondiente al tramo 2, reporta un valor de 30,1, considerándose alto y representando un riesgo de contaminación del agua. Lo anterior puede ser causado por el vertimiento de aguas domésticas e industriales sin previo tratamiento, provenientes del casco Urbano del municipio de Orito.

Cabe resaltar que la quebrada el Sábalo es la fuente receptora de vertimientos del casco urbano de Orito y esta a su vez descarga sus aguas en el río Yarumo, tributario que proporciona cargas de contaminación que alterar la calidad del rio Orito.



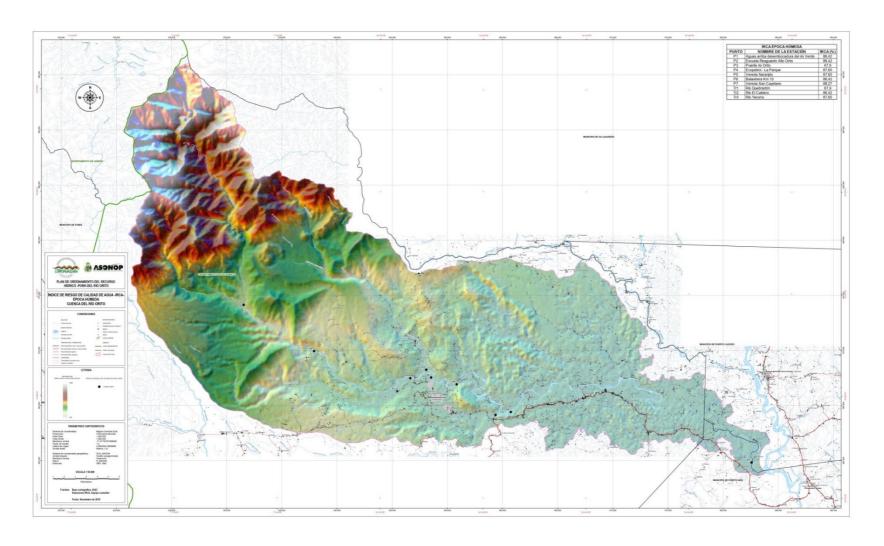


Figura 65. Resultados IRCA época húmeda río Orito.



13.2.2 Resultados de campaña de monitoreo época seca

Los resultados obtenidos en época seca mostraron que los 10 puntos incluidos y tributarios, presentaron riesgos desde alto hasta riesgo inviable sanitariamente (ver figura 67). La presencia de agentes patógenos como las bacterias coliformes totales y Echericha coli pueden ser eliminadas con un sistema de desinfección ya sea químico o físico llegando a una efectividad del 75%.

Los puntos 1, 2, 4 y 6 presentan riesgo alto si se compara con la Resolución 2115 de 2007, donde se presentan bacterias muy comunes en el análisis de aguas crudas o sin tratamiento.

Los puntos 3, 5, 7 y los tributarios se ubican en un puntaje superior al 80,1%, lo que implica un riesgo inviable sanitariamente. Para un futuro proceso de potabilización se deberán contar con plantas de tratamiento que garanticen una buena desinfección, eliminando bacterias nocivas para la salud; Así mismo no es recomendable el agua para uso agrícola.

A excepción del fosforo total, evaluado en el punto siete (7), sector El Yarumo, los parámetros fisicoquímicos básicos como turbiedad, color, pH, residual de cloro y los microbiológicos coliformes totales y fecales, no cumplen con las normas técnicas de calidad de agua potable, sin embargo, esto podría verse modificado con un sencillo tratamiento, permitiendo tener un recurso hídrico apto para diferentes usos.

Los resultados de los análisis en época seca indican que el grado de contaminación de la fuente del rio Orito es aceptable y la dinámica del rio frente a las descargas contaminantes es buena para disminuir riesgo inminente (ver cuadro 93).

En tanto a la turbiedad presentada en los resultados de los análisis es muy asequible para ser manejado dentro de un tratamiento en una planta de potabilización con valores inferiores a 20 NTU. Pueden ser disminuidos en gran porcentaje mediante la aplicación mecánica de los filtros en todos los análisis; esta característica en gran parte está ligada al color verdadero y aparente parámetro que cumpliría con la norma mediante los procesos anteriormente mencionados.

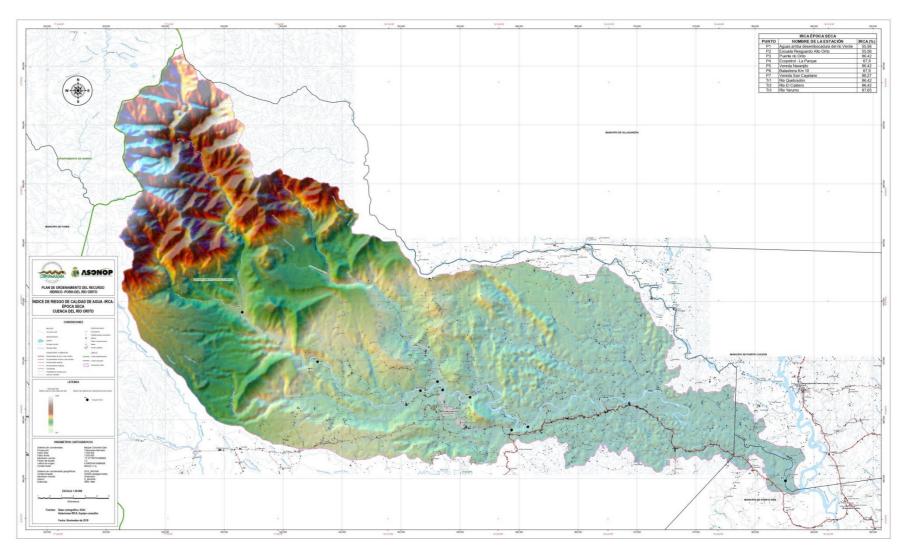


Figura 66. Resultados IRCA época seca rio Orito



Cuadro 94. Resultados del IRCA para la cuenca del río Orito época seca

Nombre de la estación	ID	IRCA
Estaciones sobre el rio Orito		%
Aguas arriba desembocadura del rio verde	P1	55,56
Escuela Resguardo Alto Orito	P2	55,56
Puente rio Orito	P3	86,42
Ecopetrol -la parque	P4	67,90
Vereda Naranjito	P5	86,42
Balastrera KM 10	P6	67,90
Vereda San Cayetano	P7	88,27
Rio Quebradón	Tr1	86,42
Rio Caldero	Tr2	86,42
Rio Yarumo	Tr3	87,65

13.3 ÍNDICES DE CALIDAD BIOLÓGICAS DEL AGUA DEL RÍO ORITO

13.3.1 Metodología

13.3.1.1 Ubicación de los puntos o estaciones de monitoreo

Los puntos de monitoreo evaluados dentro de la cuenca del río Orito, se distribuyeron a lo largo del curso principal. En total se monitorearon cinco (5) estaciones; en el cuadro 95 se relacionan las coordenadas geográficas y la fecha en la cual se ejecutó la toma de muestras.

Cuadro 95. Información geográfica estaciones de monitoreo río Orito

Proyecto	Nombre del		Coordenadas geográficas (WGS884)		Segunda Campaña	
	punto	Este	Norte	campaña	Campana	
	Punto 1	77° 1' 37.90"	0° 44' 26.60"	2018/07/08	2018/09/25	
	Punto 2	76° 58' 13.93"	0° 42' 11.52"	2018/07/09	2018/09/26	
Río Orito	Punto 3	76° 53' 1.66"	0° 40' 57.55"	2018/07/05	2018/09/27	
	Punto 6	76° 48' 35.37"	0° 39' 16.78"	2018/07/10	2018/09/28	
	Punto 7	77° 1' 37.90"	0° 44' 26.60"	2010/01/10	2018/09/29	





13.3.1.2 Colecta de muestras de comunidades hidrobiológicas

Colecta de macroinvertebrados bentónicos

La colecta de las muestras para esta comunidad biológica, se realizó empleando una red Surber de ojo de malla de 500 µm, esta se posicionó sobre el sustrato del cuerpo de agua en contra corriente, luego se procedió a realizar la remoción del sedimento en un área de 900 cm² (30*30 cm) (figura 68), con esto se procuró realizar la captura de organismos presente en esta área, esta actividad se repitió un total de 11 veces, tratado de abarcar la mayor cantidad de microhábitats presente en el cuerpo de agua.

Para finalizar el procedimiento, el sedimento contenido en la red fue depositado en una bolsa plástica de cierre antiderrames (ziploc) previamente rotulada, esta se preservó con solución transeau fue embalada y enviada para su posterior análisis.



Figura 67. Toma de muestras de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos.

Colecta de perifiton



Para la toma de las muestras asociadas a esta comunidad, se realizó empleando un cuadrante de 3x3 cm, se realizaron un total de 11 raspados en diferentes sustratos sumergidos que puedan servir de sustento a los organismos pertenecientes a esta comunidad (figura 69). Las muestras se depositaron en un recipiente de plástico oscuro y se preservaron con transeau en proporción 1:1.



Figura 68. Toma de muestras de la comunidad perifítica

13.3.1.3 Proceso de laboratorio

Macroinvertebrados acuáticos

Una vez en el laboratorio, las muestras colectadas en campo fueron sometidas a un proceso de lavado, el cual consistió en pasar la muestra a través de una serie de tamices 2 mm, 500 µm y 250 µm. Inicialmente se realizó un proceso de separación de elementos como rocas y material vegetal de gran tamaño; posterior a esto, las muestras son analizadas bajo un estéreo-microscopio, y se separaron los organismos para su determinación taxonómica. Todo el material biológico, se almacenó en viales de vidrio fijados con etanol al 70%.



Perifiton

La determinación de los organismos asociados a esta comunidad se efectuó, empleando la siguiente metodología, de las muestras colectadas en campo, se extrajo 1 mL el cual fue servido en una placa SR, la que fue analizada usando un microscopio óptico, el objetivo de 40X se empleó para la realización de la toma del registro fotográfico y el de 10X se ocupó para el conteo de los organismos.

Como en el caso de la comunidad planctónica, la densidad de los organismos se efectuó por medio del empleo de la siguiente formula por APHA (2012):

$$Individuos/cm^2 = (N * 1000 * Vt)/(Ac * Vs * As)$$

Donde:

N = Número de organismos contados

At = Area total de la placa (mm²)

Vt = Volumen total de la muestra original (ml)

Ac = Área contada (cm²)

Vs = Volumen usado para el conteo (ml)

As = Superficie total raspada (cm²)

Para el conteo de organismos se estableció que un individuo sería equivalente a una colonia, filamento o célula. La identificación taxonómica se hizo con base en las descripciones de documentos especializados en esta comunidad y enfocados en ecosistemas acuáticos continentales.

13.3.1.4 Calculo de índices de diversidad de comunidades biológicas



Para el análisis de la información de las comunidades hidrobiológicas evaluadas, se precisaron los siguientes aspectos:

Toda la información reportada como producto del análisis de las muestras, fue procesada por medio del programa Excel. Para el caso de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, se reportaron en relación directa al área evaluada en campo, así que las densidades se expresaron en Ind/m². Finalmente, los organismos pertenecientes a la comunidad perifítica, se reportaron en relación al área evaluada Ind/cm².

Como parte de los análisis se realizaron los cálculos de los índices de diversidad empleando como aplicativo estadístico Past versión 3.17, 2017.

Las variables evaluadas fueron diversidad de Shannon, riqueza de especies, dominancia y uniformidad de Pielou. Además de lo anterior se desarrolló el cálculo del índice BMWP/Col.

Índice de Diversidad de Shannon-Weaver:

Este índice evalúa la diversidad la cual se representa como H'. Este índice se muestra como un valor que oscila entre 0 y 5; no obstante, generalmente varía entre 2 y 3. El cálculo de este índice se hizo por medio de la siguiente formula:

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} P_i Log P_i$$

Donde:

S: número de especies (la riqueza de especies)

Pi: proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): ni/N



Ni: número de individuos de la especie i

N: número de todos los individuos de todas las especies

Los registros de diversidad entre 0,0 a 1,5 bits/ind, indican aguas muy contaminadas, mientras que diversidades de 1,5 a 3,0 bits/ind, indican aguas medianamente contaminadas y de 3,0 a 5,0 bits/ind, aguas muy limpias (Roldán y Ramírez, 2008).

• Índice de Dominancia

•

Con la finalidad de establecer la dominancia de alguno de los organismos identificados, se empleó el índice de Dominancia, cuya fórmula es la que sigue:

$$D = \sum_{i} N_{i}/n$$

D explica la probabilidad de que dos individuos extraídos al azar de una comunidad pertenezcan a la misma especie (Moreno, 2001).

Donde

Ni es el número de individuos del taxón i

n es el número total de individuos de la muestra.

Este índice muestra valores que oscilan entre 0 y 1, es necesario resaltar que datos de este índice entre 0,0 y 0,5, evidenciarían bajas dominancias y por lo tanto sería posible asumir que los registros de abundancia de los organismos son equivalentes entre sí. En contraste, datos de dominancia entre 0,5 y 1,0, harían de notar que alguno de los taxones identificados mostró abundancias sobresalientes al compararlos con los demás presentes en un punto de monitoreo especifico.

Índice de uniformidad de Pielou

Este índice pretende valorar la equidad (J) en cada estación evaluada haciendo un análisis de la relación entre la dominancia y abundancia. La fórmula a partir de la cual se calcula este índice es la siguiente:

$$J' = \frac{H'}{H' Max}$$

H`max = log (S) corresponde a la diversidad más alta posible, que se obtiene si todas las especies tuvieran la misma abundancia. Su valor va de cero (0) a uno (1), de modo que uno (1) corresponde a situaciones donde la riqueza y abundancia de todas las especies son iguales (Pinilla, 1998).

• Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party),

En cuanto al índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), se creó como parte de la necesidad de realizar una evaluación de la calidad del recurso hídrico, este se basa en la asignación un valor específico a las familias de macroinvertebrados bentónicos, reportadas en la cada estación evaluada. Este fue posteriormente adaptado a las condiciones de nuestro país por Roldán (2003) y complementado por Zamora (2007).

Cuadro 96. Puntaje de cada familia de macroinvertebrados acuáticos para el cálculo del índice BMWP/Col.



Familias Pamilias	Puntajes
Anomalopsychidae. Atriplecticdidae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae. Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae. Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraeniidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcydae, Xiphocentronidae	9
Gerridae, Hebridae, Helipcopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossossomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancylida, Crydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae	2
Tubificidae	1

Fuente: Roldán, 2003

En el cuadro 97, se presentan los rangos dentro de los cuales, es posible establecer la calidad del recurso hídrico a partir del cálculo del BMWP/Col.

Cuadro 97. Categorías de calidad de agua según el BMWP/Col, Roldán, 2003.

CLASE	CALIDAD	BMWP/COL	SIGNIFICADO
1	Buena	>150, 101-120	Aguas muy limpias a limpias
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas



IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas
V	Muy crítica	<15	Aguas fuertemente contaminada

Con base en el BMWP/Col y la riqueza de taxones, se desarrolló el cálculo del ASPT (Average Score Per Taxon) o puntaje promedio por taxón, este índice es valioso como parte del análisis de la calidad de cada estación de monitoreo, este se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$ASPT = BMWP/S$$

Donde:

S=riqueza de organismos.

El análisis de correlación canónica, pretende establecer la relación entre los parámetros fisicoquímicos y las comunidades hidrobiológicas dentro de cada ecosistema acuático. Es de resaltar que previo a la ejecución de este análisis se estandarizaron y normalizaron los datos.

13.3.2 Resultados y análisis de la primera campaña (época húmeda)

13.3.2.1 Perifiton

El Perifiton se define como una compleja comunidad de microorganismos (algas, bacterias, hongos y animales) adheridos a sustratos orgánicos e inorgánicos, vivos o muertes (Wetzel, 1983) (Citado en: Schwarzbold, Burliga y Torgan (2013)). Es necesario resaltar que para el presente monitoreo la comunidad perifítica se asocia a organismos autótrofos y/o heterótrofos facultativos. Los organismos asociados a esta comunidad pueden y deben de ser usados en programas de monitoreo, para detectar los impactos humanos antes incluso de que los cuales sean evidentes (Rosemberg et al, 2008, Citado en: Schwarzbold, Burliga y Torgan, 2013).



Composición taxonómica

Para esta comunidad se reportaron en total 19 morfoespecies, asociadas a su vez a cinco (5) clases y 14 familias, las divisiones registrados fueron cuatro (4) (Bacillariophyta, Charophyta, Cyanobacteria y Euglenozoa). En el cuadro 94, se registran las morfoespecies reportadas como resultado del análisis de las muestras tomadas en las estaciones de monitoreo posicionadas sobre el río Orito. A continuación en el cuadro 98, se apreciara la composición de la comunidad perifítica.

Cuadro 98. Clasificación taxonómica de la comunidad perifítica en las estaciones de monitoreo río Orito

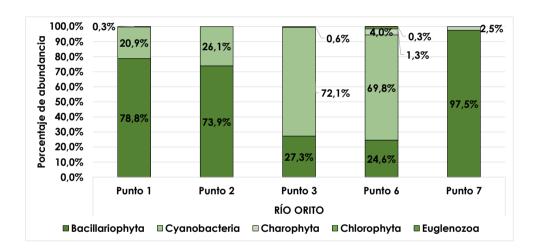
DIVISION	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOTIPO
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Cocconeidaceae	Cocconeis sp1
		Cymbellales	Gomphonematacea	Encyonema sp 1
			е	Gomphonema sp1
		Eunotiales	Eunotiaceae	Eunotia sp1
		Fragilariales	Fragilariaceae	Synedra sp1
		Licmophorales	Ulnariaceae	Ulnaria sp1
		Naviculales	Naviculaceae	Gyrosigma sp1
				Navicula sp1
				Navicula sp2
				Navicula sp3
			Pinnulariaceae	Pinnularia sp1
Charophyta	Conjugatophycea e Chlorophyceae	Desmidiales	Closteriaceae	Closterium sp1
			Desmidiaceae	Cosmarium sp1
		Zygnematales	Zygnemataceae	Zygnema sp1
		Chaetophorale s	Chaetophoraceae	Chaetophora sp1
		Oedogoniales	Oedogoniaceae	Oedogonium sp1
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Ocillatoriaceae	Lyngbya sp1
				Phormidium sp1
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	Euglena sp1

La comunidad perifítica en tres (3) de las cinco (5) estaciones evaluadas, se encontró dominada por morfoespecies pertenecientes al phylum Bacillariophyta, estas estaciones fueron Punto 1, Punto 2 y Punto 7, es necesario resaltar que en esto puntos de monitoreo la disponibilidad de luz y la temperatura fueron factores relevantes para el establecimiento y el desarrollo de esta comunidad, esto teniendo en cuenta que durante la toma de las muestras se procura evaluar superficies sumergidas y expuestas de manera directa a la luz solar.



Esto con base en Tundisi y Tundisi (2008) (citado en: Schwarzbold, et al., 2013), quien afirma que un incremento en la temperatura desde 11,9 a 20,0 °C, con 20000 Lux de intensidad luminosa, pueden producir un incremento del 33,4% en la tasa de fotosíntesis del perifiton. Por lo tanto, es probable que esto factores favorezcan el desarrollo de organismos autótrofos como es el caso del phylum Bacillariophyta.

Adicionalmente es probable que la proximidad de las estaciones 3 y 6 a zonas urbanas este influyendo en la abundancia de este tipo de organismos autótrofos que se ven influenciados por factores como la concentración de materia orgánica e intervenciones que cause afectaciones en la turbidez del agua y la disponibilidad de sustratos adecuados.



Gráfica 34 Porcentaje de abundancia de los phylum de la comunidad perifítica reportados en las estaciones de monitoreo de río Orito.

La presencia de cianobacterias como otro de los grupos relevantes para esta comunidad, como se mencionó, sería un indicativo de la presencia de materia orgánica, inestabilidad en la disponibilidad de luz y bajas concentraciones de oxígeno condiciones que favorecen el establecimiento y desarrollo de comunidades perifítica compuestas predominantemente por especies heterótrofas facultativas como es el caso de las cianobacterias (Jones, 2000).



Es probable que algunas de las características que presentaron las estaciones de monitoreo Punto 3 y Punto 6, hubieran favorecido en gran medida a la predominancia de morfoespecies pertenecientes a esta división, su proximidad a los centros poblados habría permitido el aumento en las concentraciones de materia orgánica, así mismo las intervenciones que se realizan sobre el canal del río como las extracción de material de arrastre, influirían en características fundamentales para el establecimiento y desarrollo del perifiton.

Índices de diversidad

Los índices ecológicos calculados para describir esta comunidad, demostraron que el recurso hídrico de las estaciones Punto 1 y Punto 7 estaría dentro de una categoría de contaminación moderada, esto debido a que la diversidad varió entre 1,5 y 3,0 (Roldán y Ramírez, 2008). Sin embargo, es necesario resaltar que los registro de equidad habrían demostrado que la diversidad en términos generales osciló entre moderada y alta, ya que los valores de J fueron desde 0,51 has 0.83 (cuadro 99). Finalmente, la dominancia fue baja en todos los puntos de monitoreo ya que esta no superó los 0,51.

Cuadro 99. Índices de diversidad comunidad perifítica.

ESTACIÓN DE MUESTREO		COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA				
		D′	H′	J	S	N
	Punto 1	0,25	1,59	0,76	8	330
RÍO ORITO	Punto 2	0,34	1,15	0,83	4	138
	Punto 3	0,46	1,16	0,60	7	359
	Punto 6	0,51	1,12	0,51	9	378
	Punto 7	0,17	1,89	0,91	8	81

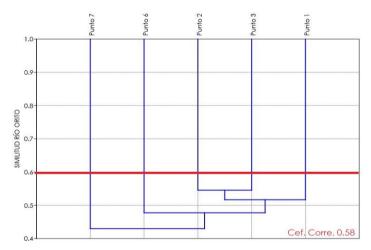




D': dominancia, H': diversidad, J: equidad, S: riqueza o número de especies, N: número de individuos o abundancia

Similitud de Bray Curtis

El análisis de similitud realizado, a partir de la presencia de las morfoespecies para cada uno de los puntos de monitoreo, evidenció que la comunidad perifítica caracterizada para el río Orito, habría presentado una composición única en cada punto de monitoreo, evitado así una asociación significativa y demostrando que probablemente las características propias de cada lugar de evaluación, serian el factor determinante para el establecimiento de esta comunidad en particular.

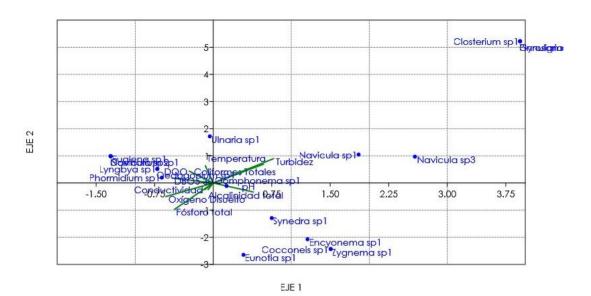


Gráfica 35. Similitud de Bray Curtis para la comunidad perifítica río Orito

Análisis de correlación canónica comunidad perifítica

Para esta comunidad, la evaluación de la posible correlación entre la composición y la estructura del perifitón con las variables fisicoquímicas evaluadas, resulto ser poco significativa, ya que en conjunto el eje 1 y 2 del análisis, solo estarían explicando el 30,36% de la variación en los datos de la comunidad perifitica.





Gráfica 36. Correlación canónica comunidad perifítica

13.3.2.2 Macroinvertebrados bentónicos

El término de macroinvertebrados acuático, se emplea como una abstracción que incluye a aquellos animales invertebrados, que, por su tamaño relativamente grande, son retenidos por redes de luz de malla de entre 250-300 mm. .La gran mayoría de los mismos (alrededor del 80%) corresponden a grupos de artrópodos, y dentro de estos los insectos, y en especial sus formas larvarias, son las más abundantes; adicionalmente estos organismos presentan una amplia gama de tolerancia a diferentes condiciones de contaminación, lo cual facilita su uso como bioindicadores, por otra parte su estudio se hace empleando técnicas de muestreo muy estandarizadas y que no requieren de equipos costosos (Alba-Tercedor, 1996).

Composición taxonómica

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos, cuadro 100, reportada para las estaciones evaluadas sobre la cuenca del río Orito, se conformó por un total de 16 morfotipos, los que a su vez se agruparon en dos (2) clases, 13 órdenes y nueve (9) familias, la mayor parte de los organismos reportados pertenecieron al phylum





Arthropoda; sin embargo, se registró la presencia del phylum Annelida con una (1) morfoespecie de la familia Naididae. En el cuadro 100, es posible apreciar la composición taxonómica de esta comunidad.

Cuadro 100. Clasificación taxonómica de la fauna bentónica en las estaciones de monitoreo río Orito

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	MORFOTIPO
Annelida	Oligocha eta	Tubificida	Naididae	-	Naididae Mf
	Coleoptera		Elmidae	Autrolimnius	Austrolimnius sp1
				Heterelmis	Heterelmis sp1
			Chironomida	-	Chironominae Mf
		Diptera	е	-	Orthocladiinae Mf
			Tipulidae	Tipula	Tipula sp1
		Ephemeropt era	Baetidae	Camelobaetid ius	Camelobaetidius sp1
				Mayobaetis	Mayobaetis sp1
Arthropo da	Insecta		Leptohyphid ae	Leptohyphes	Leptohyphes sp1
			Leptophlebiid ae	Thraulodes	Thraulodes sp1
			Naucoridae	Limnocoris	Limnocoris sp1
		Tiemptera	Veliidae	Rhagovelia	Rhagovelia sp1
		Megaloptera	Corydalidae	Corydalus	Corydalus sp1
		Odonata	Coenagrionid ae	Argia	Argia sp1
		Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	Anacroneuria sp1
		Trichoptera	Hydropsychi dae	Smicridea	Smicridea sp1

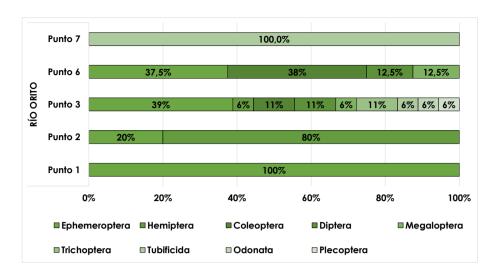


El orden ephemeroptera fue el grupo taxonómico domínate en los Puntos 1 y 3, en los cuales alcanzó porcentajes de abundancia del 100 y el 39 % respectivamente, este orden también se registró en las estaciones de monitoreo punto 2 y Punto 6 aunque menor proporción. La presencia de este taxón en los ecosistemas acuáticos, generalmente se encuentra asociada a la buena calidad del recurso hídrico, esto debido a que los efemerópteros son organismos que presentan una alta sensibilidad a las variaciones en las características del recurso hídrico o a la contaminación del mismo, de ahí su importancia como organismos indicadores de la calidad de aqua.

En la estación de monitoreo Punto 2 el grupo de organismos dominante fueron los pertenecientes al orden Hemíptera, alcanzando un porcentaje de abundancia del 80%. Algunas especies de hemípteros son predadores y potencialmente útiles en el control biológico (Ortegón & Quiroz 1990) (Citado en: Padilla, 2013). En términos generales, la presencia de este grupo de organismos sería un indicativo de la adecuada calidad del agua, ya que este orden presenta cierta sensibilidad a los cambios abruptos en las condiciones de los ecosistemas acuáticos que habitan.

En la estación de monitoreo Punto 6, se reportó la presencia de organismo pertenecientes a la familia Chironomidae, con dos taxones los cuales en conjunto representaron el 11% del total de organismos en esta estación de monitoreo. Es necesario resaltar que los organismos pertenecientes a estas familias en generalmente son indicadores de aguas con alta carga orgánica (Terneus, 2012).





Gráfica 37. Porcentaje de abundancia de los órdenes de la fauna bentónica reportados en las estaciones de monitoreo de río Orito.

Índices de diversidad

Los índices de diversidad, solo fueron calculados para cuatro (4) de las cinco (5) estaciones monitoreadas, esto debido a que en el Punto 7, solo se identificó un taxón, razón por la cual no es posible realizar el cálculo de los índices adecuadamente. Sin embargo, para las demás estaciones de monitoreo, se realizaron los cálculos y estos evidenciaron que en términos generales, la diversidad reportada apreciada desde el registro de equidad fue alta, ya que los valores de J oscilaron entre 0,72 y 0,97, resultados que demostraron que de la diversidad máxima esperada para cada estación se habrían alcanzado porcentajes superiores al 17%, cuadro 101.

Cuadro 101. Índices de diversidad de la fauna bentónica

ESTACIÓN DE MUESTREO		COMUNI	DAD MAC	ROINVER	RTEBR	ADOS
		D´	H′	J	S	N
RÍO ORITO	Punto 1	0,68	0,50	0,72	2	5
	Punto 2	0,44	0,95	0,87	3	5
	Punto 3	0,14	2,21	0,92	11	18
	Punto 6	0,19	1,73	0,97	6	8
	Punto 7	1,00	0,00		1	5

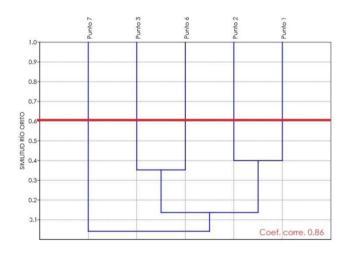




D': dominancia, H': diversidad, J: equidad, S: riqueza o número de especies, N: número de individuos o abundancia

Similitud de Bray Curtis

A partir del análisis de similitud realizado, fue posible establecer que con base en la composición de la comunidad bentónica, no se reportó asociaciones significativas entre los puntos de monitoreo (figura 73), esta situación se habría asociado probablemente a la baja diversidad de macroinvertebrados reportados. Adicionalmente esto indicaría que en cada punto de monitoreo se estarían presentando probablemente condiciones y características que favorece el establecimiento de un determinado tipo de organismo bentónicos.



Gráfica 38. Similitud de Bray Curtis para la fauna bentónica río Orito

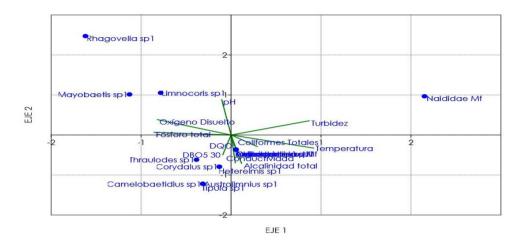
Correlación canónica comunidad de macroinvertebrados acuáticos

Al realizar el análisis de los resultados de esta correlación, fue posible establecer que, con base en los datos empleados, no se apreció una correlación estadísticamente significativa entre las variables fisicoquímicas y la composición de la comunidad de





macroinvertebrados acuáticos evaluada. Al revisar el porcentaje explicativo de la correlación fue del 25,81%.



Gráfica 39. Similitud de Bray Curtis para la fauna bentónica río Orito

13.3.3 Resultados y análisis de la segunda campaña (época seca)

13.3.3.1 Perifitón

Composición taxonómica

Para la segunda campaña de monitoreo, en total se identificaron 35 morfoespecies, agrupadas en 21 familias y 17 órdenes. Para esta campaña las divisiones registradas fueron cuatro (4) (Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta y Cyanobacteria). En el cuadro 102, es posible apreciar la distribución y composición taxonómica de los organismos pertenecientes a la comunidad perifitica evaluada en las estaciones del río Orito durante la segunda campaña de monitoreo.

Cuadro 102. Clasificación taxonómica de la comunidad perifítica en las estaciones de monitoreo río Orito



DIVISION	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOTIPO
		Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia sp1.
		Dacillaliales	Bacillariaceae	Nitzschia sp2.
		Cocconeidale s	Cocconeidaceae	cf. Cocconeis spp.
				cf. Encyonema spp.
		Cymbellales	Gomphonematac eae	Gomphonema sp1.
				Gomphonema sp2.
		Eunotiales	Eunotiaceae	Eunotia sp1.
		Lanollalos	Editolidocac	Eunotia sp2.
				Synedra sp1.
		Fragilariales	Fragilariaceae	Synedra sp2.
				Synedra sp3.
Bacillarioph yta	Bacillariophyceae	ariophyceae Mastogloiales -		Mastogloiales Mf1.
				Naviculales Mf1.
				Naviculales Mf2.
			Amphipleuracea e	Amphipleura sp1.
				Frustulia sp1.
		Naviculales	Naviculaceae	Gyrosigma sp.
			, tariouladoad	Navicula sp1.
			Pinnulariaceae	Pinnularia sp1.
				Pinnularia sp2.
			Stauroneidaceae	Stauroneis sp1.
		Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	Rhopalodia sp1.
		Surirellales	Surirellaceae	Surirella sp1.
		Jamonaro		Surirella sp2.
		Tabellariales	Tabellariaceae	Tabellaria sp1.





DIVISION	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOTIPO
	Coscinodiscophy ceae	Melosirales	Melosiraceae	Melosira sp1.
	Conjugatoria	Desmidiales	Closteriaceae	Closterium sp1.
Charophyta	Conjugatophycea e	2 communator	Desmidiaceae	Cosmarium sp1.
		Zygnematales	Zygnemataceae	Spirogyra sp1.
Chlorophyt	Chlorophyceae	Chaetophoral es	Chaetophoracea e	Stigeoclonium sp1.
a	Omorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	Oedogonium sp1.
			Homoeotrichace ae	Homoeothrix sp1.
Cyanobacte	Cyanophyceae	Oscillatoriales		cf. Lyngbya spp.
ria			Oscillatoriaceae	cf. Phormidium spp.
		Synechococc ales	Leptolyngbyacea e	Leptolyngbya sp1.

La comunidad perifítica reportada para el presente monitoreo, se encontró dominada por organismos pertenecientes al Phylum Cyanobacteria, este taxón que con cuatro (4) morfoespecies fue el de mayor abundancia en las estaciones de monitoreo río Orito puntos 2,3 y 6, la morfoespecie 1 del genero Leptolyngbya, para las estaciones de monitoreo río Orito Punto 2 y 3 la abundancia de esta morfoespecie osciló entre 95,6 y 99,7 % de la comunidad perifitica; en cuanto a la estación Punto 6 las morfoespecies de mayor abundancia fueron cf. Lyngbya spp y Homoeothrix sp1, las que en conjunto representaron el 66,13% del total de los organismos reportados para esta estación (gráfica 36).

Es posible considerar que para el momento de la toma de las muestras la comunidad perifitica y específicamente las cianobacterias, en las estaciones sobre el río Orito, puntos 2,3 y 6, se encontraran en un proceso denominado como "floración algal", durante este proceso, el cual puede desencadenarse en pocas horas o varios días y





puede desaparecer rápidamente o permanecer por períodos prolongados; dado que una floración algal es un fenómeno complejo.

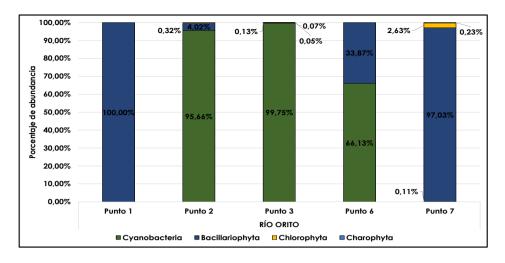
Los mecanismos que influencian su iniciación y desarrollo son diversos e implican la interacción de factores biológicos, físicos y químicos (Aguilera & Echenique, 2011). Ciertas condiciones fisicoquímicas favorecen el establecimiento y la proliferación de las cianobacterias. Generalmente, altas concentraciones de nutrientes (principalmente nitrógeno y fósforo), temperaturas elevadas, buena disponibilidad lumínica, baja turbulencia, ausencia de vientos y la estratificación del cuerpo de agua, se relacionan con el desarrollo de las floraciones (Bartram et al., 1999. En: Aguilera & Echenique, 2011).

En cuanto a las algas pertenecientes al phylum Bacillariophyta, estas fueron dominantes en las comunidades de las estaciones río Orito punto 1 y río Orito punto 7, respectivamente con 100 y 97,03% de la abundancia total de organismos (gráfica 40).

La abundancia de estos organismos se puede asociar a una mayor turbulencia en el agua especialmente en la estación río Orito Punto 1 y en la estación de monitoreo Punto 7 al tipo de sustrato predominante, el cual fueron rocas de tamaño medio, que eran constantemente lavadas por la corriente, es necesario resaltar que las bacilariofitas, poseen la capacidad de desarrollar estructuras, por medio de las cuales puede asirse al sedimento favoreciendo así su establecimiento.

Es necesario mencionar la presencia de los demás phyla, como es el caso de Chlorophyta y Charophyta, sus porcentajes de abundancia oscilaron entre 0,23 y 2,63 (gráfica 40), razón por la cual la representatividad de estos organismos dentro de la comunidad perifitica habría sido limitada.





Gráfica 40. Porcentaje de abundancia de los phylum de la comunidad perifítica reportados en las estaciones de monitoreo de río Orito

• Índices de diversidad.

El cálculo de los índices de diversidad para la segunda campaña de monitoreo, evidenciaron que para el caso de las estaciones de monitoreo río Orito Puntos 2 y 3, diversidad (H') fue respectivamente de 0,24 y 0,02, resultados que estuvieron en concordancia con la dominancia (D'), que fue de 0,92 y 0,99 en su orden para los Puntos 2 y 3, estos resultados serían un indicador de aguas muy contaminadas según lo establecido por Roldán y Ramírez (2008). En relación a las demás estaciones, los registros de diversidad variaron entre 1,51 y 1,75, indicando así la presencia de aguas moderadamente contaminadas, en estas estaciones los datos de dominica fueron bajos y en consecuencia la equidad elevada (cuadro 103).



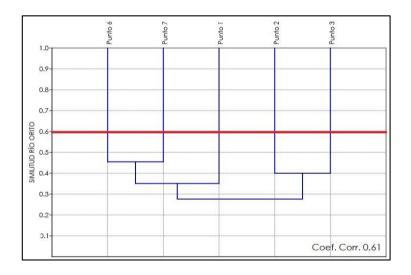


Cuadro 103. Índices de diversidad comunidad perifítica

ESTACIÓN DE M	COMUNIDAD PERIFITICA					
LOTAGION DE MOLOTICEO			H′	J	S	N
	Punto 1	0,24	1,75	0,84	8	19
	Punto 2	0,92	0,24	0,11	9	622
RÍO ORITO	Punto 3	0,99	0,02	0,01	11	17785
	Punto 6	0,29	1,51	0,77	7	62
	Punto 7	0,27	1,91	0,61	23	874

D´: dominancia, H´: diversidad, J: equidad, S: riqueza o número de especies, N: número de individuos o abundancia

• Similitud de Bray Curtis



Gráfica 41. Similitud de Bray Curtis para la comunidad perifítica río Orito

La determinación de la similitud entre las estaciones evaluadas, a partir de la presencia compartida de taxones, evidenció que al igual que para la primera campaña, el grado de similitud entre las estaciones evaluadas, no superó en ninguno de los

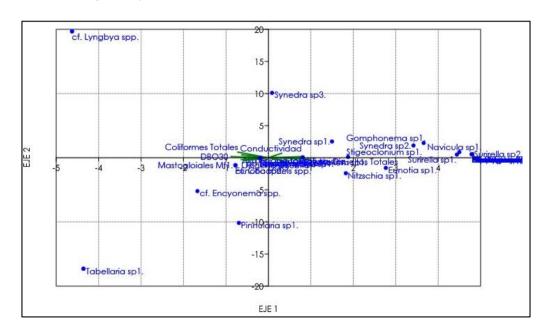




casos el 50% (Coef. Corre. 0,61) (gráfica 37); por lo tanto, sería posible indicar que las características fisicoquímicas de los puntos evaluados, habrían sido diferentes, dando como resultados composiciones de la comunidad perifitica dispares.

Correlación canónica comunidad perifitica

Para esta comunidad, el análisis de asociación entre las variables fisicoquímicas y la composición de la comunidad, resulto ser poco significativo, esto debido a que en conjunto los ejes 1 y 2, solo estarían explicando el 35,14% de la variación en la estructura y composición de esta comunidad.



Gráfica 42. Correlación canónica comunidad perifitica

13.3.3.2 Macroinvertebrados bentónicos

Composición taxonómica

Para la segunda campaña de monitoreo, la comunidad bentónica se encontró conformada por un total de 60 morfotipos, agrupados en 29 géneros, 34 familias y 11



órdenes, el phylum dominante en términos de abundancia y riqueza de taxa fue Arthropoda; no obstante, también se reportaron organismos asociados a los phylum Annelida, Mollusca y Nematoda. En el cuadro 104, es posible apreciar la composición taxonómica de esta comunidad.

Para esta segunda campaña de monitoreo los organismos pertenecientes al orden díptera mostraron porcentajes de abundancia que oscilaron entre 18,8 y 47,9% (figura 37), los dípteros fueron el taxón dominante en términos de abundancia en las estaciones de río Orito puntos 1,6 y 7. Este taxón agrupó seis (6) familias y 11 morfotipos. De las familias identificadas sobresalió Chironomidae, que con cinco (5) morfotipos sobresalió debido a su riqueza (cuadro 104).

Cuadro 104. Clasificación taxonómica de la fauna bentónica en las estaciones río Orito

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	MORFOTIPO
Annelida	Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	-	Glossiphoniidae Mf1.
7 timonaa	Oligochaeta	Haplotaxida	Naididae	-	Naididae Mf1.
					Acari Mf1.
	Arachnida	_	_	_	Acari Mf2.
	Aracimida				Acari Mf3.
					Acari Mf4.
	Collembola	Entomobryomorph a	Entomobryidae	-	Entomobryidae Mf1.
Arthropoda			Dytiscidae	-	Dytiscidae Mf1.(larva)
, uniopoda				Heterelmis	Heterelmis sp1.
			Hexanchorus Hex	Hexanchorus sp1.	
	Insecta	Coleoptera			Macrelmis sp1.
			Elmidae	Macrelmis	Macrelmis sp2.
					Macrelmis sp3.
				Microcylloepu s	Microcylloepus sp1.



PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	MORFOTIPO				
				Neoelmis	Neoelmis sp1.				
			Hidrochidae	-	Hidrochidae Mf1.				
			Ptilodactylidae	-	Ptilodactylidae Mf1.				
			Blephariceridae	-	Blephariceridae Mf1.				
			Ceratopogonidae	-	Ceratopogonidae Mf1.				
			Ceratopogoriidae	Alluaudomyia	Alluaudomyia sp1.				
				-	Chironomidae Mf1. (pupa)				
				-	Chironominae Mf1.				
		Diptera	Chironomidae	-	Orthocladiinae Mf1.				
				-	Orthocladinae Mf1.				
				-	Tanypodinae Mf1.				
			Empididae	-	Empididae Mf1.				
			Simuliidae	Simulium	Simulium sp1.				
			Tipulidae	-	Tipulidae Mf1.				
		Ephemeroptera		-	Baetidae Mf1.				
			Baetidae	Baetodes	Baetodes sp1.				
								Camelobaetid us	Camelobaetidus sp1.
			Caenidae	-	Caenidae Mf1.				
			Leptohyphidae	Leptohyphes	Leptohyphes sp1.				
				Tricorythodes	Tricorythodes sp1.				
				Thoory arouse	Tricorythopsis sp1.				
			Leptophebiidae	Hydrosmilodo n	Hydrosmilodon sp1.				
				Thraulodes	Thraulodes sp1.				
			cf. Hebridae	-	cf. Hebridae spp.				
		Hemiptera	Naucoridae	Cryphocricos	Cryphocricos sp1.				
		ptora	. Tadoonado	Limnocoris	Limnocoris sp1.				
			Veliidae	Ranatra	Rhagovelia sp1.				
		Lepidoptera	Cambridae	Petrophila	Petrophila sp1.				
		Megaloptera	Corydalidae	Corydalus	Corydalus sp1.				
		Odonata	Coenagrionidae	Argia	Argia sp1.				





PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	MORFOTIPO
			Libellulidae	cf. Macrothemis	cf. Macrothemis spp.
			Platystictidae	Palaemnema	Palaemnema sp1.
			Polythoridae	Cora	Cora sp1.
		Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	Anacroneuria sp1.
			Hydrobiosidae	cf. Neochorema	cf. Neochorema spp.
			Hydropsychidae	Leptonema	Leptonema sp1.
			Trydropsychiade	Smicridea	Smicridea sp1.
				-	Hydroptilidae Mf1.
		Trichoptera	Hydroptilidae	Mayatrichia	Mayatrichia sp1.
				Metrichia	Metrichia sp1.
			Leptoceridae	-	Leptoceridae Mf1.
			Polycentropodidae	Polycentropu	Polycentropus sp1.
			1 ory och ir opodicae	S	Polyplectropus sp1.
			Xiphocentronidae	-	Xiphocentronidae Mf1.
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Planorbidae	-	Planorbidae Mf1.
Nematoda	-	-	-	-	Nematoda Mf1.

La dominancia de los organismos pertenecientes a la familia Chironomidae, se encontraría directamente asociada a la amplia distribución de esta familia en todos los medios acuáticos y su gran riqueza taxonómica (Wiggins et al. 1980 En: Velasco, et al., 1993).

Otro de los órdenes sobresaliente fue ephemeroptera, este alcanzó una riqueza de nueve (9) morfotipos asociados a cuatro (4) familias. Los efemerópteros fueron el taxón de mayor abundancia en la estación de monitoreo río Orito punto 3 donde alcanzó un 40,00% del total de los organismos; sin embargo, es muy relevante resaltar la presencia de estos organismos en todas las estaciones evaluadas, para los puntos 1,6 y 7 el porcentaje de abundancia de efemerópteros sobrepasó el 20%.

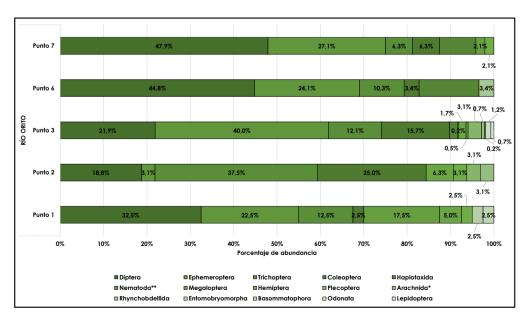
Es necesario resaltar que por lo regular, las ninfas de efemerópteros viven en aguas limpias y bien oxigenadas, por lo que se consideran indicadores ecológicos de buena



calidad de agua (Roldán, 1985). Por lo tanto, la presencia de estos organismos sería un indicativo de la calidad del recurso hídrico del río Orito.

Organismos pertenecientes al orden Trichoptera se reportaron en todas las estaciones evaluadas, sin embargo, este taxón fue el de mayor relevancia en términos de abundancia en la estación de monitoreo río Orito Punto 2, allí alcanzó un 37,5% (gráfica 37). Para las demás estaciones los porcentajes de abundancia de este orden variaron entre 6,3 y 15,5 %. De los taxa identificados los pertenecientes a la familia Hydropsychidae sobresalieron por su abundancia y riqueza de morfotipos, esta familia está constituida por especies que filtran las partículas del seston para ello construyen redes en la zona de corriente en tramos medios y bajos de las quebradas, además la presencia de ganchos le facilita la colonización de ambientes correntosos (González y García, 1984 En: Rivera et al., 2008), esta sería la razón por la cual los organismos pertenecientes a esta familia se encontrarían presentes en el río orito, adicionalmente se consideran como indicadores de aguas limpias (Zúñiga, 1985 En: Rivera et al., 2008).

Representantes del orden coleóptera también fueron identificados en las cinco (5) estaciones evaluadas sobre el río Orito. Las familias de mayor abundancia y riqueza son Elmidae, Ptilodactylidae y Psephenidae y, en general, están asociadas a aguas







de buena calidad ambiental (Roldán, 2003). Al igual que en el estudio realizado por Roldán (2016), en términos generales la familia Elmidae presentó la mayor diversidad y ámbito de altura, con predominio de los géneros Heterelmis, Macrelmis y Microcylloepus.

Gráfica 43. Porcentaje de abundancia de los órdenes de la fauna bentónica reportados en las estaciones de monitoreo de río Orito.

Los demás órdenes reportados, no superaron en ninguna de las estaciones evaluadas el 15% de la abundancia total de organismos (gráfica 43), es por lo tanto posible establecer que estos taxa, si bien hacen parte de la comunidad, dentro de su estructura serían organismos asociados y con interacciones menores con los taxones más relevantes.

Índices de diversidad

Para esta segunda campaña, los valores del índice de diversidad (D') variaron entre 2,39 y 2,94 esto respectivamente para las estaciones de monitoreo río Orito Puntos 6 y 3, con base en estos resultados, sería posible establecer que el recurso hídrico del río Orito, se encontraría moderadamente contaminado, ya que como sugieren Roldán y Ramírez, (2008), ya que este índice varió entre 1,5 y 3,0 el agua estaría en las condiciones anteriormente mencionadas (cuadro 105). Es de destacar que para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, los registros de dominancia (D') fueron bajos y en consecuencia la equidad (J) alcanzó registros elevados.



Cuadro 105. Índices de diversidad de la fauna bentónica.

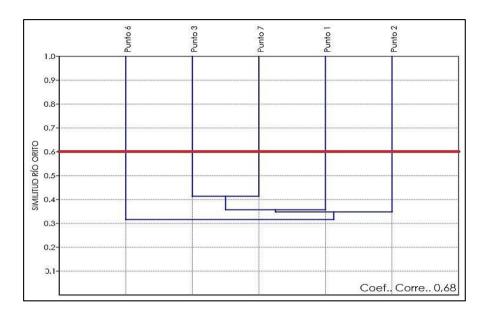
ESTACIÓN DE MUESTREO		COMUNIDAD MACROINVERTEBRADOS					BMW P	ASP
		D´	H′	J	S	N		
	Punto 1	0,12	2,42	0,87	16	40	81	7
	Punto 2	0,07	2,74	0,95	18	32	91	8
RÍO ORITO	Punto 3	0,08	2,94	0,79	41	420	106	7
	Punto 6	0,10	2,39	0,93	13	29	43	5
	Punto 7	0,11	2,47	0,87	17	48	66	7

D': dominancia, H': diversidad, J: equidad, S: riqueza o número de especies, N: número de individuos o abundancia

Los registros del BMWP/Col, evidenciaron que durante la segunda campaña de monitoreo, el recurso hídrico del río Orito, se habría encontrado en términos generales limpio en las estaciones Punto 1, 2 y 3, ya en el punto 6 el agua se encontraría ligeramente contaminada y moderadamente contaminada en el Punto 7 (cuadro 105). Por otra parte el ASPT, presentó un panorama un poco más estable dentro del río Orito, ya que a partir de este índice es posible establecer que el recurso hídrico se encontraría ligeramente contaminado, a excepción del Punto 6 el cual si contendría aguas moderadamente contaminadas.



Similitud de Bray Curtis



Gráfica 44. Similitud de Bray Curtis para la fauna bentónica río Orito

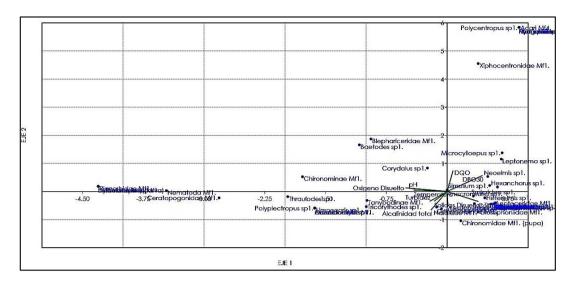
Este índice de similitud evaluado con el fin de establecer las posibles asociaciones, entre las estaciones evaluadas tomando como base la composición taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, demostró que los puntos de monitoreo no se asociaron entre sí de manera significativa (Coef. Corre. 0,68) (gráfica 44), es por lo tanto posible concluir que en cada una de las estaciones evaluadas sobre el río Orito para la segunda campaña, habría tenido una comunidad de macroinvertebrados acuáticos única, con composiciones y estructuras diferentes en comparación con los demás puntos de monitoreo.

Correlación canónica comunidad de macroinvertebrados acuáticos

El análisis de correlación canónica realizado para esta comunidad, demostró que no se presentaron asociaciones estadísticamente significativas, entre las variables fisicoquímicas e hidrobiológicas evaluadas, esto debido a que en conjunto el eje 1 y 2 solo estarían explicado el 27,45 % de la variabilidad de esta comunidad.







Gráfica 45. Correlación canónica comunidad de macroinvertebrados acuáticos





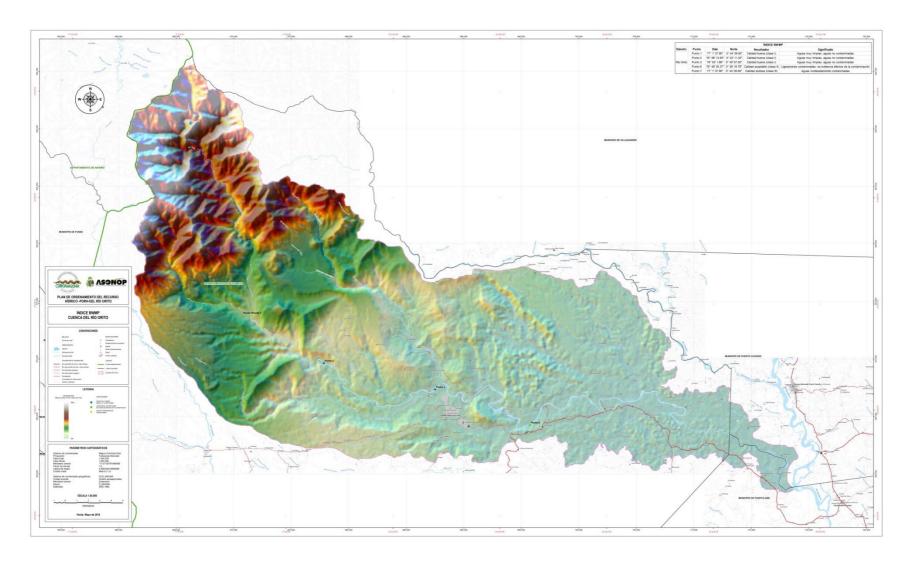


Figura 69. Resultados Índice BMWP río Orito



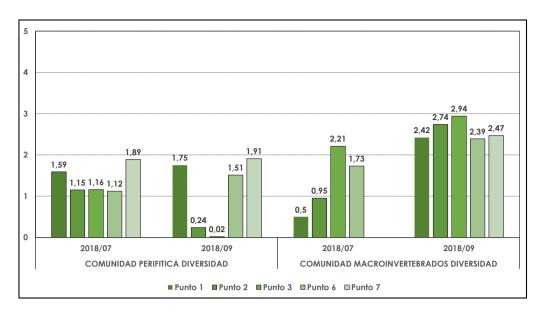
13.3.4 Análisis comparativo entre las dos épocas de evaluación

Como parte del análisis se realizó un proceso de comparación entre las dos campañas de monitoreo realizadas en la cuenca del río Orito, se procuró establecer asociaciones entre los índices de diversidad y el BMWP/Col y el ASPT.

Para el caso de la comunidad perifítica, fue posible apreciar un leve incremento de la diversidad en términos generales; sin embargo, este índice se vio significativamente reducido en las estaciones de monitoreo Punto 2 y 3 durante la segunda campaña de monitoreo (gráfica 46), situación que como se mencionó se habría encontrado relacionada con un proceso de "floración algal" de cianobacterias en estos puntos de monitoreo.

Para el caso de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, al comparar la primera campaña desarrollada durante el mes de julio de 2018 (época húmeda) y la segunda campaña llevada a cabo el mes de septiembre del mismo año (época seca), se apreció un incremento significativo en los registros de diversidad, este incremento se habría asociado de manera directa a cambios en las características ambientales de del rio Orito, como sería la fuerza de arrastre de la corriente o a variaciones en las concertaciones de nutrientes en el agua, las cuales sería más favorables para el establecimiento y desarrollo de los organismos pertenecientes a asta comunidad.



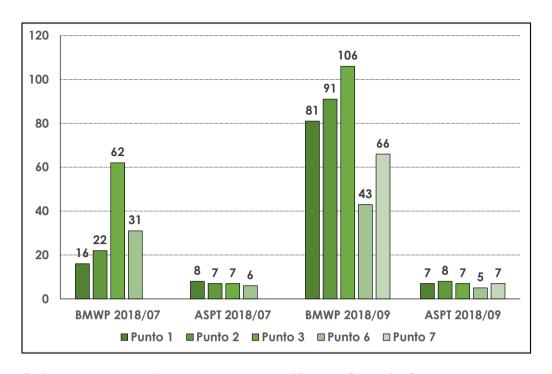


Gráfica 46. Variación temporal índice de diversidad río Orito.

En lo que respecta al BMWP, el análisis comparativo, dejo en evidencia que entre las dos campañas de monitoreo, los valores de este índice se vieron incrementados en gran medida, situación asociada de manera directa con la mayor riqueza y abundancia de macroinvertebrados acuáticos reportados durante la segunda campaña de monitoreo, como se mencionó con anterioridad, las variaciones en las condiciones medioambientales habría sido la causa directa de estos cambios.

En lo que a calidad del agua respecta, si solo se considera el BMWP se podría concluir que en relación a la primera campaña, durante la segunda se presentó un amento en localidad del recurso hídrico del río Orito; sin embargo, es importante remarcar que el ASPT, mostraría un panorama un poco más estable en relación a la calidad del agua en la cuenca del río Orito, ya que con base en este índice el agua del río Orito habría mostrado un grado de contaminación entre moderado y leve, para las dos campañas (gráfica 47), esto concuerda con lo propuesto por Roche et al., (2010), los cuales afirman que al momento de realizar una comparación entre diferentes periodos climáticos el uso del ASPT, resulta más beneficioso.





Gráfica 47. Variación temporal BMWP/Col y ASPT río Orito.

En síntesis, como resultado de las características hidrobiológicas para la cuenca del río Orito en las dos épocas de evaluación se puede concluir:

- La estructura y composición de la comunidad perifítica, en las dos campañas de monitoreo, se encontró dominada principalmente por dos divisiones bacilariofitas y cianobacterias, es de resaltar que la riqueza y abundancia de estos organismo se incrementó durante la segunda campaña y que en el caso particular de las evasiones río Orito Punto 2 y 3, al parecer presentó un proceso de "floración algal" de morfoespecies pertenecientes a las cianobacterias.
- La comunidad de macroinvertebrados acuáticos, fue dominada por organismo pertenecientes a los órdenes tricoptera, hefemeroptera, coleóptera y díptera. En comparación con la primera campaña de monitoreo la riqueza y abundancia de esta comunidad se incrementó en la segunda jordana de monitoreo, esto asociado a condiciones más favorables para el establecimiento de esta comunidad. Con base en los resultados es posible concluir que esta comunidad se habría contenido organismo bioindicadores de agua de buena calidad.



- El análisis de similitud, demostró que a partir de la composición de las comunidades perifitica y de macroinvertebrados acuáticos, reportadas para las dos campañas, no se reportaron asociaciones estadísticamente significativas entre las diversas comunidades, por lo tanto es posible concluir que en cada una de las estaciones evaluadas, la estructura y composición de la hidrobiota fue única y se habría asociado a las características fisicoquímicas intrínsecas de cada punto.
- El análisis multitemporal, mostró que la diversidad se incrementó para la segunda campaña, esto a excepción de la comunidad de perifitica en las estaciones río Orito Punto 2 y 3, en los cuales debido a una posible floración este índice se vio reducido en comparación con la primera campaña de monitoreo.
- El cálculo del BMWP/Col, indico que el agua del río Orito estaría variando entre aguas muy contaminadas y muy limpias, mostrando la menor calidad durante el monitoreo realizado en la primera campaña; sin embargo, el ASPT, fue un indicador de mayor estabilidad y a partir de este índice podría concluirse que el recurso hídrico del río Orito para las dos jornadas de monitoreo, habría transportado aguas, con un grado de contaminación entre moderado y ligero.
- El análisis de correlación canónica, demostró para las dos campañas de monitoreo, no hubo una correlación estadísticamente significativa entre las variables fisicoquímicas y la estructura y composición de las comunidades hidrobiológicas.



XIV. DETERMINACIÓN DE CAUDAL AMBIENTAL

Un caudal circulante por un cauce puede ser considerado ambiental si asegura el mantenimiento del patrimonio hidrobiológico y sociocultural del medio fluvial, de forma compatible con la necesidad de abastecimiento doméstico y de suministro agrícola e industrial. Además, deberá ser representativo de la variabilidad natural del régimen de caudales del río y habrá de contemplar el correcto funcionamiento de las diversas componentes asociadas al ecosistema fluvial, entre las que cabe resaltar la flora y fauna propias del mismo, la calidad físico-química de las aguas superficiales y subterráneas, el dinámico equilibrio geomorfológico del sistema o el conjunto de valores sociales, económicos, culturales y paisajístico del río. En este sentido, el referido caudal ambiental deberá estar acompañado de un conjunto de criterios e indicadores que constituyan programas de vigilancia y seguimiento de los requerimientos básicos definidos con anterioridad (Magdaleno, 2005).

El concepto de caudal ambiental fue introducido por primera vez en el Decreto 3930 de 2010 (Ordenamiento del Recurso Hídrico), donde fue definido como el "Volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas". Es pertinente indicar, que antes de la expedición del mencionado Decreto en Colombia se utilizaba el término Caudal Ecológico, el cual fue acogido en la Resolución No. 865 de 2004 del MAVDT (reglamentaria del Decreto 155 de 2004), la cual regula exclusivamente el índice de escasez para aguas superficiales requerido para el cálculo de las tasas por uso del agua.





Es de indicar que, a la fecha de la formulación del presente proyecto, en Colombia no existe una metodología adoptada y reglamentada jurídicamente por el MADS para la determinación del caudal ambiental; sin embargo, el MADS desde el año 2008 viene trabajando en una Metodología para la estimación y evaluación del caudal ambiental, nivel de Planificación de cuencas hidrográficas el MADS establece que se deberá estimar el caudal ambiental, considerando las siguientes metodologías, las cuales son aplicables a los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH):

- La metodología propuesta por la Resolución 865 del año 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy MADS).
- El valor del caudal ambiental corresponde al Q85% de la curva de duración, este valor característico se aplica para un Índice de Retención Hídrica (IRH) superior a 0,7 (alta retención y regulación). Para valores de IRH inferiores a 0,7, se adopta el valor Q75% de la curva de duración de caudales medios diarios (Estudio Nacional de Agua, IDEAM, 2010).
- Se debe estimar el índice 7Q10 utilizando toda la serie histórica sin discriminar por mes ni condición hidrológica (es decir, se deberá obtener un solo valor para este índice) y
- El Q95% discriminado por mes y, en caso de encontrar una fuerte correlación entre la hidrología de la corriente y fenómenos de variabilidad climática, para cada una de las tres condiciones hidrológicas (húmeda, promedio y seca

Sin embargo, en cuanto al estado de conocimiento sobre el caudal ambiental, en la región no se cuenta con ningún tipo de estudio en relación al tema, en donde se haga una determinación de caudales sobre la corriente hídrica en mención, de igual manera como se ha mencionado en constantes ocasiones, esta cuenca no está instrumentada y en cuanto a las estaciones que se tiene como referencia, únicamente miden precipitación mensual acumulada y máxima en 24 horas. De esta manera entramos una falencia en



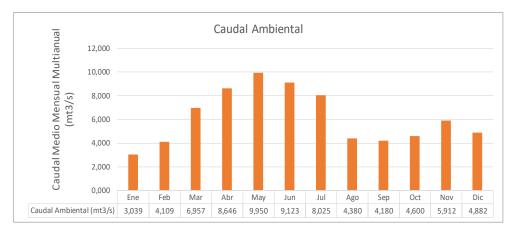
cuanto a la información requerida para la aplicación de las diferentes metodologías propuestas por el MADS.

Es por lo mencionado anteriormente que se optó por adoptar la metodología propuesta por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy MADS), en la Resolución 865 del año 2004, de acuerdo con esta Resolución, que detalla la metodología de cálculo del índice de escasez y se plantean dos métodos hidrológicos para calcular el Caudal Ecológico. El primero basado en el Estudio Nacional del Agua del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, donde se ofrecen lineamientos para llevar a cabo el ordenamiento del uso del recurso, considerando las zonas de mayor vulnerabilidad y peligro de desabastecimiento de agua.

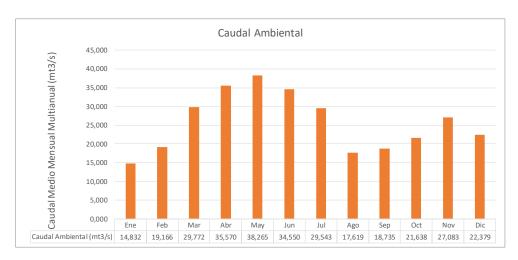
De esta manera, se consideran aspectos relacionados con balance hídrico y relaciones de oferta y demanda en Colombia e indicadores de sostenibilidad, los cuales se han proyectado a partir del 2015 hasta el 2050. Y se computa el caudal medio diario promedio de 5 a 10 años, cuya duración es igual o mayor del 97,5% que se comprueba y corresponde a un período de retorno de 2,3 años. El segundo enfoque vincula el caudal mínimo a un porcentaje en torno al 25% del caudal medio mensual multianual menor de la corriente estudiada.

Es con este segundo enfoque se realiza los cálculos para la generación de los caudales ambientales, obteniendo como resultado los siguientes datos:

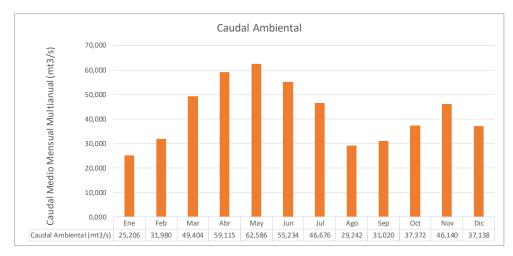




Gráfica 48. Caudal Ambiental río Orito, sector El Verde



Gráfica 49. Caudal Ambiental río Orito, sector Balastrera km 10



Gráfica 50. Caudal Ambiental río Orito, sector confluencia con río Putumay



XV. CLASIFICACIÓN DE LOS USOS ACTUALES DEL AGUA

El Artículo 2.2.3.3.2.1 del decreto 1076 de 2015, determinan los usos reglamentarios del agua, definiendo los siguientes:

- Consumo humano y doméstico
- Preservación de flora y fauna
- Agrícola
- Pecuario
- Recreativo
- Industrial
- Estético
- Pesca, Maricultura y Acuicultura
- Navegación y Transporte Acuático.

Para el presente estudio se determinaron los usos prevalecientes en la cuenca del río Orito, para ello se tuvo en cuenta la información suministrada por CORPOAMAZONÍA y la verificación realizada en campo por parte del equipo técnico de ASONOP de los usuarios del agua.

De los 9 usos dispuestos en la ley, para cuenca del río Orito son tres los usos prevalecientes y de los cuales se tienen registro de permisos de uso. En el cuadro 87, se muestra la relación de usos y cantidades en litros/segundo (L/s) de las aguas superficiales concesionadas en cada una de las fuentes hídricas ubicadas en la cuenca del rio Orito. De los 138,49 Litros/seg concesionado, el 72% corresponde al uso doméstico, el 22,32% al uso industrial y el 5,68% al uso pecuario, principalmente para actividades piscícolas.

Como se puede ver el cuadro 106, la fuente hídrica que mayor demanda de agua para consumo doméstico tiene es el río Yarumo, principalmente se capta agua en la parte alta, donde nace el afluente, y se destina para consumo doméstico del casco urbano de Orito.



La otra fuente de captación para uso doméstico es la quebrada La Fragua, igualmente se destina para uso doméstico del casco urbano y como usuarios registrados están la Alcaldía de Orito y EMPORITO.

Cuadro 106. Caudales captados, según uso y fuente hídrica, cuenca río Orito

RECURSO HÍDRICO	USO INDUSTRIAL (L/s)	USO DOMESTICO (L/s)	USO PISCÍCOLA (L/S)	TOTAL POR RECURSO HÍDRICO (L/s)
Rio Yarumo	6			6
Arroyo N.N			0,39	0,78
			0,39	
Quebrada La Fragua		25		25
Quebrada Yarumo		75		75
Rio Orito	0,1			18,86
	8,2			
	5,01			
	0,1			
	0,2			
	5,25			
Quebrada El Cuervo			4,14	4,14
Quebrada La Cristalina	4,7		2,24	6,94
Quebrada N.N	0,54		0,41	1,77
	0,78			
	0,04			
Total	30,92	100	7,57	138,49

En lo que respecta a los usos para la preservación de flora y fauna, recreativo y estético, se los considera como servicios que presta el río, por lo tanto no existe permiso alguno de uso, simplemente en la medida que la cuenca se encuentre en buen estado de conservación, estos servicios serán inherentes al río.

Teniendo en cuenta que en la zona gracias a la alta pluviosidad, la humedad del suelo y las condiciones húmedas de la región, en la actualidad no se demanda agua para uso agrícola, los cultivos prevalecientes son yuca, plátano, maíz, banano, que se siembran en áreas inferiores a 2 hectáreas; para el caso de los otros cultivos como caña, cacao, frutales, etc, se producen en espacios pequeños y que corresponden a pancoger.





El uso para explotaciones pecuarias como cerdos, gallinas, ganado vacuno, etc, son a baja escala y están medianamente tecnificados, y no presentan permisos de concesión de agua, por lo cual la demanda es poco representativo, y no se realizan captaciones del curso principal.

En el caso del uso para navegación y transporte acuático, el tramo del río que presenta esta posibilidad de navegación es del sector del Naranjito hacia la desembocadura. Las comunidades que están ubicadas por la ribera del río manifiestan hacer uso del río para transportarse de un sitio a otro, para llevar carga y para transporte de madera; es una opción de transporte, que desafortunadamente se interrumpe cuando hay crecida del río o por problemas de sedimentación del mismo.

En cuanto a la clasificación del agua por usos y por tramo, en el cuadro 107, se puede encontrar dicha clasificación:

Cuadro 107. Uso del agua por tramos o sectores de la cuenca del río Orito

Sector	Usos	Descripción
	Pesca	Actualmente los pobladores de la zona alta del río realizan pesca artesanal, con fines de autoconsumo, las especies que con mayor frecuencia se aprovechan son: bocachico, cucha, sábalo, dorada, pintadillo, picalon, dentón, temblón
Sector 1. Rio El Verde	Protección de flora y fauna	En la parte alta de la cuenca se encuentra el Parque Nacional Natural santuario de Flora y Fauna Inge Ande, quienes administran el parque con fines de conservación natural y cultural.
		Por otra parte el 90% de la zona alta de la cuenca se encuentra bajo la figura de dos resguardos (Alto Orito y Simorna), quienes vienen realizando actividades de protección de la zona boscosa, para el





Sector	Usos	Descripción
		mantenimiento de la oferta natural de agua, sin embargo existe la amenaza de ampliación de la frontera agropecuaria para la implementación de cultivos de uso ilícito que generaría impacto en la calidad del agua
Sector 2. Tramo desembocadura del río Quebradón hasta el km10,	Consumo humano y doméstico	El 99% de la población del municipio de Orito está asentada en este sector, lo que genera demanda de agua para el consumo humano y domestico de la población urbana, periurbana y rural. En este particular, en consideración de que la demanda actual no se realiza del curso principal del río Orito, sino de afluentes como el río Yarumo, la quebrada La Fragua, entre otras.
desembocadura del río Yurumo	Industrial	En el sector se localizan las actividades mineras, quienes en su proceso de exploración y explotación han usado y siguen utilizando agua.
	Uso recreativo	Los usos recreativos colectivos e individuales de los ríos han estado ligado al proceso de ocupación del territorio, por lo cual en este sector por la naturaleza del río de presentar charcos se viene utilizando para fin recreativo. Así mismo se realizan algunas actividades deportivas que están practicándose en el río, sin ningún permiso reportado en la alcaldía de Orito o en CORPOAMAZONÍA.
	Pesca y acuicultura	En este sector se realizan actividades de pesca con fines de alimentación, principalmente en los afluentes secundarios del río como en el río Caldero, sector donde nace, río Quebradón y otros afluentes que no presentan impacto por contaminación.
	Pecuario	Al margen del río Orito se llevan a cabo actividades productivas pecuarias, principalmente producción de aves, y porquerizas, esta última se realiza a menor escala y genera residuos que no



Sector	Usos	Descripción
		son tratados o manejados adecuadamente, sino que son arrojados directamente a los cuerpos de agua generando impactos negativos sobre el agua. En el caso de la actividad ganadera, existen fincas que tienen acceso directamente al río Orito, en donde dejan que libremente acceda el ganado a tomar agua, generando así mismo contaminación por los excrementos o la orina
Sector 3. Va desde la vereda Versalles hasta la	Pesca	En este sector se puede encontrar diversidad de peces como boca chico, cucha, sábalo, dorada, pintadillo, picalon, Denton, temblón, bagre, cheo, corronchos
vereda San Cayetano (desembocadura)	Pecuario (ganadería)	En esta zona se observan praderas y producción ganadera, la cual directa o indirectamente genera impacto por los desechos que producen
	Navegabilidad y transporte acuático	El rio Orito en la parte baja posibilita navegar y transportar productos agropecuarios y madera, es un medio de transporte que tienen las comunidades para trasladarse de un lado a otro.



XVI. ESTUDIO DE LA DEMANDA DE AGUA SUPERFICIAL

La demanda hídrica total, de acuerdo con el Decreto 2930 de 2010, corresponde a la suma del volumen de agua utilizada para los diferentes usos: doméstico, servicios, preservación de fauna y flora, agrícola, pecuario, recreativo, Industrial, energía, minería e hidrocarburos, pesca, maricultura y acuicultura, navegación, transporte y caudal de retorno.

Para calcular la demanda de agua superficial del río Orito, se realiza sobre los usos registrados ante la autoridad competente, en este caso, los que más prevalecieron fueron los usos: doméstico, industrial y piscícola, a continuación se realizará el cálculo de la demanda total de agua.

16.1 DEMANDA PARA USO DOMÉSTICO

Para el cálculo del volumen de la demanda del sector doméstico, se solicitó a Empresa de Agua Potable y Saneamiento Básico del municipio de Orito - EMPORITO E.S.P. la información correspondiente a número de usuarios y los caudales de captación que tienen sobre la cuenca del rio Orito. De esta información suministrada se obtiene que EMPORITO cuenta con 4.009 usuarios activos, para lo cual realiza una captación de 75 l/s. por su parte la alcaldía también realiza una captación de 25 l/s, para uso doméstico. Sumando lo anterior la demanda total asciende a 100 l/s.

Es de mencionar que esta información se contrasto con la suministrada por CORPOAMAZONIA, con respecto al Registro de Usuarios del Recurso Hídrico - RURH, a fin de comprobar que los caudales otorgados con por la autoridad ambiental, correspondan a los captados por las empresas.



16.2 DEMANDA PARA USO INDUSTRIAL

El cálculo del volumen de la demanda para el sector industrial se limita a los registros que fueron suministrados por la autoridad ambiental, mediante los Registro de Usuarios del Recurso Hídrico – RURH, en donde se verificaron los caudales otorgados, durante la ejecución del censo de usuarios, de este sector se obtuvo una demanda de 30,92 l/s.

16.3 DEMANDA PARA USO PISCÍCOLA

Esta demanda corresponde a la actividad de mayor influencia dentro del sector pecuario, la cual fue tomada de la información suministrada por CORPOAMAZONIA y fue complementada por los técnicos en campo, teniendo como resultado una demanda de 7,57 l/s.

Con base a las demandas de agua definidas anteriormente, se calcula la Demanda Hídrica, que corresponde a la sumatoria de las demandas sectoriales (actividades antrópicas sociales y económicas).

$$DT = DUD + DUI + DUP$$

Donde:

DT = Demanda total de Agua.

DUD = Demanda Uso Doméstico.

DUI = Demanda Uso Industrial.

DUP = Demanda Uso Piscícola.

Revisando la información descrita anteriormente, y aplicando la formula enunciada, se obtiene que para el año 2018 existe un inventario de 16 captaciones superficiales sobre



la UHA indagada, totalizando un caudal de 138,49 litros por segundo, siendo esta la demanda total.

Si se tiene en cuenta que la oferta hídrica neta del río Orito es de 4720,9 L/s, los volúmenes de agua concesionados no son muy representativos y no determinan mayor afectación en cuanto a cantidad del recurso del cuerpo principal. Esto se debe a que la gran mayoría de las actividades que cuentan con una concesión se abastecen de fuentes aledañas o de reservorio de aguas subterráneas por medio de aljibes.

Algunas comunidades aprovechan las aguas lluvias para almacenarlas en recipientes y satisfacer las diferentes necesidades en las actividades del hogar. También se observó que para la actividad piscícola los propietarios acuden al represamiento de las aguas lluvia que se presentan por escorrentía para abastecerse del recurso agua y de esta manera llenar los estanques.



XVII. ESTIMACIÓN DE LA PRESIÓN SOBRE EL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL

Para evaluar en forma indicativa la situación real de disponibilidad de agua en el país para abastecimiento y las posibles condiciones de sostenibilidad, se utilizaron tanto indicadores de presión como de estado, los cuales son sencillos y de fácil interpretación; estos se calcularon a escala mensual.

Estos serán analizados espacialmente en la cuenca del río Orito, para ello esta se dividió en 3 tramos o sectores, los cuales fueron definidos según la demanda existente en relación con la capacidad de producción hídrica de la cuenca en cada uno de estos sectores, en consecuencia, encontramos lo siguiente:

- Tramo 1, el cual se inicia en el nacimiento del rio Orito, hasta el sector en donde se encuentra ubicado el reguardo indígena Alto Orito, en este sector encontramos la subcuenca alta del río Orito y parte la subcuenta media, este sector se caracteriza por ser la parte en donde nace el río Orito, además de no poseer ninguna presión directa sobre el cauce principal del río Orito.
- Tramo 2, este comprende la mayor parte de la subcuenta media del río Orito, la subcuenca del río El Caldero y el Río El Quebradón, en este sector empieza a presentar presiones sobre el recurso hídrico, principalmente por uso doméstico.
- Tramo 3, siendo este el ultimo cuenta con las subcuencas de los ríos El Yarumo, Agua Blanca, El Espingo y el sector bajo del río Orito, en este sector es donde se presenta la mayor oferta hídrica, aunque de igual manera es en donde se concentra la mayor demanda industrial, piscícola y doméstica.



17.1 ÍNDICE DE ESCASEZ

El agua constituye un elemento vital para la existencia de los seres humanos y para el bienestar del entorno ambiental en el que estos desarrollan sus actividades sociales y productivas. Partiendo del importante papel que juega como elemento de consumo y de bienestar de los seres vivos, el agua adicionalmente actúa como materia prima de los diferentes sectores económicos. El desarrollo de estas actividades influencia, directa o indirectamente, a las fuentes proveedoras de agua.

La explotación exagerada de una fuente de agua puede tener efectos sobre las características de calidad del agua ofrecida y alterar la dinámica de flujo del agua, finalmente la excesiva presión sobre una fuente de agua puede conducir a su desaparición. En este sentido es importante para las labores de planificación sostenible del recurso conocer la cantidad de agua disponible, ofrecida por la fuente agua, los niveles de demanda y las condiciones de interacción hidráulica necesaria para mantener la salud de la fuente abastecedora de agua.

Es debido a esto que el IDEAM postuló un indicador llamado índice de escasez para reflejar esa relación y lo definió como la relación porcentual entre la demanda potencial de agua y la oferta disponible en las fuentes abastecedoras. El índice de escasez puede ser implementado a cualquier escala, desde un municipio, país, a un tramo de un rio hasta una cuenca hidrológica. Los niveles de precisión y el alcance dependerán de la calidad de las mediciones efectuadas.

$$I_e = \frac{D}{O_n} * 100\%$$

Donde:



 I_e = Índice de escasez (%)

D= Demanda potencial de agua (m³)

 O_n = Oferta hídrica superficial neta (m³)

En el cuadro 108, se establece por categoría los umbrales críticos de presión sobre el recurso hídrico e interpretación del porcentaje de oferta hídrica utilizada.

Cuadro 108. Metodología índice de escasez, IDEAM, 2010.

CATEGORÍA	% DE LA OFERTA HÍDRICA UTILIZADA	SIGNIFICADO
Alto	>40%	Existe fuerte presión sobre el recurso hídrico, denota una urgencia máxima para intervenir y controlar la oferta y la demanda. Es insuficiente la oferta hídrica para atender la alta demanda de agua por los sectores productivos y se restringe el desarrollo económico. Se requieren fuertes inversiones económicas para mejorar la eficiencia en la utilización del agua en los sectores productivos y en los sistemas de abastecimiento de agua potable.
Medio	20-40%	La oferta hídrica llega al límite máximo para atender en forma adecuada las demandas de agua. Es necesario el ordenamiento de la cuenca hidrográfica e implementar la corrección inmediata en las reglamentaciones de las corrientes y usos del agua. Es menester asignar prioridades a los distintos usos y prestar particular atención a los ecosistemas acuáticos para garantizar que reciban el aporte hídrico requerido para su existencia.
Moderado	10-20%	La disponibilidad de agua se puede convertir en un factor limitador del desarrollo. Se debe implementar un mejor sistema de monitoreo y seguimiento del agua y desarrollar



CATEGORÍA	% DE LA OFERTA HÍDRICA UTILIZADA	SIGNIFICADO
		proyecciones del recurso hídrico a corto y largo plazo.
Bajo	<10%	No se experimentan presiones importantes sobre el recurso hídrico, en términos de cantidad de agua.

Fuente: IDEAM, 2010.

La metodología descrita se aplicó a la cuenca con una frecuencia mensual y una referencia espacial, sectorial, como se indicó en el numeral anterior, obteniendo los siguientes resultados (cuadro 109):

Cuadro 109. Índice de escasez, sector 1.

Mes	Oferta Hídrica Total (mt3/s)	Reducción por calidad de agua			Oferta Hídrica Neta (mt3/s)	Demanda Hídrica Total (mt3/s)	IE(%)
Enero	4,052	25%	25%	50%	2,026	0,000	0,00
Febrero	5,479	25%	25%	50%	2,739	0,000	0,00
Marzo	9,276	25%	25%	50%	4,638	0,000	0,00
Abril	11,528	25%	25%	50%	5,764	0,000	0,00
Mayo	13,267	25%	25%	50%	6,634	0,000	0,00
Junio	12,164	25%	25%	50%	6,082	0,000	0,00
Julio	10,700	25%	25%	50%	5,350	0,000	0,00
Agosto	5,840	25%	25%	50%	2,920	0,000	0,00
Septiembre	5,573	25%	25%	50%	2,787	0,000	0,00
Octubre	6,133	25%	25%	50%	3,066	0,000	0,00
Noviembre	7,883	25%	25%	50%	3,942	0,000	0,00
Diciembre	6,509	25%	25%	50%	3,255	0,000	0,00



Cuadro 110. Índice de escasez, sector 2.

Mes	Oferta Hídrica Total (mt3/s)	Reducción por calidad de agua	Reducción por caudal ecológico	Reducción total	Oferta Hídrica Neta (mt3/s)	Demanda Hídrica Total (mt3/s)	IE(%)
Enero	19,776	25%	25%	50%	9,888	0,057	0,58
Febrero	25,555	25%	25%	50%	12,777	0,057	0,45
Marzo	39,695	25%	25%	50%	19,848	0,057	0,29
Abril	47,427	25%	25%	50%	23,713	0,057	0,24
Mayo	51,020	25%	25%	50%	25,510	0,057	0,22
Junio	46,067	25%	25%	50%	23,034	0,057	0,25
Julio	39,390	25%	25%	50%	19,695	0,057	0,29
Agosto	23,492	25%	25%	50%	11,746	0,057	0,49
Septiembre	24,979	25%	25%	50%	12,490	0,057	0,46
Octubre	28,850	25%	25%	50%	14,425	0,057	0,40
Noviembre	36,111	25%	25%	50%	18,055	0,057	0,32
Diciembre	29,838	25%	25%	50%	14,919	0,057	0,38

Cuadro 111. Índice de escasez, sector 3.

Mes	Oferta Hídrica Total (mt3/s)	Reducción por calidad de agua	Reducción por caudal ecológico	Reducción total	Oferta Hídrica Neta (mt3/s)	Demanda Hídrica Total (mt3/s)	IE(%)
Enero	33,608	25%	25%	50%	16,804	0,138	0,82
Febrero	42,640	25%	25%	50%	21,320	0,138	0,65
Marzo	65,873	25%	25%	50%	32,936	0,138	0,42
Abril	78,820	25%	25%	50%	39,410	0,138	0,35
Mayo	83,448	25%	25%	50%	41,724	0,138	0,33
Junio	73,645	25%	25%	50%	36,822	0,138	0,38
Julio	62,235	25%	25%	50%	31,118	0,138	0,45
Agosto	38,990	25%	25%	50%	19,495	0,138	0,71
Septiembre	41,360	25%	25%	50%	20,680	0,138	0,67
Octubre	49,829	25%	25%	50%	24,914	0,138	0,56
Noviembre	61,520	25%	25%	50%	30,760	0,138	0,45
Diciembre	49,517	25%	25%	50%	24,758	0,138	0,56

El índice de escasez calculado por sectores y con una temporalidad mensual para la cuenca del río Orito, presenta un porcentaje inferior al 10%, correspondiente a una categoría de presión baja sobre el recurso hídrico que, aplicado al Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, Decreto 1076 de 2015, se convierte en un coeficiente de escasez de 0, por ser inferior al umbral de 10%.





Todo esto se traduce que para el 2018, la cuenca estuvo bien drenada, la demanda existente no amenazó la disponibilidad del recurso, lo que significa que los captadores del recurso hídrico para este territorio, se verán beneficiados económicamente al pagar muy poco por la captación de las aguas, gracias a la notable diferencia entre demanda y oferta hídrica sobre su cuenca hidrográfica.

Si llevamos el análisis de los resultados del índice de escasez más afondo, se puede concluir que para el caso de la cuenca del río Orito, el índice de escasez fue muy bajo, indicando una brecha amplia entre la oferta y la demanda hídrica, esto es un indicador que ofrece un panorama ambiental positivo sobre la cuenca, particularmente en lo que se refiere a la administración del recurso hídrico, gracias a información histórica, se logró determinar este comportamiento como algo habitual sobre el territorio estudiado, lo que puede garantizar su sostenibilidad ambiental para futuras generaciones, en lo concerniente a abastecimiento hídrico.

17.2 ÍNDICE DE USO DEL AGUA

El Índice de uso del agua (IUA) corresponde a la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios, en un periodo de tiempo t (anual, mensual) y en una unidad espacial de referencia j (área, zona, subzona, etc.) en relación con la oferta hídrica superficial disponible para la misma unidad temporal t y espacial j.



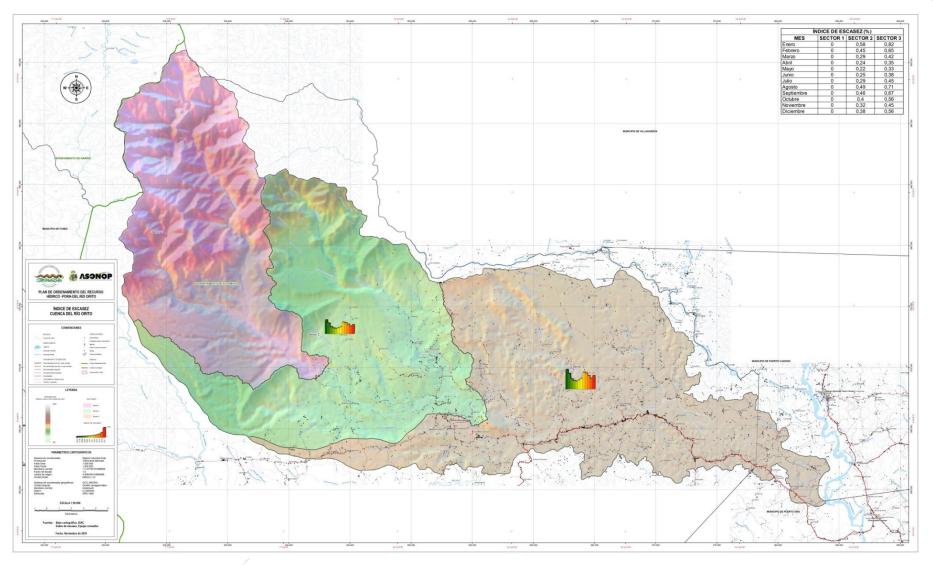


Figura 70. Resultados Índice de escasez río Orito





Este indicador se construye para atender las necesidades de planificación nacional y regional en el marco de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, promulgada por el hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Para su cálculo el IDEAM plantea el indicador como la relación porcentual de la demanda de agua en relación a la oferta hídrica disponible.

$$IUA_{jt} = (Dh_{jt}/Oh_{jt}) * 100$$

Donde:

 ${\it Dh}_{jt}$: Demanda hídrica sectorial en la unidad espacial de referencia j, en el periodo de tiempo t.

 $\mathbf{O}\mathbf{h}_{jt}$: Oferta hídrica superficial disponible en la unidad espacial de referencia j, en el periodo de tiempo t.

$$Oh_{jt} = Oh_{jt \ total} - Oh_{jt \ Qamb}$$

 $Oh_{jt\ total}$: Es el volumen total de agua superficial en la unidad espacial de referencia j, en el periodo de tiempo t.

 $\mathbf{Oh_{jt\,Qamb}}$: Es el volumen de agua correspondiente al caudal ambiental en la unidad espacial de referencia j, en el periodo de tiempo t.

En cuanto a la metodología para cálculo, el índice de uso del agua mide la proporción de cantidad de agua, que representa la demanda por las diferentes actividades humanas expresado en km3.





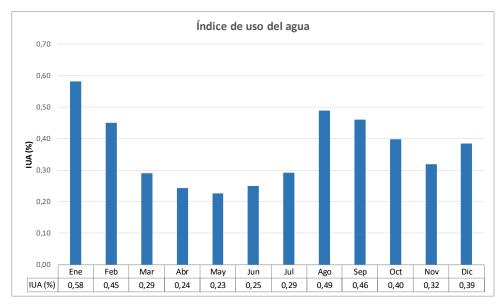
Lo resultados representa la escala de presión de la demanda sobre la oferta hídrica disponible se define a partir de cinco rangos: muy alta, alta, media, baja y muy baja. Cuando la relación de la demanda sobre la oferta, en condiciones hidrológicas de año medio, sobrepasa el 20%, deben iniciarse programas de ordenamiento y de conservación de cuencas (IDEAM, 2010).

Cuadro 112. Rangos y categorías del Índice de uso del agua

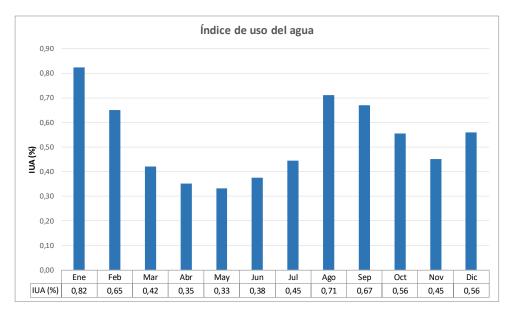
Rango	Categoría IUA	Significado
>50	Muy Alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible
20,01 – 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
10,01 – 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible
1 – 10	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
≤ 1	Muy Bajo	La presión de la demanda es muy baja con respecto a la oferta disponible

Fuente: Estudio nacional de Agua, 2010.

Una vez aplicada la metodología descrita, con una periodicidad mensual y una referencia sectorial, se generaron las siguientes graficas:



Gráfica 51. Índice de Uso del Agua en el río Orito, Tramo 2.



Gráfica 52. Índice de Uso del Agua en el río Orito, Tramo 3.

No se presenta gráfica del sector uno, debido a que en este no se encuentra, ninguna demanda de agua y como se había explicado, el IUA corresponde a la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios en relación con la oferta hídrica superficial



disponible, esto nos da que un índice de cero, lo que corresponde a lo previamente pronosticado para este sector, debido a que la mayor parte de la cuenca alta pertenece a zonas de protección ambiental.

En cuanto a los otros 2 sectores, encontramos que la interpretación que se le puede dar es que la presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta hídrica disponible, estos resultados concuerdan con lo ya explicado en el cálculo del Índice de Escasez.



XVIII. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA Y CONFLICTOS DERIVADOS DEL USO DEL RECURSO HÍDRICO

18.1 PROBLEMÁTICA RELACIONADA CON LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ORITO Y SUS TRIBUTARIOS

Haciendo un análisis de los resultados de la calidad del recurso hídrico, se observa que a nivel de condiciones físico – químicas el río presenta algunos puntos que se consideran críticos, para el caso del ICA, los puntos 4 (Ecopetrol- La Parque y el punto 6 (balastrera Km 10) presentan una condición regular, esto indica que el agua de estos puntos no puede ser aprovechada para fines de uso doméstico, agrícola, pecuario, piscícola u otras actividades, para su uso debe pasar por un proceso de tratamiento básico.

Analizando por sectores o tramos del río se puede manifestar que el tramo 1 (que corresponde en un 90% al territorio de los Resguardos Alto Orito y Simorna) no representa mayor riesgo de calidad del agua, pues sus aguas actualmente presentan una calidad aceptable; por el contrario el sector medio o tramo 2 (sector donde se encuentra el casco urbano de Orito), si bien solo en punto de Ecopetrol presenta riesgos en su calidad, por estar asentada la mayor actividad petrolera, la presencia del casco urbano y la prevalencia de algunas actividades de extracción de material de rio, puede a futuro representar un riesgo regular a malo; finalmente el sector bajo o tramo 3, en el punto 6 que corresponde al punto donde se ubica la balastrera Km 10 presenta un ICA regular, sin embargo aguas abajo no recibe ningún tipo de descargas o vertimientos que puedan alterar su calidad por lo que en este tramo el rio adelanta el proceso de autodepuración, hasta su desembocadura.



En cuanto al IRCA, los resultados para los tres tramos de evaluación no son muy alentadores, todos los datos arrojan que el agua no es apta para consumo doméstico, debe realizarse un tratamiento preliminar, de tal manera que pueda ser utilizado para este fin. En este particular ya sea en época húmeda o seca el agua no puede ser aprovechada con fines domésticos en ningún tramo o sector del río, ello lleva a pensar en alternativas de tratamiento de agua.

Cuadro 113. Problemática relacionada con la calidad del agua por tramos o sectores del río Orito

SECTOR	NOMBRE DE PUNTO	ICA	IRCA (época húmeda)	IRCA (época seca)
Tramo 1	Punto 1. Río Orito, aguas arriba desembocadura del río El Verde	0,86 Aceptable	86,42	55,56
	Punto 2. Escuela Resguardo Alto Orito	0,80 Aceptable	86,42	55,56
	Tributario 1. Río Quebradón	0,81 Aceptable	67,90	86,42
Tramo 2	Punto 3. Puente río Orito	0,92 Aceptable	67,90	86,42
	Punto 4. Ecopetrol- La Parque	0,73	87,65	67,90
	Punto 5. Vereda El Naranjito	0,84 Aceptable	87,65	86,42
	Tributario 2. Río Caldero	0,96 Aceptable	86,42	86,42
	Tributario 3. Río Yarumo	0,85 Aceptable	87,65	87,65
Tramo 3	Punto 6. Balastrera Km 10	0,75 Regular	86,42	67,90
	Punto 7. Vereda San Cayetano, cerca a desembocadura	0,88 Aceptable	88,27	88,27

18.2 PROBLEMÁTICAS RELACIONADA CON LA OFERTA Y DEMANDA DE AGUA

A nivel de la oferta y demanda de agua en la cuenca del río Orito no presenta ningún inconveniente por cuanto, la demanda de agua en esta cuenca no supera la oferta, esto es, en el momento se tiene un reporte en la demanda de 138,49 litros por segundo, en comparación con la oferta hídrica neta del río Orito que es de 4720,9 Lt/s, lo que indica que en el momento sobre el cuerpo de agua principal no se presenta ninguna presión o demanda que ponga en riesgo la estabilidad de este recursos y los ecosistemas adyacentes.

18.3 PROBLEMÁTICA RELACIONADA CON LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL AGUA

De acuerdo al reporte de las comunidades hidrobiológicas, principalmente los macroinvertebrados acuáticos (bentónicos y perifiton), se tiene como resultados que es probable que algunas de las características que presentaron los puntos de monitoreo Puntos 3 (puente río Orito) y 6 (balastrera Km 10), hubieran favorecido en gran medida la predominancia de morfoespecies, esto es, la presencia de cianobacterias, las cuales son indicativo de la presencia de materia orgánica, inestabilidad en la disponibilidad de luz y bajas concentraciones de oxígeno condiciones que favorecen el establecimiento y desarrollo de comunidades perifítica.

Los factores que favorecen su presencia puede ser la proximidad de estos puntos a los centros poblados, así mismo las intervenciones que se realizan sobre el canal del río como la extracción de material de arrastre, influirían en características fundamentales para el establecimiento y desarrollo del perifiton.



Los índices ecológicos calculados para describir la comunidad perifitica, demostraron que el recurso hídrico de los Puntos 1 (Aguas arriba desembocadura río El Verde) y 7 (cerca a desembocadura, vereda San Cayetano) estaría dentro de una categoría de contaminación moderada, esto debido a que la diversidad varió entre 1,5 y 3,0.

A nivel de los macroinvertebrados betónicos, la presencia del orden ephemeroptera en los Puntos 1 (Aguas arriba desembocadura río El Verde), 2 (Escuela Resguardo alto Orito) y 3 (puente río Orito), en los cuales los porcentajes de abundancia oscilan entre 100 y 39 %, generalmente se encuentra asociada a la buena calidad del recurso hídrico, esto debido a que los efemerópteros son organismos que presentan una alta sensibilidad a las variaciones en las características del recurso hídrico o a la contaminación del mismo, de ahí su importancia como organismos indicadores de la calidad de agua.

En el Punto 6 (Balastrera Km 10), se reportó la presencia de organismo pertenecientes a la familia Chironomidae, con dos taxones los cuales en conjunto representaron el 11% del total de organismos en esta estación de monitoreo. Es necesario resaltar que los organismos pertenecientes a estas familias en generalmente son indicadores de aguas con alta carga orgánica.

En términos generales, en los tramos 2 y 3 se presentan macroinvertebrados bentónicos y perifiticos, lo que indican que en estos tramos por presentar materia organiza en mayor y menor cantidad favorecen su desarrollo, por lo cual es necesario disminuir la carga contaminante de fuentes que aportan materia orgánica como son las descargas de actividades productivas pecuarias (marraneras o galpones de pollos) o de aguas residuales domésticas.



18.4 CONFLICTO ASOCIADOS AL USO Y MANEJO DEL AGUA DESDE LA PERCEPCIÓN SOCIAL

El análisis de los conflictos por uso y manejo del agua del río Orito se basan en los talleres participativos desarrollados con los actores y con las comunidades aledañas al río Orito, quienes desde la percepción y desde la afectación directa e indirecta, plantearon situaciones complejas que se vienen presentando.

Cuadro 114. Conflictos del agua asociados al uso y manejo desde la percepción social

SECTOR	CATEGORÍA	RESPUESTAS
TRAMO	Contaminación por	Contaminación por mala disposición de residuos
1.	residuos sólidos	de agroquímicos
SECTOR ALTO	Disminución del caudal de quebradas	Por exploración de la sísmica
	Contaminación por derrame de crudo	Por atentados y fallas operacionales de los oleoductos y líneas de transporte, principalmente en quebradas Yarumo y Sábalo
TRAMO 2. SECTOR MEDIO	Turbiedad del agua	Por extracción del material del río, Específicamente ocurre sobre el río Orito entre las inmediaciones de los barrios El Jardín, Las Colinas, el Caldero Sector Turístico y la vereda Quebradón
TRAMO	Erosión de las riberas del río y socavación	Se presenta deforestación ilegal de los bosques riparios, desprotección de los taludes naturales del río
	Sedimentación del río	Deforestación aguas arriba, perdida de cobertura vegetal del suelo



SECTOR	CATEGORÍA	RESPUESTAS
	Malos olores del agua	Contaminación por cocheras, descole de
	Maios siores der agaa	vertimientos de las aguas residuales
	Contaminación por	Principalmente por actividades recreativas o los
	residuos sólidos	famosos sancochos de ríos
	Vertimiento de aguas	Principalmente en las quebradas El Sabalo, La
	residuales	Danta, Loco William, donde se realiza la descarga
	rooradanoo	de las aguas residuales del casco urbano de Orito
	Sedimentación del río	Se presenta por la cantidad de residuos y suelo
		que arrastra el río desde la parte alta hacia la
		parte media y baja. Así mismo se debe a la
TRAMO		extracción de material del río.
3.	Socavación del río	Se da un debilitamiento de los taludes del río,
SECTOR		generando inestabilidad de la orilla del río. Los
BAJO		asentamientos mayormente afectados son
		veredas: Brisas 98 del río Orito, Buenos Aires, El
		Paraíso, el consejo comunitario Versabal ubicado
		en la vereda Versalles
		Anegación de los asentamientos humanos y de
	Inundación	cultivos de pancoger. Esta situación es recurrente
		y de alto riesgo en el Resguardo Guaduales.



XIX. PRODUCCIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRAFICA PARA EL PORH

19.1 Consideraciones Técnicas Preliminares

Inicialmente se presentan las principales consideraciones técnicas que fueron tenidas en cuenta para la elaboración de la cartografía para el PORH Río Orito.

Escala de trabajo: Se define que la escala de trabajo para la elaboración de la cartografía básica y temática del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico -PORH- del río Orito es la escala 1:25.000.

Sistema de referencia: De acuerdo a los estándares definidos por el IGAC se establece que el sistema de referencia oficial para Colombia es Magna Sirgas. Para este sistema se definieron 6 orígenes que dan cubrimiento a todo el territorio nacional.

Cuadro 115. Orígenes y Zonas Magna

ORIGEN	COORDENADAS ELIPSOIDALES		COORDENADAS GAUSS-kRÛGE	
Sitto	Longitud (N)	Longitud (W)	Norte (m)	Este (m)
Bogotá - MAGNA	4°35`46,3215"	74°04`39,0285	1.000.000	1.000.000
Este central – MAGNA	4º35`46,3215"	71º04`39,0285	1.000.000	1.000.000
Este Este- MAGNA	4º35`46,3215"	68°04`39,0285	1.000.000	1.000.000
Oeste – MAGNA	4º35`46,3215"	77°04`39,0285	1.000.000	1.000.000
Oeste Oeste - MAGNA	4º35`46,3215"	80°04`39,0285	1.000.000	1.000.000



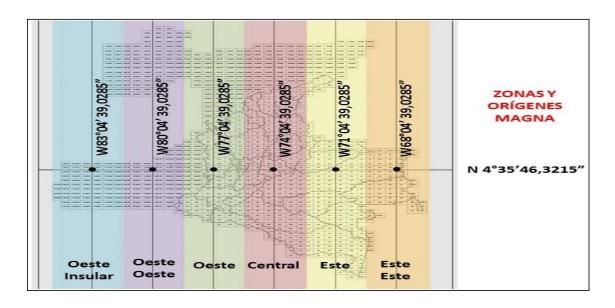


Figura 71. Distribución de planchas IGAC de acuerdo a los orígenes y zonas Magna

De acuerdo a la localización de la cuenca del río Orito, se establece que el área de estudio se localiza en la región correspondiente al origen Este Central Magna. A continuación se relacionan los parámetros para el Sistema de Coordenadas Geográficas Magna – Sirgas y el Sistema de Coordenadas Planas Este Central Magna.

Sistema de coordenadas geográficas

Nombre: GCS_MAGNA

Unidad angular: Grados sexagesimales

Meridiano central: Greenwich (0,0)

Datum: D_MAGNA

Elipsoide: GRS_1980

Semieje mayor: 6378137,0

Semieje menor: 6356752,314140356

Aplanamiento: 298,257222101



Sistema de coordenadas planas

Nombre: MAGNA_Colombia_Este

Proyección: Transverse_Mercator

Falso Este: 1000000,0 Falso Norte: 1000000,0

Meridiano central: -71,07750791666666

Fcator de escala: 1,0

Latitud de origen: 4,596200416666666

Unidad lineal: Metros (1,0)

Sistema de coordenadas geográficas: GCS_MAGNA

Unidad angular: Grados sexagesimales

Meridiano central: Greenwich (0,0)

Datum: D_MAGNA

Elipsoide: GRS_1980

Semieje mayor: 6378137,0

Semieje menor: 6356752,314140356

Aplanamiento: 298,257222101

19.2 Proceso de Producción Cartográfica

A continuación se presenta la metodología que se implementó para desarrollar el proceso de producción cartográfica para el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico -PORH-del Río Orito. La Figura 74 contiene la síntesis de las tareas que se llevaron a cabo para desarrollar esta metodología.



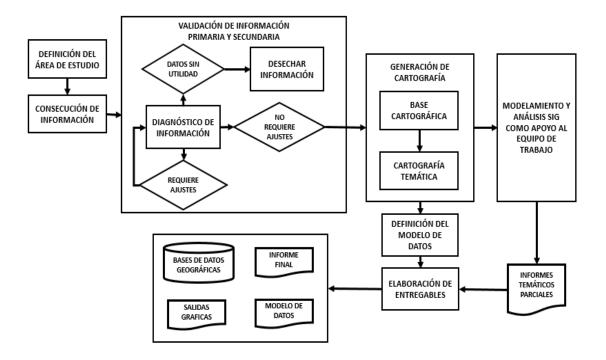


Figura 72. Flujograma "Proceso de producción cartográfica"

19.2.1 Definición del área de estudio

El área de estudio corresponde a la cuenca del río Orito, que tiene un área de 92.676 Has, cuya delimitación corresponde a un nivel subsiguiente al interior de la SZH Alto río Putumayo, tal como se evidencia en el capítulo de ubicación y delimitación. Para lograr la delimitación de la cuenca se tomó como referencia la información cartográfica preliminar suministrada por CORPOAMAZONIA, empleándose las siguientes herramientas:

- Red hídrica a escala 1:25.000 Fuente Base cartográfica IGAC
- Curvas de nivel a escala 1:25.000 Fuente Base cartográfica IGAC
- Modelo Digital de Elevación -DEM- resolución espacial de 30 metros



Para realizar el trazado de la delimitación de la cuenca se desarrollaron las siguientes actividades:

- Identificación del drenaje principal (río Orito) identificando su nacimiento y desembocadura.
- Identificación de la red hídrica de tributarios que drenan al drenaje principal.
- Identificación de la red hídrica localizada en las cuencas vecinas con que limita la cuenca del río Orito.
- Análisis cartográfico del relieve empleando curvas de nivel y Modelo Digital de Elevación.
- Trazado de divisorias de aguas.

La figura 75, muestra un ejemplo del trazado de la línea divisoria de aguas (línea negra). Se puede apreciar como a lado y lado de esta línea las aguas lluvias drenan en direcciones contrarias definiendo dos redes hídricas (líneas azules) que corresponden a dos diferentes cuencas. La interpretación cartográfica del relieve y las geoformas, a través de las curvas de nivel (líneas de color anaranjado), permite ver que la divisoria de aguas se encuentra trazada de tal forma que recorre los puntos más altos del área mapeada lo que indica que dicha divisoria de aguas corresponde a un filo montañoso.

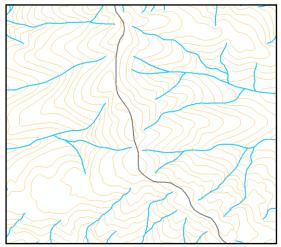


Figura 73. Delimitación de divisorias de aguas



El resultado permitió obtener una delimitación de la cuenca a escala 1:25.000 con una extensión superficiaria equivalente a 92.676 hectáreas.

19.2.2 Consecución de información

El proceso de obtención de la información necesaria para desarrollar el PORH Río Orito requirió inicialmente establecer cuales temas o variables hacían parte del estudio para posteriormente identificar si la información correspondiente a dichas variables existe o es necesario generarla a través de procesamiento de información secundaria o con trabajo de campo. De existir la información o de requerirse su generación a través del procesamiento de otros datos ya existentes es necesario identificar las fuentes de información y las entidades en las cuales es posible obtener dichos datos.

En este sentido, y considerando los requerimientos contractuales y las metodologías para la elaboración de PORH en Colombia se identificaron los principales temas que deben incluirse, las fuentes de información y las entidades que deben consultarse para obtener la información necesaria. El cuadro 116, contiene la relación de los temas y entidades que serán consultados (Minambiente, 2014).

Cuadro 116. Fuentes de información y entidades que deben ser consultadas

TEMAS	ENTIDAD	
Base cartográfica	Subdirección de Cartografía - Instituto Geográfico Agustín Codazzi	
División político administrativa	Subdirección de Cartografía - Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Departamento Administrativo Nacional de Estadística	
Áreas de manejo especial (comunidades indígenas y negritudes)	Ministerio del Interior, Subdirección de Cartografía - Instituto Geográfico Agustín Codazzi	

TEMAS	ENTIDAD
Delimitación del área de estudio	Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia
Modelo Digital del Terreno	Subdirección de Cartografía - Instituto Geográfico Agustín Codazzi
Hidrografía	Subdirección de Cartografía - Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia
Información climática (precipitación, temperatura, evapotranspiración)	Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales
Usuarios del recurso hídrico	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia
Cobertura y uso de la tierra	Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana
Distribución y tamaño predial	Subdirección de Catastro - Instituto Geográfico Agustín Codazzi
Conflictos de uso del suelo	Subdirección de Agrología - Instituto Geográfico Agustín Codazzi
Identificación de usos potenciales	Alcaldías Municipales, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia
Demografía	Alcaldías Municipales, Departamento Administrativo Nacional de Estadística
Usuarios del recurso hídrico	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia

19.2.3 Revisión y validación de información, control de calidad

Tanto los datos obtenidos de fuentes de información secundaria como la información primaria deben ser sometidos a procesos de revisión, validación y ajuste que permitan garantizar que los datos empleados cumplen con el más alto nivel de calidad posible acorde a los estándares establecidos. A continuación se presentan los aspectos más importantes a evaluar en este proceso de control de calidad:

 Tipo de información: Establecer el tipo de archivo en el cual es suministrada la información y, de ser necesario, las conversiones o transformaciones que deben



realizarse para migrar los datos a los tipos de archivo necesarios en el proyecto de tal forma que mantengan la integridad de la información.

- Cubrimiento geográfico: Garantizar que la información obtenida ofrece total cubrimiento al área de estudio.
- Completitud temática y gráfica: Validar que la totalidad de elementos gráficos y atributos existen y están correctamente almacenados.
- Continuidad gráfica y temática: Asegurar los elementos continuos en dos o más planchas presentan continuidad gráfica (empalmes) y que los atributos temáticos se mantengan constantes para el mismo elemento.
- Consistencia lógica: Garantizar que la representación gráfica y la descripción de los elementos en el mapa corresponde con la lógica del paisaje en la realidad. Algunos ejemplos de criterios a tener cuenta para atender este aspecto son:
 - Paso de drenajes por curvas.
 - Consistencia de los valores de altura de las curvas de nivel con respecto a la realidad.
 - Consistencia de los valores de altura de los puntos de control con respecto a las curvas de nivel.
 - o Paso de vías por drenajes.



- Escala de captura: Establecer la escala de captura de las fuentes de información secundaria y su pertinencia de acuerdo al tema y a la disponibilidad de datos para ese tema. Este análisis permitirá establecer si es necesario y posible realizar ajustes que permiten mejorar la calidad de la información.
- Exactitud posicional: Revisar que la posición absoluta y relativa de los elementos este acorde a la escala de trabajo y al tema revisado.
- Topología: Asegurar que la información contenida en la Base de Datos Geográfica cumple con los estándares mínimos de calidad relacionados con las reglas topológicas que garanticen la calidad de la información espacial trabajada acorde al tipo de representación gráfica (punto, línea, polígono).

19.2.4 Generación de cartografía

Esta etapa corresponde a la obtención de los objetos que integrarán la Base de Datos Geográfica en formato digital en la cual será almacenada la cartografía del PORH río Orito. Esta cartografía se clasifica en dos grupos: cartografía básica y cartografía temática. En capítulos posteriores de este documento se realizará la descripción de las fuentes de información, procesamientos, metodologías empleadas y resultados obtenidos en la obtención de la base cartográfica y de los diferentes objetos que componen la cartografía temática obtenida hasta la fecha.



19.2.4.1 Modelamiento y análisis espacial

El empleo de los Sistemas de Información Geográfica en los procesos de gestión y ordenamiento territorial no puede limitarse a la tarea de producción de documentos cartográficos. Los SIG cuentan con un innumerable conjunto de herramientas de análisis y modelamiento espacial que permiten gestionar datos geográficos facilitando la tarea del planificador en su intención de generar nuevo conocimiento que le permita comprender la complejidad del territorio que investiga. Gracias a estas herramientas es posible identificar relaciones espaciales entre diferentes fenómenos que a simple vista no son evidentes así como resolver preguntas complejas de forma rápida y con alto nivel de certeza.

Las principales herramientas de análisis y modelamiento espacial se pueden clasificar así:

- Consultas simples a las bases de datos de atributos
- Consultas de tipo geográfico
- Mediciones y cálculos (coordenadas, longitudes, área)
- Reclasificación por atributos
- Operaciones espaciales entre capas
- Análisis de proximidad
- Análisis de redes
- Análisis de densidad
- Análisis de superficie
- Análisis tridimensional



Estadística descriptiva

Para el caso del PORH del río Orito se hará uso de las potencialidades que ofrecen las herramientas SIG no solo para la generación de los entregables cartográficos (salidas gráficas y bases de datos espaciales) sino en la elaboración de análisis geográficos que permitan elaborar un diagnóstico acertado del estado del recurso hídrico y de las variables de tipo ambiental, social y económico que determinan el manejo del agua en la cuenca objeto de estudio.

19.2.4.2 Definición del Modelo de Datos

Para la organización, clasificación y almacenamiento de la información cartográfica digital del PORH Río Orito se emplearan modelos de datos geográficos ya existentes desarrollados por entidades que cuentan con amplia experiencia en la elaboración de infraestructuras de datos espaciales para el territorio colombiano.

Para la base cartográfica se empleará el Modelo de Datos del IGAC. La estructura de organización en la base de datos geográficos del IGAC puede observarse en la Figura 76.

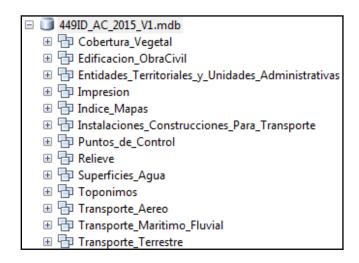




Figura 74. Organización de grupos temáticos en el Modelo de Datos del IGAC

Para la cartografía temática se empleará el Modelo de Almacenamiento Geográfico para la presentación de estudio Ambientales de la Agencia Nacional de Licencias Ambientales definido en la Resolución No. 2182 del 23 de diciembre de 2016 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. La documentación que soporta y describe este modelo de datos puede ser consultada en el portal del ANLA (http://portal.anla.gov.co/sistema-informacion-geografica). La estructura de organización en la base de datos geográficos del ANLA puede observarse en la Figura 77.



Figura 75. Organización de grupos temáticos en el Modelo de Datos de la ANLA

19.2.5 Elaboración de entregables

Finalmente se elaboraron los diferentes productos entregables relacionados con el componente de cartografía y SIG, de tal forma que se atendieron los compromisos establecidos contractualmente. Estos entregables son:



- Base de Datos Geográfica: Se entregará una base de datos geográfica en formato Geodatabase, compatible con ArcGis, en la cual se almacenarán los diferentes objetos geográficos, en formato vector y raster, ordenados y clasificados conforme a los Modelos de Datos IGAC y ANLA.
- Salidas Gráficas: Corresponde a los mapas en formato análogo y digital en los que se plasman los resultados de las variables estudiadas en el PORH. Las salidas gráficas se entregarán en formato MXD, JPG y PDF de tal forma que puedan ser consultadas no solo por usuarios especializados que cuenten con el software ArcGis sino también por cualquier tipo de usuario sin importar su nivel de capacitación en el manejo de herramientas tecnológicas.
- Metadatos: Se elaboraran fichas de metadato conforme al estándar de metadato mínimo de la norma NTC4611.

19.2.5.1 Base Cartográfica

La base cartográfica corresponde al conjunto de entidades geográficas (naturales y creadas por el hombre) que describen geográficamente una determinada porción de la superficie terrestre. De acuerdo a la escala de trabajo definida para cada estudio geográfico se determinan:

- Los objetos geográficos que integran la base cartográfica.
- La representación espacial de dichos objetos o geometría (punto, línea o polígono).
- Las características y atributos que serán almacenados para cada uno de los objetos geográficos establecidos.



En Colombia la entidad encargada de elaborar la cartografía oficial del territorio nacional es el Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC-. La consulta a la información cartográfica elaborada por el IGAC permitió identificar 14 planchas, en formato Geodatabase, a escala 1:25.000 que ofrecen cubrimiento al área de estudio: 448IIB, 448IVB, 448IVD, 449IA, 449IC, 449IIIA, 449IIIB, 449IIIC, 449IIID, 449IVA, 449IVC, 449IVD y 466IB (Ver Figura 78).

Una vez obtenidas las planchas IGAC identificadas se realizó la revisión de contenido para identificar los objetos geográficos existentes en el área de estudio. Posteriormente se realizó la migración, integración y empalme de la información almacenada en las 14 planchas a una única Geodatabase que contiene la información de base cartográfica para el PORH del río Orito.

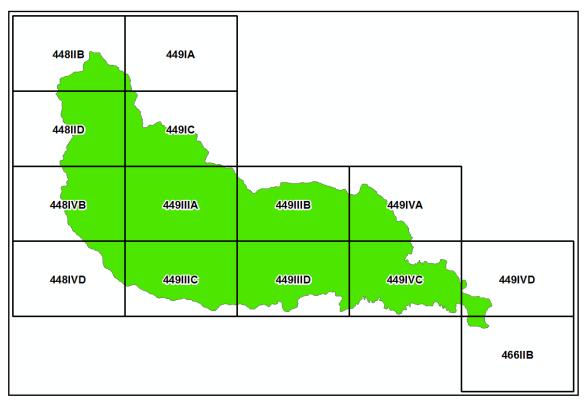


Figura 76. Planchas escala 1:25.000 que cubren el área de estudio



REFERENCIAS

Castro A., C.H. 2006. La Participación Ciudadana: una alternativa democrática. Disponible en:

https://carlos.orito.com.co/index.php/produccion-intelectual/download/3-ensayos-y-cuentos/19-participacion-ciudadana-la-opcion-democratica

CORPOAMAZONÍA- SIAM. 2017. Modelo hidrogeológico, físico, químico y microbiológico de las aguas superficiales y subterráneas de las áreas urbanas y de expansión urbana del municipio de Orito Putumayo. Mocoa, Putumayo.

Ferrer, M., Rodríguez, J., & Estrela, T. 1995. Generación Automática del número de Curva con Sistemas de Información Geográfica. En Generación Automática del Número de Curva con Sistemas de Información Geográfica (págs. 43-58).

GeoEnciclopedia. 2010. Aguas subterráneas: compilado. Disponible en: https://www.geoenciclopedia.com/aguas-subterraneas/

IDEAM. 2013. Zonificación y Codificación de unidades Hidrográficas e hidrológicas de Colombia. Bogotá, 47 p.

IDEAM. 2014. Conocimiento hidrogeológico: Laboratorio de calidad ambiental. Bogotá.

Jenson, S. K. y J. O. Domingue. 1988. Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 54 (11).

Lopez, J., & Delgado, P. 2009. Caracterización Paramétrica de las Cuencas. Hidrología de Superficie en Tenerife. Santa Cruz de Tenerife.



Magdaleno, F. 2005. Caudales Ecológicos: Conceptos, métodos e interpretaciones. Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas del CEDEX.

Malagón, D. 2002. Los Suelos de Colombia. Obtenido de www.sogeocol.edu.co: http://www.sogeocol.edu.co/documentos/05loss.pdf (octubre de 2016).

Marco, P. 2011. Métodos de Interpolación en Arcgis 10. Obtenido de UNAM Geografía.

Martinez de Azagra, A., Mongil, J., & del Rio, J. 2003. Pequeña Guía de Uso del Modelo MODIPÉ. Disponible en: http://www.oasification.com: http://www.oasification.com/archivos/Pequeña%20guía%20de%20uso%20del%20model o%20MODIPÉ.pdf.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2018. Programa Nacional de Aguas subterráneas. Bogotá.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2014. Guía técnica para la formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico.

Pérez y Merino. 2016. Definición de balance hídrico. Disponible en: https://definicion.de/balance-hidrico/.

Universidad Nacional de Colombia. 2011. Desarrollo de modelos hidrológicos y modelación de procesos superficiales: caso de estudio para vertientes de alta montaña. En: Gestión y ambiente.

US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. 2013. http://www.hec.usace.army.mil. Obtenido de HEC-GeoHMS Geospatial Hydrologic Modeling Extension: http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-



ANEXOS

- 1. Cartografía básica y temática del PORH del río Orito
- 2. Censo de usuarios, matriz de RURH

