CORPONARIÑO
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO

SUBDIRECCIÓN DE CONOCIMIENTO Y EVALUACIÓN AMBIENTAL

Plan de Ordenamiento Quebrada EL CARRIZAL

PROGRAMA MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO

2014

CUERPO DIRECTIVO

YOLANDA BENAVIDES ROSADA
Directora General

FREDY RODRIGUEZ AUX
Subdirector Administrativo y Financiero

ALVARO ALVORNOZ ERASO
Subdirector de Conocimiento y Evaluación Ambiental

FERNANDO BURBANO VALDEZ
Subdirector de Intervenciones para la Sostenibilidad Ambiental

TERESA ENRIQUEZ ROSERO
Jefe Oficina Jurídica

FRANKLIN JONNY ROSERO PATIÑO
Jefe Oficina de Control Interno

HUGO MARTIN MIDEROS LOPEZ
Jefe Oficina de Planeación y Direccionamiento Estratégico

EQUIPO TÉCNICO

CORINA ANABEL ORDOÑEZ GUERRERO
Formulación PORH Cauce principal Quebrada el Carrizal
Química Industrial

MAURICIO BASTIDAS BEDOYA
Coordinador PORH Cauce principal Quebrada el Carrizal
Ingeniero Químico

EDGAR JULIAN CERÓN FIGUEROA
Diagnóstico Hidrobiológico de Calidad de Agua
Ingeniero Biológico

CAMILO CAGUASANGO
Cartografía y Sistemas de Información Geográfica
Geógrafo

EQUIPO DE APOYO

MARIA FERNANDA FOLLECO VILLAREAL
Profesional Universitario SUBCEA

JAIRO JESÚS CAÑIZAREZ JURADO
Supervisor
Coordinador Centro Ambiental Norte

EQUIPO PROFESIONAL DE CONTRATISTAS AÑO 2014
ORDENAMIENTO RECURSO HÍDRICO CORPONARIÑO

FRANCISCO RICARDO MAFFLA CHAMORRO
Modelo de Simulación Matemático QUAL2K
Ingeniero Sanitario

LILIANA ELIZABETH ERASO
Diagnóstico Social Participativo
Psicóloga

LABORATORIO ESPECIALIZADO
Análisis de Muestras y Reporte de Resultados
Universidad de Nariño - UDENAR

TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACIÓN *11*
GLOSARIO *12*
INTRODUCCIÓN *17*
ALCANCE *18*
1. MARCO LEGAL *19*
2. MARCO CONCEPTUAL *25*
3. APRESTAMIENTO *27*
3.1. APRESTAMIENTO INSTITUCIONAL **27**
3.2. PRIORIZACIÓN DE LA FUENTE HÍDRICA SUPERFICIAL **28**
3.3. DECLARATORIA DE ORDENAMIENTO **29**
4. DIAGNÓSTICO *33*
4.1. Aspectos Generales del Área de Estudio **33**
4.1.1. Descripción del municipio - La Cruz 33
4.1.2. Localización Geográfica del Área de Estudio 33
4.1.3. Hidroclimatología del Área de Estudio 37
4.1.4. Usos y Coberturas del Suelo 43
4.1.5. Amenazas Naturales del Área de Estudio 47
4.2. Diagnóstico Social **48**
4.2.1. Diagnóstico Social Participativo 48
4.2.2. Taller Diagnóstico Social 50
4.2.3. Resultados Taller Diagnóstico Social 51
4.3. Diagnóstico Corriente Hídrica **53**
4.3.1. Censo de Usuarios 54
4.3.2. Oferta y Demanda Hídrica 83
4.4. Perfil de Modelación o Topología **94**
4.4.1. Perfil de Modelación o Topología Quebrada el Carrizal 95
4.5. Determinación de Línea Base de Cargas Contaminantes **96**
4.5.1. Metodología 96
4.5.2. Evaluación de Calidad Cauce Principal 104
4.5.3. Evaluación Calidad Entradas Monitoreadas 121
4.5.4. Evaluación de la Calidad de Entradas Estimadas 122
4.6. Modelo de Simulación de Calidad del Cauce Principal de la Quebrada el Carrizal **122**
4.7. Diagnóstico Hidrobiológico de Calidad del Agua **145**
4.7.1. Marco Contextual 145
4.7.2. Metodología 150
4.7.3. Resultados 153
4.7.4. Evaluación de Resultados 158
4.7.5. Discusión y Conclusiones 162
4.7.6. Resultados Hidrobiológicos segunda jornada de muestreos 163

4.8. Estado Actual Prestador de Servicios Públicos 165
4.8.1. Servicios que Presta la Empresa 165
4.8.2. Tarifas 166
4.8.3. Infraestructura 166
4.8.4. Fortalecimiento Institucional 169

5. PROSPECTIVA 171

5.1. Análisis Social 171
5.1.1. Necesidades e Intereses de la Comunidad 171
5.1.2. Acciones por parte de los actores involucrados 172
5.1.3. Posibles Soluciones planteadas por la comunidad 172
5.1.4. Actores Involucrados 173

5.2. Criterios de calidad para los usos actuales y potenciales del recurso hídrico 173
5.2.1. Usos Actuales y Potenciales del Cauce Principal de la Quebrada el Carrizal: 173
5.2.2. Criterios de Calidad establecidos para los Usos Asignados: 174

5.3. Definición de tramos de calidad sobre el cauce principal 175

5.4. Escenarios de calidad sobre el cauce principal 178
5.4.1. Escenario Tendencial de Calidad 179
5.4.2. Escenario Factible 4 años 181
5.4.3. Escenario Factible 7 años 181
5.4.4. Escenario Factible 10 años 182
5.4.5. Escenario Ideal de Calidad 10 años 182

6. FORMULACIÓN 186

6.1. Objetivos de Calidad 186
6.1.1. Propuesta de Objetivos de Calidad 186

6.2. Necesidad de Implementación de una Infraestructura de Tratamiento 190

6.3. Cargas Contaminantes a verter en el Escenario Factible 191

6.4. Vinculación de Instrumentos de Control y Planificación 191
6.4.1. Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del municipio de La Cruz (PSMV) 191

6.5. Metas de Descontaminación 193

6.6. Tasa Retributiva 194

6.7. Líneas de Acción para la Formulación de Proyectos 198
6.7.1. Fuentes de Financiación 204

7. CONCLUSIONES 210

8. RECOMENDACIONES 211

ANEXOS 214

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Normatividad Ambiental Nacional Vigente 21
Cuadro 2. Fases y Procesos del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico 26
Cuadro 3. Planeación Aprestamiento Institucional 27
Cuadro 4. Localización Geográfica de la Quebrada el Carrizal 33
Cuadro 5. Contextualización Hidrográfica microcuenca Quebrada el Carrizal 34
Cuadro 6. Clasificación de cobertura de suelo microcuenca Carrizal 44
Cuadro 7. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN1 55
Cuadro 8. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN2 56
Cuadro 9. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN3 57
Cuadro 10. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN4 58
Cuadro 11. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN5 59
Cuadro 12. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN6 60
Cuadro 13. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN7 61
Cuadro 14. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN9 63
Cuadro 15. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN10 64
Cuadro 16. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN11 65
Cuadro 17. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN12 66
Cuadro 18. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN13 67
Cuadro 19. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN14 68
Cuadro 20. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN15 69
Cuadro 21. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN16 70
Cuadro 22. Usuarios de Vertimientos UV1 71
Cuadro 23. Usuarios de Vertimientos UV2 72
Cuadro 24. Usuarios de Vertimientos UV3 73
Cuadro 25. Usuarios de Vertimientos UV5 75
Cuadro 26. Usuarios de Vertimientos UV6 76
Cuadro 27. Usuarios de Vertimientos UV7 77
Cuadro 28. Usuarios de Vertimientos UV8 78
Cuadro 29. Usuarios de Vertimientos UV9 79
Cuadro 30. Usuarios de Vertimientos UV10 80
Cuadro 31. Usuarios de Vertimientos UV11 81
Cuadro 32. Usuarios de Cantidad UC1 82
Cuadro 33. Categorías del Índice de escasez 93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama Normatividad Ambiental Nacional 20
Figura 2. Cronograma De Actividades Para La Formulación Del PORH 30
Figura 3. Localización general del área de estudio 34
Figura 4. Parque Nacional Natural Complejo Volcánico Doña Juana Cascabel 35
Figura 5. Relieve Quebrada el Carrizal 35
Figura 6. Diagnóstico Corriente Hídrica 54
Figura 7. Topología Quebrada el Carrizal 95
Figura 8. Perfil de Calidad Quebrada el Carrizal 120
Figura 9. Configuración de Corrientes Hídricas Superficiales. 126
Figura 10. Esquema de Balance de Flujo 126
Figura 11. Esquema de Variables de la ecuación de Manning. 127
Figura 12. Esquema de Balance de Masa 128
Figura 13. Procesos de Transferencia de Masa y Modelos Cinéticos 129
Figura 14. Hoja de cálculo condiciones fisicoquímicas y microbiológicas iniciales 130
Figura 15. Hoja de cálculo de Posición y elevación de elementos computacionales 130
Figura 16. Hoja de cálculo de Parámetros Hidráulicos de la corriente 131
Figura 17. Hoja de cálculo de Constantes Cinéticas 132
Figura 18. Hoja de cálculo Descargas Puntuales 132
Figura 19. Hoja de cálculo Descargas Difusas 132
Figura 20. Topología Quebrada Carrizal (Modelo Qual2Kw) 134
Figura 21. Resultado prueba de trazadores parta Alta quebrada Carrizal 136
Figura 22. Resultado prueba de trazadores parte baja quebrada Carrizal 137
Figura 23. Macroinvertebrados representativos de aguas de buena, intermedia y mala calidad. 146

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Comportamiento Precipitación Media Multianual 39
Gráfica 2. Comportamiento Media Multianual de días con Precipitación 40
Gráfica 3. Comportamiento Temperaturas Media Multianual 40
Gráfica 4. Comportamiento Humedad Relativa Media Multianual 41
Gráfica 5. Comportamiento Evaporación Multianual 42
Gráfica 6. Comportamiento Brillo Solar Multianual 42
Gráfica 7. Porcentaje de Cobertura definitiva en la microcuenca Carrizal 45
Gráfica 8. Articulación Componente Técnico y Social en la Formación de un PORH 49
Gráfica 9. Distribución Temporal de la Lluvia 85
Gráfica 10. Potencial de Hidrógeno Quebrada el Carrizal 107
Gráfica 11. Conductividad Corriente Eléctrica Quebrada el Carrizal 108
Gráfica 12. Sólidos Totales 109
Gráfica 13. Turbiedad en Quebrada el Carrizal 109
Gráfica 14. Dureza Total en Quebrada el Carrizal 110
Gráfica 15. DBO5 en Quebrada el Carrizal 110
Gráfica 16. DQO en Quebrada el Carrizal 111
Gráfica 17. Oxígeno Disuelto en Quebrada el Carrizal 111
Gráfica 18. Nitratos en Quebrada el Carrizal 112
Gráfica 19. Nitritos en Quebrada el Carrizal 112
Gráfica 20. Grasas y Aceites en Quebrada el Carrizal 113
Gráfica 21. Coliformes Totales (UFC) en Quebrada el Carrizal 113
Gráfica 22. Escherechia Coli (UFC) en Quebrada el Carrizal 114
Gráfica 23. Clasificación Calidad De Agua Según el ICA 115
Gráfica 24. Resultado de Calibración de Caudal quebrada Carrizal- modelo Qual2Kw 139
Gráfica 25. Resultado de Calibración de pH quebrada Carrizal- modelo Qual2kw 140
Gráfica 26. Resultado de Calibración de Temperatura quebrada Carrizal- modelo Qual2kw 140
Gráfica 27. Resultado de Calibración de Oxígeno Disuelto quebrada Carrizal- modelo Qual2kw. 141
Gráfica 28. Resultado de Calibración de la materia orgánica de rápida degradación quebrada Carrizal- modelo Qual2kw 142
Gráfica 29. Resultado de Calibración de SST quebrada Carrizal- modelo Qual2kw 142
Gráfica 30. Resultado de Calibración de Nitrógeno Total quebrada Carrizal- modelo Qual2kw ... 143
Gráfica 31. Resultado de Calibración de Coliformes Totales quebrada Carrizal- modelo Qual2kw143

LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Localización Quebrada el Carrizal 36
Mapa 2. Estaciones Metereológicas del Área en Estudio 38
Mapa 3. División de la Microcuenca Quebrada el Carrizal 43
Mapa 4. Mapa de Uso y Cobertura del Suelo Microcuenca el Carrizal 47
Mapa 5. Isoyetas Microcuenca Quebrada el Carrizal 85
Mapa 6. Isotermas Microcuenca Quebrada el Carrizal 86
Mapa 7. Evapotranspiración Potencial Microcuenca Quebrada el Carrizal 88
Mapa 8. Evapotranspiración Real Microcuenca Quebrada el Carrizal 88
Mapa 9. Escurrimiento Superficial Microcuenca Quebrada el Carrizal 90
Mapa 10. Sectorización Microcuencas de la Quebrada el Carrizal 91
Mapa 11. Índice de Escasez de la Microcuenca el Carrizal 94
Mapa 12. Puntos de Muestreo Sobre Afluentes y Cauce Principal de la Quebrada el Carrizal 100
Mapa 13. Índice de Calidad de Agua Quebrada el Carrizal 121

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores Totales de Precipitación (mm) 39
Tabla 2. Dias Mensuales con Precipitación 39
Tabla 3. Valores Medios Mensuales de Temperaturas (°C) 40
Tabla 4. Valores Medios Mensuales de Humedad Relativa (%) 41
Tabla 5. Valores Totales Mensuales de Evaporación (mm) 41
Tabla 6. Valores Totales Mensuales Brillo solar (horas) 42
Tabla 7. Estaciones meteorológicas 84
Tabla 8. Oferta hídrica total 91
Tabla 9. Oferta hídrica total y neta por microcuencas 92
Tabla 10. Oferta hídrica neta 92
Tabla 11. Procedimiento Para Toma De Muestras 96
Tabla 12. Procedimiento Para Aforo de Caudales 98
Tabla 13. Descripción de Criterio de Selección 99
Tabla 14. Estaciones de Muestreo en la Quebrada el Carrizal 100
Tabla 15. Resultados de muestreo sobre la Quebrada el Carrizal para las jornadas de 9 de Septiembre y 29 de Octubre de 2014 105
Tabla 16. Pesos Relativos Por Cada Parámetro ICA 115
Tabla 17. ICA Punto de muestreo QC1 116
Tabla 18. ICA Punto de muestreo QC2 117
Tabla 19. ICA Punto de muestreo QC3 117
Tabla 20. ICA Punto de muestreo QC4 118
Tabla 21. ICA Punto de muestreo QC5 118
Tabla 22. ICA Punto de muestreo QC7 119
Tabla 23. ICA Punto de muestreo QC8 119
Tabla 24. ICA Punto de muestreo QC9 120
Tabla 25. Velocidades de la corriente en diferentes tramos quebrada Carrizal 137
Tabla 26. Coeficientes Hidráulicos quebrada Carrizal 137
Tabla 27. Calidad de agua afluentes quebrada Carrizal 138
Tabla 28. Calidad de agua en diferentes puntos quebrada Carrizal 138
Tabla 29. Fuentes de Financiación por Programas y Proyectos - PORH Quebrada el Carrizal 205

PRESENTACIÓN

Con el fin de establecer los objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción estratégicas frente al manejo del recurso hídrico en el país, surge por parte del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico como la culminación de una serie de iniciativas para el manejo del agua, apuntando no solo a resolver su actual problemática sino permitir hacer uso eficiente del recurso y preservarlo como una riqueza natural para el bienestar de las generaciones futuras.

Para la adopción de esta Política, se promulga el Decreto 3930 del 25 de Octubre del 2010, en donde surge la figura del "Ordenamiento del Recurso Hídrico", como un instrumento articulador de todos los principios, normas y mecanismos orientados a la gestión eficaz del recurso, buscando minimización de riesgos asociados con su calidad, escasez y agotamiento, así como el manejo de conflictos.

Es así, como la máxima Autoridad Ambiental en la Región, CORPONARIÑO, al estar encargada de la administración del medio ambiente y de los recursos naturales renovable, incluida el agua, de conformidad con las políticas y disposiciones legales que establezca el MAVDT, debe ejecutar políticas, planes, programas y proyectos específicos para manejar, proteger, regular y controlar la disponibilidad, calidad y uso del recurso hídrico y velar por el cumplimiento de la normativa vigente.

Por ello, dentro de su Plan de acción 2012-2015, establece el Programa "Ordenamiento del Recurso Hídrico, Control de Vertimientos y Monitoreo de Corrientes", planteando como meta el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico para varias Subcuencas, incluida para efecto del presente, la microcuenca de la QUEBRADA EL CARRIZAL en el municipio de la Cruz del departamento de Nariño.

Con la formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) de la Quebrada el Carrizal, se logra un mayor conocimiento sobre el recurso a través de la sistematización y manejo de información, lo cual permite la obtención de criterios para asignación de caudales en concesión, establecimiento de normas de vertimiento, planificación de objetivos de calidad en el tiempo y la definición de metas de reducción de cargas contaminantes, entre otros; todo esto en desarrollo de procesos participativos que vinculen a la comunidad en general, creando visión regional del recurso y promoviendo la interacción entre la Autoridad Ambiental y los Usuarios.

GLOSARIO

AFLUENTE. Agua o cualquier otro líquido, en su estado natural o tratada parcial o totalmente, que ingrese a un reservorio o algún proceso de tratamiento. Curso de agua que desemboca en otro curso más importante.
AFORO VOLUMÉTRICO. Consiste en recoger en un tiempo específico una cantidad de material que se está aforando o recoger un volumen específico midiendo el tiempo utilizado en la recolección de este.
AGUA ÁCIDA. Agua que contiene una cantidad de sustancias ácidas que hacen al pH estar por debajo de 7,0.
AGUA CONTAMINADA. La presencia en el agua de suficiente material perjudicial o desagradable para causar un daño en la calidad del agua.
AGUA POTABLE. Agua con calidad suficiente, que el ser humano puede ingerir sin riesgos para su salud.
AGUA RESIDUAL. Agua que contiene material disuelto y en suspensión, luego de ser utilizada por una comunidad o industria. El gasto o agua usada por una casa, una comunidad, una granja, o industria que contiene materia orgánica disuelta o suspendida.
AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA. Provenientes de cocinas, baños, lavamanos, lavaderos y otros. Contiene materiales minerales, materia fecal, papel, restos de alimentos jabón y otros. En las industrias estas aguas provienen especialmente de unidades sanitarias.
AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL. Conjunto de las aguas que son contaminadas durante su empleo en actividades realizadas dentro de los procesos de una industria.
AGUA SUBTERRÁNEA. Agua que puede ser encontrada en la zona satura del suelo; zona que consiste principalmente en agua. Se mueve lentamente desde lugares con alta elevación y presión hacia lugares de baja elevación y presión, como los ríos y lagos.
AGUA SUPERFICIAL. Toda agua natural abierta a la atmósfera, concerniente a ríos, lagos, reservorios, charcas, corrientes, océanos, mares, estuarios y humedales.
AGUAS GRISES. Aguas domésticas residuales compuestas por agua de lavar procedente de la cocina, lavamos, aguas de los fregaderos, y lavaderos.
AGUAS RECEPTORAS. Un río, un lago, un océano, una corriente de agua u otro curso de agua, dentro del cual se descargan aguas residuales o efluentes tratados.
ALCALINIDAD. Capacidad buffer para establecer el pH.
ALCANTARILLADO COMBINADO. Un sistema de alcantarilla que transporta tanto aguas residuales como agua de lluvia de escorrentía.
ANÁLISIS. Examen de agua residual o lodos efectuado por un laboratorio.
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO. Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas y químicas.
ASIMILACIÓN. La capacidad del agua de purificarse de agentes contaminadores.
AUTODEPURACIÓN. Capacidad de las fuentes de agua para recuperarse o limpiarse naturalmente.
BIODEGRADACIÓN. Transformación de la materia orgánica en compuestos menos complejos, por acción de microorganismos.
CALIDAD DEL AGUA. Estado físico, químico y biológico en que se encuentra el agua, el cual está relacionado con la concentración de sustancias, bien sea naturales o artificiales, generadas principalmente tras procesos antrópicos.
CAPACIDAD DE ASIMILACIÓN. La capacidad del agua natural de recibir aguas residuales o materiales tóxicos sin que tengan efectos negativos y sin daño para la vida acuática o para los seres humanos que consumen esa agua.
CARACTERIZACIÓN. Toma de muestras de agua de interés sanitario para su posterior análisis fisicoquímico en laboratorio.
CARGA CONTAMINANTE. Producto de la concentración media de un contaminante por el caudal medio determinado en el mismo sitio. Se expresa en kilogramos por día (kg/día).

CAUDAL. Cantidad de flujo que atraviesa una sección determinada de un curso de agua en una unidad de tiempo. (Volumen / tiempo).
COLECTOR. Conductos que transportan aguas residuales a gran escala.
CONCENTRACIÓN. Cantidad o concentración en que se encuentra una sustancia específica en una muestra. La cantidad de material disuelto o suspendido en una unidad de solución, expresado en mg/L.
CONTAMINACIÓN. Presencia en el ambiente de sustancias que deterioran su calidad, como microorganismos, productos químicos, residuos o derramamientos.
CONTAMINANTE. Un compuesto que a concentración suficientemente alta causa daños en la vida de los organismos.
CUENCA. Toda la superficie que encausa agua y sedimentos que convergen hacia un mismo río. Sistema geológico por donde fluye el agua, que incluye aguas superficiales (ríos, lagos, etc.) y subterráneas (acuíferos).
CUERPO DE AGUA: Sistema de origen natural o artificial localizado sobre la superficie terrestre y/o subsuelo, en el caso de las aguas subterráneas, conformado por elementos físico-bióticos, masas o volúmenes de agua, contenidas o en movimiento.
CUERPO RECEPTOR. Curso de agua donde se descargan las aguas residuales.
CURSO DE AGUA. Sistema de aguas superficiales y subterráneas que, en virtud de su relación física, constituyen un conjunto unitario y normalmente fluyen a una desembocadura común.
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO. La cantidad de oxígeno (medido en el mg/l) que es requerido para la descomposición de la materia orgánica por los organismos Unicelulares, bajo condiciones de prueba. Se utiliza para medir la cantidad de contaminación orgánica en aguas residuales.
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO_5). Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica carbonacea y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente 5 días a 20°C). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable. La cantidad de oxígeno disuelto consumido en cinco días por las bacterias que realizan la degradación biológica de la materia orgánica.
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO).Medida de cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica de aguas residuales, usando como oxidante sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio. Es usado para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales. En contraposición al DBO, con el DQO prácticamente todos los compuestos son oxidados.
DEPURACIÓN. Nombre que reciben los distintos procesos implicados en la extracción, tratamiento y control sanitario de los productos de desecho arrastrados por el agua y procedentes de viviendas e industrias.
DESCARGA. Indica una situación en la que las sustancias (sólido, líquido o gaseoso) ingresan al medio ambiente.
DISPOSICION FINAL. Disposición del efluente de una planta de tratamiento.
EFICIENCIA DE REMOCIÓN. Medida de la efectividad de un proceso en la remoción de una sustancia especifica.
EFLUENTE. Agua o cualquier otro líquido, en su estado natural o tratado total o parcialmente, que sale de un tanque de almacenamiento, depósito o planta de tratamiento. La salida o flujos salientes de cualquier sistema que despacha flujos de agua. Este es el agua producto dada por el sistema.
EMPRESA. Toda unidad económica productora y comercializadora de bienes y servicios con fines lucrativos, cualquiera que sea la persona, individual o jurídica, titular del respectivo capital.
ESCASEZ HÍDRICA. Situación de déficit crónico de recursos hídricos producida por causas meteorológicas.

FACTOR DE DILUCIÓN. Cociente del volumen (flujo o gasto) de agua de una corriente o cuerpo receptor, con el volumen del desecho vertido en aquella.
FILTRO ANAEROBIO. Columna llena de varios tipos de medios sólidos usados para el tratamiento de la materia orgánica en agua residual.
FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE. Sistema de tratamiento de aguas residuales biológico de lecho fijo que permite la depuración por acción biológica con el paso de flujo de abajo hacia arriba.
INDICADOR. Cualquier entidad biológica o proceso, o comunidad cuyas características muestren la presencia de las condiciones ambientales específicas o contaminación.
INDUSTRIA. Transformación que sufren las materias primas con la participación de los factores de la producción, a diferencia de lo que ocurre con los productos obtenidos del sector agropecuario. Por extensión, el conjunto de las actividades en un territorio o país.
INDUSTRIAS. Todos los establecimientos residentes y unidades análogas, públicas y privadas que producen bienes y servicios para su venta a un precio con el que se pretende normalmente cubrir su costo de producción.
INSUMOS. Bienes y servicios usados en la producción de otros bienes.
LAGUNA AEROBIA. Estanque para el tratamiento de aguas residuales en el cual se inyecta oxígeno por acción mecánica o difusión de aire comprimido.
LAGUNA ANAEROBIA. Estanque con alta carga orgánica en la cual se efectúa el tratamiento en ausencia de oxígeno.
LECHO DE SECADO. Tanques de profundidad reducida con arena y grava sobre drenes, destinado a la deshidratación de lodos por filtración y evaporación.
LODO ACTIVADO. Lodo constituido principalmente por biomasa con alguna cantidad de sólidos inorgánicos que re circula del fondo del sedimentador secundario al tanque de aireación en el tratamiento con lodos activados.
MATERIA ORGÁNICA. Toda materia que tiene carga orgánica en su estructura molecular. Sustancias de material de plantas y animales muertos, con estructura de carbono e hidrógeno.
MATERIA PRIMA. Sustancia que entra en la composición de los productos manufacturados o fabricados y que tienen que someterse a transformación o elaboración antes de darse al consumo.
MODELACIÓN: Ejercicio de realizar una representación simplificada de un sistema real que brinda información importante para el desarrollo de un protocolo de seguimiento o la implementación de un plan de acción frente a lo que se espera obtener.
MONITOREO: Proceso mediante el cual se hace seguimiento y se establece un control sobre el comportamiento de un proceso para detectar su estabilidad o variabilidad a través del tiempo.
MUESTRA COMPUESTA. Mezcla de varias muestras alícuotas instantáneas recolectadas en el mismo punto de muestreo en diferente tiempo. La mezcla se hace sin tener en cuenta el caudal en el momento de la toma.
MUESTRA PUNTUAL. Muestra tomada al azar en una hora determinada, su uso es obligatorio para el análisis de un parámetro que normalmente no puede preservarse.
MUESTREO ALEATORIO. Ocurre cuando cada unidad de la población tiene una probabilidad igual de ser seleccionada, y cuando esta probabilidad es independiente (no le afecta la selección de cualquier otra unidad).
OBJETIVOS DE CALIDAD: Conjunto de parámetros que se utilizan para definir la idoneidad del recurso hídrico para un determinado uso.
ORDENACIÓN DE CORRIENTES. Destinación de las aguas en forma genérica bajo parámetros de calidad para los diferentes usos, atendiendo lo establecido en los decretos 2811 de 1974 y 1541 de 1978 (reglamentación de corrientes).
ORDENACIÓN DE CUENCAS. Proceso de planificación, permanente, sistemático, previsivo e integral adelantado por el conjunto de actores que interactúan en y con el territorio de una cuenca, conducente al uso y manejo de los recursos naturales de una cuenca, de manera se

mantenga o restablezca un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento social y económico de tales recursos y la conservación de la estructura y la función físico biótica de la cuenca.

OXÍGENO DISUELTO. Concentración de oxígeno solubilizado en un líquido. La cantidad de oxígeno disuelto en agua para un cierto tiempo, expresado en ppm o mg/L.

PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO: Herramienta mediante la cual se pretende formular una serie de lineamientos encaminados a reconocer, clasificar y monitorear los cuerpos de agua que ven comprometida su calidad ambiental o su disponibilidad por ser receptores de vertimientos o abastecedores de un territorio.

PARÁMETRO. Una variable, propiedad medible cuyo valor está determinado por las características del sistema en el caso del agua por ejemplo, estas pueden ser la temperatura, la presión, la densidad, etc.

POTENCIAL DE HIDRÓGENO pH. Concentración de iónes de hidrógeno, indica la intensidad del carácter ácido, neutro o alcalino de las soluciones. El valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado por el número de iones de hidrógeno presente. Es medido en una escala desde 0 a 14, en la cual 7 significa que la sustancia es neutra. Valores de pH por debajo de 7 indica que la sustancia es ácida y valores por encima de 7 indican que la sustancia es básica.

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA. Aplicación continúa de una estrategia ambiental preventiva integrada en los procesos productivos, los productos y los servicios, para reducir los riesgos relevantes a los humanos y al medio ambiente.

REACTOR UASB. El Reactor Upflow Anaerobic Slugde Blanket o reactor anaeróbico de lecho de lodos con flujo ascendente, es particularmente apto para tratar aguas residuales industriales con elevada carga orgánica.

RECURSOS HÍDRICOS. Agua dulce líquida disponible o potencialmente disponible para satisfacer una determinada demanda.

REGLAMENTACIÓN DE CORRIENTES. Procedimiento que se realiza para obtener una mejor distribución de las aguas de una corriente o derivación, teniendo en cuenta el reparto actual y las necesidades de los predios.

REJILLAS. Por lo general de barras paralelas, de separación uniforme (de 4 a 10 cm), utilizadas para remover sólidos flotantes de gran tamaño.

REMOCIÓN. Medida de la eficiencia de un proceso en el tratamiento de una sustancia específica.

RESIDUO. Los residuos secos restantes después de la evaporación de una muestra de agua o de lodo.

SANEAMIENTO. Proceso de gestión y tratamiento de las aguas residuales que garantiza la higiene pública: alcantarillado, tratamiento de aguas, etc.

SECTOR INDUSTRIAL. Sector dedicado a la transformación de materias primas.

SEDIMENTACIÓN. Separación por la acción de la gravedad, de partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua. Asentamiento de partículas sólidas en un sistema líquido debido a la gravedad.

SISTEMA DE ALCANTARILLADO. Tuberías que colectan y transportan aguas residuales desde fuentes individuales hasta una alcantarilla mayor que la transportará a continuación hacia una planta de tratamiento.

SISTEMA DE NEUTRALIZACIÓN. Sistema donde se realiza la reacción de un ácido y una base para formar sal y agua.

SIMULACIÓN: Metodología numérica desarrollada mediante un software específico que describe el comportamiento y la estructura de un sistema, y sirve de base para el diseño de la red de monitoreo.

SÓLIDOS SEDIMENTABLES. Materia sólida que sedimenta en un periodo de una hora.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS. Pequeñas partículas de sólidos dispersos en el agua, no disueltas.

TANQUE DE AIREACIÓN. Sistema en el cual se inyecta oxígeno para permitir el tratamiento aeróbico a pequeña escala.
TANQUE DE CLORACIÓN. Sistema que permite dosificar Cloro y realizar la mezcla en una sola etapa.
TANQUE DE SEDIMENTACIÓN. Sistema que permite realizar la retención de sólidos suspendidos mediante el principio físico de la sedimentación.
TANQUE SÉPTICO. Tanque que permite la sedimentación y eliminación de flotantes, actúan también como digestores anaerobios sin mezclado ni calentamiento.
TASA RETRIBUTIVA. Son los precios que cobra el estado, a través de la autoridad ambiental regional en su jurisdicción, por el servicio prestado de utilizar las corrientes de agua como receptoras y depósito de vertimientos. Es un instrumento ambiental y económico, creado por el Ministerio del Medio Ambiente, adaptable a las circunstancias regionales con resultados positivos en la calidad del agua.
TEMPERATURA. Variable de estado directamente proporcional a la energía cinética media de las moléculas.
TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA. Tiempo que permanece un fluido en la unidad de tratamiento.
TRAMPA DE GRASAS. Estructura por medio de la cual se separa el agua residual de las grasas y aceites por diferencia de densidades.
TRATAMIENTO BIOLÓGICO. Proceso de tratamiento que intensifica la acción de los microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente.
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Procesos físicos, químicos y/o biológicos que ayudan a descontaminar el agua, hacerla más aceptable, es decir, mejorar sus características físicas, químicas y/o microbiológicas.
TRATAMIENTO PRIMARIO. Remoción de una considerable cantidad de materia en suspensión sin incluir la materia coloidal y disuelta.
TRATAMIENTO QUÍMICO. Aplicación de compuestos químicos en las aguas residuales para obtener un resultado deseado. Cumpliendo los procesos de precipitación, coagulación, floculación, acondicionamiento de lodos, desinfección entre otros.
TRATAMIENTO SECUNDARIO. Nivel de tratamiento que permite lograr la remoción de materia orgánica biodegradable y sólidos en suspensión.
TURBIDEZ. Pérdida de la transparencia de un líquido como el agua, por la presencia de partículas sólidas de pequeño tamaño en suspensión que intercepta la luz.
USO POTENCIAL: Uso más intensivo que soporta un cuerpo de agua, el cual cobra importancia al poner en riesgo su sostenibilidad en el tiempo. Es también el uso ideal, deseado o debido que se espera que tenga una corriente o un tramo de ella para asegurar su sostenibilidad y oferta hídrica.
VECTOR. Hospedador invertebrado capaz de transmitir a los seres humanos y a otros vectores diversos organismos patógenos como virus, bacterias, hongos y protozoos
VERTIMIENTO. Cualquier descarga final de un elemento, sustancia o compuesto, que contenido en un líquido residual de cualquier origen, ya sea agrícola, minero, industrial, de servicios, aguas residuales a un cuerpo de agua, canal, al suelo o el subsuelo.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación de un cuerpo de agua depende del tamaño y calidad el vertimiento así como del tamaño de la fuente y su capacidad de asimilación. En general, los cuerpos hídricos del país son receptores de vertimientos de aguas residuales y su calidad se ve afectada principalmente por vertimientos no controlados provenientes del sector agropecuario, doméstico e industrial.

La inadecuada recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales, han generado una creciente problemática de contaminación ambiental y sanitaria en las principales fuentes abastecedoras de agua, limitando así la disponibilidad del recurso y restringiendo su uso. Dicha problemática se ha ido agravando en las últimas décadas, debido al crecimiento exponencial de las poblaciones y su concentración en cascos urbanos.

La Quebrada el Carrizal se ha convertido a través del tiempo en fuente receptora de aguas residuales domesticas e industriales y residuos sólidos por parte de usuarios asentados sobre su ribera; se ha visto afectada principalmente por vertimientos del centro poblado de la vereda La Estancia y el casco urbano del municipio de La Cruz, aspecto que se convierte en un factor determinante para que la Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO, declare el Ordenamiento de ésta corriente hídrica y busque su recuperación y sostenibilidad por medio de la declaratoria, formulación, implementación y seguimiento del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico.

2. ALCANCE

El Ordenamiento del Recurso Hídrico, no solo es una herramienta de gestión para la Autoridad Ambiental sino que se convierte una vez adoptado, en la carta de navegación de todos los entes territoriales al momento de tomar decisiones en cuanto a desarrollo territorial, desarrollo urbano, socioeconómico y ambiental sobre la cobertura de la fuente en ordenación, y permite tener una línea base clara respecto al recurso hídrico con el que cuenta el municipio, las condiciones del mismo y sus potencialidades, lo cual favorece la toma de decisiones en el momento de priorizar los programas que apunten al manejo armónico del territorio.

Con el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de la QUEBRADA EL CARRIZAL, con jurisdicción en el municipio de la Cruz – Nariño, se reconocerá el estado de contaminación de esta fuente a partir del trabajo en campo que evaluará y justificará la situación ambiental de la fuente en cuanto a cantidad y calidad, además analizará su relación con los usuarios existentes sobre su área de influencia, generando una línea base.

Esta línea base como escenario actual debe por medio de procesos participativos, proyectar cual es el estado deseado de esta fuente desde el punto de vista ambiental, social y económico, determinando así cual será el uso y manejo del recurso hídrico, teniendo en cuenta el compromiso que van a tener los actores involucrados con dicho ordenamiento.

Mediante control, evaluación y seguimiento, La Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO pretende tener un mayor control y capacidad de respuesta frente a la recuperación, mantenimiento y sostenibilidad del recurso hídrico de la QUEBRADA EL CARRIZAL.

3. MARCO LEGAL

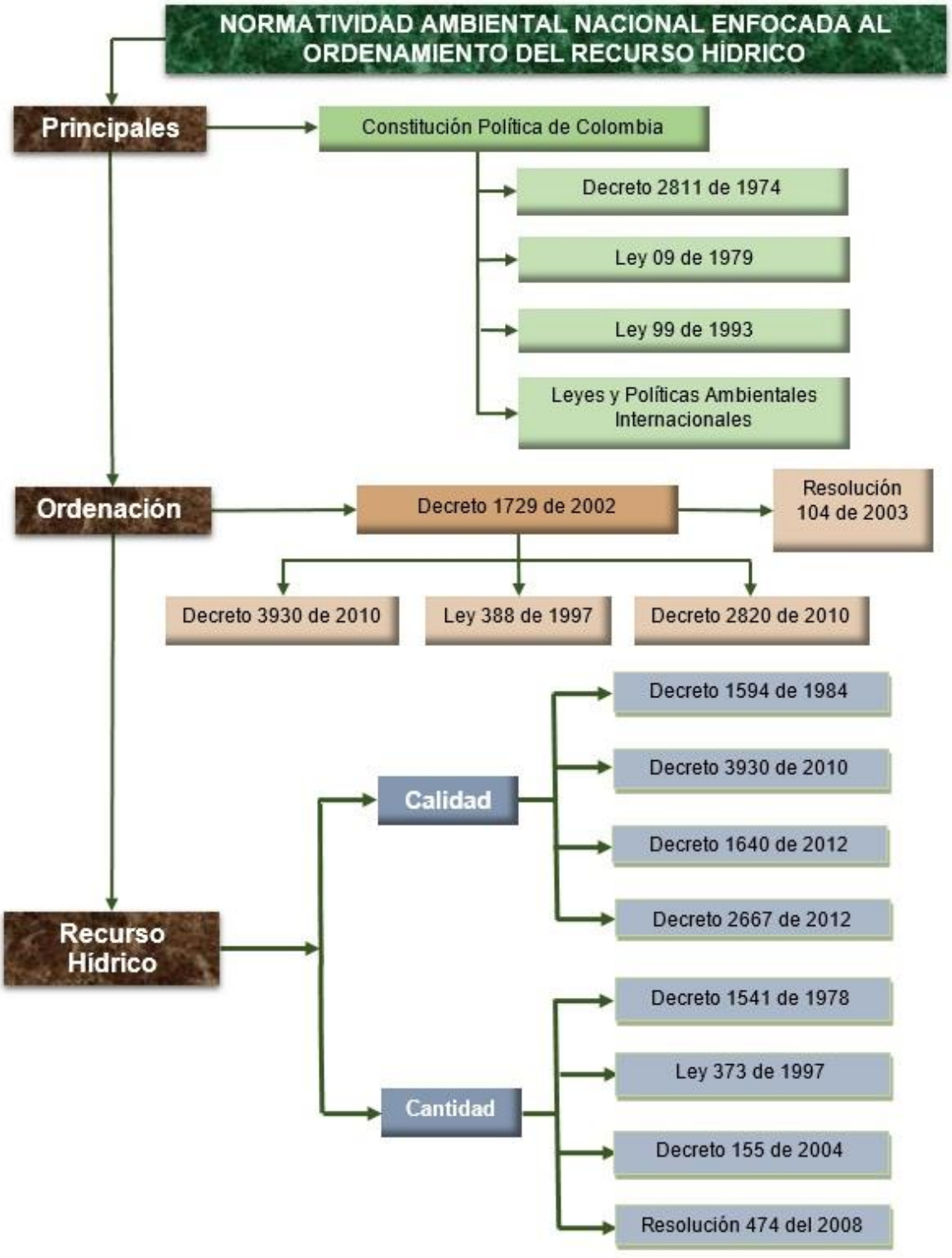
La reforma de la gestión ambiental pública de 1993 incluyó la creación del Ministerio del Medio Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, como ente rector de la política ambiental, por lo que es el encargado del establecimiento de las reglas y criterios de ordenamiento ambiental, de uso del territorio y de los mares adyacentes, para asegurar el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del medio ambiente.

Así, se genera una legislación ambiental en Colombia que agrupa un conjunto de normas, que establecen un marco jurídico encaminado a la administración, protección, mejoramiento y aprovechamiento racional y sostenible tanto del medio ambiente como de los recursos naturales existentes en él.

El MAVDT delega la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre el medio ambiente y recursos renovables a las Autoridades Ambientales Regionales existentes en el País. En este contexto, la Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO es la máxima Autoridad Ambiental en el Departamento, encargada de ejecutar las directrices del Ministerio, entre las cuales se resaltan para motivos del presente documento, las relacionadas con la Formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales, Marinas y Subterráneas existentes en el área de Jurisdicción.

A continuación, se presenta un diagrama de la Principal Normatividad Ambiental que rige actualmente en Colombia, partiendo de políticas generales hasta lineamientos y directrices especificas del recurso hídrico y su proceso de ordenamiento. Luego, un cuadro matricial resaltando cada norma, especificando su alcance o relación con el Ordenamiento del Recurso Hídrico.

Figura 1. Diagrama Normatividad Ambiental Nacional



Cuadro 1. Normatividad Ambiental Nacional Vigente

	NORMA	ALCANCE
PRINCIPALES	CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA	Consagra derechos y obligaciones para proteger los recursos y garantizar un medio ambiente sano. Asigna competencias a diferentes entes estatales para adelantar las tareas de administración, planeación, prevención y defensa del medio ambiente.
	DECRETO - LEY 2811 de 1974	***Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente****:* define normas generales y detalla los medios para el desarrollo de la Política Ambiental. Entre otras competencias, asigna responsabilidades para ejecución de obras de infraestructura y desarrollo, conservación y ordenamiento de cuencas, control y sanciones, concesiones y uso del agua, tasas, incentivos y pagos, medición de usos, uso eficiente del agua y demás herramientas para la administración, protección, conservación y uso sostenible de los recursos naturales renovables.
	LEY 09 de 1979	***Código Sanitario Nacional***: Establece las normas generales para preservar, restaurar o mejorar las condiciones necesarias en lo que se relaciona a la salud humana y define desde el aspecto sanitario los usos del agua y los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de las descargas de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del Ambiente.
	LEY 99 de 1993	***Sistema Nacional Ambiental SINA****:* Crea el Ministerio del Medio Ambiente, reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, y organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA. Define el marco legal y asigna funciones en relación con la formulación de la Política Nacional Ambiental, ordenamiento territorial y manejo de cuencas, obras de infraestructura, control de contaminación, definición y aplicación de tasas de uso del agua y retributivas, licencias ambientales, concesiones de agua y permisos de vertimiento, control, seguimiento y sanciones, manejo de conflictos de competencias, cuantificación del recurso hídrico, seguimiento de la calidad del recurso hídrico, conservación de cuencas, instrumentos económicos y de financiación.
	Leyes y Políticas Ambientales	Enfocadas a cuerpos hídricos objeto de ordenamiento cuya

	Internacionales	jurisdicción sea compartida con Naciones Limítrofes o aguas marítimas internacionales.

	NORMA	ALCANCE
ORDENACIÓN	LEY 388 de 1997	Define, entre otros, competencias en el manejo de las cuencas hidrográficas para elaboración y adopción de los planes de ordenamiento territorial en los municipios y distritos.
	RESOLUCIÓN 104 de 2003	Reglamentaria del decreto 1729/02, establece criterios y parámetros para la clasificación y priorización de cuencas hidrográficas.
	DECRETO 3930 de 2010	Define los Usos del Agua y establece que las Autoridades Ambientales Competentes deberán elaborar los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico PORH para las aguas superficiales, marítimas y subterráneas.
	DECRETO 2820 de 2010	Establece todo lo relacionado con la autorización de Licencias Ambientales, las cuales deben estar articuladas al Ordenamiento de las Cuencas Hidrográficas.

RECURSO HÍDRICO		NORMA	ALCANCE
	CALIDAD	DECRETO 1594 de 1984	Aunque el Decreto en la actualidad es reemplazado en su mayor parte por el Decreto 3930 de 2010, aún están vigentes los artículos relacionados con los Usos y Criterios de Calidad del agua, así como las Normas de Vertimientos para usuarios que viertan al suelo o a un cuerpo hídrico.
O HÍD	CAL IDA	DECRETO 3930 de 2010	Establece que todo usuario que realice descargas de aguas residuales al suelo, aguas superficiales, aguas

			subterráneas y aguas marinas deberá tramitar y legalizar el Permiso de Vertimientos o Planes de Cumplimiento. Está pendiente por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS la elaboración de los nuevos criterios de calidad del agua para los usos asignados y las normas de vertimiento, para derogar en su totalidad el Decreto 1594 de 1984.
		DECRETO 1640 de 2012	Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.
		DECRETO 2667 de 2012	Por el cual se reglamentan la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.
	CANTIDAD	DECRETO 1541 de 1978	*Reglamenta las normas relacionadas con el recurso agua en todos sus estados:* reglamenta el dominio y usos de las aguas con fines de desarrollo humano, económico y social, restringe y limita el dominio de las aguas para asegurar su aprovechamiento sostenible y expone las sanciones por el incumplimiento de la norma, entre otros aspectos.
		LEY 373 de 1997	Obliga a incorporar el programa de uso eficiente del agua a nivel regional y municipal, y a utilizar métodos eficientes en el uso del recurso hídrico. También obliga a definir una estructura tarifaria que incentive el uso eficiente y ahorro del agua.
		DECRETO 155 de 2004	Reglamenta el instrumento económico de las tasas por utilización del agua – TUA.
		RESOLUCIÓN 474 de 2009	Por la cual se fija la tarifa de la contribución especial para la vigencia 2009 por concepto del servicio de regulación de agua potable y saneamiento básico y se dictan otras disposiciones.

4. MARCO CONCEPTUAL

De acuerdo con lo estipulado en el Artículo 8 del Capítulo III del Decreto 3930 de 2010, el Ordenamiento del Recurso Hídrico por parte de la autoridad ambiental competente se realizará mediante el desarrollo de las siguientes fases:

- ***Priorización:*** Es el establecimiento del orden de importancia de las corrientes hídricas en la jurisdicción de cada Autoridad Ambiental que requieren o ameritan por importancia, emprender procesos de reglamentación y ordenamiento del recurso hídrico.

- ***Aprestamiento Institucional:*** Fase preparatoria que tiene su base en el decreto 1729 de 2002, cuyo propósito es construir los cimientos para iniciar el proceso de ordenación y reglamentación del recurso hídrico, esta fase contempla entre otros, la articulación de los grupos técnicos al interior de la Autoridad Ambiental, el acercamiento a la comunidad, el reconocimiento de fortalezas y debilidades institucionales y la expedición de actos administrativos.

- ***Diagnóstico:*** Fase en la cual se caracteriza la situación ambiental actual del cuerpo de agua, involucrando variables físicas, químicas, bióticas y aspectos antrópicos que influyen en la calidad y la cantidad del recurso. Implica la revisión, organización, clasificación y utilización de la información existente, los resultados de los programas de monitoreo de calidad y cantidad del agua en caso de que existan, los censos de usuarios, el inventario de obras hidráulicas, la oferta y demanda del agua, el establecimiento de perfiles de calidad actual del cuerpo de agua y la determinación de los problemas sociales derivados del uso del recurso.

- ***Prospectiva:*** Partiendo de los resultados del diagnóstico, se diseñan escenarios futuros de uso coordinado y sostenible del recurso, para lo cual, se debe promover una reflexión colectiva en la que participen los diversos actores involucrados en el recurso hídrico superficial, atendiendo criterios de calidad y cantidad, brindando elementos de juicio que permitan plantear escenarios a corto, mediano y largo plazo.

- ***Formulación:*** En esta fase se adopta el escenario elegido tanto en cantidad “Proyecto de Reglamentación” como en calidad “Objetivos de Calidad” como directrices de planificación y orientadores de la administración, control y vigilancia de Recurso Hídrico. Específicamente el Ordenamiento de la Calidad del Recurso Hídrico Superficial: Es la reglamentación de la destinación del recurso hídrico para los diferentes usos, de acuerdo con los criterios de calidad estipulados en el Decreto 1594 de 1984 Capítulos 2, 3 y 4. Proceso que implica: a) Definir criterios de calidad y normas de vertimiento para el recurso, b) Utilización de modelos de simulación, c) Establecimiento de directrices fundamentales de calidad para la planificación del recurso, entre otros.

- ***Implementación:*** El objetivo de la implementación es utilizar los instrumentos técnicos y económicos para la aplicación del plan de ordenamiento, esa fase contempla entre otros: Legalizar el uso del agua a través de permisos de concesión (Decreto 1541 de 1978); Legalizar los vertimiento a través de permisos (Decreto 3930 de 2010); Planes de cumplimiento (Decreto 3930 de 2010); Planes de Saneamiento y

Manejo de Vertimientos (Resolución 1433 de 2004); Implementar el cobro de la tasa por uso del agua (Decreto 155 de 2004); Implementar el cobro de la tasa retributiva (Decreto 3100 de 2003).

- ***Evaluación y Seguimiento:*** Retomando los conceptos del decreto 1729 de 2002 y aplicándolos específicamente al recurso hídrico, "Se establecen mecanismos e instrumentos de seguimiento y evaluación, así como indicadores de gestión que permitan evaluar el cumplimento del plan de ordenamiento. Los indicadores mínimos asociados al Recurso Hídrico son: Monitoreo de la Cantidad y Calidad de la corriente, Evaluación de la implementación del plan y Seguimiento a usuarios legalizados.

Los contenidos de estas fases se encuentran estructurados en procesos, a partir de los cuales se describen las actividades requeridas para su desarrollo, hasta llegar a los productos finales.

Cuadro 2**.** Fases y Procesos del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico

FASES	PROCESOS
APRESTAMIENTO INSTITUCIONAL	Creación Comité Técnico
	Reuniones Técnicas
	Acto Administrativo por el cual se declara el Inicio del proceso de Formulación del PORH
DIAGNÓSTICO	Diagnóstico Social Participativo
	Censo de usuarios de Aprovechamiento
	Inventario Infraestructura Hidráulica
	Inventario de Vertimientos
	Evaluación de la Oferta y Demanda Hídrica Superficial
PROSPECTIVA	Usos del Agua y Criterios de Calidad
	Construcción de Escenarios
	Objetivos de Calidad
FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO	Metas de Reducción y Reglamentación de Vertimientos
	Ordenamiento de la Calidad
	Identificación y Formulación de Programas y Proyectos
IMPLEMENTACIÓN	Instrumentos de Gestión Ambiental
	Plan de Acción
EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO	Indicadores mínimos asociados al Recurso Hídrico
	Monitoreo de Cantidad y Calidad
	Evaluación de Implementación del Plan
	Seguimiento a Usuarios Legalizados

5. APRESTAMIENTO

La fase de Aprestamiento tuvo en cuenta tres aspectos principales, cuya implementación permitieron el desarrollo y aplicación de las demás fases del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico acorde con lo estipulado en el Decreto 3930 de 2010.

Los aspectos tenidos en cuenta se describen a continuación:

5.1. Aprestamiento Institucional

Etapa preliminar que permite la planificación del Proceso de Ordenamiento del Recurso Hídrico proyectado por CORPONARIÑO para el período 2014. Su propósito es construir los cimientos para dar inicio a los procesos de ordenamiento y reglamentación; se contempla entre otros la articulación del grupo técnico en la Corporación, el acercamiento a la comunidad y el reconocimiento de fortalezas y debilidades institucionales.

Para esta fase se desarrollaron las siguientes actividades de planificación:

Cuadro 3. Planeación Aprestamiento Institucional

ACTIVIDAD	ALCANCE
I. Consecución y Destinación de recursos para el PORH	Acorde con lo estipulado en el Decreto 3440 de 2004 el Consejo Directivo de CORPONARIÑO aprobó el Acuerdo 018 de 2009 por medio del cual creó la cuenta Fondo Regional para la Inversión en Descontaminación Hídrica destinando el 40% de los recursos recaudados por Tasa Retributiva para ser invertidos en Procesos o Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico.
II. Definición del Alcance del PORH	Con base en los recursos disponibles y la complejidad de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico, se estableció para el año 2014 ordenar doce (12) corrientes hídricas superficiales en el departamento de Nariño.
III. Conformación del Equipo Técnico	Encabeza la Dirección General la Subdirección de Conocimiento y Evaluación Ambiental y la Subdirección de Intervención para la Sostenibilidad Ambiental.
	Parte técnica conformada por Ingenieros Sanitarios y/o Ambientales y/o Químicos destinados al ordenamiento de una fuente superficial.
	Coordinador General del Proyecto e Interventor
	Profesional en el Área Social con experiencia en fortalecimiento organizativo y sistemas de seguimiento y control social.
	Profesional Geógrafo
	Profesional con conocimiento en hidrología y/o hidráulica, modelación Qual2K.
	Abogados. Funcionarios oficina Jurídica, los cuales cuentan con experiencia en procesos legales requeridos

	para el otorgamiento de concesiones, permisos y autorizaciones.
	Apoyo del Laboratorio especializado de la Universidad de Nariño donde se lleva a cabo el análisis de las muestras de agua producto de las campañas de caracterización.
IV. Inclusión del PORH en el PAI 2014	El Ordenamiento del Recurso Hídrico está contemplado dentro del Plan de Acción Institucional PAI cuyas metas están articuladas a los indicadores proyectados para el 2014.
V. Articulación con los Procesos Institucionales	Relacionar y articular los PORH con los Procesos Institucionales Misionales de la Corporación como lo son: Licencias, Permisos y Autorizaciones Ambientales, Ordenación y Manejo de los Recursos Naturales y Gestión Jurídica.

5.2. Priorización de la fuente Hídrica Superficial

En concordancia con el Decreto 3930 de 2010, la Autoridad Ambiental competente es la encargada de realizar el Ordenamiento del Recurso Hídrico en aguas superficiales, subterráneas y marinas existentes en el área de su jurisdicción; sin embargo, considerando la complejidad que este proceso implica, el Decreto también establece en su artículo 5 criterios mínimos de priorización para que la Autoridad Ambiental priorice en sus Planes de Acción Institucional los cuerpos de agua a ordenar.

En este contexto, la Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO ha priorizado en el Plan de Acción Institucional PAI vigencia 2014, el ordenamiento de doce (12) corrientes hídricas superficiales basado en los siguientes criterios:

- **Calidad del Agua:** Las aguas superficiales son las mayores receptoras de vertimientos de tipo doméstico e industrial en comparación con las aguas subterráneas y marinas.
- **Ecosistemas estratégicos y/o áreas protegidas:** Las cabeceras y nacimientos de las corrientes son prioritarios y estratégicos ya que garantizan la producción y regulación hídrica, considerando que la mayoría de la población Nariñense se abastece de aguas superficiales para su consumo.
- **Cantidad de Agua:** La demanda de agua se presenta en su mayoría sobre fuentes hídricas y afloramientos que escurren de manera superficial. La oferta hídrica se concentra en aguas superficiales por sus ventajas en cuanto a captación, transporte y tratamiento, entre otros.
- **Presión sobre el Recurso Hídrico:** Las aguas superficiales tienen mayor presión en cuanto a calidad y cantidad que las aguas subterráneas y marinas.
- **Asentamientos Humanos:** La mayor parte de la población Nariñense se concentra en la zona Andina, en donde se encuentran los centros poblados más grandes exceptuando Tumaco. Por lo tanto los usos del recurso hídrico, tanto para consumo como para descarga de aguas residuales, se presentan en su mayoría sobre las aguas superficiales.

- **Conflictos Sociales por el Agua:** Conflictos entre personas y comunidades asociados a la disponibilidad del recurso hídrico en cuanto a calidad y cantidad para la satisfacción de los usos existentes (Consumo Humano, Agrícola, Pecuario, Industrial, entre otros).
- **Disponibilidad de Información y Logística:** Existencia de información asociada al Recurso Hídrico (Estudios históricos de calidad y Cantidad del recurso hídrico, Índice de escasez, Estaciones Meteorológicas, Usuarios del Recurso, Usuarios de Vertimientos, Planes de Ordenamiento de Cuencas POMCH, entre otros)

Estos criterios de priorización permiten establecer de manera clara la necesidad de llevar a cabo el proceso de ordenamiento del recurso hídrico de la QUEBRADA EL CARRIZAL con jurisdicción en el municipio de la Cruz - Nariño. El principal argumento para llevar a cabo este proceso es el estado de deterioro ambiental al cual se ve sometida la fuente hídrica, deterioro representado principalmente por vertimientos del sistema de alcantarillado del casco urbano del municipio de la Cruz. Frente a esto se hace necesario que CORPONARIÑO como máxima autoridad ambiental tome acciones que apunten a la recuperación ambiental y posibilidades de aprovechamiento de dicha fuente.

5.3. Declaratoria de Ordenamiento

La declaratoria del Inicio del Proceso de Ordenamiento del Cauce principal de la Quebrada el Carrizal, se desarrolla en cumplimiento de lo estipulado en el Artículo 8 del decreto 3930 de 2010:

“Articulo 8. Proceso de Ordenamiento del Recurso Hídrico. El Ordenamiento del Recurso Hídrico por parte de la autoridad ambiental competente se realizará mediante el desarrollo de las siguientes fases: 1. Declaratoria de ordenamiento. Una vez establecida la prioridad y gradualidad de ordenamiento del cuerpo de agua de que se trate, la autoridad ambiental competente mediante resolución, declarará en ordenamiento el cuerpo de agua y/o acuífero y definirá el cronograma de trabajo, de acuerdo con las demás fases previstas en el presente artículo..”

En este sentido, el Acto Administrativo corresponde a la Resolución No. 142 del 03 de Marzo de 2014 por medio de la cual se declara el inicio del proceso de ordenamiento del recurso hídrico de corrientes superficiales priorizadas por CORPONARIÑO las cuales son: Quebradas Boyacá, Pilispi y Cutipaz en los municipios de Contadero y Gualmatán, Río Téllez en el municipio de Funes, Río Tescual en los municipios de Córdoba y Puerres, Quebrada Pozo Verde en el municipio de Nariño, Río Quiña en el municipio de San Bernardo, Quebrada Bateros en el municipio de San Pablo, Quebrada Piscoyaco en el municipio de Sotomayor, Quebrada Santa Lucia en el municipio de San Lorenzo, Quebrada la Fragua en el municipio de La Unión y Quebrada el Carrizal en el municipio de la Cruz en el Departamento de Nariño, (Ver Resolución en Anexo A).

A continuación, se define el plan de trabajo y el cronograma de actividades cuantificando en tiempo la Formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico

Figura 2. Cronograma De Actividades Para La Formulación Del PORH

FASE O PLAN	N°	MES / SEMANA / ACTIVIDADES	PERÍODO Ini.	PERÍODO Fin.	% Cumplimiento	ENE 1	ENE 2	ENE 3	ENE 4	FEB 5	FEB 6	FEB 7	FEB 8	MAR 9	MAR 10	MAR 11	MAR 12	ABR 13	ABR 14	ABR 15	ABR 16	MAY 17	MAY 18	MAY 19	MAY 20	JUN 21	JUN 22	JUN 23	JUN 24	JUL 25	JUL 26	JUL 27	JUL 28	AGO 29	AGO 30	AGO 31	AGO 32	SEP 33	SEP 34	SEP 35	SEP 36	OCT 37	OCT 38	OCT 39	OCT 40	NOV 41	NOV 42	NOV 43	NOV 44	DIC 45	DIC 46	DIC 47	DIC 48
1. Proponer el borrador del respectivo acto administrativo.	1	Revisión de información	3	48	100,0				**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	2	Elaborar el borrador del acto administrativo	6	7	100,0						**	**																																									
	% REALIZADO	100,0																																																			
2. Diligenciamiento de fichas de campo	1	Recorrido por el cauce principal	6	14	100,0						**	**	**	**	**	**	**	**	**																																	
	2	Levantar censos de usuarios	6	14	100,0						**	**	**	**	**	**	**	**	**																																	
	3	Georeferenciar los puntos identificados	6	14	100,0						**	**	**	**	**	**	**	**	**																																	
	4	Diligenciamiento y Procesamiento de fichas de campo	8	16	100,0								**	**	**	**	**	**	**	**	**																															
	% REALIZADO	100,0																																																			
3. Identificar y reportar usuarios	1	Identificación de usuarios	6	14	100,0						**	**	**	**	**	**	**	**	**																																	
	2	Reporte de usuarios del área de influencia	8	14	100,0								**	**	**	**	**	**	**																																	
	3	Elaboración de informes técnicos	8	16	100,0								**	**	**	**	**	**	**	**	**																															
	% REALIZADO	100,0																																																			
4. Realizar el inventario de la infraestructura hidráulica	1	Identificar tipo de infraestructura hidráulica	9	15	100,0									**	**	**	**	**	**	**																																
	2	Georeferenciar los puntos identificados	9	15	100,0									**	**	**	**	**	**	**																																
	% REALIZADO	100,0																																																			
5. Elaborar el inventario de vertimientos municipales	1	Identificar los puntos de descarga	7	14	100,0							**	**	**	**	**	**	**	**																																	
	2	Clasificar los puntos de descarga según el origen	7	14	100,0							**	**	**	**	**	**	**	**																																	
	% REALIZADO	100,0																																																			
6. Realizar las camparañas de muestreo (Verano e Invierno)	1	Coordinacion con laboratorio de la UDENAR-Logistica y Equipos	25	28	100,0																									**	**	**	**																				
	2	Muestreo 1 Invierno (medición caudales y toma de muestras)	33	33	100,0																																	**															
	3	Muestreo 2 Verano (medición caudales y toma de muestras)	41	41	100,0																																								**								
	% REALIZADO	100,0																																																			
7. Proponer topología y perfiles de calidad	1	Recopilación y análisis de información	16	24	100,0																**	**	**	**	**	**	**	**	**																								
	2	Construcción de la topología	19	24	100,0																			**	**	**	**	**	**																								
	3	Construcción de perfil de calidad	35	38	100,0																																			**	**	**	**										
	% REALIZADO	100,0																																																			
8. Consolidar la línea base y cuantificar cargas contaminantes y caudales	1	Procesamiento de resultados de laboratorio	41	47	100,0																																									**	**	**	**	**	**	**	
	2	Consolidar línea base y cargas contaminantes	41	47	100,0																																									**	**	**	**	**	**	**	
	% REALIZADO	100,0																																																			
9. Generar los escenarios de descontaminación y calidad	1	Análisis preliminar para aplicar el modelo	19	32	100,0																			**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**															
	2	Aplicación del modelo	22	39	100,0																						**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**									**	**	**	**	**	**	**	
	3	Análisis de resultados	41	48	100,0																																									**	**	**	**	**	**	**	**
	4	Elaboración del informe técnico sobre modelación y análisis de los escenarios planteados	41	48	100,0																																									**	**	**	**	**	**	**	**
	% REALIZADO	100,0																																																			
10. Proporcionar información relacionada con los escenarios de ordenación para la sensibilización	1	Brindar información necesaria para la realización de talleres de sensibilización	17	30	100,0																	**	**	**	**													**	**	**	**	**								**	**	**	**
	% REALIZADO	100,0																																																			
11. Evaluar los objetivos de calidad	1	Revisión de parámetros de acuerdo con la legislación vigente	38	43	100,0																																						**	**	**	**	**	**					
	2	Evaluación de los objetivos de calidad planteados	41	48	100,0																																									**	**	**	**	**	**	**	**
	% REALIZADO	100,0																																																			
12. Evaluar la oferta y demanda del recurso hídrico	1	Evaluar el documento de los geografos	33	41	100,0																																	**	**	**	**									**	**	**	**
	% REALIZADO	100,0																																																			

FASE O PLAN	N°	MES / SEMANA / ACTIVIDADES	PERíODO Ini.	PERíODO Fin.	% Cumplimiento	ENE 1	2	3	4	FEB 5	6	7	8	MAR 9	10	11	12	ABR 13	14	15	16	MAY 17	18	19	20	JUN 21	22	23	24	JUL 25	26	27	28	AGO 29	30	31	32	SEP 33	34	35	36	OCT 37	38	39	40	NOV 41	42	43	44	DIC 45	46	47	48
13. Proponer un proyecto de distribución de caudales (si se requiere)	1	Identificación de la problemática	41	48	100,0																																									**	**	**	**	**	**	**	**
	2	Formulación del proyecto	41	48	100,0																																									**	**	**	**	**	**	**	**
		100,0																																																
14. Remitir información de geoposicionamiento y base de datos	1	Toma de puntos geográficos	5	17	100,0					**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**																																
	2	Sumistro de información	8	18	100,0									**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**																														
		100,0																																																
15. Identificar y formular programas, proyectos y actividades orientados a la ordenación y reglamentación del recurso	1	Elaboración de fichas para programas y proyectos	41	48	100,0																																									**	**	**	**	**	**	**	**
	2	Proyección de presupuestos	41	48	100,0																																									**	**	**	**	**	**	**	**
		100,0																																															
16. Entregar el documento de Formulación del Plan de Ordenamienrto	1	Formulación del documento con todos sus componentes	5	44	100,0					**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**						
	2	Entrega del documento	43	45	100,0																																												**	**	**			
	3	Revisión del documento	46	48	100,0																																													**	**	**
		100,0																																															
17. Proponer de acuerdo al escenario factible el acto administrativo por el cual se reglamentan los vertimientos	1	Elaboración del acto administrativo para reglamentación de vertimientos	46	46	100,0																																														**			
		100,0																																															
18. Coordinar con el Contratista encargado de la parte Social las actividades y procesos con fines Educativo Ambientales	1	Coordinar con la responsable de la parte social.	17	29	100,0																	**	**	**	**													**	**	**	**									**	**	**	**
		100,0																																															
19. Brindar acompañamiento en las campañas de muestreo	1	Participar en las campañas de muestreo	23	40	100,0																							**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**								
		100,0																																															
20. Evaluar los riesgos asociados a la oferta y disponibilidad hídrica en términos de calidad y cantidad	1	Conocer e Identificar los riesgos	17	25	100,0																	**	**	**	**	**	**	**	**																							
	2	Evaluar los tipos de riegos	21	25	100,0																					**	**	**	**																							
		100,0																																															
21. Realizar la Evaluación del Sector Productivo, en cuanto a vertimientos de origen industrial en apoyo a los profesionales que realizan formulación de los PORH vigencia 2014.	1	Análisis de cargas contaminantes de las corrientes priorizadas.	41	48	100,0																																									**	**	**	**	**	**	**	**
		100,0																																															
22. Ejecutar sus obligaciones atendiendo los lineamientos contemplados en el Sistema de gestión de calidad de CORPONARIÑO	1	Ejecutar las obligaciones del Sistema de gestión de calidad	4	50	100,0					**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
		100,0																																															
23. Garantizar la custodia de los expedientes y documentos que le sean confiados con ocasión de sus obligaciones contractuales.	1	Garantizar la custodia de los documentos confiados	4	50	100,0					**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
		100,0																																															
24. Participar en la inducción general y del sistema de gestión institucional que realiza la entidad	1	Asistir a Inducciones programadas por la entidad	4	50	100,0					**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
		100,0																																															

Fuente: Este estudio, CORPONARIÑO 2014

DIAGNÓSTICO

QUEBRADA EL CARRIZAL

6. DIAGNÓSTICO

Se realiza con el fin de identificar la problemática y en base a esto, formular un plan de acción en el horizonte, que contribuya a la solución de los problemas ambientales identificados; de este modo, el diagnóstico se convierte en una herramienta obligatoria y debe ser utilizado para definir el uso que se dará en un futuro.

6.1. Aspectos Generales del Área de Estudio

6.1.1. Descripción del municipio - La Cruz

Fuente. EMFA – La Cruz

El Municipio de la Cruz se encuentra localizado al Nororiente del Departamento de Nariño, sobre la vertiente nororiental del nudo de los Pastos y en la cordillera oriental, a una distancia de 103 Kilómetros de la ciudad de San Juan de Pasto, capital del Departamento, por la carretera que desde la Cruz conduce a los Municipio de San Bernardo, San José de Albán, Buesaco y Pasto.

Limita al Norte con los municipios de San Pablo (Nariño) y Bolívar (Cauca), al Sur con Tablón de Gómez, San Bernardo y Belén (Nariño), al Oriente con Bolívar y Santa Rosa (Cauca) y al Oriente con Belén y Colón Génova (Nariño). Su ubicación geográfica está dada por las siguientes coordenadas: 01° 14’ 25’’ Latitud Norte y 75° 25’ 59’’ Latitud Oeste.

Posee un área urbana de 44 Km^2 y un área rural de 191,8 Km^2. Cuenta con 17 barrios en su área urbana y 46 veredas comprendidas en 6 corregimientos en su área rural. De acuerdo al Censo Nacional de Población y Vivienda registrado por el DANE, el municipio de La Cruz cuenta con una población de 18.049 habitantes de las cuales 6844 se sitúan en el casco urbano.

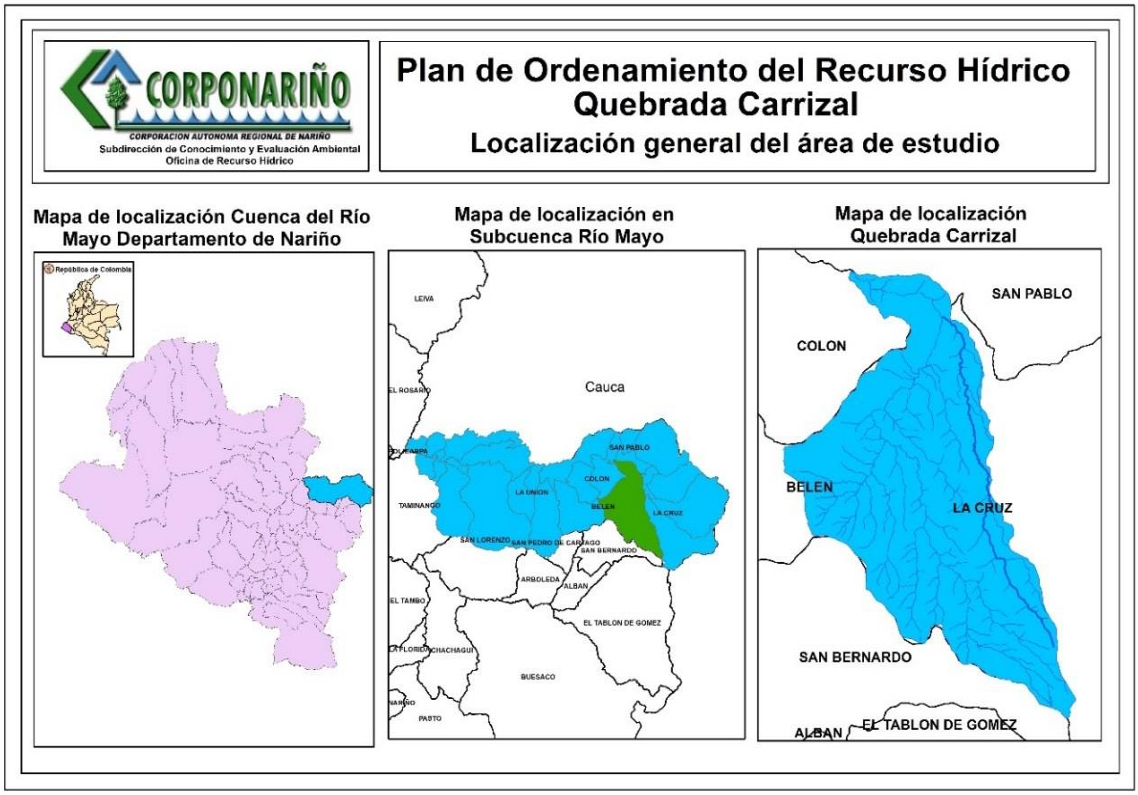
6.1.2. Localización Geográfica del Área de Estudio

Cuadro 4. Localización Geográfica de la Quebrada el Carrizal

Localización Geográfica de la Quebrada el Carrizal	
Continente	América del Sur
País	Colombia (hacia el Suroccidente)
Departamento	Nariño (en el Sistema Orográfico de los Andes)

Municipio	La Cruz

Figura 3. Localización general del área de estudio



Fuente. Este estudio, CORPONARIÑO 2014

En la siguiente tabla se presenta la contextualización hidrográfica de la microcuenca de acuerdo a la zonificación y codificación de Cuencas Hidrográficas en el Departamento de Nariño:

Cuadro 5. Contextualización Hidrográfica microcuenca Quebrada el Carrizal

CRITERIO		QUEBRADA EL CARRIZAL
ÁREA HIDROGRÁFICA		5: Océano Pacífico
ZONA HIDROGRÁFICA DE ORDEN 1		52. Río Patía
SUBZONA HIDROGRÁFICA DE ORDEN 2		5202. Río Mayo
CUENCA DE ORDEN 3		023. Quebrada los Molinos
SUBCUENCA DE ORDEN 4		024. Quebrada el Carrizal
Área (Km^2)		83,06 Km^2
Longitud del cauce principal (Km)		15,8 Km
Georreferenciación	Punto Inicial: Nacimiento Cauce Principal	Norte: 1015164 Este: 661533 Altura: 3241 m.s.n.m

	Punto Final: Desembocadura a Quebrada Mocondino Molinos	Norte: 1010835 Este: 674288 Elevación: 1898 m.s.n.m

La Quebrada el Carrizal se encuentra ubicada en la zona hidrográfica de la Quebrada Mocondino Molinos la cual es afluente del Río Mayo.

Nace en la Loma el Chiflón en cercanías al Parque Nacional Natural Complejo Volcánico Doña Juana Cascabel (Figura 3).

Figura 4. Parque Nacional Natural Complejo Volcánico Doña Juana Cascabel

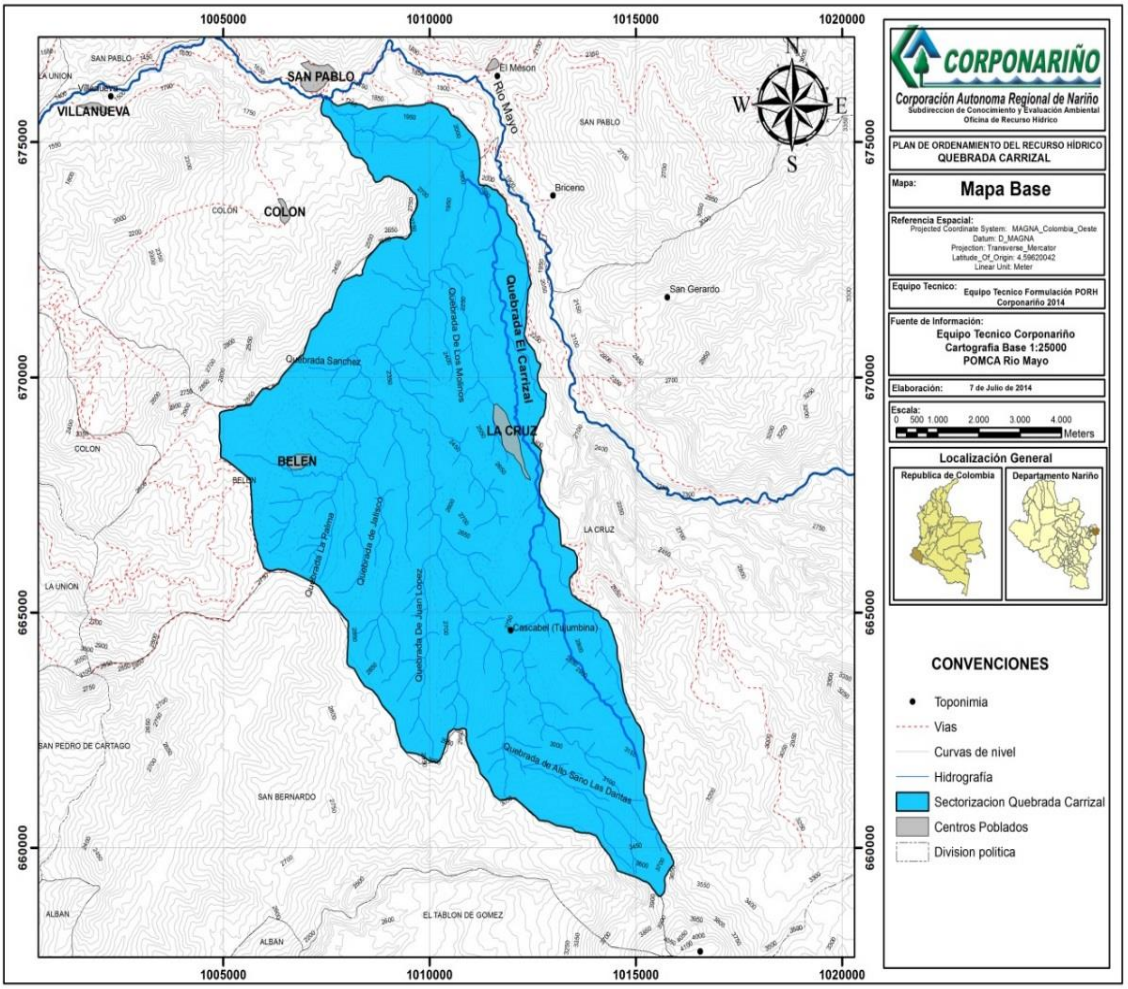
Fuente. Este Estudio, CORPONARIÑO 2014

Su cauce principal posee una longitud de 15,8 Km hasta su confluencia con la quebrada Mocondino. El área de la microcuenca es de 83,06 Km^2 y posee un perímetro de 51,77 Km. La microcuenca de la Quebrada el Carrizal posee 4 microcuencas y una zona de escurrimiento directo de 16,67 Km^2. Se encuentra ubicada entre los 3600 y 1800 metros de altura, con una temperatura promedio de 16°C. Presenta un relieve montañoso con pendientes leves y escarpadas. La Quebrada hace un recorrido de sur a noroccidente y su corriente principal atraviesa el centro poblado de la Vereda La Estancia y el casco urbano del municipio de La Cruz, en donde recibe el aporte residual doméstico de toda la población ocasionando una grave afectación.

Figura 5. Relieve Quebrada el Carrizal

Fuente. Este Estudio, CORPONARIÑO 2014

Mapa 1. Localización Quebrada el Carrizal



Fuente. Este Estudio, CORPONARIÑO 2014

6.1.3. Hidroclimatología del Área de Estudio

El fenómeno regional del municipio de La Cruz en la zona interandina recibe influencia de las masas de aire cargadas de humedad provenientes del Amazonas (origen continental), como el Pacífico, estas masas al encontrarse con los flancos cordilleranos (centro oriental y occidental) suben por convección (bordear) y por la disminución de la temperatura con la altura (enfriamiento adiabático) la humedad se condensa hasta formar nubes que luego precipitan en forma de lluvias abundantes.

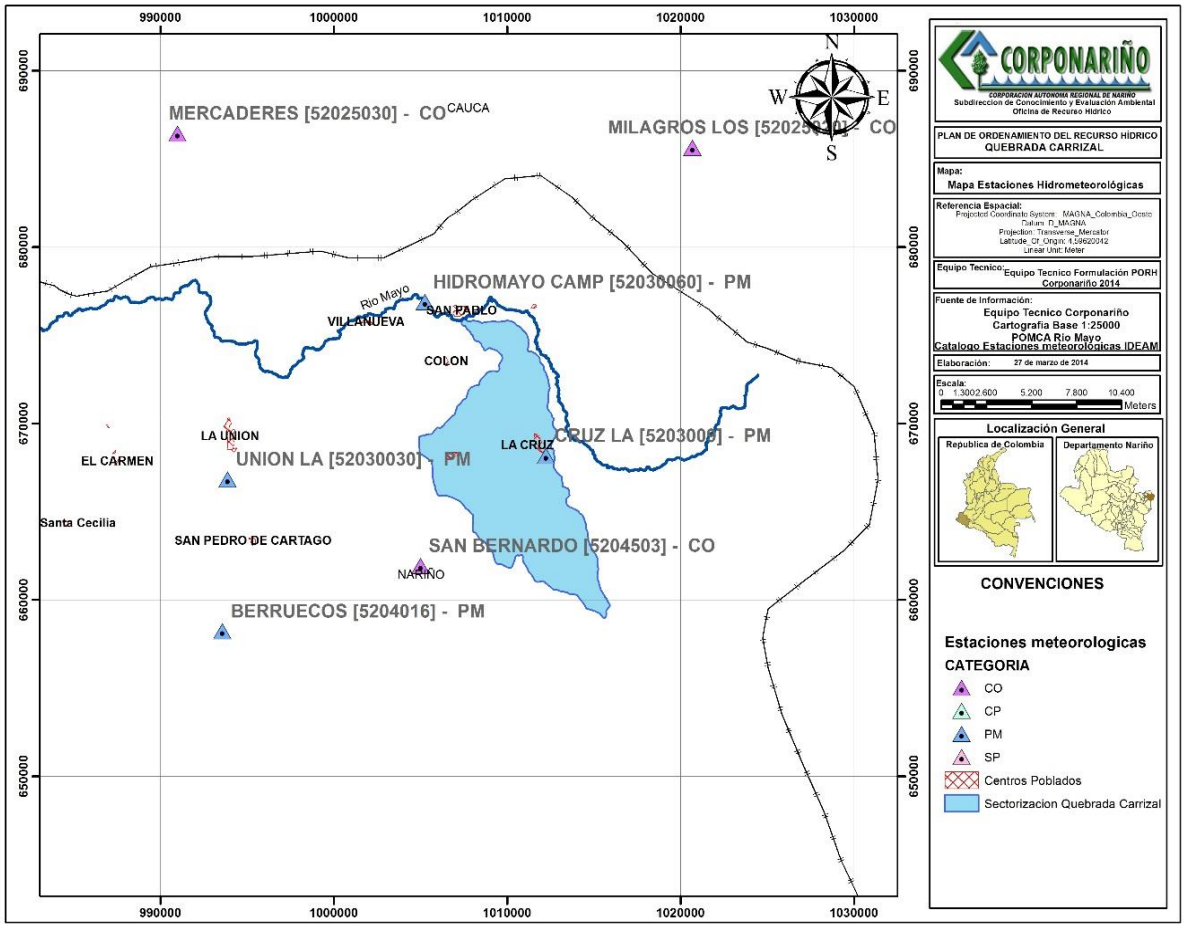
El fenómeno de origen local, es originado por las pendientes, la disposición particular de los valles, cañones, taludes y los vientos secantes locales. El fenómeno es también el causante del efecto abrigo que producen algunos escarpes y laderas.

- **Datos Hidroclimatológicos**

Para el análisis hidroclimatológico del área municipal de La Cruz, se hace uso de información meteorológica perteneciente al Sistema de Información Nacional Ambiental del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

En el municipio de la Cruz existe la estación 52030070 de tipo PM (Pluviométrica) que evalúa el parámetro de las precipitaciones, pero con el fin de realizar un análisis completo de los caracteres que describen el tiempo en esta localidad, como lo son temperatura, precipitación, humedad, brillo solar, vientos, entre otros, se evalúan los parámetros de la estación climatológica ordinaria (CO) con código 5204503 ubicada en el municipio de San Bernardo, gracias a su cercanía con el área de interés lo cual permite contextualizar de forma precisa las condiciones climáticas de la zona.

Mapa 2. Estaciones Metereológicas del Área en Estudio



Fuente. Este Estudio, CORPONARIÑO 2014

Los datos de Precipitación y Temperatura analizados, corresponden a valores medios, máximos y mínimos obtenidos de registros históricos desde el año 1972 hasta el año 2013 procesados por el IDEAM el día 22 de Mayo del año 2014. Los datos de humedad relativa, evaporación y brillo solar corresponden a valores medios, máximos y mínimos obtenidos de registros históricos desde el año 1972 hasta el año 2010.

- Precipitación

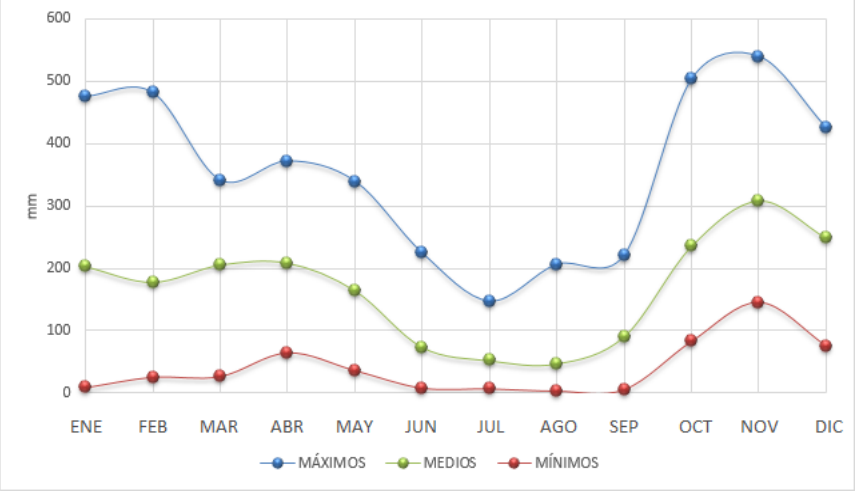
El régimen normal de la precipitación está determinado por la situación geográfica y por la influencia de algunos factores importantes, tales como la circulación atmosférica, el relieve, la integración entre la tierra y el mar y la influencia de áreas selváticas o boscosas.

Tabla 1. Valores Totales de Precipitación (mm)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
MÁXIMOS	474,9	481	340,8	371,4	339,2	224	146,6	205,8	220,6	502,9	539,2	424,7
MÍNIMOS	9	25,6	26,7	64,5	36,3	8,3	7,2	3,6	6	82,7	144,8	75,5
MEDIOS	202,6	177,6	205,1	208,3	164,3	73,7	52,3	47,3	90,8	234,9	307,5	247,9

Fuente. Datos meteorológicos, IDEAM

Gráfica 1. Comportamiento Precipitación Media Multianual



Fuente. Este Estudio, CORPONARIÑO 2014

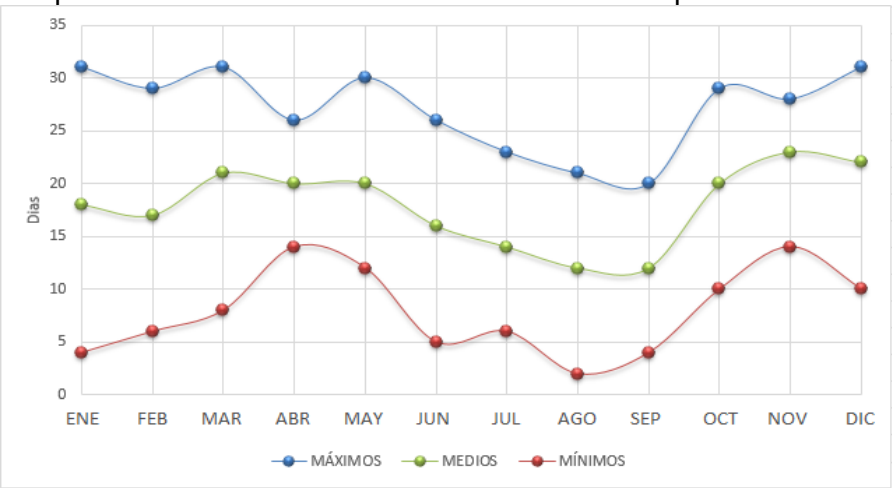
Para el área de estudio se puede identificar que el valor anual de precipitación tiene múltiples variaciones, los valores más representativos en cuanto a precipitación se dan entre los meses de Enero, Febrero y Octubre, Noviembre, Diciembre con un rango medio entre (202 mm y 307 mm) por lo que entre estos meses se presentan mayor cantidad de precipitaciones según datos del IDEAM.

Tabla 2. Dias Mensuales con Precipitación

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
MÁXIMOS	31	29	31	26	30	26	23	21	20	29	28	31
MÍNIMOS	4	6	8	14	12	5	6	2	4	10	14	10
MEDIOS	18	17	17	20	20	16	14	12	12	20	23	22

Fuente. Datos meteorológicos, IDEAM

Gráfica 2. Comportamiento Media Multianual de días con Precipitación



Fuente. Este Estudio, CORPONARIÑO 2014

- **Temperatura**

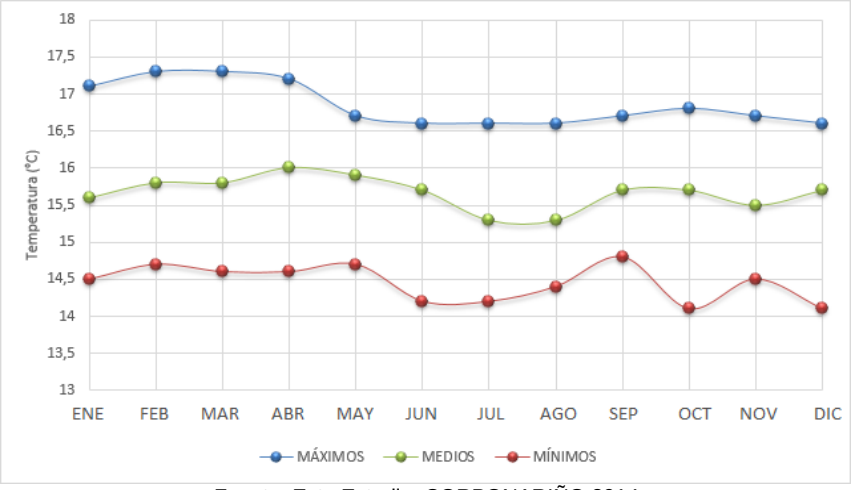
En cuanto a temperatura hay una gran estabilidad durante los 12 meses del año ya que se registran valores medios mensuales entre 15,3°C y 16°C, dando un promedio general para la Microcuenca de 15,7ºC. Las temperatura máximas se registran en los meses de Febrero a Abril con un rango de temperatura de (17,3°C – 17,2°C), y las mínimas en los meses de Julio y Agosto con una temperatura de 15,3°C.

Tabla 3. Valores Medios Mensuales de Temperaturas (°C)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
MÁXIMOS	17,1	17,3	17,3	17,2	16,7	16,6	16,6	16,6	16,7	16,8	16,7	16,6
MÍNIMOS	14,5	14,7	14,6	14,6	14,7	14,2	14,2	14,4	14,8	14,1	14,5	14,1
MEDIOS	15,6	15,8	15,8	16	15,9	15,7	15,3	15,3	15,7	15,7	15,5	15,7

Fuente. Datos meteorológicos, IDEAM

Gráfica 3. Comportamiento Temperaturas Media Multianual



Fuente. Este Estudio, CORPONARIÑO 2014

- Humedad Relativa

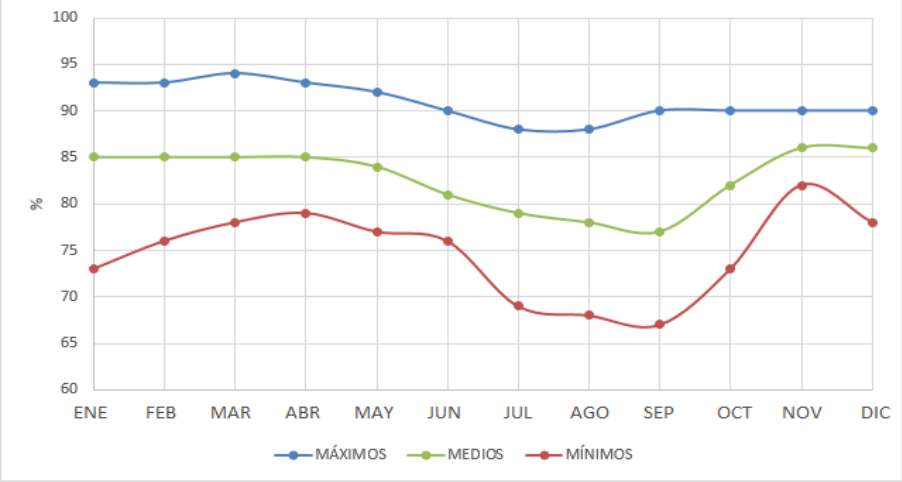
El análisis de este parámetro climático indica que la zona es muy húmeda y se registra el valor máximo para los meses de Noviembre y Diciembre con 86% de humedad media, ya que ésta es la época donde se presenta mayor cantidad de precipitaciones; el valor mínimo de humedad relativa se presenta en el mes de Septiembre con 77%, por lo cual en este mes se presenta un tiempo seco. El valor promedio de humedad relativa para la Microcuenca corresponde a 82,75%.

Tabla 4. Valores Medios Mensuales de Humedad Relativa (%)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
MÁXIMOS	93	93	94	93	92	90	88	88	90	90	90	90
MÍNIMOS	73	76	78	79	77	76	69	68	67	73	82	78
MEDIOS	85	85	85	85	84	81	79	78	77	82	86	86

Fuente. Datos meteorológicos, IDEAM

Gráfica 4. Comportamiento Humedad Relativa Media Multianual



Fuente. Este Estudio, CORPONARIÑO 2014

- Evaporación

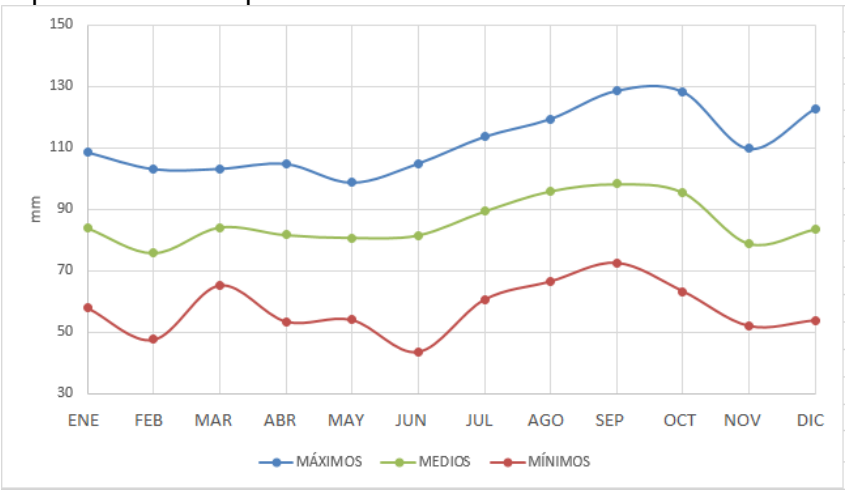
Los datos suministrados por la Estación San Bernardo indica que la evaporación más alta según valores medios se registra para el mes de Septiembre con un valor de 98,2 mm debido a que este mes es época de alta temperatura y la más baja para el mes de Febrero con 75,7 mm, época de alta precipitación y baja temperatura.

Tabla 5. Valores Totales Mensuales de Evaporación (mm)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
MÁXIMOS	108,6	103,1	103,2	104,8	98,7	104,9	113,6	119,4	128,6	128,3	109,7	122,8
MÍNIMOS	57,9	47,6	65,1	53,5	54	43,7	60,5	66,4	72,4	63,3	52,1	53,9
MEDIOS	83,9	75,7	84,1	81,6	80,7	81,5	89,3	95,9	98,2	95,5	78,8	83,5

Fuente. Datos meteorológicos, IDEAM

Gráfica 5. Comportamiento Evaporación Multianual



Fuente. Este Estudio, CORPONARIÑO 2014

- Brillo Solar

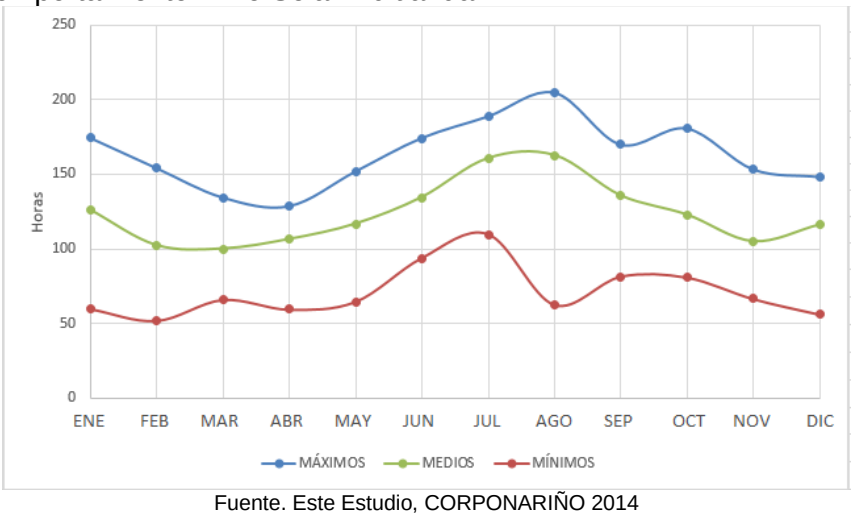
Analizando los valores medios mensuales durante el año, en el mes de agosto se registraron los más altos valores de brillo solar con 162.7 horas época que se caracteriza por ser periodo de verano y los valores mínimos durante los meses de Febrero con 102,2 horas y marzo con 99.9 horas, época de invierno. Los meses más soleados se presentan en el segundo semestre del año y los menos soleados al principio de año.

Tabla 6. Valores Totales Mensuales Brillo solar (horas)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
MÁXIMOS	174,3	154	134,2	128,4	151,7	174,2	188,7	204,7	169,8	180,6	153,1	148
MÍNIMOS	59,9	52	65,9	59,5	64,6	93,6	109,5	62,7	81,3	80,7	66,5	56,2
MEDIOS	126	102,2	99,9	106,3	116,6	134,4	160,6	162,7	135,6	122,7	104,8	116

Fuente. Datos meteorológicos, IDEAM

Gráfica 6. Comportamiento Brillo Solar Multianual



Fuente. Este Estudio, CORPONARIÑO 2014

6.1.4. Usos y Coberturas del Suelo

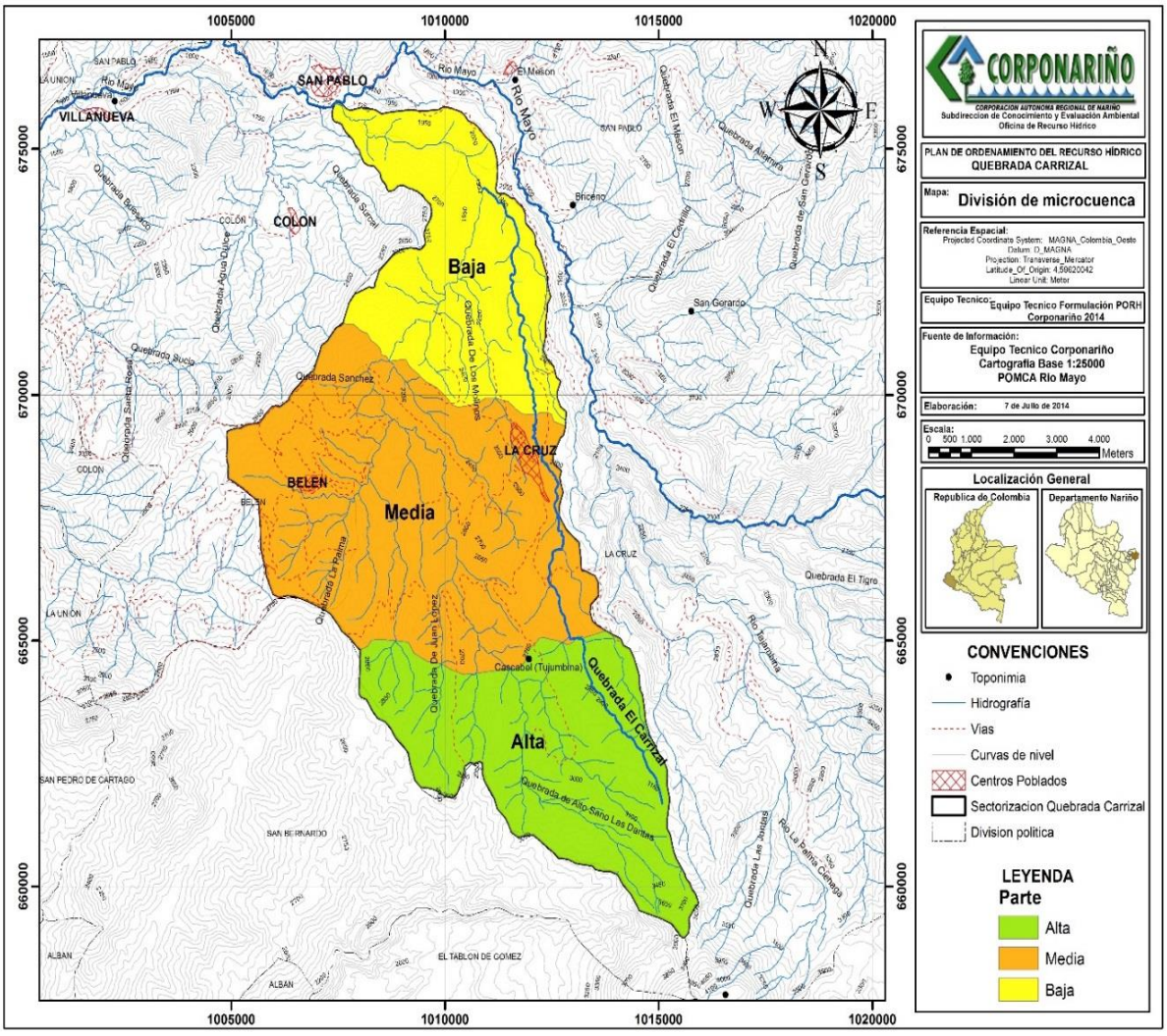
Para efectos del presente, se parte por clasificar el cauce principal de la Quebrada el Carrizal en Zona Alta, Media y Baja:

- ZONA ALTA: Corresponde al punto de nacimiento o inicio del cauce principal de la quebrada, hasta la bocatoma que abastece el acueducto municipal de La Cruz.

- ZONA MEDIA: Corresponde al tramo entre la bocatoma que abastece el acueducto municipal de La Cruz hasta el último punto en donde se presentan descargas de aguas residuales domésticas y de servicios del Centro Poblado de la vereda La Estancia y del casco urbano del municipio de La Cruz.

- ZONA BAJA: corresponde al tramo comprendido desde el último vertimiento del casco urbano de La Cruz hasta su desembocadura a la Quebrada Mocondino.

Mapa 3. División de la Microcuenca Quebrada el Carrizal



Fuente. Este Estudio, CORPONARIÑO 2014

En la etapa de campo, se identificaron usos y coberturas del suelo asociadas principalmente al área de influencia del cauce principal de la Quebrada el Carrizal. La información recopilada mediante registro fotográfico, formatos y bitácora de campo fue complementada y corroborada con información secundaria y cartográfica obtenida del Documento Plan de Ordenamiento de la Cuenca del Río Mayo.

Los usos y coberturas del suelo se describen a continuación:

- ZONA ALTA: **l**a parte alta de la microcuenca Carrizal comprende desde su Nacimiento a una altura aproximada de 3600 m.s.n.m hasta la cota 2596 m.s.n.m; en la intersección de la quebrada alto de ledezmas con la quebrada el Carrizal; este sector se caracteriza por no presentar ningún tipo de vertimientos y la calidad de agua es buena; se caracteriza por tener grandes zonas de pastos con vegetación arbustiva.

- ZONA MEDIA: está localizada a partir de la cota 2596 hasta la cota 2341 m.s.n.m, comprende la zona del centro poblado de la vereda La Estancia y el casco urbano del municipio de La Cruz donde se presentan vertimientos directos de aguas residuales domésticas a la quebrada el Carrizal razón por la cual la calidad del agua es regular. En la zona media la cobertura de suelo se destina en su mayoría a mosaicos de pastos y algunos cultivos combinados con pastos enrastrojados.

- ZONA BAJA: Ubicada desde los 2341 msnm hasta la desembocadura en la Quebrada Mocondino en los 1800 msnm. Esta parte de la microcuenca posee grandes extensiones de pastos y cultivos misceláneos entre los cuales se destacan el café, maíz y achira.

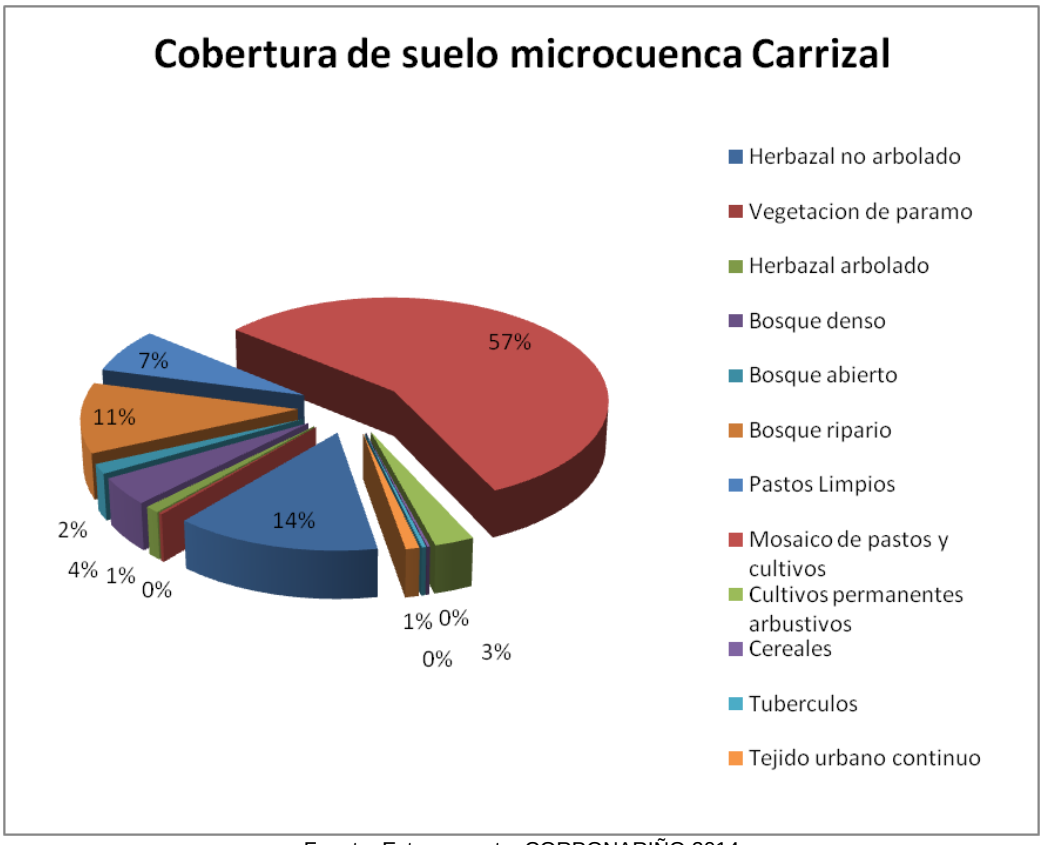
Cuadro 6. Clasificación de cobertura de suelo microcuenca Carrizal

COBERTURA DE SUELO METODOLOGIA CORINE LAND COBER MICROCUENCA CARRIZAL			
Nivel 1	**Nivel 2**	**Nivel 3**	**Nivel 4**
BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Herbazal no arbolado	No aplica
		Vegetacion de paramo	No aplica
		Herbazal arbolado	No aplica
	Bosques	Bosque denso	Bosque denso alto de tierra firme
		Bosque abierto	Bosque abierto bajo
		Bosque ripario	No aplica
	Pastos	Pastos Limpios	No aplica
TERRITORIOS AGRÍCOLAS	Áreas agrícolas heterogeneas	Mosaico de pastos y cultivos	No aplica
	Cultivos permanentes	Cultivos permanentes arbustivos	Cafe
		Cereales	Maiz
		Tuberculos	Papa
TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	No aplica

Fuente. POMCA Río Mayo, CORPONARIÑO 2009.

La clasificación de uso y cobertura para la microcuenca Carrizal es:

Gráfica 7. Porcentaje de Cobertura definitiva en la microcuenca Carrizal



Fuente. Este proyecto, CORPONARIÑO 2014

Herbazal: Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes sustratos, los cuales forman una cobertura abierta (30% a 70% de ocupación). Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original ni sus características funcionales (IGAC, 1999).

Vegetación de Paramo: Es un tipo de arbustal abierto está caracterizado por presentar una vegetación mesófila compuesta por una comunidad vegetal donde predominan los arbustos achaparrados y árboles pequeños, que se localizan en zonas húmedas, caracterizadas por su considerable precipitación y humedad atmosférica durante casi todo el año. Esta cobertura hace referencia principalmente a las formaciones arbustivas andinas y altoandinas, aledañas a los páramos y bosques de niebla.

Bosque denso: Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IGAC, 1999).

Bosque abierto: Cobertura constituida por elementos típicamente arbóreos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo, con altura del dosel superior a cinco metros Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales.

Mosaico pastos y cultivos: Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual.

Bosque Ripario: se refiere a la vegetación ubicada en las márgenes de quebradas, arroyos, cañada con o sin agua. Este tipo de cobertura está limitado en amplitud ya que bordea las fuentes de agua o patrones de drenaje naturales. Su importancia radica en ser unidades protectoras de agua, nichos de habitad para alimentación y refugio de fauna. Ocupando una extensión del 2% del total del área de estudio.

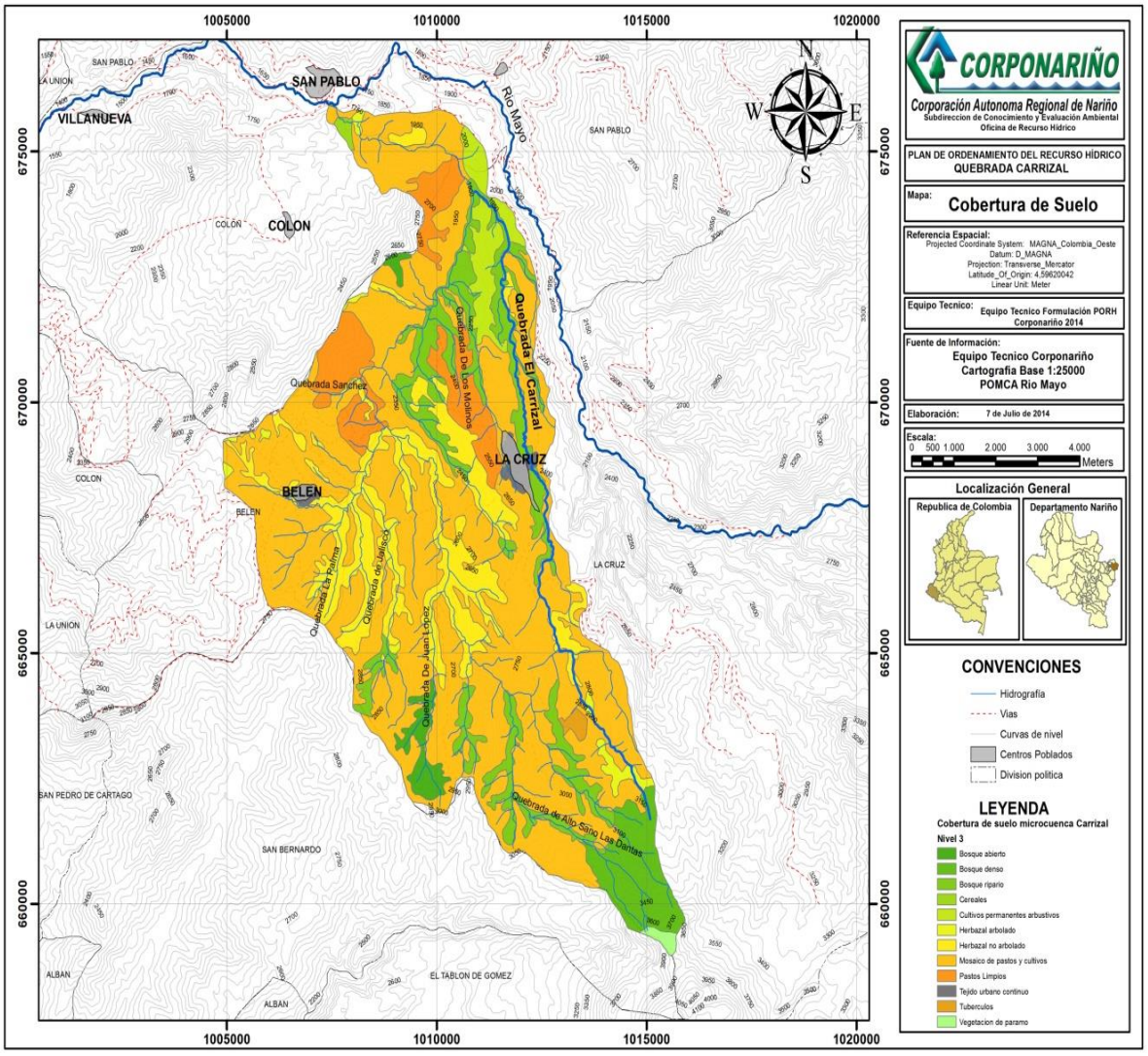
Pastos limpios: son las áreas de tierras dedicadas a praderas y prados naturales. Unidad de cobertura vegetal que se caracteriza por presentar un estrato de maleza de hojas finas como las gramíneas. En la microcuenca ocupan menos del 1% del territorio.

Arbustal denso: Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbustivos, los cuales forman un dosel irregular, La unidad puede contener elementos arbóreos dispersos. Esta formación vegetal no ha sido intervenida o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y sus características funcionales (IGAC, 1999).

Pastos enmalezados: Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura de la vegetación secundaria es menor a 1,5 m.

Centros Poblados: todas aquellas áreas u obras hechas por el hombre para su servicio y beneficio en las que comúnmente usan materiales como el hierro, cemento, ladrillo, madera, etc. Presentan un arreglo geométrico característico según su dedicación. (FAO, 1998). En la microcuenca ocupa un área cercana al 1% y está referido al centro poblado de La Cruz.

Mapa 4. Mapa de Uso y Cobertura del Suelo Microcuenca el Carrizal



Fuente. Este proyecto, CORPONARIÑO 2014.

6.1.5. Amenazas Naturales del Área de Estudio

Las áreas de amenazas en el sector rural se han analizado en cuatro grupos: Amenazas por erupciones volcánicas, Amenazas por movimiento en masa, Amenazas por eventos hidroclimáticos extremos y Áreas susceptibles a amenazas de carácter antrópico, las quemas, la deforestación y la contaminación son los fenómenos de carácter antrópico que más afectan el territorio municipal.

En el municipio de La Cruz se presentan grandes factores de riesgo, es así como el rio La Palma y el río Tajumbina presentan una amenaza para el poblado del salado ubicado al sur de la cabecera corregimental de Tajumbina, en esta área ya se ha presentado avenidas torrenciales y crecidas de estos ríos lo cual ha afectado las tierras destinadas a la ganadería y algunos puentes.

El río Mayo debido a que es la fuente de captación, transportaría los flujos torrenciales de otras quebradas y afectaría a la población asentada en las terrazas aluviales ubicadas en el sector de la Cañada, así mismo podría afectar el puente que existe en la vía a San Gerardo y otros cuantos peatonales. La quebrada los Caucanes amenaza la comunicación entre Tajumbina y La Cruz, ya que el flujo torrencial afecta el puente y la banca de esta carretera. La carretea que conduce a Pasto podría ser afectada por estos eventos en los puentes con las quebradas Las Dantas y Juan López. Aunque cerca al cauce de la quebrada Los Molinos no existen viviendas ni carreteras, avenidas torrenciales en esta corriente afectarían tres puentes peatonales y a la población asentada aguas abajo cerca de San Pablo.

Finalmente, la quebrada San Gerardo, debido a la inestabilidad de sus vertientes, amenaza en un alto grado a la cabecera corregimental ubicada en sus riveras.

La amenaza por deslizamientos en el municipio se presenta con mayor frecuencia en los siguientes sectores:

Al sur del municipio las veredas Alto Sano, Loma Larga, Aposento, Plazuelas, San Rafael. Al norte del municipio todo el corregimiento de San Gerardo. Igualmente la parte sur del casco urbano de La Cruz a los lardo de la loma que se extiende desde el sitio denominado la Curva (La Estancia) hasta la vereda La Loma.

6.2. Diagnóstico Social

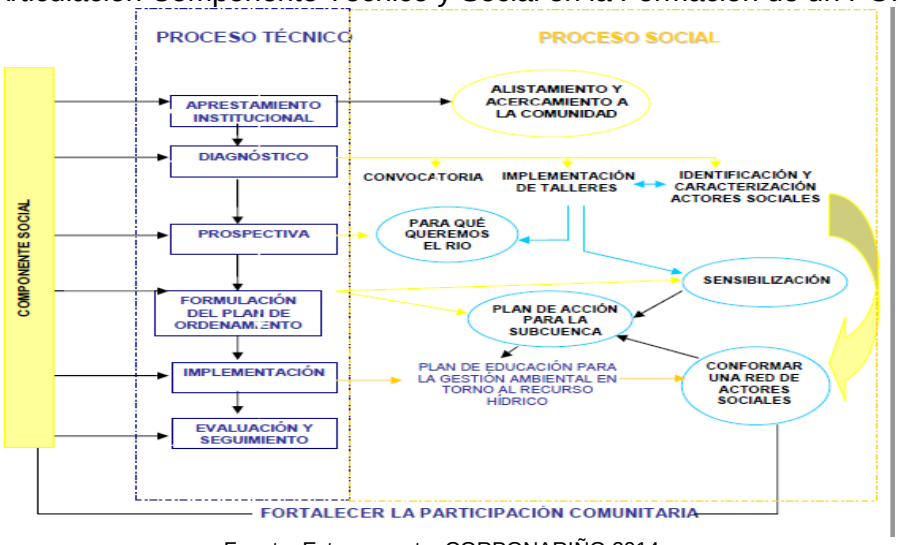
6.2.1. Diagnóstico Social Participativo

Para la realización del Diagnostico Social Participativo con los Actores de mayor incidencia en la quebrada el Carrizal, se diseñó una metodología de intervención en la comunidad basada en lograr espacios de participación desde el inicio del proceso como lo establece la *Constitución Política de Colombia* en sus artículos 79 y 80 “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Igualmente es importante resaltar que el componente social es parte integral de cada una de las fases, debido a su característica de transversalidad la cual permite que la comunidad se apropie del proceso técnico y participe durante todo el desarrollo del ordenamiento del recurso hídrico de la quebrada Carrizal, logrando así una articulación entre los componentes social y técnico como se visualiza en la siguiente gráfica.

Gráfica 8. Articulación Componente Técnico y Social en la Formación de un PORH



Fuente. Este proyecto, CORPONARIÑO 2014.

La Fase de Diagnostico busca establecer la situación ambiental actual del recurso hídrico teniendo en cuenta sus aspectos sociales, físicos, bióticos y antrópicos con el fin de establecer las potencialidades, conflictos y restricciones del mismo, implica desarrollar actividades de recopilación, organización y clasificación de información histórica y ejecutar programas de monitoreo, recolección y procesamiento de información de las condiciones actuales. El diagnostico busca proporcionar los elementos técnicos y sociales suficientes para la evaluación de los diferentes escenarios que se propondrán en la fase prospectiva.

Para efectuar el Diagnostico Social se realizó en primer medida una revisión de información segundaria existente del municipio, específicamente el Esquema de Ordenamiento Territorial EOT, para conocer, apropiar y abordar aspectos sociales de la comunidad asentada en la zona de influencia de la Quebrada el Carrizal.

Luego, en trabajo de campo se realizó un acercamiento Institucional con la Administración Municipal de la Cruz, UMATA, la empresa de servicios públicos (EMPOCRUZ) y Parques Nacionales, donde se explicó el proceso a llevar a cabo con la comunidad en el marco de la formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) de la quebrada el Carrizal, y la importancia de lograr el compromiso y apoyo de la Administración y las Instituciones de incidencia en dicho proceso. Este acercamiento permitió realizar una caracterización de los principales actores sociales en el municipio y la plena disposición de las instituciones a bridar colaboración para cumplir con el objetivo propuesto y dar inicio al proceso.

Con la obtención de información sobre veredas de incidencia y sus respectivas organizaciones de base, se realizó un acercamiento a la comunidad lo cual permitió por medio de la realización de una entrevista informal, conocer su entorno y obtener información valiosa sustento de este diagnóstico, como también motivar en la importancia de la participación comunitaria en la reunión de información y realización del diagnóstico social participativo.

Finalmente, se realizó la convocatoria e invitación por medio de oficio, tanto a la comunidad como a las instituciones para que participen en la reunión de socialización del proceso de ordenamiento.

- Actores Sociales: Las veredas con mayor incidencia sobre la quebrada el Carrizal son: vereda Alto de Ledezmas, La Estancia, Llano Grande, Las Aradas, Cabuyales y Alto Cabuyales.

- Presencia Institucional: Para el cumplimiento de los objetivos del Plan de Ordenamiento de la Quebrada Carrizal es necesario que las instituciones de mayor presencia se apropien del proceso y garanticen su permanencia en el tiempo, estas son: ALCALDÍA MUNICIPAL, CORPONARIÑO, POLICIA NACIONAL, PARQUES NACIONALES, INSTITUCIONES EDUCATIVAS.

6.2.2. Taller Diagnóstico Social

- Participación comunitaria a través del taller de Diagnóstico Social

Para adelantar la lectura de la problemática en cuanto a la contaminación que se está realizando en la Quebrada el Carrizal en el Municipio de la Cruz se debió comprometer no solo la información secundaria sino de la participación de la instituciones y comunidad ya que la viven con clara realidad. Se realiza la presentación de un video como introducción al taller sobre la importancia del agua con una reflexión de los asistentes sobre el futuro que se está generando actualmente, La metodología implementada ha sido el Diagnostico Social Participativo (D.S.P.) que es un proceso de dialogo y concientización que generan conocimientos sociales, orientados a acciones para transformar la realidad fomentando la organización democrática de las comunidades.

Este aspecto de participación comunitaria en la lectura de los problemas de contaminación en la quebrada generados, su priorización y análisis imprime mayor confiabilidad a la fases de Prospectiva y formulación donde se compromete a la comunidad no solo en el análisis sino también en la gestión para encontrar el camino de las soluciones.

En esta actividad se utiliza la herramienta metodológica de mapas parlantes temáticos sobre la dinámica del recurso agua que se tratan aspectos sobre contaminantes que afectan la corriente y usos actuales.

6.2.3. Resultados Taller Diagnóstico Social

Lectura de la problemática de contaminación y usos generada en la quebrada carrizal desde la óptica de la institución y los representantes de la comunidad:

Para dar inicio a este importante proceso se realiza la socialización del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico, "PORH" en la quebrada Carrizal, dando a conocer sus fases y objetivo que es planificar el aprovechamiento y uso sostenible del recurso hídrico en calidad y cantidad, esta es una etapa de motivación y generación de compromisos de las comunidades e Instituciones hacia la recuperación, conservación y protección del agua vital de todo ser humano.

La convocatoria realizada por medio de oficios a los participantes a nivel Institucional como la Administración Municipal, Parques Nacionales, CORPONARIÑO, Servicios Públicos-Empocruz, Instituciones educativas y los representantes de las veredas de Llano Grande, Cabuyales y Alto Cabuyales del corregimiento de Cabuyales, la vereda la Instancia del corregimiento la Instancia y el casco Urbano que tiene influencia directa sobre la corriente en estudio donde se identifica la contaminación y uso del recurso agua dividiéndolo en parte alta, media y baja.

- PARTE ALTA:

Se identifica el nacimiento de la Quebrada Carrizal originada en Parque Nacional Doña Juana donde se encuentra en el momento reforestado ya que está dentro del Parque pero saliendo de los límites se identifica:

Aumento en el caudal por afluentes que se encuentran en la zona; Se encuentran viviendas que realizan las descargas de las aguas residuales directamente a la quebrada; Se encuentra una producción de criadero de trucha que utiliza esta agua para realizar su vertimiento; Tala del bosque y No respetan la ronda hídrica; La mayor productibilidad es de ganado quien es contaminante para esta corriente; Se encuentra en esta zona alta problemas de deslizamientos; Falta de sentido de pertinencia en cuanto a la institución de Parques Nacionales. USOS: Para consumo humano

- PARTE MEDIA:

En la vereda la Estancia se encuentran cultivos de achira que utilizan el agua para lavado; Utilizan el agua para lavar carros y realizan nuevamente sus descarga de las aguas contaminadas; Se encuentra el colegio; Ya inician los barrios y en general todo el

casco urbano la descarga de aguas negras; Zona ganadera; Usos inadecuados de los suelos. USOS: Lavaderos de carros, Bebederos de ganado, Descarga de aguas residuales, Riego cultivos de achira, Lavado de achira, Criadero psicolas.

- PARTE BAJA:

Se encuentra en esta zona una bomba de gasolina; Urbanización que realizan descargas directas; El hospital; Institución educativa en Llano Grande; Pendientes y terminación en el Rio Mayo. USOS: Lavaderos de carros, Descarga de aguas residuales.

Como uno de los resultados establecidos en la sesión del taller de diagnóstico se contó con la variada participación de los involucrados, se logró identificar lo enunciado anteriormente y realizando el siguiente análisis más relevante;

- Percepciones generales de la comunidad:

Técnico Umata: las personas necesitan del agua para sus cultivos pero luego de su uso la devuelven contaminada a la quebrada.
Desarrollo Comunitario: No se tiene a nivel del Municipio la cultura de evitar arrojar basuras a orillas de las quebradas que generan contaminación y mal aspecto en las zonas que recorren los caudales.
Salud Ambiental: estos focos de contaminación producen en las habitantes enfermedades por la proliferación de insecto, olores desagradables e infecciones a nivel de la piel.
Parques Nacionales: se realizan proyectos para recuperar el recurso hídrico ya que es vital para las comunidades en cuanto a lo económico, social y paisajístico.
CORPONARIÑO: se realizan orientaciones en cuanto los requisitos para concesiones de aguas para diferentes usos y apoyo a las instituciones en el manejo para conservar y proteger este vital recurso.
Presidente J.A.C. Vereda la Estancia: el agua no se encuentra totalmente contaminada pero no se le da la importancia a este vital recurso y se arrojan basuras como también no hay respeto a la ronda hídrica por el ganado que se encuentra en esta zona como ingresos de las familias.
Presidente de Llano Grande: la población va en aumento y el agua en deterioro es necesario buscar alternativas de descontaminación para nuestras futuras generaciones.

LA INSTITUCIONALIDAD

La administración Municipal de la cruz que tiene mayor incidencia en cuanto al recurso hídrico se sientes comprometidos desde su rol que desempeñan con el Plan de Ordenamiento de la Quebrada Carrizal y se complementa con la comunidad que tienen experiencias y conocimientos valiosos desde su diario vivir para realizar programas y proyectos que beneficien el importante recurso agua.

ACTORES DE LA COMUNIDAD

En el municipio de la Cruz cada actor social vive y produce dentro de un conjunto de relaciones afectivas, sociales, económica, políticas y con el medio ambiente natural dentro de las cuales existen y se crean contradicciones impulsando el crecimiento y desarrollo de las comunidades y sus pobladores.

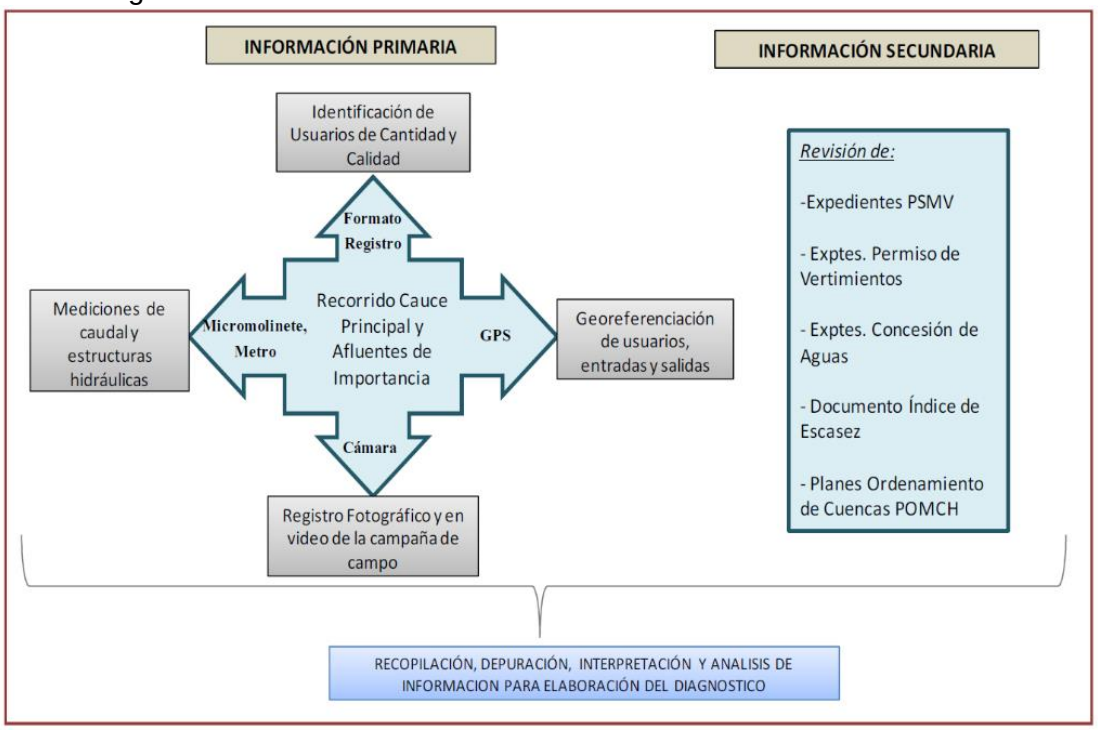
6.3. Diagnóstico Corriente Hídrica

El diagnóstico de la corriente hídrica está enfocado al levantamiento, recopilación, organización, análisis, evaluación e interpretación de información primaria y secundaria que permitió el establecimiento y determinación de la situación actual de calidad y cantidad tanto del cauce principal como de la Quebrada el Carrizal, así como la identificación de los usos actuales, potenciales y conflictos por el recurso hídrico presentados entre los usuarios y beneficiarios de la fuente superficial objeto de ordenamiento.

Para esto se efectuó una identificación de usuarios actuales que realizan extracciones o captaciones de agua para satisfacción de los usos demandados con el respectivo inventario de estructuras hidráulicas, la identificación de usuarios generadores de vertimientos que descargan al cauce principal de la Quebrada el Carrizal con su respectivo inventario de estructuras hidráulicas, la identificación de afluentes naturales que escurren o drenan hacia el cauce principal, el desarrollo de dos jornadas de muestreo y aforo efectuadas en diez (10) puntos estratégicos escogidos sobre el cauce principal y algunos afluentes o descargas de importancia, y por último, un trabajo de oficina en donde se procesó la información obtenida para la determinación de perfiles e índices de calidad de la Quebrada el Carrizal, línea base de cargas contaminantes, diseño del diagrama de ubicación de vertimientos, afluentes y captaciones, cálculo de la oferta y demanda hídrica y modelación y simulación del comportamiento de la corriente superficial para la

generación del escenario actual de calidad y cantidad. (Ver formatos de Registro de Usuarios del Recurso Hídrico y de Vertimientos en Anexo C)

Figura 6. Diagnóstico Corriente Hídrica



6.3.1. Censo de Usuarios

De acuerdo al trabajo de campo realizado y a la recopilación de información de tipo secundario, sobre el cauce principal de la Quebrada el Carrizal y sus afluentes se identificaron los siguientes usuarios del recurso hídrico clasificados tanto para el componente de cantidad como para el de calidad:

- Usuarios Calidad: Relaciona los afluentes naturales y usuarios generadores de vertimientos o aguas residuales de tipo industrial, doméstico y de servicios que alimentan y descargan al cauce principal de la Quebrada incidiendo en su calidad fisicoquímica y bacteriológica, así como en el aumento de caudal. Se identifica el margen de descarga o vertimiento sobre la fuente receptora, sea derecho o izquierdo acorde con el sentido de flujo de la corriente superficial.

- ZONA ALTA

Afluentes Naturales que desembocan y aportan al cauce principal de la Quebrada el Carrizal (zona alta):

Cuadro 7. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN1

FICHA AN1 AFLUENTE LOS TOBOS		
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:** PARAMITO	**MARGEN:** DERECHO
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL		**APORTE O FLUJO**: Continuo
COORDENADAS:	**X** → 1015166 **Y** → 661604 **H** → 3220 m	
DESCRIPCION:	• En invierno el arroyo aporta caudal a la quebrada el Carrizal. • El arroyo no presenta descargas o vertimientos puntuales en su recorrido, que alteren de manera considerable su calidad. • En época de verano disminuye considerablemente el caudal pero el aporte de agua a la quebrada el Carrizal es continuo durante todo el año.	
REGISTRO FOTOGRAFICO		

Cuadro 8. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN2

FICHA AN2 AFLUENTE PROFUNDO LOS MUSGOS		
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:** PARAMITO	**MARGEN:** IZQUIERDA
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL		**APORTE O FLUJO**: Continuo
COORDENADAS:	**X** → 1015145 **Y** → 661617 **H** → 3236 m	
DESCRIPCION:	• En invierno el arroyo aporta caudal a la quebrada el Carrizal. • El arroyo no presenta descargas o vertimientos puntuales en su recorrido, que alteren de manera considerable su calidad.	
REGISTRO FOTOGRAFICO		

Cuadro 9. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN3

FICHA AN3 AFLUENTE EL URO		
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:** PARAMITO	**MARGEN:** IZQUIERDO
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL		**APORTE O FLUJO**: Continuo
COORDENADAS:	**X** → 1015009 **Y** → 661898 **H** → 3167 m	
DESCRIPCION:	• En invierno el arroyo aporta caudal a la quebrada el Carrizal. • En época de verano el afluente se profundiza. • El arroyo no presenta descargas o vertimientos puntuales en su recorrido, que alteren de manera considerable su calidad.	
REGISTRO FOTOGRAFICO		

Cuadro 10. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN4

FICHA AN4 AFLUENTE PADRE REALPE		
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:** PARAMITO	**MARGEN:** IZQUIERDO
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL		**APORTE O FLUJO**: Continuo
COORDENADAS:	**X** → 1015961 **Y** → 661934 **H** → 3156 m	
DESCRIPCION:	• En invierno el arroyo aporta caudal a la quebrada el Carrizal. • En época de verano el afluente se profundiza. • El arroyo no presenta descargas o vertimientos puntuales en su recorrido, que alteren de manera considerable su calidad.	
REGISTRO FOTOGRAFICO		

Cuadro 11. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN5

FICHA AN5 AFLUENTE LOS ARALLANES		
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:** PARAMITO	**MARGEN:** IZQUIERDO
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL		**APORTE O FLUJO**: Continuo
COORDENADAS:	**X** → 1015893 **Y** → 662022 **H** → 3133 m	
DESCRIPCION:	• En invierno el arroyo aporta caudal a la quebrada el Carrizal. • El arroyo no presenta descargas o vertimientos puntuales en su recorrido, que alteren de manera considerable su calidad. • En época de verano disminuye considerablemente el caudal pero el aporte de agua a la quebrada el Carrizal es continuo durante	

	todo el año.
REGISTRO FOTOGRAFICO	

Cuadro 12. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN6

FICHA AN6 AFLUENTE EL LIMPANO		
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:** PARAMITO	**MARGEN:** DERECHO
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL		**APORTE O FLUJO**: Continuo
COORDENADAS:	**X** → 1014749 **Y** → 662446 **H** → 3054 m	
	• En invierno el arroyo aporta caudal a la quebrada el Carrizal. • El arroyo no presenta descargas o vertimientos puntuales en su recorrido, que alteren de manera considerable su calidad. • En época de verano disminuye considerablemente el caudal pero	

DESCRIPCION:	el aporte de agua a la quebrada el Carrizal es continuo durante todo el año.
REGISTRO FOTOGRAFICO	

Cuadro 13. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN7

FICHA AN7 AFLUENTE LOS MOTILONES		
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:** PARAMITO	**MARGEN:** IZQUIERDA
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL		**APORTE O FLUJO**: Continuo
COORDENADAS:	**X** → 1014834 **Y** → 662554 **H** → 3051 m	
	• En invierno el arroyo aporta caudal a la quebrada el Carrizal. • El arroyo no presenta descargas o vertimientos puntuales en su recorrido, que alteren de manera considerable su calidad. • En época de verano disminuye considerablemente el caudal pero	

DESCRIPCION:	el aporte de agua a la quebrada el Carrizal es continuo durante todo el año.
REGISTRO FOTOGRAFICO	

Cuadro 14. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN8

AN8 AFLUENTE FONECAS		
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:** PARAMITO	**MARGEN:** DERECHA
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL		**APORTE O FLUJO**: Continuo
COORDENADAS:	**X** → 1014582 **Y** → 662815 **H** → 2978 m	
	• El afluente nace en predios de los herederos Fonecas. • En este punto se conecta con el cauce principal de la Quebrada el Carrizal en su parte alta. • El arroyo no presenta descargas o vertimientos puntuales en su	

DESCRIPCION:	recorrido, que alteren de manera considerable su calidad.
REGISTRO FOTOGRAFICO	

Cuadro 15. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN9

FICHA AN9 AFLUENTE DEL ANTIGUO DERRUMBO		
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:** ALTO DE LEDEZMAS	**MARGEN:** DERECHA
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL		**APORTE O FLUJO**: Continuo
COORDENADAS:	**X** → 1014565 **Y** → 662821 **H** → 2973 m	
	• En invierno el arroyo aporta caudal a la quebrada el Carrizal. • El arroyo no presenta descargas o vertimientos puntuales en su recorrido, que alteren de manera considerable su calidad.	

DESCRIPCION:	• En época de verano disminuye considerablemente el caudal pero el aporte de agua a la quebrada el Carrizal es continuo durante todo el año.
REGISTRO FOTOGRAFICO	

Cuadro 16. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN10

FICHA AN10 AFLUENTE MONTE OSCURO		
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:** ALTO DE LEDEZMAS	**MARGEN:** DERECHA
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL		**APORTE O FLUJO**: Continuo
COORDENADAS:	**X** → 1014528 **Y** → 662833 **H** → 3007 m	
	• En invierno el arroyo aporta caudal a la quebrada el Carrizal. • El arroyo no presenta descargas o vertimientos puntuales en su recorrido, que alteren de manera considerable su calidad.	

DESCRIPCION:	• En época de verano disminuye considerablemente el caudal pero el aporte de agua a la quebrada el Carrizal es continuo durante todo el año.

REGISTRO FOTOGRAFICO

Cuadro 17. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN11

FICHA AN11 AFLUENTE CHUQUIA		
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:** ALTO DE LEDEZMAS	**MARGEN:** DERECHA
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL		**APORTE O FLUJO**: Continuo
COORDENADAS:	**X** → 1014343 **Y** → 663024 **H** → 2945 m	
	• En invierno el arroyo aporta caudal a la quebrada el Carrizal. • El arroyo no presenta descargas o vertimientos puntuales en su	

DESCRIPCION:	recorrido, que alteren de manera considerable su calidad. • En época de verano disminuye considerablemente el caudal pero el aporte de agua a la quebrada el Carrizal es continuo durante todo el año.
REGISTRO FOTOGRAFICO	

Cuadro 18. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN12

FICHA AN12 AFLUENTE REBOLLEDO		
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:** PARAMITO	**MARGEN:** IZQUIERDA
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL		**APORTE O FLUJO**: Continuo
COORDENADAS:	**X** → 1014092 **Y** → 663210 **H** → 2918 m	

DESCRIPCION:	• El afluente nace en predios del Señor Alejando Rebolledo. • En este punto se conecta con el cauce principal de la Quebrada el Carrizal en su parte alta. • El arroyo no presenta descargas o vertimientos puntuales en su recorrido, que alteren de manera considerable su calidad. • Al atravesar predios agrícolas y ganaderos es susceptible de recibir escurrimientos superficiales que arrastran materia orgánica como estiércol y orina, e inorgánica como agroquímicos y fungicidas.
REGISTRO FOTOGRAFICO	

Cuadro 19. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN13

FICHA AN13 AFLUENTE MOTILONES REBODELLO					
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:** PARAMITO			**MARGEN:** IZQUIERDA	
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL				**APORTE O FLUJO**: Continuo	
COORDENADAS:	**X** → 1014040	**Y** → 663259	**H** → 2916 m		

DESCRIPCION:	• El afluente nace sobre un monte de motilones propiedad del Señor Alejandro Rebolledo. • En este punto se conecta con el cauce principal de la Quebrada el Carrizal en su parte alta. • El arroyo no presenta descargas o vertimientos puntuales en su recorrido, que alteren de manera considerable su calidad.

REGISTRO FOTOGRAFICO

Cuadro 20. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN14

FICHA AN14 AFLUENTE JOSE LEDEZMA					
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:** ALTO DE LEDEZMAS			**MARGEN:** DERECHO	
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL				**APORTE O FLUJO**: Continuo	
COORDENADAS:	**X** → 1013772		**Y** → 663987	**H** →	2850 m

DESCRIPCION:	• El afluente nace sobre un monte de motilones propiedad del Señor Alejandro Rebolledo. • En este punto se conecta con el cauce principal de la Quebrada el Carrizal en su parte alta. • El arroyo no presenta descargas o vertimientos puntuales en su recorrido, que alteren de manera considerable su calidad.

REGISTRO FOTOGRAFICO

Cuadro 21. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN15

FICHA AN15 AFLUENTE ALTO DE LEDEZMA		
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:** ALTO DE LEDEZMAS	**MARGEN:** IZQUIERDO
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL		**APORTE O FLUJO**: Continuo
COORDENADAS:	**X** → 1013076 **Y** → 665064 **H** → 2596 m	

DESCRIPCION:	• En este punto el afluente se conecta con el cauce principal de la Quebrada el Carrizal en su parte alta. • El arroyo presenta descargas puntuales de alrededor de 10 casas de la vereda Loma Larga, alterando de manera considerable su calidad. • Los riesgos de alteración de calidad de la corriente se centran en el paso de ganado y escurrimientos superficiales que arrastren partículas de tipo orgánico y/o inorgánico.

REGISTRO FOTOGRAFICO

- ZONA MEDIA

Afluentes Naturales que desembocan y aportan al cauce principal de la Quebrada el Carrizal (zona Media):

Cuadro 22. Afluentes Naturales de la Quebrada el Carrizal AN16

FICHA AN16 AFLUENTE LA ESTANCIA

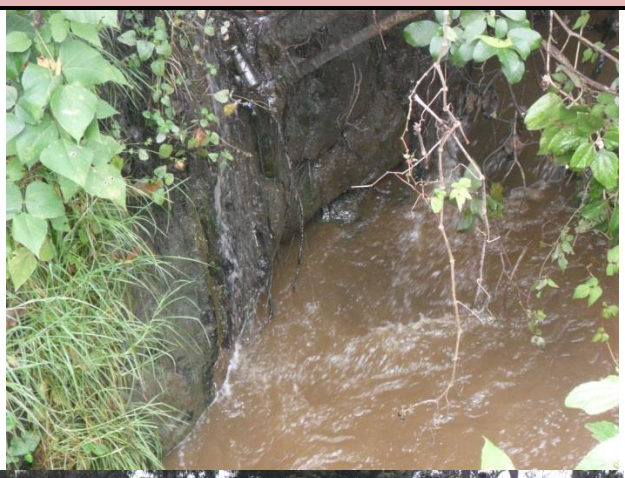
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:** LA ESTANCIA	**MARGEN:** IZQUIERDA
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL		**APORTE O FLUJO**: Continuo
COORDENADAS:	**X** → 1012190 **Y** → 667243 **H** → 2541 m	
DESCRIPCION:	• En invierno el arroyo aporta caudal a la quebrada el Carrizal. • El arroyo no presenta descargas o vertimientos puntuales en su recorrido, que alteren de manera considerable su calidad. • En época de verano disminuye considerablemente el caudal pero el aporte de agua a la quebrada el Carrizal es continuo durante todo el año.	
REGISTRO FOTOGRAFICO		

Usuarios de Vertimientos que descargan al cauce principal de la Quebrada el Carrizal (zona Media).

Cuadro 23. Usuarios de Vertimientos UV1

FICHA UV1 VERTIMIENTO LAVADERO DE CARROS		
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:** LA ESTANCIA	**MARGEN:** DERECHA
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL		**APORTE O FLUJO**: Discontinuo

COORDENADAS:	**X** → 1012488 **Y** → 666204 **H** → 2525 m
DESCRIPCION:	Vertimiento discontinuo del Lavadero de Carros Principal de la Estancia. La descarga se hace directamente al cauce de la quebrada el Carrizal.
REGISTRO FOTOGRAFICO	



Cuadro 24. Usuarios de Vertimientos UV2

FICHA UV2 VERTIMIENTO PUENTE VIEJO (AGUALONGO)		
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:** LA ESTANCIA	**MARGEN:** IZQUIERDA
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL		**APORTE O FLUJO**: Continuo
COORDENADAS:	**X** → 1012368 **Y** → 666273 **H** → 2515 m	

DESCRIPCION:	Vertimiento del barrio Agualongo. La descarga se hace directamente al cauce de la quebrada el Carrizal. No existe estructura de tratamiento.

REGISTRO FOTOGRAFICO

Cuadro 25. Usuarios de Vertimientos UV3

FICHA UV3 VERTIMIENTO PAMPLONITA		
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:** LA ESTANCIA	**MARGEN:** IZQUIERDA
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL		**APORTE O FLUJO**: Continuo
COORDENADAS:	**X** → 1012445 **Y** → 666817 **H** → 2488 m	

DESCRIPCION:	Acequia que recoge vertimientos del barrio Pamplonita. La descarga se hace directamente al cauce de la quebrada el Carrizal. No existe estructura de tratamiento.

REGISTRO FOTOGRAFICO

Cuadro 26. Usuarios de Vertimientos UV4

FICHA UV4 VERTIMIENTO PRINCIPAL DE LA ESTANCIA (PUENTE, CENTRO)				
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:** LA ESTANCIA		**MARGEN:** DERECHA	
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL			**APORTE O FLUJO**: Continuo	
COORDENADAS:	**X** → 1012666	**Y** → 666948	**H** → 2483 m	

DESCRIPCION:	Acequia que recoge vertimientos del barrio El Puente y del Colegio Normal Superior. La descarga se hace directamente al cauce de la quebrada el Carrizal. No existe estructura de tratamiento.

REGISTRO FOTOGRAFICO

Cuadro 27. Usuarios de Vertimientos UV5

FICHA UV5 VERTIMIENTO MUNICIPAL PABLO SEXTO					
MUNICIPIO: LA CRUZ		**VEREDA:**		**MARGEN:** IZQUIERDA	
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL				**APORTE O FLUJO**: Continuo	
COORDENADAS:	**X** → 1012159		**Y** → 668444	**H** →	2452 m

DESCRIPCION:	Vertimientos del Barrio Pablo Sexto. El vertimiento se considera como doméstico, producido por 305 personas, corresponde al primer vertimiento en la red de alcantarillado de EMPOCRUZ, y se hace directamente al cauce de la quebrada el Carrizal. No existe estructura de tratamiento.
REGISTRO FOTOGRAFICO	

Cuadro 28. Usuarios de Vertimientos UV6

FICHA UV6 VERTIMIENTO MATADERO MUNICIPAL					
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:**			**MARGEN:** IZQUIERDA	
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL				**APORTE O FLUJO**: Continuo	
COORDENADAS:	**X** → 1012124	**Y** → 668709	**H** → 2422 m		

DESCRIPCION:	Vertimiento del Matadero Municipal de La Cruz. El matadero se encuentra actualmente en un plan de cierre y reubicación, pero aún realiza sacrificios a menor escala.

REGISTRO FOTOGRAFICO

Cuadro 29. Usuarios de Vertimientos UV7

FICHA UV7 VERTIMIENTO MUNICIPAL PRINCIPAL		
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:**	**MARGEN:** IZQUIERDA
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL		**APORTE O FLUJO**: Continuo
COORDENADAS:	**X** → 1012178 **Y** → 668225 **H** → 2360 m	

DESCRIPCION:	Vertimientos de los Barrios Belén, Morochillo, Centro, San Antonio, Villa del Norte, La Pola y Fenelón Ordoñez. El vertimiento se considera como doméstico, producido por 2742 personas, corresponder al segundo vertimiento en la red de alcantarillado de EMPOCRUZ, y se hace directamente al cauce de la quebrada el Carrizal. No existe estructura de tratamiento.

REGISTRO FOTOGRAFICO

Cuadro 30. Usuarios de Vertimientos UV8

FICHA UV8 VERTIMIENTO MUNICIPAL FENELÓN ORDOÑEZ					
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:**			**MARGEN:** IZQUIERDA	
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL				**APORTE O FLUJO**: Continuo	
COORDENADAS:	**X** → 1012094		**Y** → 669006	**H** →	2370 m

DESCRIPCION:	Vertimientos del Barrio Fenelón Ordoñez. El vertimiento se considera como doméstico, producido por 350 personas, corresponder al tercer vertimiento en la red de alcantarillado de EMPOCRUZ, y se hace directamente al cauce de la quebrada el Carrizal. No existe estructura de tratamiento.
REGISTRO FOTOGRAFICO	

Cuadro 31. Usuarios de Vertimientos UV9

FICHA UV9 VERTIMIENTO MUNICIPAL LA PRADERA		
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:**	**MARGEN:** IZQUIERDA
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL		**APORTE O FLUJO**: Continuo

COORDENADAS:	**X** → 1012106 **Y** → 669018 **H** → 2365 m
DESCRIPCION:	Vertimientos del Barrio La Pradera. El vertimiento se considera como doméstico, producido por 120 personas, corresponder al cuarto vertimiento en la red de alcantarillado de EMPOCRUZ, y se hace directamente al cauce de la quebrada el Carrizal. No existe estructura de tratamiento.
REGISTRO FOTOGRAFICO	

Cuadro 32. Usuarios de Vertimientos UV10

FICHA UV10 VERTIMIENTO MUNICIPAL LLANO GRANDE		
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:**	**MARGEN:** IZQUIERDA

FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL		**APORTE O FLUJO**: Continuo
COORDENADAS:	**X** → 1012062 **Y** → 669299 **H** → 2355 m	
DESCRIPCION:	Vertimientos de los Barrios Portales de Llano Grande, Prados del Norte y Vereda Llano Grande. El vertimiento se considera como doméstico, producido por 780 personas, corresponder al quinto vertimiento en la red de alcantarillado de EMPOCRUZ, y se hace directamente al cauce de la quebrada el Carrizal. No existe estructura de tratamiento.	
REGISTRO FOTOGRAFICO		

Cuadro 33. Usuarios de Vertimientos UV11

FICHA UV11 VERTIMIENTO MUNICIPAL LA FLORESTA		
MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:**	**MARGEN:** IZQUIERDA

FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL		**APORTE O FLUJO**: Continuo
COORDENADAS:	**X** → 1012017 **Y** → 669597 **H** → 2341 m	
DESCRIPCION:	Vertimientos de los Barrios La Floresta, Granada y la Pola. El vertimiento se considera como doméstico, producido por 1031 personas, corresponder al sexto vertimiento en la red de alcantarillado de EMPOCRUZ, y se hace directamente al cauce de la quebrada el Carrizal. No existe estructura de tratamiento.	

REGISTRO FOTOGRAFICO

- USUARIO DE CANTIDAD (Zona Alta):

Cuadro 34. Usuarios de Cantidad UC1

FICHA UC1 BOCATOMA ACUEDUCTO MUNICIPAL LA CRUZ

MUNICIPIO: LA CRUZ	**VEREDA:** LA ESTANCIA	**MARGEN:** IZQUIERDA
FUENTE DE CONFLUENCIA: QUEBRADA EL CARRIZAL		**APORTE O FLUJO**: Continuo
COORDENADAS:	**X** → 1013151 **Y** → 665047 **H** → 2578 m	
DESCRIPCION:	Estructuras: Bocatoma, Desarenador bajo tierra y conducción en tubería hasta la Planta de Tratamiento. Captación para consumo humano de los habitantes del casco urbano de la Cruz. La estructura de captación cuenta con un reboce que retorna a la Quebrada. Posee Concesión de aguas vigentes por 30L/s, Resolución 15787 del 21 de Octubre de 1988.	

REGISTRO FOTOGRAFICO

6.3.2. Oferta y Demanda Hídrica

- OFERTA HIDRICA

La oferta hídrica de una cuenca es el volumen disponible 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.

INFORMACIÓN HIDROLÓGICA Y METEOROLÓGICA:

La información hidrológica y meteorológica necesaria fue suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales "IDEAM" y la Corporación Autónoma Regional de Nariño "CORPONARIÑO", facilitando datos de estaciones con periodicidad mensual de precipitación y temperatura para un periodo de 21 años 1992-2013. Para la selección de las estaciones se tomó como principal parámetro la ubicación más cercana al área de estudio con criterios de selección con registros mayores a 20 años.

Tabla 7. Estaciones meteorológicas

CODIGO	ESTACIÓN	TIPO	PARÁMETRO	ALTITUD (msnm)	DATOS	
					DEL AÑO	AL AÑO
4701509	La Primavera	CO	Precipitación - Temperatura	2067	1993	2013
52025030	Mercaderes	CO	Precipitación - Temperatura	1174	1993	2013
52030060	Hidromayo Camp	PM	Precipitación	1626	1993	2013
52030070	La cruz	PM	Precipitación	2248	1993	2013
5204503	San Bernardo	CO	Precipitación - Temperatura	2190	1993	2013
52025020	Los milagros	CO	Precipitación - Temperatura	2300	1993	2013

Fuente. Este proyecto, CORPONARIÑO 2014.

Sobre el periodo de tiempo escogido de 21 años en cada estación hidrometeorológica se identifica meses con ausencia de datos en las estaciones cercanas a la microcuenca quebrada Carrizal, por lo que fueron complementados mediante la identificación de estaciones vecinas prediciendo los datos de registros ausentes bajo una fuente de variabilidad inter anual.

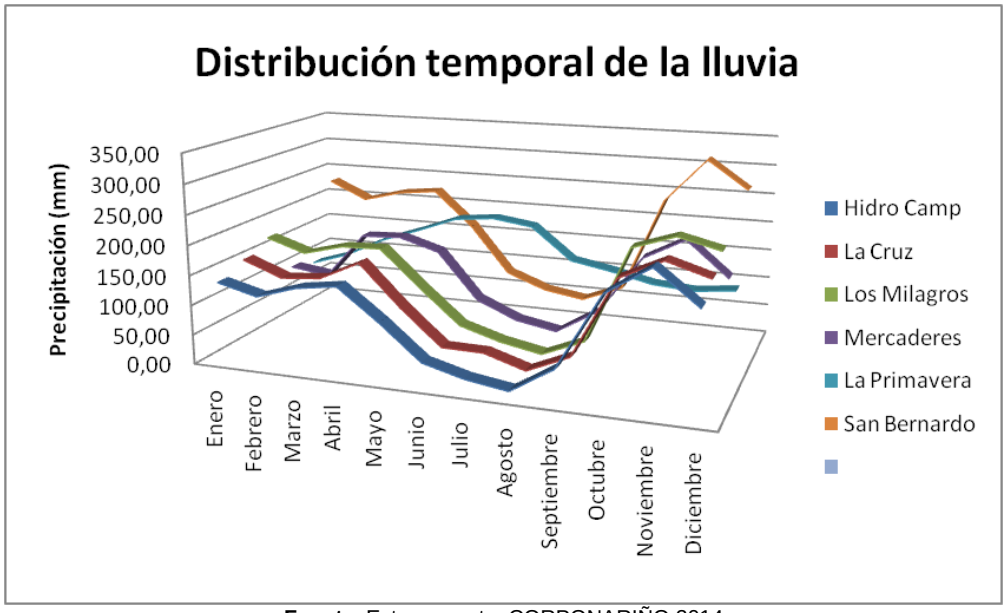
ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIÓN:

La posición geográfica influye en la distribución espacial y temporal de la precipitación en el área de estudio, y se condiciona principalmente por la zona de convergencia intertropical (ZCIT), una franja donde interactúan corrientes de aire cálido y húmedo, lo cual determina el régimen de precipitación presente en la zona de estudio, tomando como

base los registros de las estaciones meteorológicas con información de valores totales de precipitación del área de estudio.

Con el fin de analizar el comportamiento de la precipitación en la zona se analizan los datos históricos para un periodo de 21 años en las 6 estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio determinando el régimen de precipitación característico de la zona.

Gráfica 9. Distribución Temporal de la Lluvia



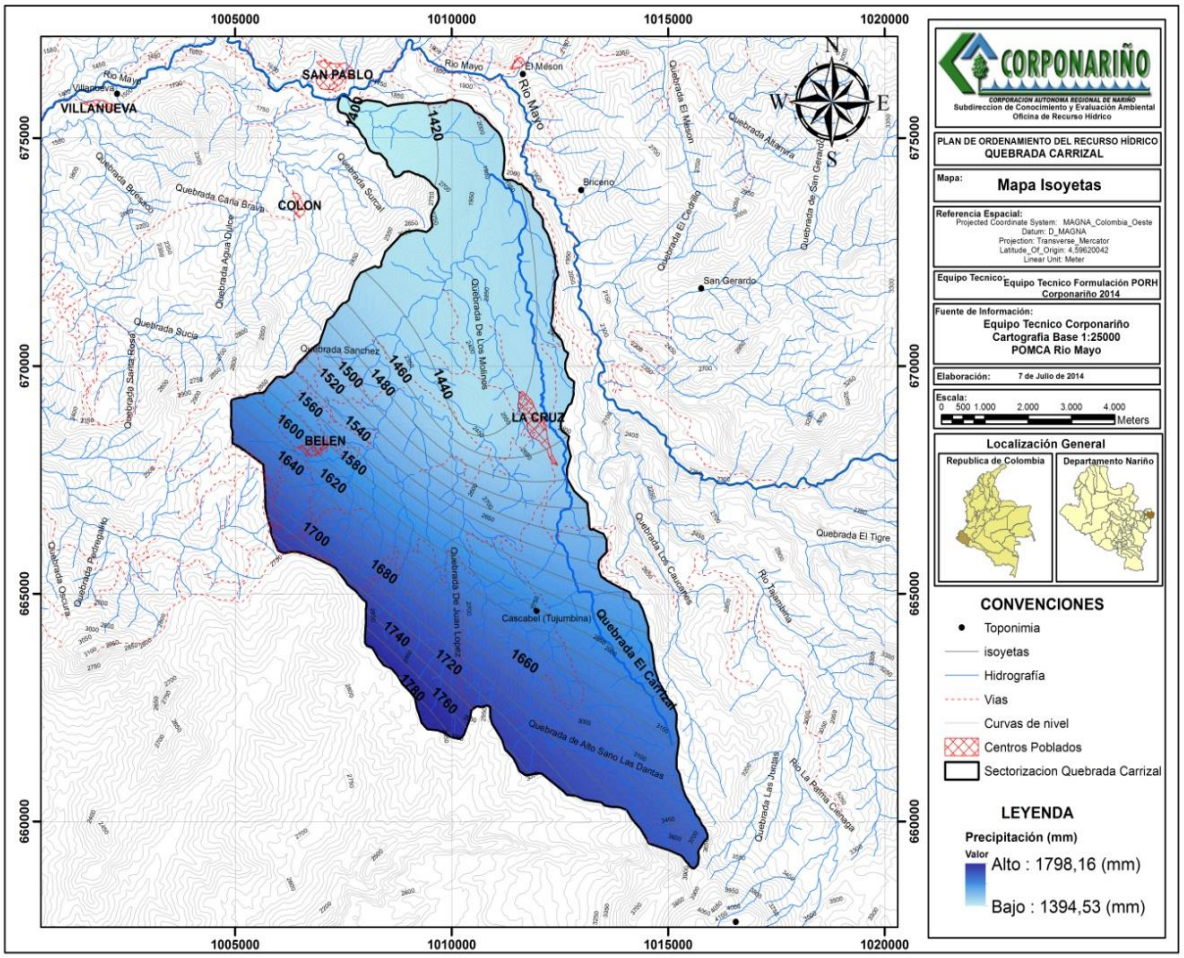
Fuente. Este proyecto, CORPONARIÑO 2014

Con el análisis del hidrográma de precipitación se determina que las estaciones hidrometeorológicas presentan en su mayoría el periodo de lluvias entre los meses de octubre al mes de abril y un periodo seco entre los meses de mayo a septiembre.

TRAZADO ISOYETAS:

El trazado de Isoyetas para la microcuenca Carrizal se realizó con la aplicación de métodos geoestadísticos utilizando técnicas de predicción de Kriging a través del aplicativo ArcGIS 10.1; Razón por la cual, se realizó un análisis preliminar de los datos de precipitación de las estaciones cercanas al área de estudio, mostrando normalidad.

Mapa 5. Isoyetas Microcuenca Quebrada el Carrizal



Fuente. Este proyecto, CORPONARIÑO 2014

PRECIPITACIÓN (mm)		
MAXIMA	MEDIA	MINIMA
1798,16	1557,2	1394,53

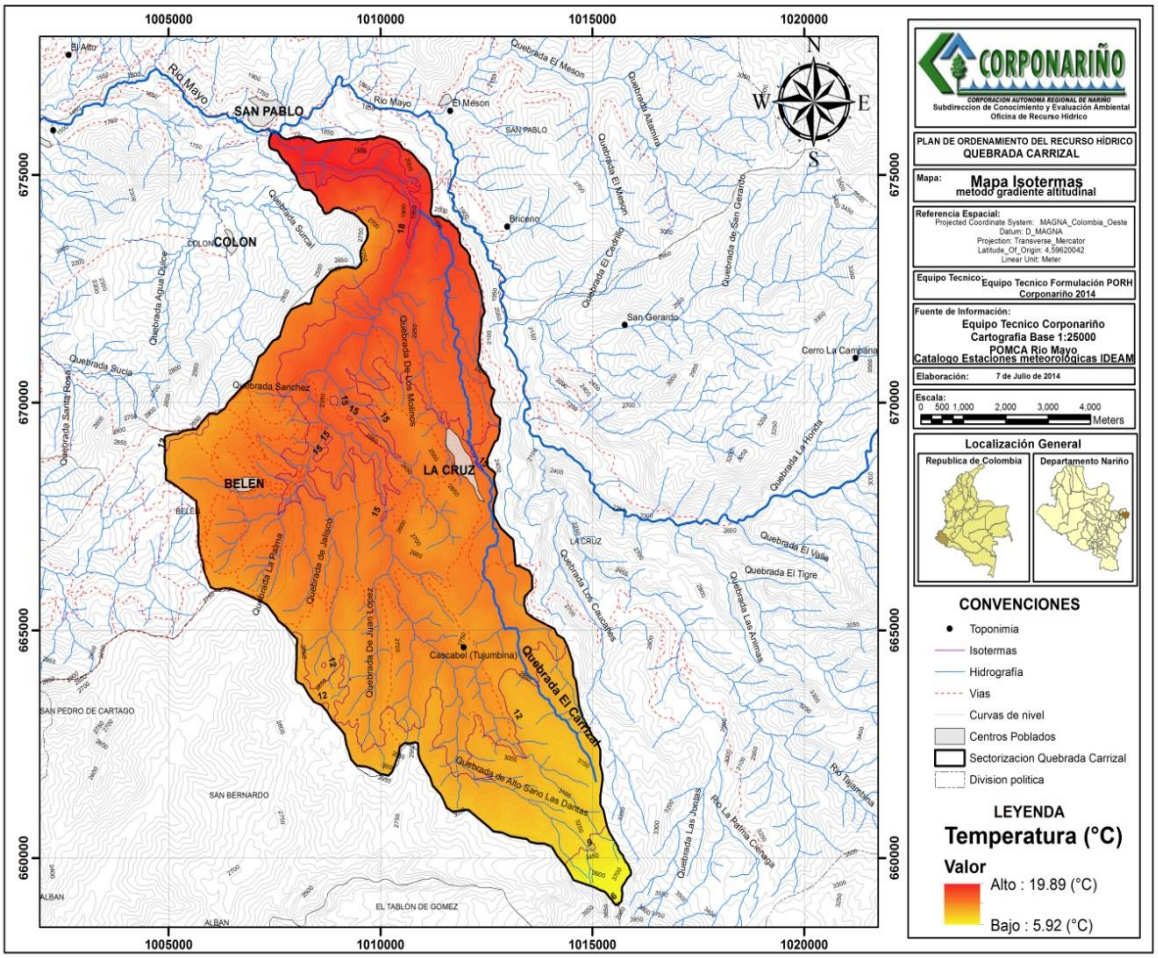
Fuente. Este proyecto, CORPONARIÑO 2014.

*ver información de precipitación Anexo oferta / precipitación

ESTIMACIÓN DE TEMPERATURA:

El mapa de temperatura se trabajó utilizando el método del gradiente térmico que permite calcular el régimen de una forma teórica, el valor de la temperatura de un sitio determinado, tomando como base la altura. El método de interpolación escogido para la estimación de la temperatura es el método Cokriging; debido a la relación inversa existente entre temperatura y la altura, se utiliza como segunda variable para la auto correlación del modelo de interpolación Cokriging, un modelo digital de elevación “DEM” en formato raster con una resolución de 30 metros por pixel, creado a partir de las isolíneas de altura o curvas de nivel del área de estudio.

Mapa 6. Isotermas Microcuenca Quebrada el Carrizal



Fuente. Este proyecto, CORPONARIÑO 2014.

TEMPERATURA (°C)		
MAXIMA	MEDIA	MINIMA
19,89	13,83	6

Fuente. Este proyecto, CORPONARIÑO 2014.

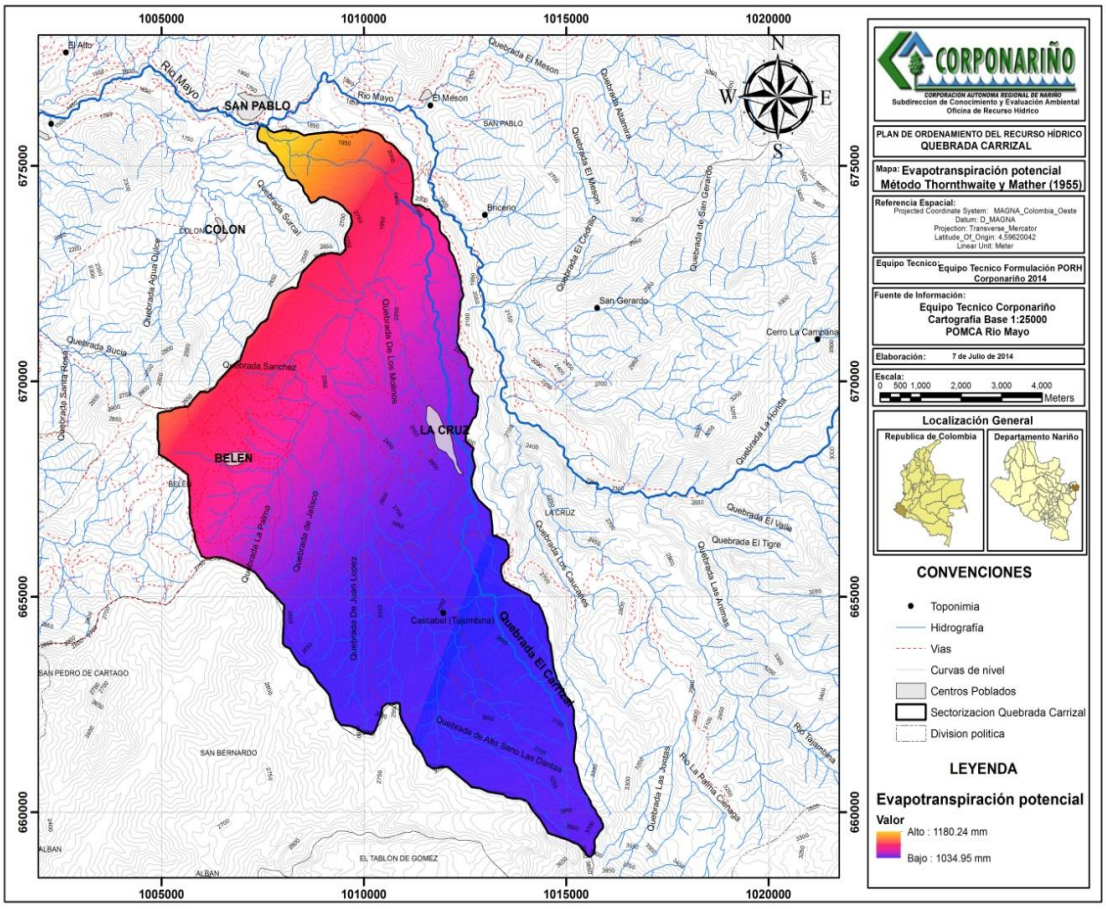
ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN:

La evapotranspiración es la suma de la cantidad de agua que pasa a la atmósfera por los procesos de evaporación del agua interceptada por el suelo y de la transpiración de las plantas.

Evapotranspiración potencial (ETP)

La evapotranspiración potencial, es la pérdida de agua observada en una superficie liquida o sólida saturada, por evaporación y por transpiración de las plantas, que ocurriría en caso de existir un adecuado abastecimiento de humedad de agua al suelo en todo momento. Para el cálculo de la evapotranspiración potencial se toma como base teórica la guía metodológica para el balance hídrico para América del sur (1982), aplicando la formula empírica de Thornthwaite y Mather (1955).

Mapa 7. Evapotranspiración Potencial Microcuenca Quebrada el Carrizal



Fuente. Este proyecto, CORPONARIÑO 2014.

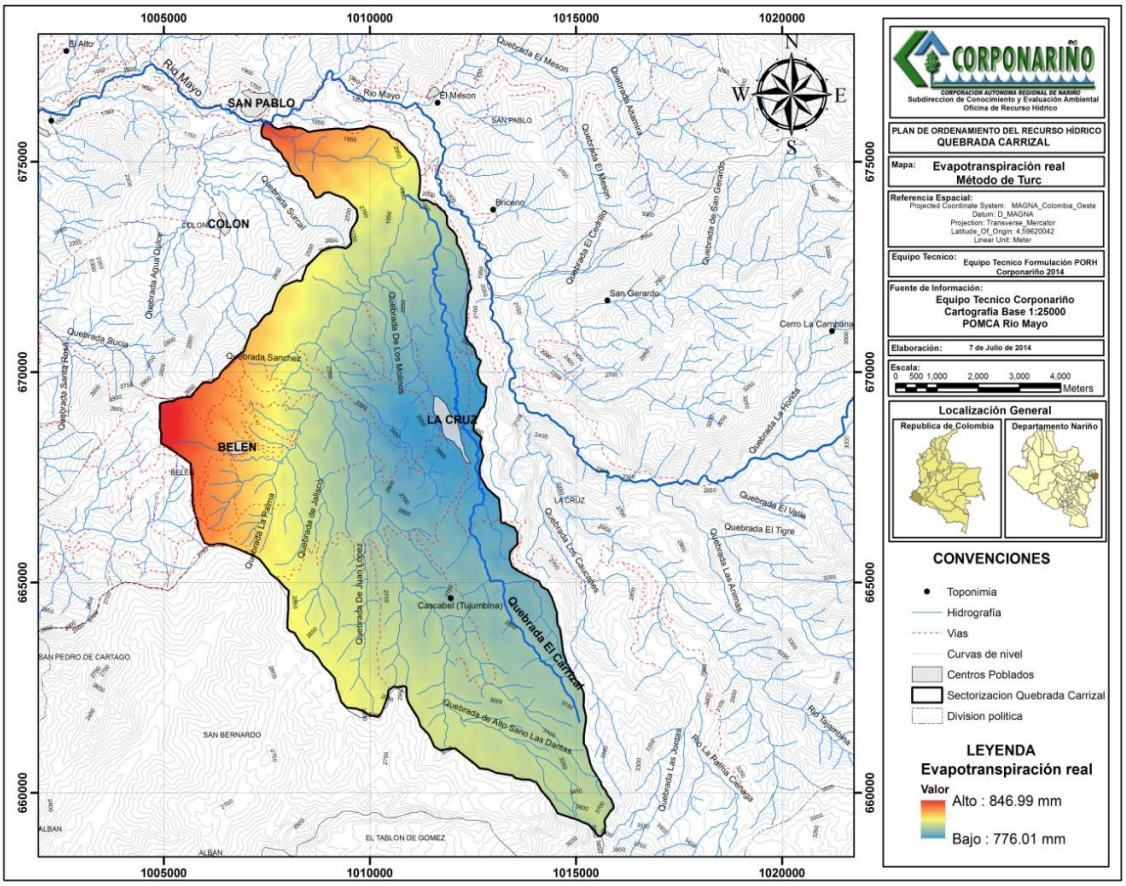
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL		
MAXIMA	MEDIA	MINIMA
1034,95	1059,63	1034,95

Fuente. Este proyecto, CORPONARIÑO 2014.

Evapotranspiración real (ETR)

La evapotranspiración real se estimó utilizando el método de Turc (1955) que utiliza como parámetros la precipitación anual y la temperatura media anual.

Mapa 8. Evapotranspiración Real Microcuenca Quebrada el Carrizal



Fuente. Este proyecto, CORPONARIÑO 2014.

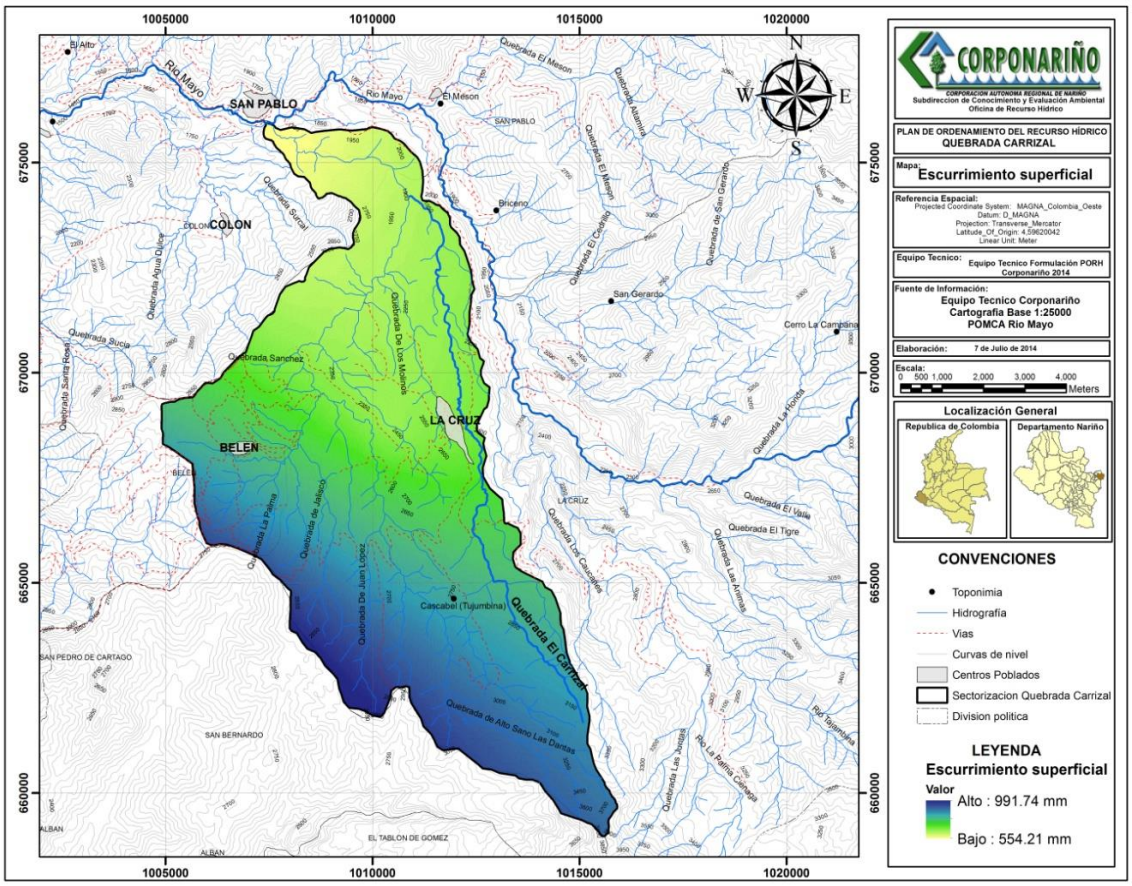
EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (mm)		
MAXIMA	MEDIA	MINIMA
846,99	798,9	776,01

Fuente. Este proyecto, CORPONARIÑO 2014.

- OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL TOTAL

La oferta hídrica superficial total entendida como 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, es denominada comúnmente como escurrimiento superficial. Para la determinación de la oferta hídrica superficial de la microcuenca quebrada Carrizal se procedió a calcular el escurrimiento superficial total en lámina de agua, operando los mapas en formato raster de precipitación y evapotranspiración real con la ayuda de herramientas de análisis espacial.

Mapa 9. Escurrimiento Superficial Microcuenca Quebrada el Carrizal



Fuente. Este proyecto, CORPONARIÑO 2014.

ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL		
MAXIMA	MEDIA	MINIMA
991,74	758,88	554,21

Fuente. Este proyecto, CORPONARIÑO 2014.

- ESTIMACIÓN DE OFERTA HÍDRICA

Para la determinación de la oferta hídrica para la quebrada Carrizal, se tomó como base conceptual la metodología para del cálculo del índice de escasez de agua superficial, desarrollado por el IDEAM, la cual toma de la cuenca el 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 estima la oferta de agua superficial de la misma.

Para el cálculo de la oferta hídrica neta para la quebrada Carrizal primero se estima la oferta hídrica total transformando el valor de lámina de agua resultado del mapa de escurrimiento superficial total a caudal expresado en (millones de m^3 /año), usándol a fórmula propuesta en la guía metodológica para el cálculo del índice de escasez desarrollada por el Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales “IDEAM”.

$$Y = (Q * t)/(A * 10000) \longrightarrow Q = Y(A * 10000)/t$$

Dónde:
Y: Escorrentía superficial
Q: Caudal modal para el periodo de agregación seleccionado (m^3/s)
T: cantidad de segundos en el periodo de agregación (s) 31536000 seg.
A: Área de la microcuenca Km^2.

Tabla 8**.** Oferta hídrica total

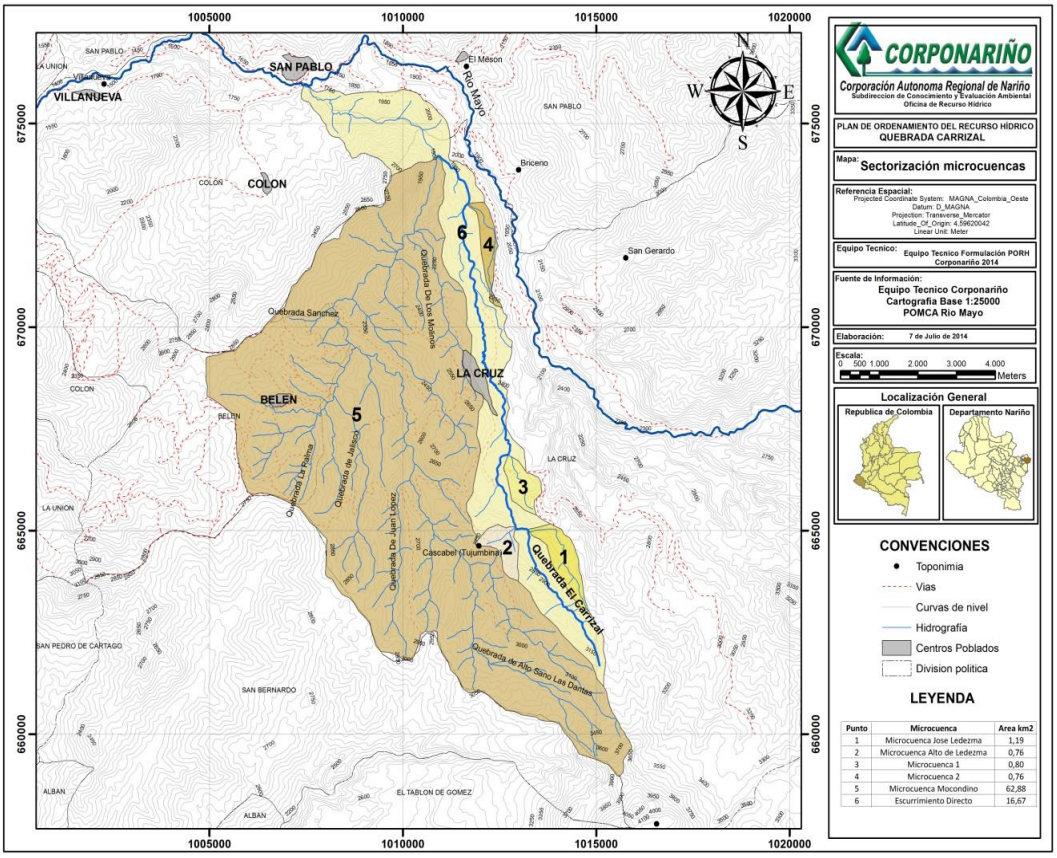
Microcuenca	Área km2	Escurrimiento superficial	OHT Millones m3/Año	OHT Lts/seg
Quebrada Carrizal	83,060	758,88	63,03	1998,75

Fuente. Este proyecto, CORPONARIÑO 2014.

- OFERTA HÍDRICA NETA

Para el cálculo de la oferta hídrica neta para la quebrada Carrizal se tuvieron en cuenta las microcuencas que la conforman, las cuales se obtuvieron a través de la aplicación del modelo de delimitación de cuencas hidrográficas en software SIG, donde se encontró que la Quebrada Carrizal posee 4 microcuencas y una zona de escurrimiento directo distribuida en toda el área de la microcuenca.

Mapa 10. Sectorización Microcuencas de la Quebrada el Carrizal



Fuente. Este proyecto, CORPONARIÑO 2014.

Finalmente para el cálculo de oferta hídrica neta se aplica los factores de reducción por régimen de estiaje (25%) y reducción por fuentes frágiles (25%), y la aplicación metodológica propuesta por el IDEAM, sobre la oferta hídrica superficial total empleando la siguiente ecuación:

$$OH_N = OH_T - (OH_T * (R_{FF} + R_{RE}))$$

Dónde:

OHN = Oferta hídrica neta (millones m3/s)
OHT = Oferta hídrica total (millones m3/s)
RFF = Factor de reducción por fuentes frágiles (%)
RRE = Factor de reducción por régimen de estiaje (%)

Tabla 9. Oferta hídrica total y neta por microcuencas

Punto	Microcuenca	Área km2	Escurrimiento superficial	OHT Millones m3/Año	OHN Millones m3/Año (RFF- 25%- RRE 25%)
1	Microcuenca Jose Ledezma	1,19	792,34	0,94	0,47
2	Microcuenca Alto de Ledezma	0,76	803,19	0,61	0,31
3	Microcuenca 1	0,80	743,41	0,59	0,30
4	Microcuenca 2	0,76	655,25	0,49	0,25
5	Microcuenca Mocondino	62,88	778,53	48,96	24,48
6	Escurrimiento Directo	16,67	685,78	11,43	5,72

Fuente. Este proyecto, CORPONARIÑO 2014.

Con la aplicación de la fórmula para el total del área para la microcuenca Carrizal encontramos que el valor del caudal es:

Tabla 10. Oferta hídrica neta

Microcuenca	OHT Millones m3/Año	OHT Lts/seg	RFF	REE	OHN Millones m3/año	OHN Lts/seg
Quebrada Carrizal	14.07	446,16	25%	25%	7,035	223,08

Fuente. Este proyecto, CORPONARIÑO 2014.

- ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA TOTAL

Para la estimación de la demanda hídrica se tiene en cuenta el volumen de agua utilizada para el desarrollo de actividades socioeconómicas medidas en millones de metros cúbicos en un espacio y tiempo determinado y corresponde a una sumatoria de las demandas sectoriales (actividades antrópicas, sociales y económicas) que se presentan en la microcuenca Carrizal.

$$DT = DUD + DUI + DUS + DUA + DUP$$

Dónde:
DT = Demanda total de agua
DUD = Demanda de agua para uso doméstico
DUI = Demanda de agua para uso industrial
DUS = Demanda de agua para el sector servicios

DUA = Demanda para uso agrícola
DUP = Demanda para uso pecuario

Para el caso de la microcuenca Carrizal, la demanda de uso total se obtiene del estimado de todos los sectores mencionados anteriormente, por consiguiente la demanda de uso total es: 1,581 millones m^3/año

ÍNDICE DE ESCASEZ

Para el cálculo del índice de escasez se realizó una relación porcentual entre la demanda potencial de agua del conjunto de actividades sociales y económicas con la oferta hídrica neta disponible, luego de aplicar factores de reducción por régimen de estiaje y fuentes frágiles. Se registra escasez de agua cuando la cantidad de agua captada de las fuentes existentes es tan grande que se suscitan conflictos entre el abastecimiento de agua para las necesidades humanas, las eco-sistémicas, de usos productivos y de la demanda potencial (IDEAM 2004).

Para su cálculo se aplica la siguiente fórmula:

$$I_e = \frac{D}{O_n} x100\%$$

Donde:
I_e = Índice de Escasez (%)
D = Demanda de Agua (m^3)
O_n = Oferta Hídrica Superficial Neta (m^3)

El índice de escasez se interpreta según las siguientes categorías:

Cuadro 35. Categorías del Índice de escasez

CATEGORIA	% DE LA OFERTA HIDRICA UTILIZADA	INTERPRETACIÓN
ALTO	➢ 40 %	Existe fuerte presión sobre el recurso hídrico, denota una urgencia máxima para el ordenamiento de la oferta y la demanda. En estos casos la baja disponibilidad de agua es un factor limitador del desarrollo económico. Se requiere 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 %	Cuando los límites de presión exigen entre el 20 y el 40% de la oferta hídrica disponible es necesario el ordenamiento tanto de la oferta como de la demanda. Es menester asignar prioridades a los distintos usos y prestar particular atención a los sistemas acuáticos para garantizar que reciban el aporte hídrico requerido para su existencia. Se necesita inversiones para mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos hídricos.
MODERADO	10 – 20 %	Indica que la disponibilidad de agua se está convirtiendo en un factor limitador de desarrollo. Se debe implementar en un mejor sistema de monitoreo y seguimiento del agua y desarrollar proyecciones del recurso hídrica a corto y largo plazo.
BAJO	< 10 %	No se experimentan presiones importantes sobre el recurso hídrico en términos de cantidad

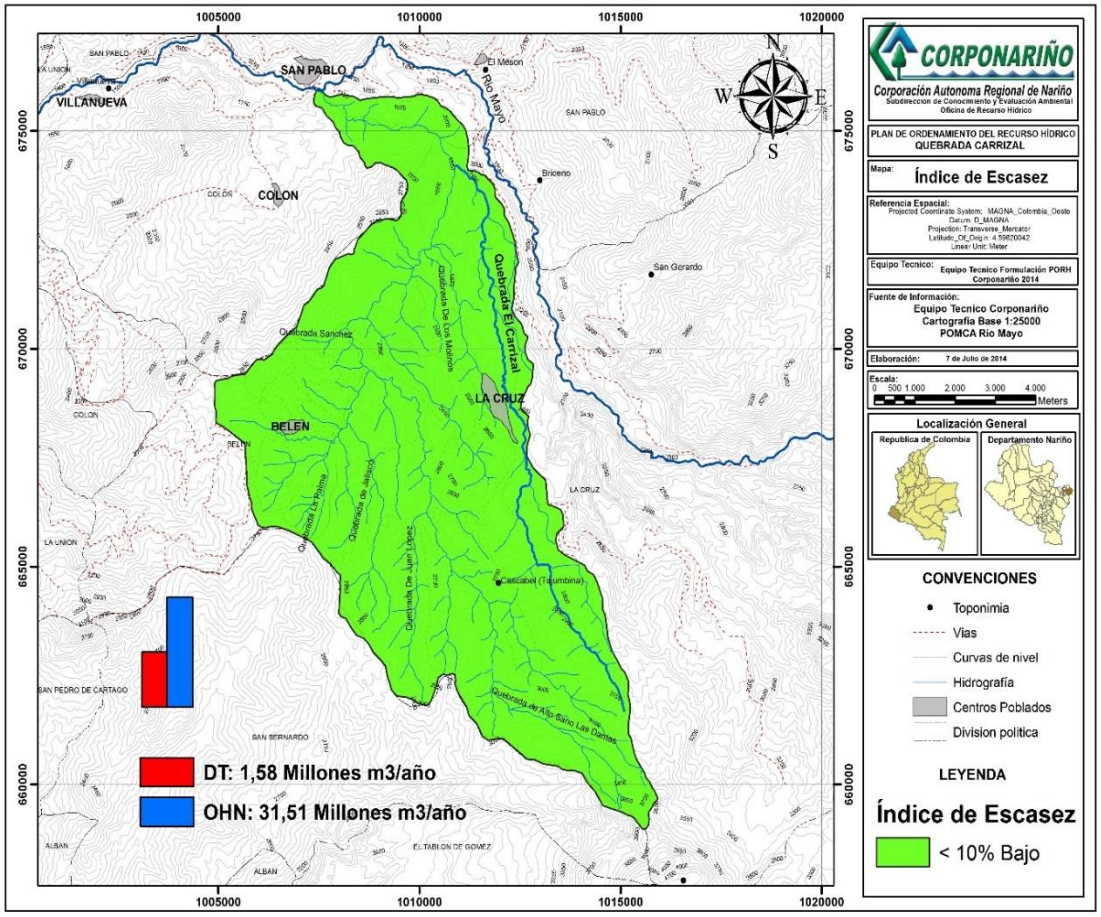
Fuente: Metodología Índice de Escasez IDEAM, 2004.

Realizando la relación correspondiente de la oferta hídrica neta con respecto a la demanda total de la microcuenca el Carrizal, el índic de escasez corresponde a:

ÍNDICE DE ESCACEZ: 5,02%

De acuerdo al índice obtenido, se determina que no se experimentan presiones importantes sobre el recurso hídrico en términos de cantidad ya que se clasifica en la categoría más baja.

Mapa 11. Índice de Escasez de la Microcuenca el Carrizal



Fuente. Este proyecto, CORPONARIÑO 2014.

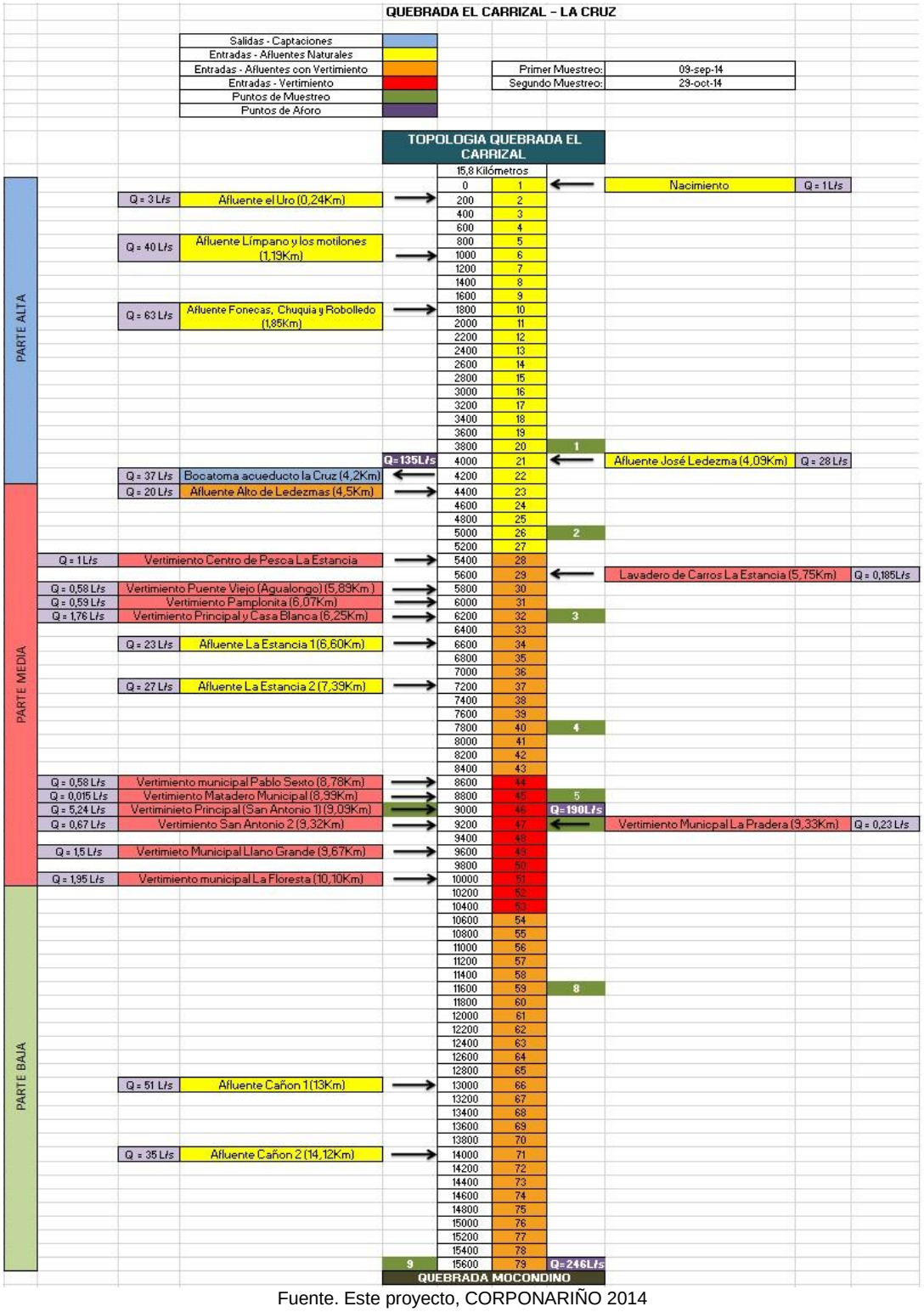
6.4. Perfil de Modelación o Topología

El Perfil de Modelación o Topología consiste en un diagrama, el cual permite visualizar la ubicación y distribución de los usuarios de calidad y cantidad identificados a lo largo de todo el trayecto del cauce principal de la fuente hídrica objeto de ordenamiento, desde su nacimiento hasta su desembocadura.

Es una herramienta técnica utilizada como insumo para el desarrollo y aplicación de modelos de simulación de calidad del agua, para identificar cuáles son los usos actuales que se le está dando a la corriente superficial y para proponer escenarios prospectivos.

6.4.1. Perfil de Modelación o Topología Quebrada el Carrizal

Figura 7. Topología Quebrada el Carrizal



Fuente. Este proyecto, CORPONARIÑO 2014

6.5. Determinación de Línea Base de Cargas Contaminantes

La determinación de la línea base de cargas contaminantes se encaminó a la obtención y procesamiento de información que permitió establecer un diagnóstico de la calidad del agua de la Quebrada el Carrizal en todo su recorrido. Esta caracterización revela el estado de las condiciones de calidad que se presentan en el cuerpo de agua como respuesta a una serie de condiciones naturales o antrópicas que intervienen sobre él. Sobre los resultados que se obtienen de una jornada de caracterización influyen las condiciones hidroclimáticas del período en que ella se lleva a cabo y las circunstancias de intervención del hombre sobre el agua, tanto en términos de su captación como de los vertimientos.

6.5.1. Metodología

La información obtenida fue utilizada para evaluar el comportamiento de la corriente superficial a través de la generación de Perfiles e Índices de Calidad, al igual que sirvió como insumo para la aplicación y calibración del modelo de simulación logrando establecer un escenario actual de la fuente hídrica objeto de ordenamiento con respecto a su capacidad de asimilación de sustancias biodegradables o acumulativas.

La obtención de los datos se logró por medio de la realización de dos campañas de muestreo y aforo llevadas a cabo la primera el día 09 de Septiembre de 2014 correspondiente a una temporada de transición de verano a invierno y la segunda el día 29 de Octubre de 2014 correspondiente a una temporada de invierno. Por cada jornada se tomaron trece (10) muestras y aforos.

En cumplimiento de lo estipulado por la Normatividad Ambiental vigente, el análisis y reporte de resultados analíticos fue llevado a cabo por un Laboratorio acreditado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Para ello CORPONARIÑO firmó un convenio interadministrativo con la Universidad de Nariño cuyo Laboratorio Especializado en Aguas está acreditado para los parámetros pH, Grasas y Aceites, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos, Demanda Bioquímica de Oxigeno y Demanda química de Oxigeno mediante Resolución No. 042 del 25 de enero de 2011 expedida por el IDEAM.

- El procedimiento llevado a cabo para la toma de muestras y aforo de caudales se describe a continuación:

Tabla 11. Procedimiento Para Toma De Muestras

ITEM	ACTIVIDAD	LOGISTICA/EQUIPOS	REGISTRO FOTOGRAFICO
1	Desplazamiento y acceso a los puntos de muestreo.	Vehículo Equipo de Profesionales.	

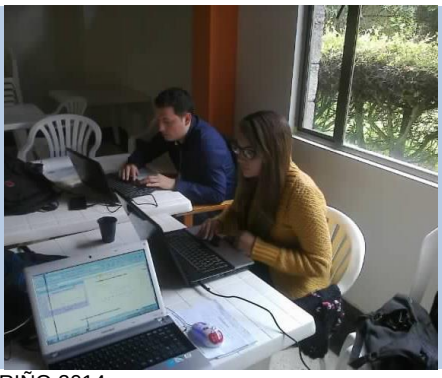
2	Etiquetado de los recipientes de acuerdo al punto de muestreo.	Recipientes, Etiquetas, Cinta Pegante.	
3	Toma de muestras.	Recipientes etiquetados, balde, guantes, botas, alcohol antiséptico.	
4	Fijación de Muestras	Reactivos Acido Clorhídrico, Acido Sulfúrico, Sulfato Manganoso y Acida, guantes, tapabocas, goteros.	
5	Almacenamiento, Refrigeración y sellado de muestras Y Diligenciamiento de cadenas de custodia.	Neveras, hielo o pilas de refrigeración, sellos, cinta pegante Y Formato de cadena de custodia por punto de muestreo.	
7	Transporte y entrega de muestras al laboratorio para el análisis de trece (13) parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.	Neveras con cada una de las muestras tomadas. Instalaciones, equipos, reactivos y personal del laboratorio UDENAR y laboratorio de CORPONARIÑO	

Fuente. Este Proyecto, CORPONARIÑO 2014

Para la ubicación de los puntos de muestreo, se diseñó una guía de campo que incluía la ubicación de cada uno, los materiales entregados y una descripción de cómo tomar y fijar las muestras. (Ver Anexo D)

Tabla 12. Procedimiento Para Aforo de Caudales

ITEM	ACTIVIDAD	LOGISTICA/EQUIPOS	REGISTRO FOTOGRAFICO
1	Desplazamiento y acceso a los puntos de aforo	Vehículo, Equipo de Profesionales	
2	Adecuación del segmento en donde se efectuará la medición.	Cinta Métrica, Estacas.	
3	Aforo con molinete sobre la sección adecuada.	Molinete o Micromolinete, guantes, botas o fontanero.	
4	Registro de datos en formato de campo	Formato para cada aforo (Ver Anexo D).	

5	Calculo de datos y reporte final	Trabajo de oficina	

Fuente. Este Proyecto, CORPONARIÑO 2014

Los criterios tenidos en cuenta para la selección del número de muestras y puntos de ubicación, se describen en la siguiente tabla:

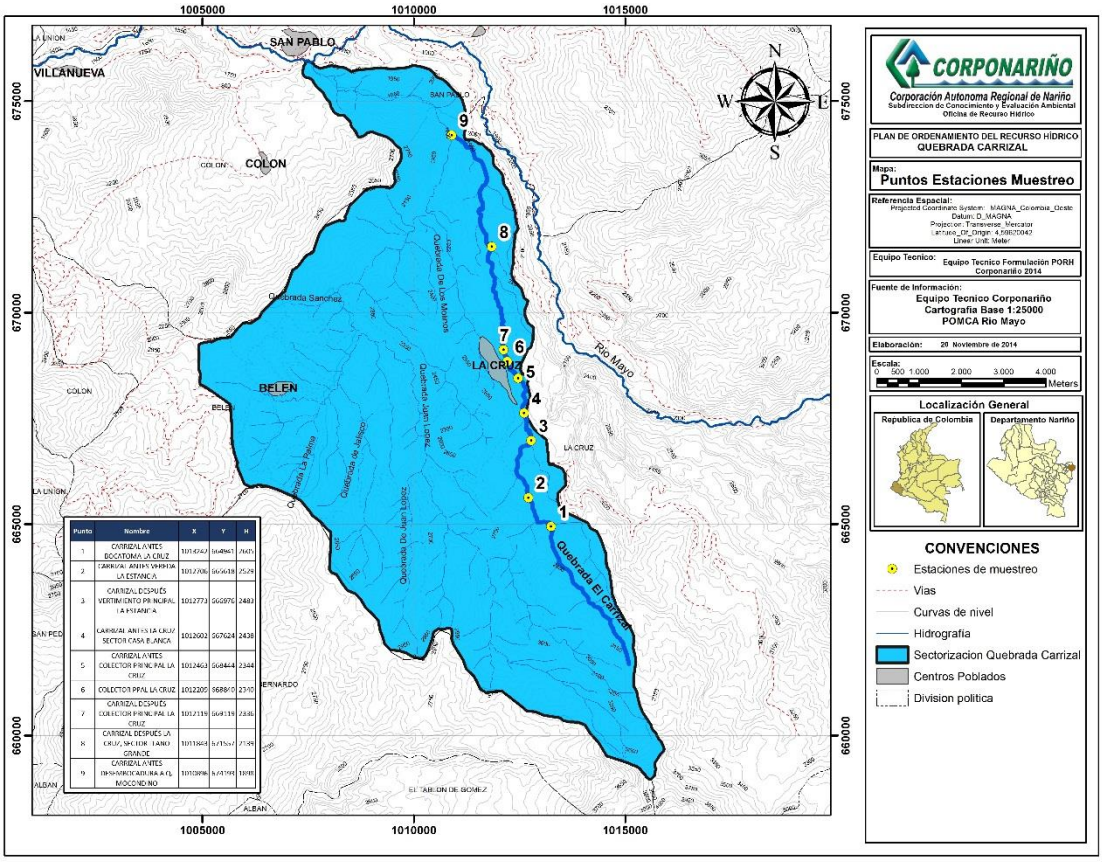
Tabla 13. Descripción de Criterio de Selección

CRITERIO	
TÉCNICO	Condiciones de calidad naturales o iniciales en el área de nacimiento del cauce principal.
	Puntos sobre el cauce principal en donde pueda existir una alteración o cambio en su calidad por descargas puntuales.
	Puntos sobre el cauce principal en donde se hayan identificado usos actuales o potenciales del recurso hídrico.
	Entradas como descargas o afluentes naturales que puedan alterar la calidad del Cauce Principal
	Selección mínimo de cinco puntos sobre el Cauce Principal como insumo para el Modelo de Simulación.
FACILIDAD DE ACCESO	Puntos a los cuales se pueda acceder por vías carreteables o caminos.
	Puntos que por su acceso no retrasen o demoren la jornada, considerando que las muestras deben ser entregados en unos tiempos estipulados por el Laboratorio.
	Puntos cuyo acceso no represente un riesgo o peligro para la persona o personas que tomaran la muestra.
NÚMERO O DISPONIBILIDAD DE MUESTRAS	Cantidad de muestras destinadas al Ordenamiento de la Quebrada Carrizal, según el Convenio Institucional establecido y firmado entre CORPONARIÑO y la Universidad de Nariño (Laboratorio de Aguas).
OTROS	Puntos o estaciones establecidas anteriormente por la Autoridad Ambiental para la red de monitoreo de calidad de corrientes superficiales.

Fuente. Este Proyecto, CORPONARIÑO 2014

Teniendo en cuenta los criterios de selección descritos anteriormente, los puntos escogidos para la realización de las dos jornadas de muestreo y aforo de caudal sobre las entradas y cauce principal de la Quebrada el Carrizal, son los siguientes:

Mapa 12. Puntos de Muestreo Sobre Afluentes y Cauce Principal de la Quebrada el Carrizal

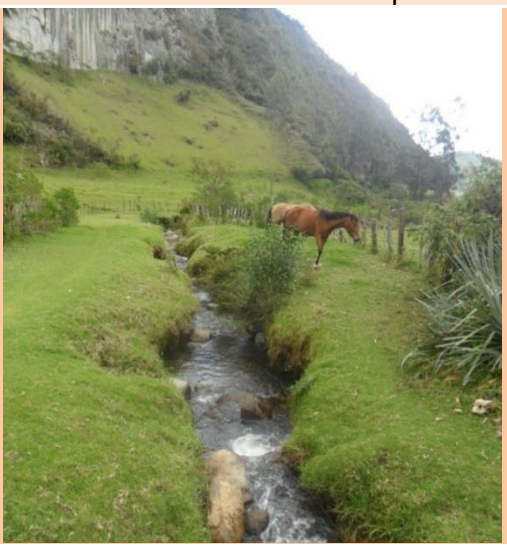


Fuente. Este proyecto, CORPONARIÑO 2014.

Basados en los criterios de priorización de los puntos de muestreo, se definieron diez (10) estaciones de muestreo que corresponden a nueve (9) puntos sobre fuente, y un (1) punto sobre colector en la primera y segunda jornada de muestreo.

Tabla 14. Estaciones de Muestreo en la Quebrada el Carrizal

ESTACIÓN MONITOREO	NOMBRE	REGISTRO FOTOGRÁFICO
ES_QC1 N 664941 W 1013242 2605m.s.n.m 4,2 Km	PARTE ALTA. ANTES BOCATOMA LA CRUZ	

		Se ubica en la parte alta de la Quebrada el Carrizal. Muestra tomada sobre fuente; esta estación nos permite observar el estado de la corriente antes de la captación de EMPOCRUZ que abastece el casco urbano del municipio de La Cruz.
ES_QC2 **N 665618** **W 1012706** **2529m.s.n.m** **5 Km**	PARTE MEDIA. ANTES VEREDA LA ESTANCIA	 Se ubica en la parte media de la Quebrada el Carrizal. Muestra tomada sobre fuente; esta estación permite observar el estado de la corriente antes de recibir vertimientos y evaluar el impacto del uso pecuario que se da en la zona.
ES_QC3 **N 666976** **W 1012773** **2483m.s.n.m** **5,9 Km**	PARTE MEDIA. DESPUÉS VERTIMIENTO PRINCIPAL LA ESTANCIA	 Se ubica en la parte media de la Quebrada el Carrizal. Muestra tomada sobre fuente, metros abajo de la confluencia con la acequia principal de la Vereda La Estancia; esta estación nos permite observar el impacto de los primeros vertimientos domésticos que se realizan sobre la fuente.

ES_QC4 **N 667624** **W 1012602** **2438m.s.n.m** **8 Km**	PARTE MEDIA. ANTES LA CRUZ	 Se ubica en la parte media de la Quebrada el Carrizal. Muestra tomada sobre fuente; esta estación nos permite observar el estado de la corriente antes de atravesar el caso urbano de La Cruz y permite evaluar el impacto de las descargas de tipo doméstico de la Vereda La Estancia.
ES_QC5 **N 668444** **W 1012463** **2344m.s.n.m** **9,1 Km**	PARTE MEDIA. ANTES COLECTOR PRINCIPAL LA CRUZ	 Se ubica en la parte media de la Quebrada el Carrizal. Muestra sobre fuente; esta estación nos permite observar el estado de la corriente antes de recibir la descarga del principal vertimiento del casco urbano de La Cruz.
ES_QC6 **N 668840** **W 1012209** **2340m.s.n.m**	COLECTOR PRINCIPAL LA CRUZ (SAN ANTONIO 1)	

		Se ubica en la parte media de la Quebrada el Carrizal. Muestra puntual sobre descarga; esta estación nos permite observar el estado del colector que vierte las aguas residuales domésticas de aproximadamente 2750 habitantes del casco urbano del municipio de La Cruz.
ES_QC7 **N 669119** **W 1012119** **2336m.s.n.m** **9,2 Km**	PARTE MEDIA. DESPUÉS COLECTOR PRINCIPAL	 Se ubica en la parte media de la Quebrada el Carrizal. Muestra sobre fuente; esta estación nos permite observar el estado de la corriente después de recibir la descarga del principal vertimiento del casco urbano de La Cruz.
ES_QC8 **N 671557** **W 1011843** **2139m.s.n.m** **12 Km**	PARTE BAJA. DESPUÉS LA CRUZ – SECTOR LAS ARADAS (ZONA DE CAÑON)	 Se ubica en la parte baja de la Quebrada el Carrizal. Muestra puntual sobre fuente; esta estación nos permite observar el estado de la corriente después de recibir las descargas del casco urbano de La Cruz.
ES_QC9 **N 674193** **W 1010896** **1898m.s.n.m** **15,8 Km**	PARTE BAJA. DESEMBOCADURA A QUEBRADA MOCONDINO	

		Se ubica en la parte baja de la Quebrada el Carrizal. Muestra puntual sobre fuente; esta estación nos permite observar el estado de la corriente antes de su desembocadura a la Quebrada Mocondino.
ES_QM1 N 638764, W992056 2065 m.s.n.m	PARTE BAJA. QUEBRADA MOCONDINO ANTES CONFLUENCIA CON QUEBRADA CARRIZAL	
		Se ubica en la parte baja de la microcuenca. Muestra puntual sobre fuente; esta estación nos permite observar el estado de la Quebrada Mocondino antes de la confluencia de la Quebrada el Carrizal.

Fuente: Este estudio, CORPONARIÑO 2014

6.5.2. Evaluación de Calidad Cauce Principal

Muestreo sobre el Cauce Principal

En los siguientes cuadros se enumeran los resultados de los muestreos y aforos de caudal efectuado sobre el Cauce Principal de la Quebrada el Carrizal, correspondiente a las dos jornadas llevadas a cabo los días 9 de Septiembre y 29 de Octubre de 2014. Los Reportes de Resultados Analíticos del Laboratorio Especializado de la Universidad de Nariño y CORPONARIÑO, se pueden observar en el Anexo E.

Algunos parámetros fisicoquímicos en ciertas estaciones o puntos de muestreo, presentaron concentraciones por debajo del límite de detección (<ND) estipulado en los Protocolos de Validación del Laboratorio Especializado de la Universidad de Nariño, por lo tanto dichos valores no fueron reportados. Sin embargo en cada Informe de Resultados del Laboratorio, se reporta el valor equivalente al límite de detección.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado y considerando que para la elaboración y análisis del Perfil de Calidad del cauce principal de la Quebrada el Carrizal, era necesario contar con los valores numéricos de cada parámetro fisicoquímico y bacteriológico medido en cada una de las diez estaciones de muestreo, se optó por colocar un valor en concentración a los reportes que presentaban el símbolo <ND, teniendo en cuenta su equivalencia numérica descrita en los Informes de Laboratorio.

Tabla 15. Resultados de muestreo sobre la Quebrada el Carrizal para las jornadas de 9 de Septiembre y 29 de Octubre de 2014

PUNTOS CAUCE PRINCIPAL QUEBRADA EL CARRIZAL												
PARAMETROS	UNIDADES	BASE INICIAL	1		2		3		4		5	
			CARRIZAL ANTES BOCATOMA LA CRUZ		CARRIZAL ANTES VEREDA LA ESTANCIA		CARRIZAL DESPUÉS VERTIMIENTO PRINCIPAL LA ESTANCIA		CARRIZAL ANTES LA CRUZ - SECTOR CASA BLANCA		CARRIZAL ANTES COLECTOR PRINCIPAL LA CRUZ	
		muestreo >	1ro	2do	1ro	2do	1ro	2do	1ro	2do	1ro	2do
pH	pH	7,5	7,62	---	8,18	---	7,67	---	8,62	---	8,67	---
Color Aparente	UPC	3,8	8,82	11,8	12,9	18,2	17,1	23,5	16,5	25,3	16,5	22,4
Turbiedad	NTU	0,5	1,9	3,34	2,80	3,17	3,50	11,40	2,70	10,10	3,00	6,34
Conductividad	uc/cm	70,4	123	119,3	110	110,6	139	157,9	137	147,5	134	138,9
Sólidos Totales	mg/L	84	134	170,0	136,0	164,0	151,0	200,0	156,0	204,0	148,0	186,0
Sólidos Suspendidos	mg/L	3,5	10	<12	10	<12	10	18	10	24,8	10	15,4
Sólidos Disueltos	mg/L	80,5	124	158,0	126,0	152,0	141,0	182,0	146,0	179,2	138,0	170,6
Acidez	mg CaCO3/L	2,5	5,04	7,56	7,2	5,4	9,36	5,4	6,48	6,12	5,04	3,96
Alcalinidad Total	mg CaCO3/L	17,2	---	59,47	---	53,18	---	66,72	---	60,92	---	58,02
Dureza Total	mg CaCO3/L	15	37	39	45	45	46	52	46	50	47	46
Cloruros	mg Cl/L	<LD	1,47	<LD	1,22	<LD	3,18	3,06	3,67	2,81	3,42	1,82
Fosfatos	mg P-PO4/L	<LD	<0,1	<0,1	<0,1	0,12	0,21	0,39	0,24	0,28	0,23	0,19
Fosfotro Total	mg P-PO4/L	0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,19	<0,1	0,2	0,25	0,22	0,19
Nitritos	mg N-NO2/L	<0,004	<0,005	<0,004	<0,005	<0,004	<0,005	0,032	<0,005	0,112	<0,005	0,115
Nitratos	mg N-NO3/L	0,6	1,01	<2,20	1,01	<2,20	1,5	<2,20	1,01	<2,20	1,05	<2,20
Amonio	mg N-NH3/L	0,1	ND	0,22	ND	0,11	ND	0,9	0,34	1,01	ND	0,78
Nitrógeno NTK	mg N/L	0,1	0,36	0,22	0,25	0,11	0,84	1,37	0,59	1,01	0,22	0,78
Sulfatos	mg SO4/L	<10	<10	<15	17,8	<15	<10	<15	<10	<15	<10	<15
Detergentes	mg LAS/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Grasas y Aceites	mg/L	<5	<5	6,6	<5	8,8	<5	11,7	<5	5,9	<5	10,1
DBO5	mg O2/L	2	2,29	<3,8	3,21	<3,8	3,87	7,31	6,38	6,28	6,51	<3,8
DQO	mg O2/L	15	20	<20	21,1	<20	32,8	36,71	26,4	21,65	27,4	29
OD	mg O2/L	6,5	7	7,19	6,75	6,57	6,5	6	6	6,5	6,5	7
Coliformes Totales	UFC - NMP	500	1.600	10.900	1.800	14.600	100.000	1.990.000	30.000	1.120.000	115.000	202.000
Echerichia coli	UFC/100mL	50	50	125	100	236	30.000	219.000	20.000	115.000	40.000	72.100
DISTANCIA (Km)		0	4,2		5		5,9		8		9,1	

CONTINUACIÓN PUNTOS CAUCE PRINCIPAL QUEBRADA EL CARRIZAL										
PARAMETROS	UNIDADES	BASE INICIAL	6		7		8		9	
			COLECTOR PRINCIPAL LA CRUZ		CARRIZAL DESPUÉS COLECTOR PRINCIPAL LA CRUZ		CARRIZAL DESPUÉS LA CRUZ, SECTOR LAS ARADAS		CARRIZAL ANTES DESEMBOCADURA A QUEBRADA	
		muestreo >	1ro	2do	1ro	2do	1ro	2do	1ro	2do
pH	pH	7,5	7,15	---	7,6	---	7,57	---	7,84	---
Color Aparente	UPC	3,8	222	217,6	30	51,8	20	20,6	12,9	22,4
Turbiedad	NTU	0,5	79,00	185,00	11,50	26,50	5,50	6,17	2,60	6,83
Conductividad	uc/cm	70,4	457	313	197	170,8	192	133,3	144	129,8
Sólidos Totales	mg/L	84	492,0	458,0	201,0	236,0	205,0	206,0	180,0	185,0
Sólidos Suspendidos	mg/L	3,5	178	185	34	47	37	20,5	21,6	19
Sólidos Disueltos	mg/L	80,5	314,0	273,0	167,0	189,0	168,0	185,5	158,4	166,0
Acidez	mg CaCO3/L	2,5	27,4	19,32	8,28	9,36	3,87	3,96	12,24	4,68
Alcalinidad Total	mg CaCO3/L	17,2	---	87,03	---	63,82	---	52,7	---	51,73
Dureza Total	mg CaCO3/L	15	73	56	52	49,6	49	45	47	40
Cloruros	mg Cl/L	<LD	28,9	19,32	13,5	6,01	917	1,82	3,67	1,58
Fosfatos	mg P-PO4/L	<LD	1,29	1,2	0,24	0,18	0,55	0,41	0,545	0,38
Fosfotro Total	mg P-PO4/L	0,05	2,45	0,58	0,4	<0,1	0,41	0,37	0,37	<0,1
Nitritos	mg N-NO2/L	<0,004	0,028	0,012	0,005	0,119	0,005	0,048	0,005	0,042
Nitratos	mg N-NO3/L	0,6	0,2	2,2	3,1	2,2	2,07	2,2	1,47	2,2
Amonio	mg N-NH3/L	0,1	1,01	6,72	1,12	0,78	2,58	0,45	ND	0,67
Nitrógeno NTK	mg N/L	0,1	10,9	13,7	2,04	2,66	4,42	0,45	0,73	2,52
Sulfatos	mg SO4/L	<10	29,3	105	<10	16	<10	<15	<10	<15
Detergentes	mg LAS/L	<0,1	2,39	1,3	<0,1	0,32	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Grasas y Aceites	mg/L	<5	42,9	55,7	5	12,4	5	6	5	5
DBO5	mg O2/L	2	235	148,51	21,6	25,25	8,9	5,8	5,75	3,8
DQO	mg O2/L	15	491	293,48	62	81,88	46	29,53	29	23,53
OD	mg O2/L	6,5	0	0	5	4,8	5,2	6	6,1	6,5
Coliformes Totales	UFC - NMP	500	13500000	105000000	1.620.000	36.500.000	540.000	368.000	70.000	17.500
Echerichia coli	UFC/100mL	50	6800000	3550000	1.080.000	3.890.000	350.000	91.000	10.000	27.200
DISTANCIA (Km)		0	9,15		9,2		12		15,8	

- PERFILES DE CALIDAD:

Los perfiles permiten evaluar de manera gráfica el comportamiento de la calidad y cantidad del agua del cauce principal de la Quebrada el Carrizal.

Las gráficas muestran el patrón de los parámetro medidos en cada una de las ocho (8) estaciones o puntos de muestreo ubicados a lo largo del cauce principal de la Quebrada el Carrizal, desde un punto a X=4,2 Km hasta su desembocadura en el punto X=15,8, permitiendo comparar en la misma gráfica, el comportamiento de la calidad en las dos (2) jornadas de muestreo.

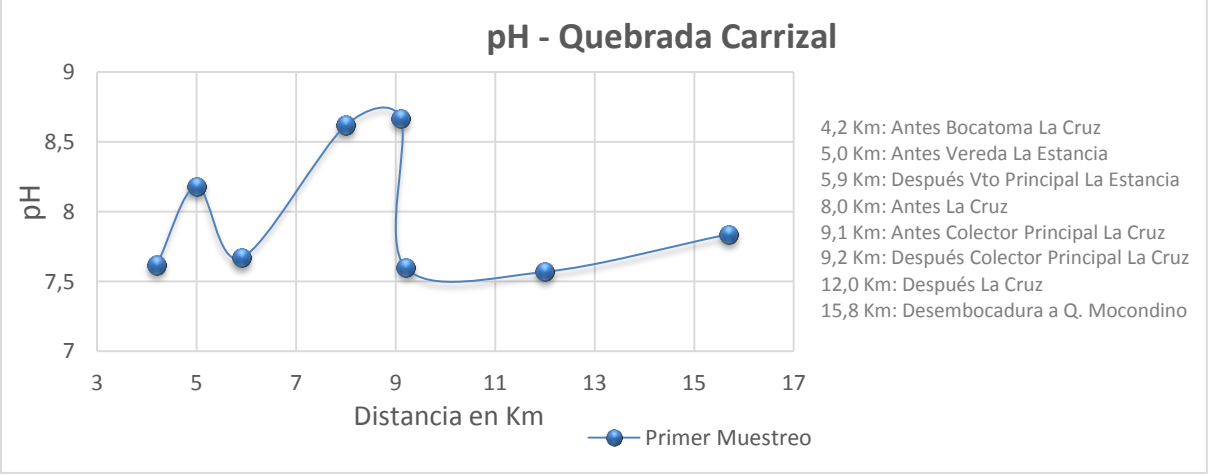
La jornada de muestreo del 9 de Septiembre de 2014 se efectuó en una temporada de transición verano a invierno, en la cual aún predominaba la escasez de lluvias en la región incidiendo en la disminución del caudal de la corriente superficial. Así mismo, el muestreo del 29 de Octubre de 2014 se efectuó en temporada de invierno, en la cual se presentaban lluvias especialmente en la parte alta de la microcuenca, por lo cual presenta caudales mayores comparados con la primera jornada.

A continuación se muestra el análisis de los parámetros más importantes medidos sobre el cauce principal de la Quebrada el Carrizal:

- Potencial de Hidrógeno (pH): La concentración de ión hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales. El intervalo de concentraciones para la adecuada proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica es bastante estrecho y crítico. El pH óptimo de las aguas debe estar entre 6,5 y 8,5, es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, el máximo aceptado es 9.

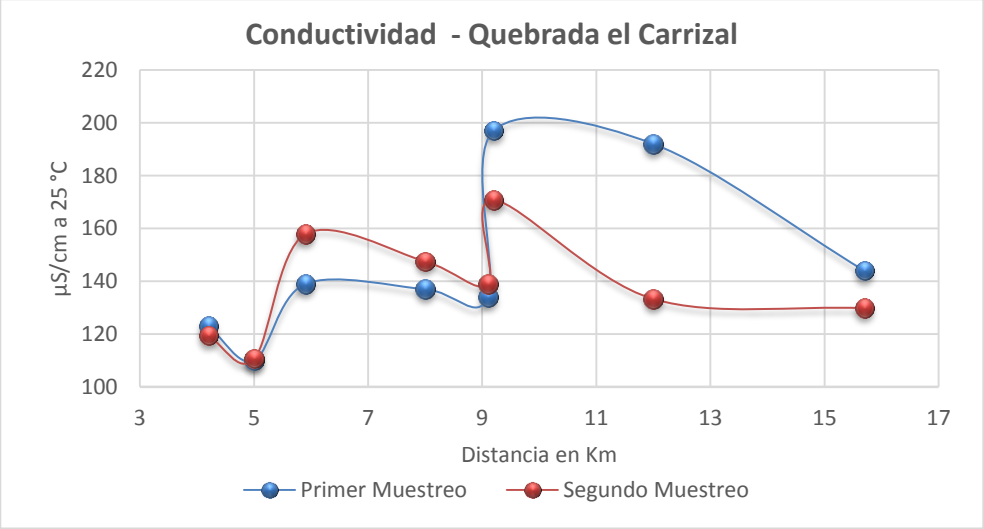
La quebrada el Carrizal en todo su recorrido presenta pH relativamente neutro con tendencia a valores básicos, especialmente en los tramos donde recibe descargas de aguas residuales.

Gráfica 10. Potencial de Hidrógeno Quebrada el Carrizal



- Conductividad: Es una medida de la capacidad que tiene el agua para conducir la corriente eléctrica. Como la corriente eléctrica es transportada por iones en la solución, el aumento en la concentración de iones provoca un aumento de conductividad. El agua pura o en condiciones naturales no es buena conductora de la corriente eléctrica por lo que conductividades altas indican la presencia de impurezas y sales disueltas. La conductividad permite identificar cuando una fuente hídrica superficial está siendo afectada por descargas o vertimientos puntuales de origen antrópico, ya que el agua en condiciones naturales presenta valores bajos para este parámetro.

Gráfica 11. Conductividad Corriente Eléctrica Quebrada el Carrizal



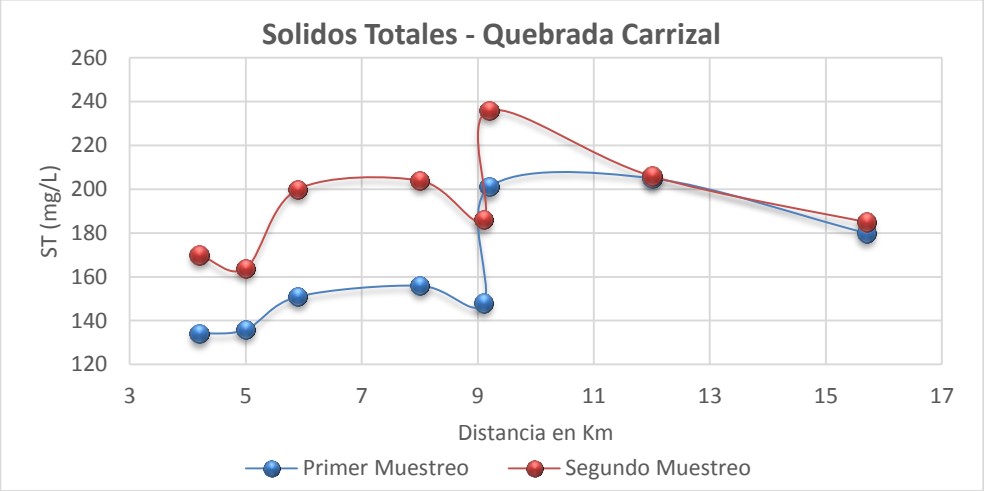
En ambos muestreos se evidencia la misma tendencia es creciente indicando que la calidad de la quebrada se ve alterada a medida que se va intensificando el número de vertimientos o descargas puntuales sobre su Cauce Principal.

Los valores más bajos de Conductividad se presentan en los puntos de muestreo correspondientes a la zona de nacimiento de la quebrada en donde la intervención antrópica es mínima y no se identificaron vertimientos puntuales.

- **Sólidos Totales - ST:** definidos analíticamente como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación entre 103 y 105 °C. Los Sólidos Totales se pueden obtener también, al sumar los Sólidos Disueltos con los Sólidos Suspendidos.

Para los sólidos totales, disueltos y suspendidos podemos concluir de acuerdo con las gráficas que en la parte alta la presencia de solidos es baja, pero presentan un valor mayor a partir de los 11 km en donde se encuentra la bocatoma, esto se debe principalmente a que debido a la topografía desde la bocatoma tiene pendientes altas lo que provoca el aumento de la velocidad en el cauce del rio arrastrando gran cantidad de partículas son de tamaño pequeño lo cual es lógico debido al arrastre a lo largo de partículas orgánicas e inorgánicas.

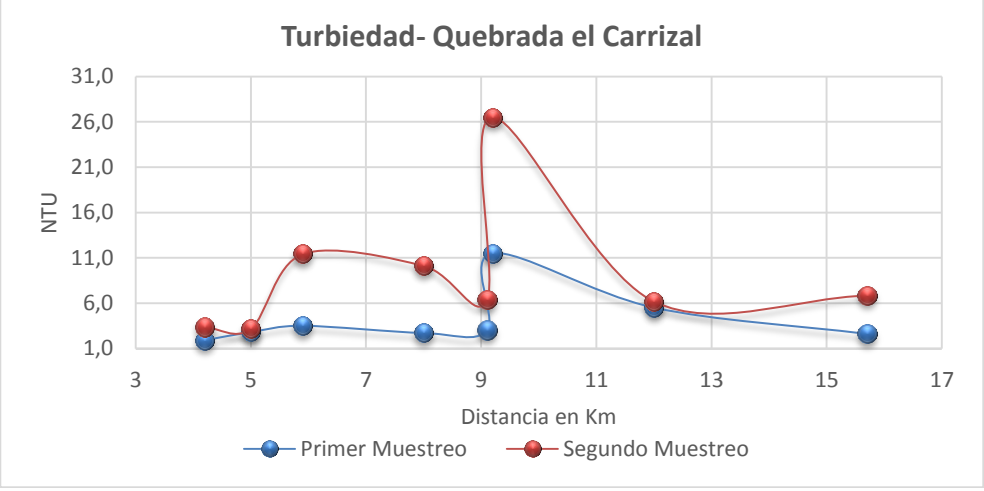
Gráfica 12. Sólidos Totales



- Turbiedad: La turbiedad en agua se debe a la presencia de partículas suspendidas y disueltas. Materia en suspensión como arcilla o materia orgánica e inorgánica finamente dividida, así como compuestos solubles coloridos, plancton y diversos microorganismos. La transparencia del agua es muy importante cuando está destinada al consumo del ser humano, a la elaboración de productos destinados al mismo y a otros procesos de manufactura que requieren el empleo de agua con características específicas, razón por la cual, la determinación de la turbiedad es muy útil como indicador de la calidad del agua.

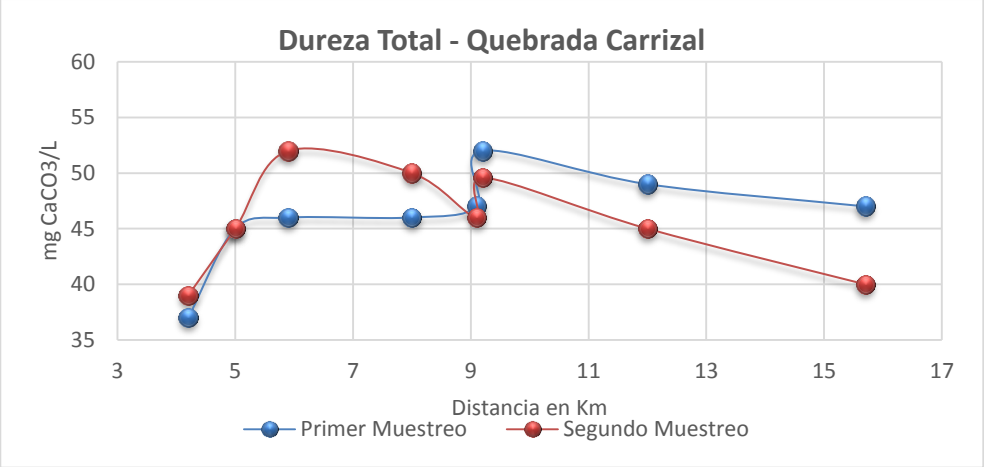
De acuerdo con la siguiente gráfica, el agua presenta una turbiedad baja en todos los puntos a excepción del punto de inicio, lo cual nos indica la presencia de partículas en suspensión que impiden el paso de la luz. Es decir en esta agua puede haber presencia de óxidos de hierro, Zinc, Coloides y/o Sólidos suspendidos en cantidades muy pequeñas comparadas con el caudal del rio, debido principalmente a las vertimientos a lo largo del cauce principal de la Quebrada el Carrizal. Esta grafica tiene la misma tendencia que la del parámetro de color aparente, esta tendencia es influenciada en mayor medida por los vertimientos de Rosal del monte.

Gráfica 13. Turbiedad en Quebrada el Carrizal



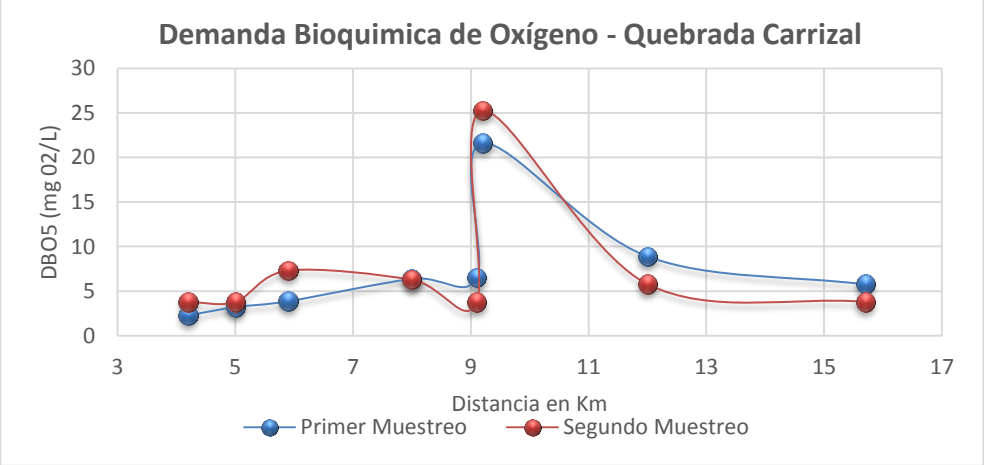
- Dureza: Se presenta un grado alto de dureza a lo largo del cauce, lo cual indica que hay contenido de minerales, en particular sales de magnesio y calcio, debido principalmente a los vertimientos provenientes del centro poblado de la Estancia y los colectores del casco urbano de La Cruz, los cuales corresponden al pico de la gráfica ubicado a los 6 y 9 Km respectivamente.

Gráfica 14. Dureza Total en Quebrada el Carrizal



- Demanda Bioquímica de Oxigeno DBO: determina la cantidad de oxígeno (medido en mg/L) requerido para la descomposición de la materia orgánica por los organismos unicelulares, bajo condiciones de prueba. Se utiliza para medir la cantidad de contaminación orgánica presente en aguas residuales y cuerpos hídricos receptores de vertimientos.

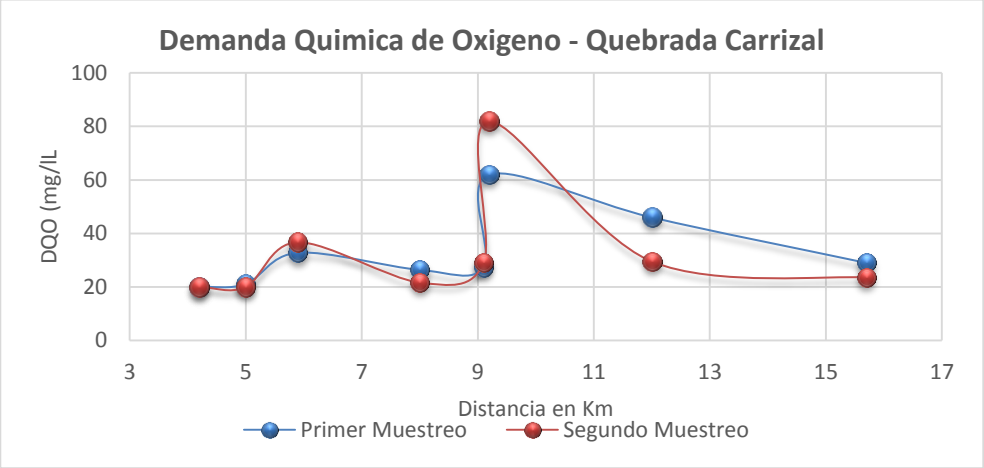
Gráfica 15. DBO5 en Quebrada el Carrizal



En la gráfica se observa que el tramo inicial de la quebrada presenta valores en DBO bajos, gracias a la no intervención antrópica. El pico más alto a los 9 Km aproximadamente y con un valor en DBO de 25 mg/L es debido a las descargas de carga contaminante del casco urbano de La Cruz, y debido a que en este tramo la quebrada posee un caudal bajo, el impacto de la descarga es evidente.

- Demanda Química de Oxigeno – DQO: es la medida de cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica, usando como oxidante sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio.

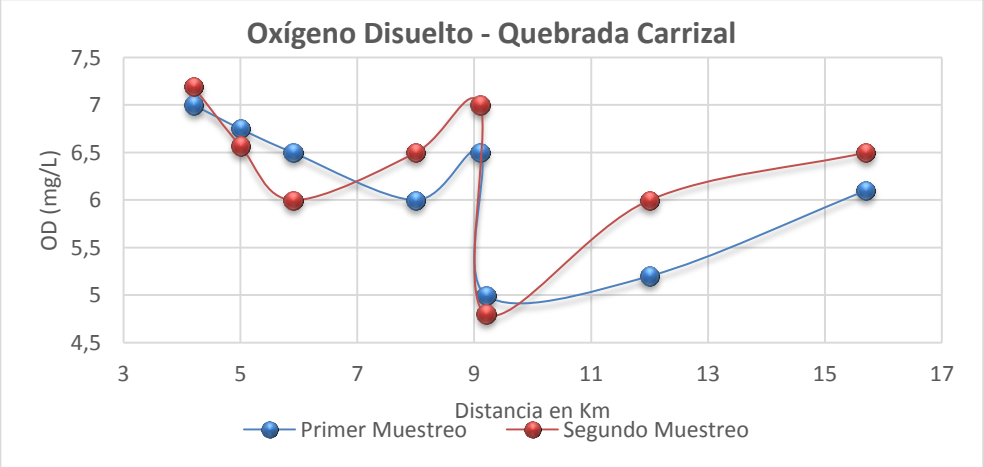
Gráfica 16. DQO en Quebrada el Carrizal



En la gráfica se observan dos picos, uno a 6 Km correspondiente al aumento de la materia orgánica e inorgánica debido a las descargas del centro poblado de la vereda La Estancia y el pico más pronunciado a 9 Km correspondiente a las descargas del casco urbano de la cruz; en este punto la DQO alcanza valores cercanos a los 80 mg/L, lo cual indica que el imparto en cuanto a contaminación orgánica e inorgánica es considerable.

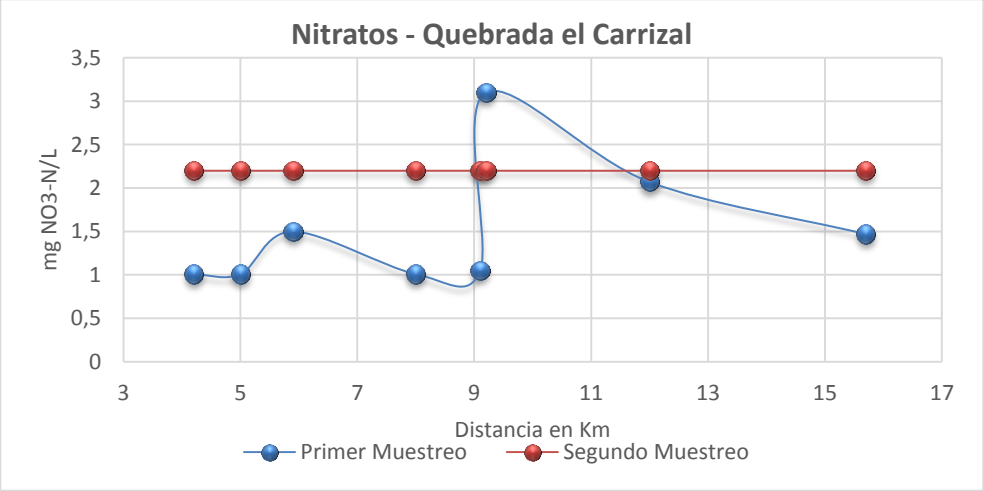
- Oxígeno Disuelto: definido como la concentración de oxígeno solubilizado en un líquido. La cantidad de oxígeno disuelto en agua para un cierto tiempo, expresado en mg/L. Es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida.

Gráfica 17. Oxígeno Disuelto en Quebrada el Carrizal



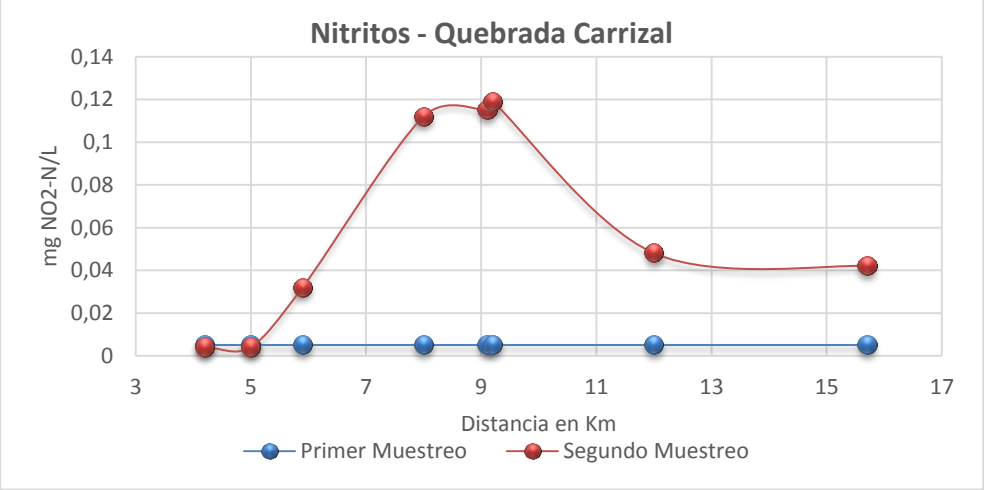
- Nitratos: se encuentran en la naturaleza y se forman por la descomposición de compuestos nitrogenados. Los niveles de nitratos en aguas superficiales son generalmente bajos, por lo tanto de acuerdo a la normatividad ambiental vigente el valor admisible de nitratos en el agua destinada para consumo humano es de 10 mg/l.

Gráfica 18. Nitratos en Quebrada el Carrizal



- Nitritos: son productos de partida en la síntesis de diversos compuestos químicos, los nitritos resultan ser tóxicos para los peces. Una concentración de 0,2-0,4 mg/l mata al 50% de una población de truchas. Se nota una mortandad elevada de peces a partir de 0,15 mg/L, de lo anterior no podemos inferir que las concentraciones encontradas en los muestreos afecten el uso potencial del rio

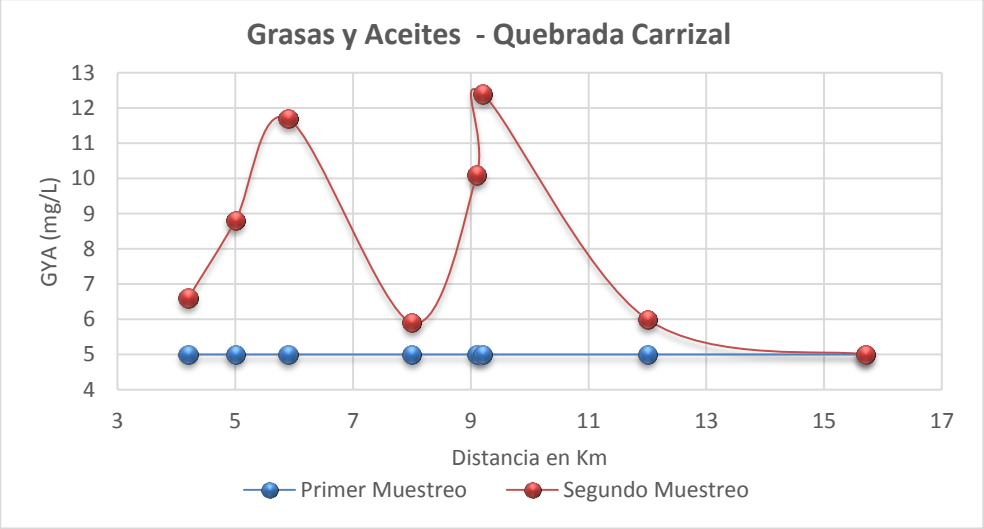
Gráfica 19. Nitritos en Quebrada el Carrizal



Los valores de nitratos y nitratos presentados están por debajo del valor o límite de detección. Por lo tanto con respecto a este parámetro no se puede afirmar que afecte o altere de manera considerable la calidad del agua de manera que ponga en riesgo los usos actuales y/o potenciales de la quebrada.

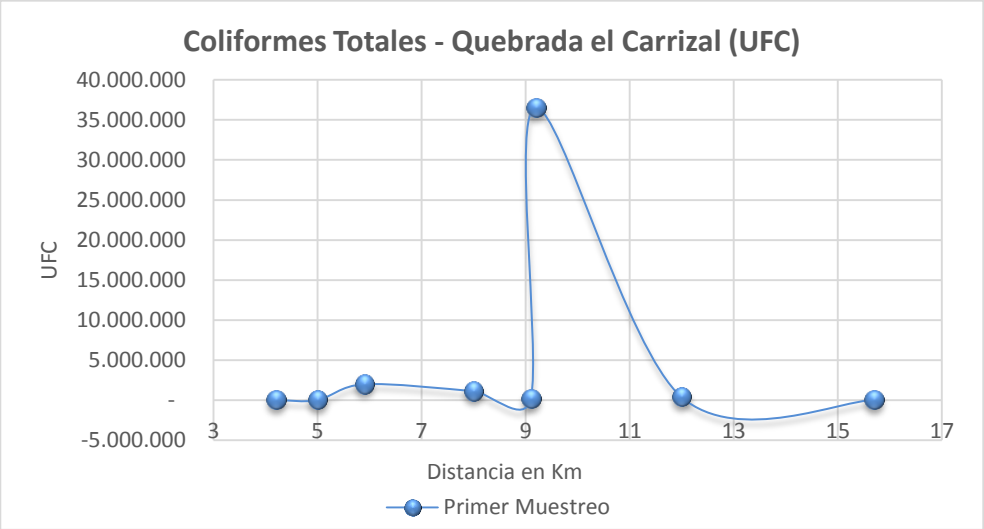
- Grasas y Aceites: Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo. Las sustancias grasas se clasifican en grasas y aceites. Teniendo en cuenta su origen, pueden ser animales o vegetales.

Gráfica 20. Grasas y Aceites en Quebrada el Carrizal

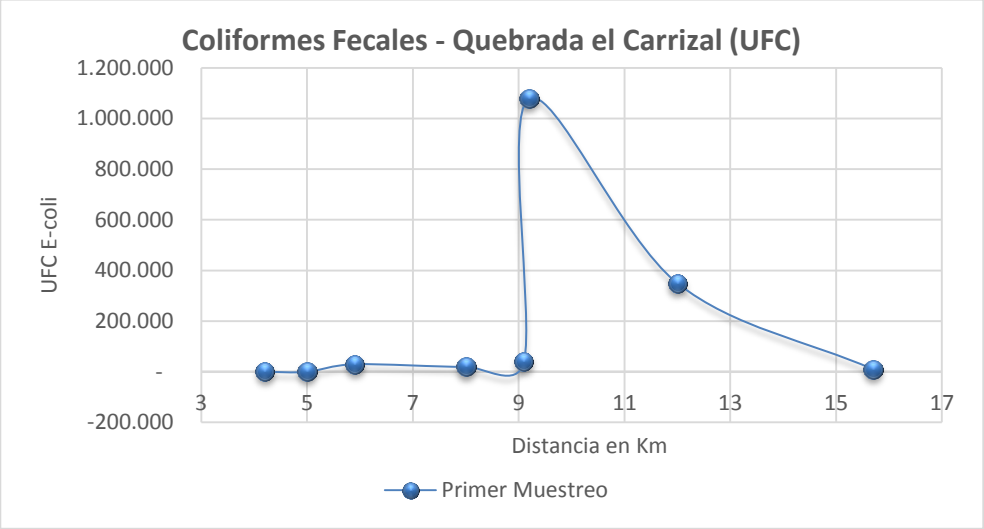


- Coliformes Totales y Escherechia Coli: Especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas de importancia relevante como indicadores de contaminación del agua.

Gráfica 21. Coliformes Totales (UFC) en Quebrada el Carrizal



Gráfica 22. Escherechia Coli (UFC) en Quebrada el Carrizal



- ÍNDICE DE CALIDAD ICA:

Utilizado para evaluar la calidad del agua de una fuente hídrica por medio de la valoración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que indican mediante un rango numérico que va de cero (0) a cien (100) si el agua es de pésima o excelente calidad para la satisfacción de los distintos usos incluyendo el desarrollo biológico y buen desempeño de los ecosistemas dependientes del cuerpo hídrico.

Este índice a pesar de haber sido desarrollado en 1970 para las condiciones propias de una región o país, es ampliamente utilizado a nivel mundial, siendo validado y adaptado por diferentes autores a condiciones específicas de los ríos o fuentes hídricas.

La metodología utilizada para el cálculo del ICA fue el de la Fundación Nacional de los Estados Unidos NSF, la cual tiene en cuenta la interrelación de nueve (9) parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, los cuales son:

pH (en unidades de pH)
Sólidos disueltos totales (en mg/ L)
Fosfatos (en mg PO4/L)
Nitratos (en N–NO3/L)
Oxígeno disuelto (OD en % saturación)
Demanda Bioquímica de Oxigeno en 5 días (DBO5 en mg/ L)
Coliformes Fecales (en UFC/100ml)
Turbiedad (en NTU)
Temperatura (en ^{o}C)

Para evaluar y determinar las condiciones de calidad del agua de una Corriente Hídrica en distintos tramos o estaciones de muestreo, el ICA se clasifica en los siguientes rangos:

Gráfica 23. Clasificación Calidad De Agua Según el ICA

ICA		
VALOR	CALIDAD DEL AGUA	COLOR
91 -- 100	EXELENTE	
71 -- 90	BUENA	
51 -- 70	REGULAR	
26 -- 50	MALA	
0 -- 25	PESIMA	

Las aguas con “ICA” mayor que 90 son capaces de poseer una alta diversidad de la vida acuática. Además establece condiciones óptimas para la satisfacción de los usos demandados.

Las aguas con un “ICA” de categoría “Regular” tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas, además de condicionar algunos usos.

Las aguas con un “ICA” de categoría “Mala” pueden solamente apoyar una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando probablemente problemas con la contaminación. Limita los usos

Las aguas con un “ICA” que caen en categoría “Pésima” pueden solamente poder apoyar un número limitado de las formas acuáticas de la vida, presentan problemas abundantes y normalmente no sería considerado aceptable para las actividades que implican el contacto directo con ella.

Para determinar el valor del “ICA” en un punto deseado es necesario tener las mediciones de los 9 parámetros implicados en el cálculo del Índice los cuales son: pH, Solidos Disueltos, Fosfatos, Nitratos, Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxigeno, Coliformes Fecales, Turbiedad, Temperatura. Además es importante tener en cuenta los valores del peso relativo de cada uno de los 9 parámetros, tal como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 16. Pesos Relativos Por Cada Parámetro ICA

Parametro	Peso Relativo (W)
PH	0,12
SOLIDOS DISUELTOS	0,08
FOSFATOS	0,1
NITRATOS	0,1
OXIGENO DISUELTO	0,17
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	0,1
COLIFORMES FECALES	0,15
TURBIEDAD	0,08
TEMPERATURA	0,1

Para calcular el Índice de Brown se puede utilizar una suma lineal ponderada de los subíndices (ICAa) o una función ponderada multiplicativa (ICAm). Estas agregaciones se expresan matemáticamente como sigue:

$$ICAa = \sum_{i=1}^{9}(Subi * \mathrm{Wi}) \quad (1)$$

$$ICAa = \prod_{i=1}^{9}(Subi^{Wi}) \quad (2)$$

Donde:

W_i: Pesos relativos asignados a cada parámetro (Subi), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.
Sub_i: Subíndice del parámetro i.

El cálculo de los "ICA" se realizó mediante técnicas multiplicativas, que son mucho más sensibles a la variación de los parámetros, reflejando con mayor precisión un cambio de calidad. Es por esta razón que la técnica que se aplicará en este estudio es la multiplicativa (Ecuación 2).

Para determinar el valor del "ICA" es necesario sustituir los datos en la ecuación 2 obteniendo los Subíndices (Sub_i) a partir del análisis de las gráficas diseñadas en la metodología NSF con sus respectivas adaptaciones. Los valores se elevan por sus respectivos Pesos Relativos asignados (W_i) y se multiplican los 9 resultados obteniendo de esta manera el "ICA".

El ICA de la Quebrada el Carrizal, se calculó para cada una de las ocho (8) estaciones o puntos de muestreo ubicadas a lo largo de su cauce principal, eligiendo como escenario más representativo, la jornada del 9 de Septiembre de 2014, que como se pudo constatar en el Perfil de Calidad, presenta el escenario de deterioro y alteración del recurso hídrico más crítico. A continuación se presentan los ICAS calculados para cada estación o punto de muestreo sobre el Cauce Principal de la Quebrada el Carrizal, con su respectiva tabla de cálculo y análisis de resultados:

- Punto de Muestreo No. QC1: Antes Bocatoma La Cruz

Tabla 17. ICA Punto de muestreo QC1

CARRIZAL ANTES BOCATOMA LA CRUZ				
Parametro	**V. Medido**	**Subindice (I)**	**Peso Relativo (W)**	**ICA / PARAMETRO**
PH	7,62	91	0,12	1,718
SOLIDOS DISUELTOS	124	82	0,08	1,423
FOSFATOS	0,1	96	0,1	1,578
NITRATOS	1,84	93	0,1	1,573
OXIGENO DISUELTO	84,4	90	0,17	2,149
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	2,29	80	0,1	1,550
COLIFORMES FECALES	50	53	0,15	1,814
TURBIEDAD	1,9	96	0,08	1,441
TEMPERATURA	1,2	83	0,1	1,556
			1	
			ICA	**82,21**
				BUENA

Como uno de los principales parámetro determinante del Índice de Calidad del agua están los coliformes fecales debido a su peso relativo infiere de manera notable en el valor del ICA esto complementado con los valores medidos de los parámetros que muestran una corriente en buenas condiciones y como consecuencia se reflejan en los valores del ICA dando como resultado un índice de calidad de BUENA en este punto.

- Punto de Muestreo No. QC2: Antes Vereda La Estancia

Tabla 18. ICA Punto de muestreo QC2

CARRIZAL ANTES VEREDA LA ESTANCIA				
Parametro	**V. Medido**	**Subindice (I)**	**Peso Relativo (W)**	**ICA / PARAMETRO**
PH	8,18	82	0,12	1,697
SOLIDOS DISUELTOS	123	82	0,08	1,423
FOSFATOS	0,1	96	0,1	1,578
NITRATOS	0,2	97	0,1	1,580
OXIGENO DISUELTO	91,3	94	0,17	2,165
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	3,87	66	0,1	1,520
COLIFORMES FECALES	100	42	0,15	1,752
TURBIEDAD	2,8	94	0,08	1,438
TEMPERATURA	1,3	82	0,1	1,554
			1	
			ICA	**77,58**
				BUENA

El oxígeno disuelto en este punto es constante con respecto al punto inicial, así mismo los valores correspondientes a los parámetros en este punto siguen mostrando una fuente en buenas condiciones; sin embargo se observa que el valor del ICA es menor ocasionado principalmente por los pequeños aportes de origen animal ya que en esta zona la ronda hídrica esta desprotegida permitiendo el acceso de los animales directamente a la fuente de estudio.

- Punto de Muestreo No. QC3: Después Vertimiento Vereda La Estancia

Tabla 19. ICA Punto de muestreo QC3

CARRIZAL DESPUÉS VERTIMIENTO PRINCIPAL LA ESTANCIA				
Parametro	**V. Medido**	**Subindice (I)**	**Peso Relativo (W)**	**ICA / PARAMETRO**
PH	7,67	90	0,12	1,716
SOLIDOS DISUELTOS	141	80	0,08	1,420
FOSFATOS	0,19	88	0,1	1,565
NITRATOS	1,01	93	0,1	1,573
OXIGENO DISUELTO	95,4	97	0,17	2,176
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	3,21	72	0,1	1,534
COLIFORMES FECALES	30000	6	0,15	1,308
TURBIEDAD	3,5	91	0,08	1,435
TEMPERATURA	1,6	80	0,1	1,550
			ICA	**58,25**
				REGULAR

En este tramo de la quebrada la calidad del agua es REGULAR debido a la descarga de aguas residuales domésticas de aproximadamente 700 habitantes de la Vereda La Estancia, lo que ocasiona un incremento considerable en las coliformes fecales. El

parámetro DBO se mantiene en condiciones aceptables, debido a que el vertimiento se realiza a través de una acequia que recorre una distancia considerable, ayudando a que se generen procesos de aireación y autodepuración.

- Punto de Muestreo No. QC4: Antes La Cruz

Tabla 20. ICA Punto de muestreo QC4

CARRIZAL ANTES LA CRUZ - SECTOR CASA BLANCA				
Parametro	**V. Medido**	**Subindice (I)**	**Peso Relativo (W)**	**ICA / PARAMETRO**
PH	8,62	63	0,12	1,644
SOLIDOS DISUELTOS	146	79	0,08	1,418
FOSFATOS	0,2	88	0,1	1,565
NITRATOS	1,01	93	0,1	1,573
OXIGENO DISUELTO	81,3	88	0,17	2,141
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	6,38	50	0,1	1,479
COLIFORMES FECALES	20000	8	0,15	1,366
TURBIEDAD	2,7	94	0,08	1,438
TEMPERATURA	1,6	80	0,1	1,550
			ICA	**55,35**
				REGULAR

En este punto la quebrada ha recibido descargas de aguas residuales de aproximadamente 1500 habitantes de la Vereda La Estancia por lo que la calidad en este punto es REGULAR. El parámetro DBO presenta aumento con respecto al punto anterior, mientras que las coliformes fecales disminuyeron.

- Punto de Muestreo No. QC5: Antes Colector Principal La Cruz

Tabla 21. ICA Punto de muestreo QC5

CARRIZAL ANTES COLECTOR PRINCIPAL LA CRUZ				
Parametro	**V. Medido**	**Subindice (I)**	**Peso Relativo (W)**	**ICA / PARAMETRO**
PH	8,67	60	0,12	1,634
SOLIDOS DISUELTOS	138	80	0,08	1,420
FOSFATOS	0,23	87	0,1	1,563
NITRATOS	1	93	0,1	1,573
OXIGENO DISUELTO	88,4	93	0,17	2,161
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	6,51	50	0,1	1,479
COLIFORMES FECALES	40000	5	0,15	1,273
TURBIEDAD	3	92	0,08	1,436
TEMPERATURA	1,9	78	0,1	1,546
			ICA	**51,54**
				REGULAR

En este punto la quebrada ha recibido la descarga del primero colector del sistema de alcantarillado del municipio de la Cruz, por lo que su calidad es REGULAR. En este tramo aumento el parámetro DBO y coliformes fecales con respecto al punto anterior.

- Punto de Muestreo No. QC7: Después Colector Principal La Cruz

Tabla 22. ICA Punto de muestreo QC7

CARRIZAL DESPUÉS COLECTOR PRINCIPAL LA CRUZ				
Parametro	**V. Medido**	**Subindice (I)**	**Peso Relativo (W)**	**ICA / PARAMETRO**
PH	7,6	92	0,12	1,720
SOLIDOS DISUELTOS	167	77	0,08	1,416
FOSFATOS	0,24	87	0,1	1,563
NITRATOS	3,1	83	0,1	1,556
OXIGENO DISUELTO	68	78	0,17	2,097
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	21,6	11	0,1	1,271
COLIFORMES FECALES	1080000	3	0,15	1,179
TURBIEDAD	11,5	75	0,08	1,413
TEMPERATURA	1,9	78	0,1	1,546
			ICA	**40,65**
				MALA

En este punto el cauce principal de la quebrada ha recibido la descarga del principal colector del casco urbano de La Cruz (aproximadamente 2750 personas). El parámetro DBO aumenta a niveles críticos al igual que las coliformes, lo cual hace que este tramo sea catalogado de MALA calidad.

- Punto de Muestreo No. QC8: Después La Cruz

Tabla 23. ICA Punto de muestreo QC8

CARRIZAL DESPUÉS LA CRUZ, SECTOR LLANO GRANDE				
Parametro	**V. Medido**	**Subindice (I)**	**Peso Relativo (W)**	**ICA / PARAMETRO**
PH	7,57	92	0,12	1,720
SOLIDOS DISUELTOS	168	77	0,08	1,416
FOSFATOS	0,55	67	0,1	1,523
NITRATOS	5,07	70	0,1	1,529
OXIGENO DISUELTO	70,8	74	0,17	2,079
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	28,9	6	0,1	1,196
COLIFORMES FECALES	350000	3	0,15	1,179
TURBIEDAD	5,5	87	0,08	1,429
TEMPERATURA	2,1	77	0,1	1,544
			ICA	**36,70**
				MALA

En este tramo la quebrada ha recibido las descargas de todo el casco urbano de La Cruz, a través de 6 colectores que realizan descarga directa, razón por la cual el parámetro DBO aumento con respecto al punto anterior.

- Punto de Muestreo No. QC9: Desembocadura a Quebrada Mocondino

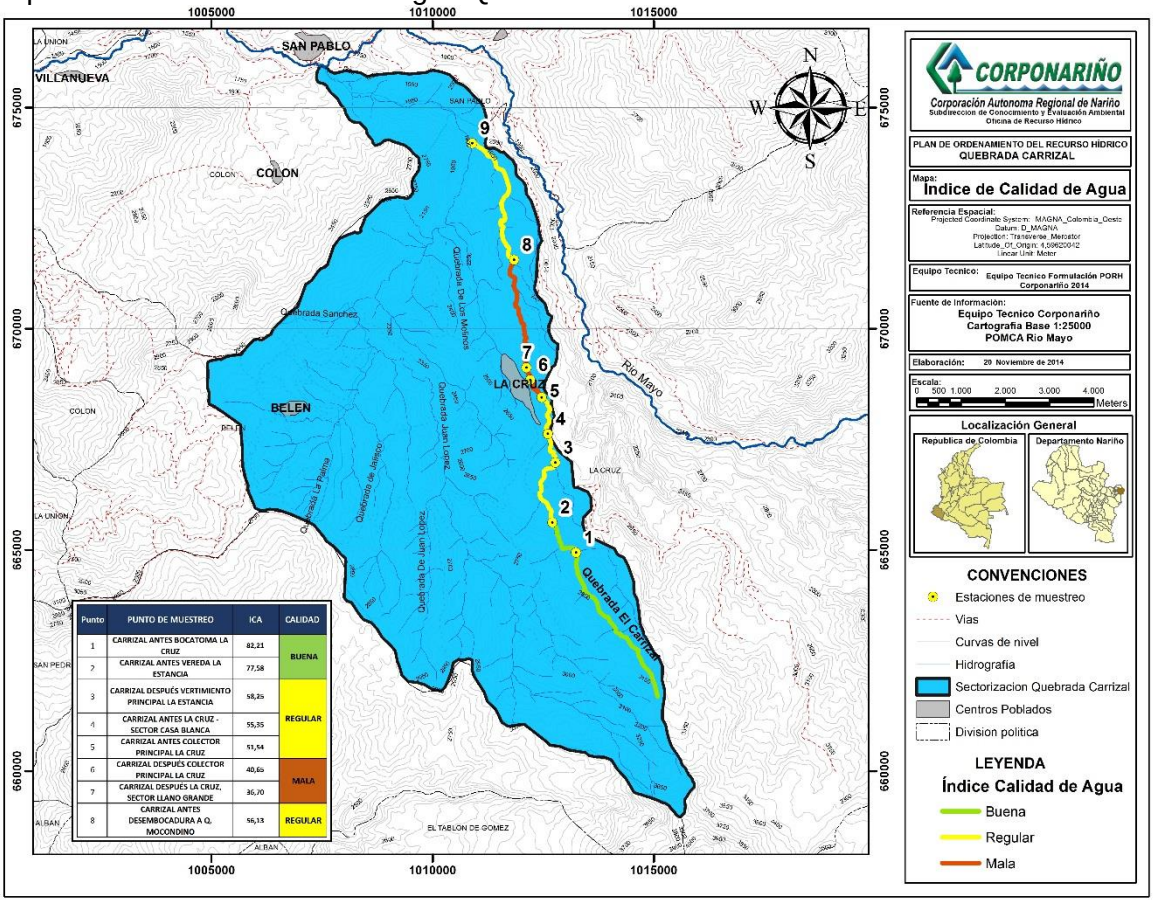
Tabla 24. ICA Punto de muestreo QC9

CARRIZAL ANTES DESEMBOCADURA A QUEBRADA MOCONDINO				
Parametro	**V. Medido**	**Subindice (I)**	**Peso Relativo (W)**	**ICA / PARAMETRO**
PH	7,84	88	0,12	1,711
SOLIDOS DISUELTOS	158,4	78	0,08	1,417
FOSFATOS	0,545	67	0,1	1,523
NITRATOS	1,47	92	0,1	1,572
OXIGENO DISUELTO	83,8	90	0,17	2,149
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	5,75	53	0,1	1,487
COLIFORMES FECALES	10000	9	0,15	1,390
TURBIEDAD	2,60	92	0,08	1,436
TEMPERATURA	3,3	64	0,1	1,516
			ICA	**56,13**
				REGULAR

La calidad del agua en este punto respecto a los dos anteriores, mejora considerablemente. Aunque sea catalogada con calidad REGULAR, los parámetros indican que la corriente tiene una buena autodepuración.

Figura 8. Perfil de Calidad Quebrada el Carrizal

Mapa 13. Índice de Calidad de Agua Quebrada el Carrizal



6.5.3. Evaluación Calidad Entradas Monitoreadas

Corresponde a la presentación de resultados, cálculo de Cargas Contaminantes y Análisis de calidad de los afluentes naturales y descargas monitoreadas y caracterizadas en las jornadas de muestreo efectuadas en el año 2014.

- RESULTADOS JORNADAS DE MUESTREO: en la sección 6.5.2 se mostraron los resultados los resultados de los muestreos al cauce principal de la Quebrada el Carrizal, correspondientes a las dos jornadas llevadas a cabo los días 9 de Septiembre y 29 de Octubre de 2014. Los Reportes de Resultados Analíticos del Laboratorio Especializado de la Universidad de Nariño y CORPONARIÑO se pueden observar en el Anexo D.

- CALCULO DE CARGAS: teniendo en cuenta las concentraciones determinadas mediante análisis de laboratorio y la medición de caudal para cada una de las entradas priorizadas y muestreadas en campo, se calcularon las cargas de aporte en Kilogramo/día y Tonelada/año aplicando el método de cálculo estipulado en la Normatividad Ambiental vigente.

La determinación de cargas se efectuó como insumo para la aplicación del modelo de simulación de calidad QUAL2K y para el cálculo y evaluación de la Tasa Retributiva a cobrar para cada usuario de vertimientos del cauce principal de la Quebrada el Carrizal. Las Tablas de cargas para cada uno de los escenarios se pueden observar en Anexo E

6.5.4. Evaluación de la Calidad de Entradas Estimadas

Corresponde a la estimación de caudal y calidad de las entradas al Cauce Principal de la Quebrada el Carrizal que no fueron caracterizados en las jornadas de muestreo.

Para la estimación, se tuvieron en cuenta datos e información secundaria principalmente del PSMV del municipio de la Cruz presentado a la Corporación por la Empresa de Servicios Públicos EMPOCUZ, Permisos de Vertimientos y demás documentación relacionada con la microcuenca, así como criterios técnicos aportados por el Profesional que recorrió y levantó en campo el diagnóstico de la Corriente Superficial. La información se encuentra en Anexo F con toda la información de cargas.

6.6. Modelo de Simulación de Calidad del Cauce Principal de la Quebrada el Carrizal

La preservación de los sistemas hídricos y de la calidad de sus aguas es una constante preocupación para los investigadores que buscan mitigar las consecuencias de la acción humana sobre el medio ambiente. La multiplicidad de usos de los recursos hídricos, asociada a una característica de recurso natural renovable y también finito, define un escenario que refleja una gran complejidad de relaciones para su preservación.

La política nacional de conservación de los recursos naturales establecida en Colombia es una importante herramienta legal para la gestión en la conservación de los cursos de agua y como apoyo a este propósito surgen los modelos matemáticos o programas computacionales, los cuales son utilizados como soporte en la decisión entre alternativas de gestión o uso, o como agentes facilitadores en este proceso.

Los modelos matemáticos son técnicas que permiten representar alternativas propuestas y simular condiciones reales que podrían ocurrir dentro de una franja de incertezas, inherente al conocimiento técnico-científico. Estos modelos se proponen explicar las causas y efectos de los procesos en el medio ambiente, diferenciar las fuentes antrópicas de las fuentes naturales de contaminantes, evaluar la eficiencia de los programas de gestión ambiental, determinar un tiempo o una distancia de recuperación de un cuerpo de agua con el objeto de implementar un programa de reducción de contaminantes, entre otras.

Un modelo matemático de calidad de agua debe ser visto como una herramienta valiosa para evaluar las alternativas propuestas por los planificadores y cuestionadas por la población. La evaluación de la calidad de agua en sistemas complejos, involucra el conocimiento de todos los procesos y ecosistemas de los cuales dependen, lo cual es fundamental para que los resultados de los modelos sean representativos y puedan ser evaluados de forma adecuada.

6.6.1. Características del Modelo de Calidad de Agua Qual2Kw

- Criterios de Selección del Modelo de Calidad de Agua

Es claro que la selección del modelo es sólo un paso de todo el proceso de modelación de corrientes hídricas superficiales, dicho paso es extenso y complejo, pero en general lo que se busca es que el modelo escogido sea capaz de representar las condiciones reales referidas a la calidad de agua del río en estudio.

Para el desarrollo de este proyecto el modelo seleccionado fue el "River and Stream Water Quality Model- Qual2Kw" versión 5.1, desarrollado por la división de investigación en ecosistemas de La Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos EPA y Tufts university, selección que fue realizada considerando aspectos como:

- Definición del Problema a Estudiar.
- Características Generales del modelo de simulación: tipos de procesos, tipos de métodos de solución, tipo de cuerpo de agua, dimensión, Estado, tipo de transporte y tipo de cuenca, principalmente.
- Capacidad Técnica y Económica del equipo desarrollador: Entrenamiento necesario, manuales de usuario disponibles, facilidad de modificación del código fuente, antecedentes de aplicación en regiones similares y costo, entre otros.

En definitiva el modelo debe estar en la capacidad de:

- Simular los parámetros básicos de calidad de agua como oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, ciclo del nitrógeno y del fósforo, principalmente, además de tener en cuenta la reducción de la concentración de contaminantes por el efecto de entradas de flujo al cauce principal.
- Ser flexible, es decir, poder adaptarse a las condiciones de diferentes corrientes, puesto que sería algo no viable económica y técnicamente utilizar un modelo de simulación diferente para cada corriente.
- Tener antecedentes de aplicabilidad, o sea que haya sido implementado con éxito en otras regiones con características similares.
- Ser simple en su ejecución y preciso en sus resultados, un modelo con entrada de datos o procesos más complejos, necesariamente no es más preciso.
- Tener Viabilidad Económica. No se justifica hacer una gran inversión cuando los resultados finales no ofrecen una sustancial mejora en la precisión de los resultados.
- Ser congruente con la información de entrada disponible y tener la capacidad de aprovechar la información actual e histórica de tipo climatológica, hidrológica y de calidad de aguas[1].

[1] LOZANO G.,ZAPATA, M.A. y PEÑA, L.E (2003). Selección del Modelo de Simulación de Calidad de Agua en el Proyecto "Modelación de Corrientes hídricas Superficiales en el Departamento del Quindío". CIDERA Grupo de Investigación, desarrollo y estudio del recurso hídrico y el ambiente, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia.

- Características Generales del Modelo

Dentro de las principales características del modelo Qual2Kw se encuentran:

- Modelación unidimensional (en dirección del flujo de la corriente).
- El cauce o canal es considerado vertical y horizontalmente bien mezclado.
- Qual2Kw Funciona bajo condiciones hidráulicas en estado estacionario y el flujo es simulado bajo condiciones estacionarias no uniformes.

- Qual2Kw simula sistemas hídricos de tipo dendrítico, es decir; aquellos donde la simulación se extiende no solo a la corriente principal, sino también a corrientes tributarias.
- El modelo simula los siguientes parámetros: Conductividad, Sólidos Suspendidos Inorgánicos, Oxígeno Disuelto, DBO rápida, DBO lenta, Nitrógeno Orgánico Disuelto, Nitrógeno Amoniacal, Nitratos, Fósforo Orgánico Disuelto, Fósforo Inorgánico, Fitoplancton (algas en el seno de la corriente), Detritus(Materia Orgánica Particulada), Patógenos, Alcalinidad, Carbono Orgánico Total, Algas de fondo, pH, Temperatura y Caudal.
- El modelo acepta entradas puntuales y no puntuales de cargas contaminantes y caudales.
- El programa ha sido desarrollado en ambiente Windows mediante, los cálculos de tipo numérico son programados en Fortran 90. Para la interfase gráfica se utiliza Excel y todas las operaciones con el usuario se efectúa bajo Microsoft Office macro language: Visual Basic For Applications.
- La corriente es representada como una sucesión de pequeños tramos o segmentos llamados elementos computacionales, a través de los cuales se efectúan los correspondientes balances de masa, flujo y calor, que finalmente se traducen en curvas que muestran la variación de los parámetros modelados a lo largo de la corriente. Dichos elementos computacionales pueden ser de tamaños distintos.
- Qual2Kw utiliza dos formas para representar el carbono orgánico, siendo éstas: DBO rápida (o materia orgánica degradable rápidamente) y DBO lenta (o materia orgánica degradable lentamente).
- Qual2Kw simula condiciones de anoxia reduciendo a cero las tasas de oxidación. Bajo estas condiciones la denitrificación es modelada como una reacción de primer orden lo cual llega a ser un proceso importante.
- Tiene en cuenta las interacciones entre los sedimentos y el agua. De esta forma el flujo de oxígeno disuelto y nutrientes entre ambas fases es simulado como una función de factores tales como: la velocidad de sedimentación de las partículas orgánicas, las reacciones dentro de los sedimentos y la concentración de componentes en el agua.
- El modelo simula explícitamente la influencia de las algas de fondo.
- La extinción de la luz en la corriente es simulada como una función de la concentración de algas, detritus y material inorgánico.
- El pH del río es calculado con base en la cantidad de alcalinidad y de carbono inorgánico total disponible a través de la corriente.

- La remoción de patógenos es determinado como una función de la temperatura, la luz y la sedimentación[2]

- Abstracciones Conceptuales del Modelo

A continuación se describen los principales elementos conceptuales referidos a la representación de corrientes y a los procesos desarrollados en ellas.

- Configuración de Corrientes y Segmentación

Una corriente hídrica superficial mediante el modelo de calidad de aguas Qual2Kw es representada por una serie de tramos sucesivos denominados elementos computacionales, los cuales se caracterizan por comportarse como reactores completamente mezclados que están unidos unos a otros por medio de fenómenos asociados al transporte de solutos.

La unión de dichos elementos computacionales considerando similitud hidráulica entre ellos dan origen a la conformación de tramos, los cuales son segmentos de un orden de magnitud mayor al de los elementos computacionales y los cuales tiene como función diferenciar ciertos sectores de la corriente con el fin de identificar las diferencias que puede haber en cada uno de ellos, tal como se muestra en la figura 1.

- Balance De Flujo

El modelo Qual2Kw trabaja bajo régimen estacionario, o sea que el flujo entrante y saliente en cada uno de los elementos computacionales en análisis se mantiene constante a través del tiempo. El modelo conceptual de dicho balance es representado mediante la figura 10.

El tiempo de viaje por su parte es determinado con base en la sumatoria de los tiempos de residencia del flujo en cada uno de los elementos computacionales definidos a lo largo de la corriente, lo cual es representado mediante las siguientes ecuaciones:

$$\tau_k = \frac{V_k}{Q_k} \qquad t_{t,j} = \sum_{k=1}^{j} \tau_k$$

Donde,

ζ_k =Tiempo de Residencia de cada elemento; V_k =Volumen de Cada Elemento (m^3); Q_k=*Caudal en cada elemento (m^3/s);* $t_{t,j}$ = Tiempo de Viaje de la Corriente (d).

[2] CHAPRA, S.C., PELLETIER, G.J. and TAO, H. (2008). QUAL2Kw: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality, Version 2.04: Documentation and Users Manual. Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University, Medford, MA.

Figura 9. Configuración de Corrientes Hídricas Superficiales.

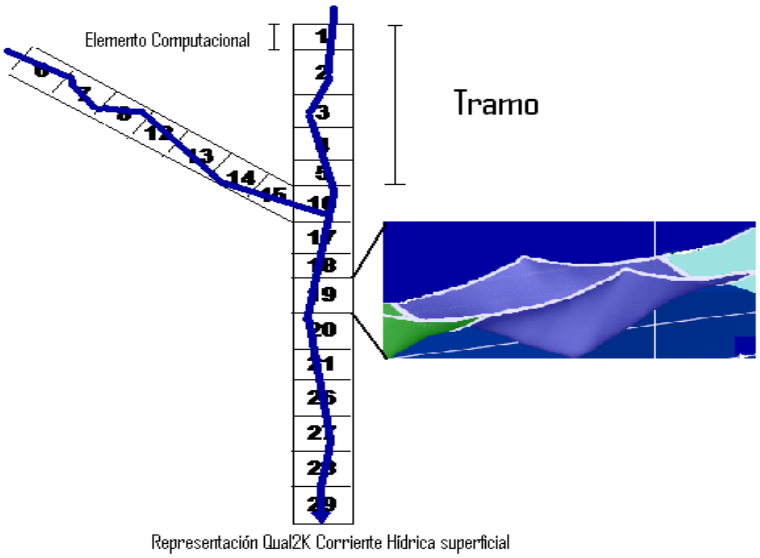
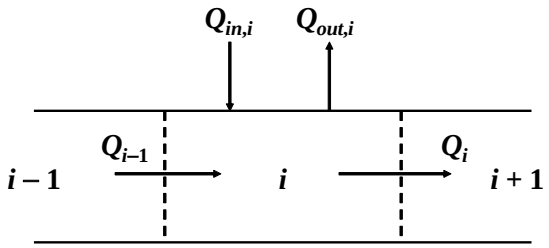


Figura 10. Esquema de Balance de Flujo



En donde,

$$Q_i = Q_{i-1} + Q_{in,i} - Q_{out,i}$$

Qi: Caudal de Salida del Elemento computacional; Qi-1: Caudal de Entrada del Elemento Computacional; Qin,i:Entrada de Caudal neto lateral por fuentes puntuales y difusas; Qout,i: Salida de Caudal neto lateral por Fuentes puntuales y difusas

- Características Hidráulicas

Las características hidráulicas del sistema están asociadas a como el Qual2Kw una vez realizado el balance de flujo hace para calcular el tirante y la velocidad en los elementos computacionales. Este modelo tiene tres formas posibles entre las cueles se encuentran: Vertederos, Curvas de relación y las ecuaciones de Manning, siendo estas dos últimas las utilizadas en la quebrada para su definición. Utilizándose la primera de ellas para los cauces irregulares y la segunda para los tramos canalizados. Las principales ecuaciones que rigen este comportamiento hidráulico son:

Curvas de Relación:

$$U = aQ^b \qquad H = \alpha Q^{\beta}$$

Donde *a, b,* α *y* β son constantes empíricas, *H* es la profundidad media de la corriente y *U* la velocidad media de la misma.

Ecuaciones de Manning:

$$Q = \frac{S_0^{1/2}}{n}\frac{A_c^{5/3}}{P^{2/3}}$$

$$A_c = [B_0 + 0.5(s_{s1} + s_{s2})H]H$$

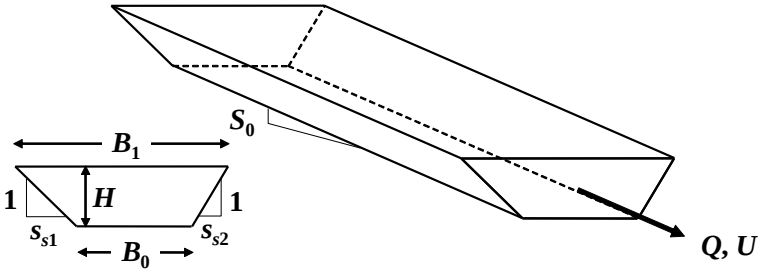
$$P = B_0 + H\sqrt{s_{s1}^2 + 1} + H\sqrt{s_{s2}^2 + 1}$$

En donde,

Q: Caudal; Ac: Área Transversal; P: Perímetro Mojado; So: Pendiente Longitudinal, B1: Ancho Superficial; H: Tirante; Ss: Pendiente de talud

Tal como se muestra en la figura 11.

Figura 11. Esquema de Variables de la ecuación de Manning.



Con respecto a la dispersión longitudinal entre elementos el modelo da la posibilidad de ingresar valores estimados previamente, en caso de que no sean incorporados dichos valores el Qual2Kw asume o lo calcula con base en la siguiente expresión:

$$E_{p,i} = 0.011\frac{U_i^2 B_i^2}{H_i U_i^*}$$

La cual fue desarrollada por Fisher en 1979, en donde:

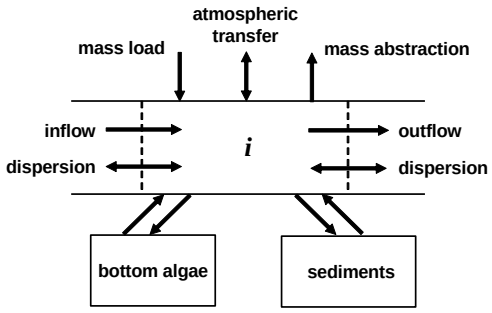
$E_{p,i}$ = Dispersión Longitudinal entre elementos; U_i = Velocidad (m/s); B_i = Ancho superficial (m); H_i = Tirante medio (m); U_i^* = Velocidad de Corte (m/s).

- Balance de Masa

El balance de Masa planteado por el Qual2Kw trabaja con la unidad fundamental denominada "elemento computacional", el modelo considera la siguiente ecuación general de balance para cada constituyente, el cual involucra los fenómenos de transporte (difusión, advección, dispersión), consumo o generación de constituyentes por reacciones químicas o bioquímicas y la generación o pérdida de nutrientes por fuentes

externas o internas (descargas puntuales, captaciones y sedimentación, entre otros.). El modelo conceptual planteado se refleja mediante la figura 12.

Figura 12. Esquema de Balance de Masa



Siendo,

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial (A_x D_L \partial C / \partial x)}{\partial_x} d_x - \frac{\partial (A_x u C)}{\partial x} d_x + \frac{(A_x d_x) dC}{dt} + Si$$

En donde,

M: masa; x: distancia; t: tiempo; C: concentración; Ax: área transversal; DL: coeficiente de dispersión; u: velocidad media; Si: fuentes o sumideros.

Considerando que la Masa es igual a la concentración por el volumen y que el modelo asume que la corriente posee un flujo en estado estacionario, entonces la ecuación (10) se convierte en:

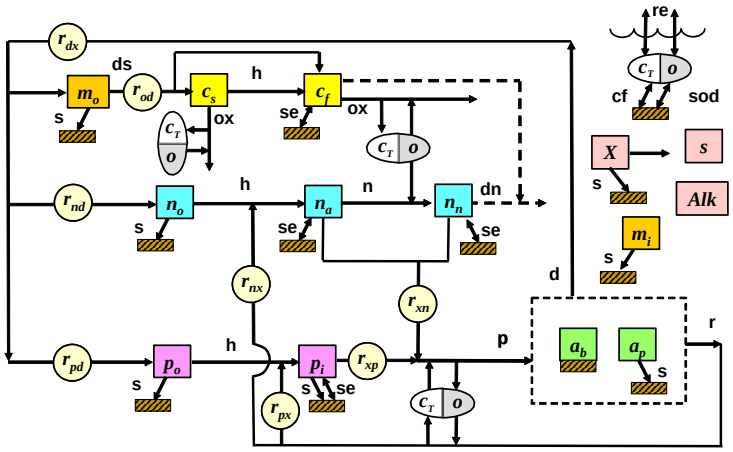
$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial (A_x D_L \partial C / \partial x)}{A_x \partial x} - \frac{\partial (A_x u C)}{A_x \partial x} + \frac{dC}{dt} + \frac{Si}{V}$$

En donde,
El término de la izquierda representa el cambio de la concentración a través de la corriente y los términos de la derecha representan la dispersión, advección, la variación de la concentración por reacciones bioquímicas y el aporte o pérdida por fuentes o sumideros respectivamente.

La variabilidad de la concentración por reacciones bioquímicas y la entrada y salida de los diferentes constituyentes son representados mediante la figura 13, en el esquema se puede apreciar los diferentes procesos asociados a la materia Orgánica, el ciclo del nitrógeno y fósforo principalmente[3] .

[3] CHAPRA, S.C., PELLETIER, G.J. and TAO, H. (2008). QUAL2Kw: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality, Version 2.04: Documentation and Users Manual. Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University, Medford, MA.

Figura 13. Procesos de Transferencia de Masa y Modelos Cinéticos



En donde, entre los procesos cinéticos se encuentran:

ds: disolución; h: Hidrólisis; ox: Oxidación; n: Nitrificación; dn: Denitrificación; p: Fotosíntesis; d: Muerte; r: Respiración, Excreción. Entre los procesos de transferencia de masa se consideran: re: Reaireación; s: Sedimentación, SOD: Demanda de Oxigeno por Sedimentos; se: Intercambio de sedimentos; cf: Flujo de Carbono Inorgánico de los sedimentos.

- Entradas del Modelo

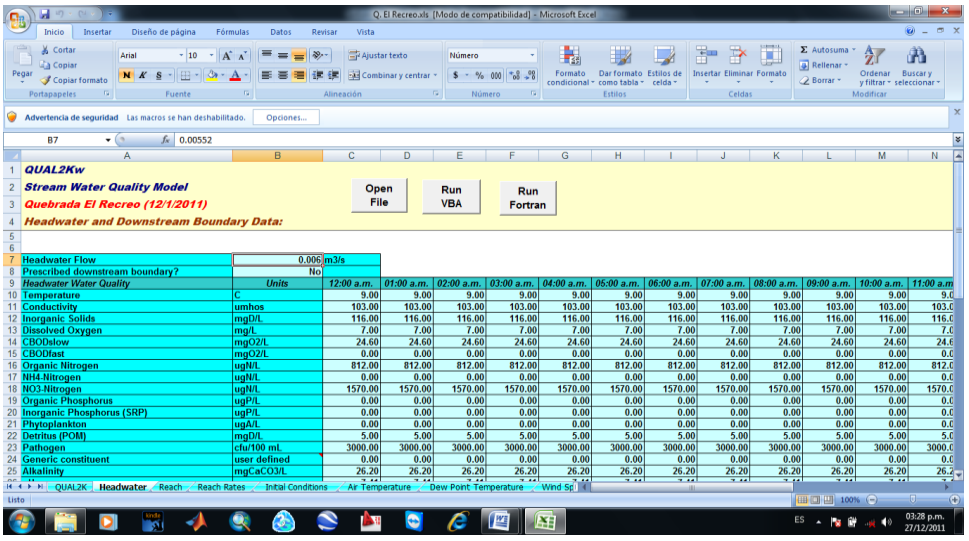
La simulación del río exige la incorporación de información confiable al modelo, con el fin de que las diferentes salidas se aproximen con lo que se requiera representar.

Entre las principales entradas contempladas en el software, se encuentran: Condiciones aguas arribas del tramo o los tramos a simular, características físicas e hidráulicas de la corriente, constantes de reacción físicas y químicas, y datos correspondientes al aporte y abstracción de diferentes fuentes sobre la corriente principal, entre las cuales se contemplan las descargas tanto puntuales como difusas sobre dicha corriente.

- Condiciones aguas arriba del tramo a simular

Dentro de las condiciones aguas arriba del tramo o tramos a simular se contempla el caudal y las características físico-químicas del agua del río en el punto inicial de los tramos en consideración, tal como se muestra en la figura 14.

Figura 14. Hoja de cálculo condiciones fisicoquímicas y microbiológicas iniciales



- Características físicas e hidráulicas de la corriente

Dentro de este ítem se contempla la incorporación de información relacionada con la determinación de tramos, longitud y cota de los diferentes elementos computacionales, caracterización hidráulica de cada elemento utilizando las curvas de relación "velocidad media Vs. Caudal" y "Profundidad media Vs. Caudal o las relaciones de Manning dependiendo el caso, tal como se muestra en la figura 15 y figura 16.

Figura 15. Hoja de cálculo de Posición y elevación de elementos computacionales

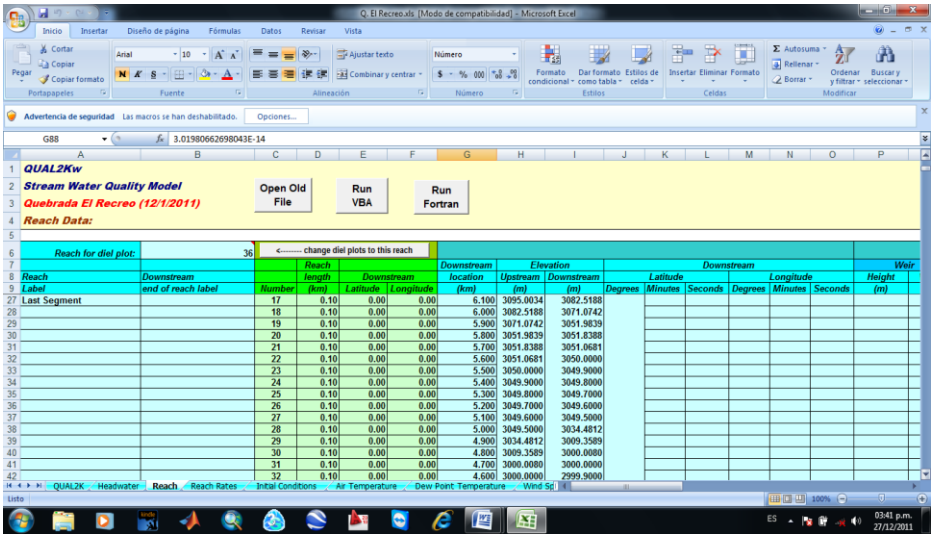
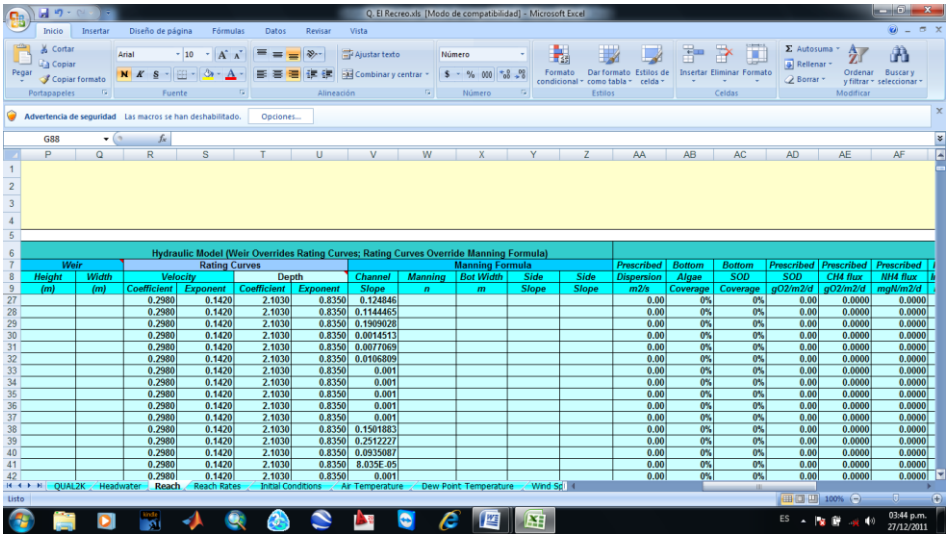


Figura 16. Hoja de cálculo de Parámetros Hidráulicos de la corriente



Hydraulic Model (Weir Overrides Rating Curves; Rating Curves Override Manning Formula)

Weir		Rating Curves				Manning Formula					Prescribed	Bottom	Bottom	Prescribed	Prescribed	Prescribed
Height	Width	Velocity		Depth		Channel	Manning	Bot Width	Side	Side	Dispersion	Algae	SOD	SOD	CH4 flux	NH4 flux
(m)	(m)	Coefficient	Exponent	Coefficient	Exponent	Slope	n	m	Slope	Slope	m2/s	Coverage	Coverage	gO2/m2/d	gO2/m2/d	mgN/m2/d
		0.2980	0.1420	2.1030	0.8350	0.124846					0.00	0%	0%	0.00	0.0000	0.0000
		0.2980	0.1420	2.1030	0.8350	0.1144465					0.00	0%	0%	0.00	0.0000	0.0000
		0.2980	0.1420	2.1030	0.8350	0.1909028					0.00	0%	0%	0.00	0.0000	0.0000
		0.2980	0.1420	2.1030	0.8350	0.0014513					0.00	0%	0%	0.00	0.0000	0.0000
		0.2980	0.1420	2.1030	0.8350	0.0077069					0.00	0%	0%	0.00	0.0000	0.0000
		0.2980	0.1420	2.1030	0.8350	0.0106809					0.00	0%	0%	0.00	0.0000	0.0000
		0.2980	0.1420	2.1030	0.8350	0.001					0.00	0%	0%	0.00	0.0000	0.0000
		0.2980	0.1420	2.1030	0.8350	0.001					0.00	0%	0%	0.00	0.0000	0.0000
		0.2980	0.1420	2.1030	0.8350	0.001					0.00	0%	0%	0.00	0.0000	0.0000
		0.2980	0.1420	2.1030	0.8350	0.001					0.00	0%	0%	0.00	0.0000	0.0000
		0.2980	0.1420	2.1030	0.8350	0.1501883					0.00	0%	0%	0.00	0.0000	0.0000
		0.2980	0.1420	2.1030	0.8350	0.2512227					0.00	0%	0%	0.00	0.0000	0.0000
		0.2980	0.1420	2.1030	0.8350	0.0935087					0.00	0%	0%	0.00	0.0000	0.0000
		0.2980	0.1420	2.1030	0.8350	8.035E-05					0.00	0%	0%	0.00	0.0000	0.0000
		0.2980	0.1420	2.1030	0.8350	0.001					0.00	0%	0%	0.00	0.0000	0.0000

- Constantes de Reacción físicas y químicas

Como datos de entrada al modelo se incluye los valores correspondientes a las tasas de degradación o aparición de diferentes componentes, producto de las diferentes reacciones dadas en el proceso, lo cual es representado por medio de diferentes coeficientes tales como: reaireación, oxidación e hidrólisis de la materia orgánica, hidrólisis de Nitrógeno orgánico, oxidación de nitrógeno amoniacal, denitrificación, hidrólisis de Fósforo Orgánico, disolución de Detritus y decaimiento de patógenos principalmente, tal como se muestra en la figura 17.

- Aportes y Abstracción de fuentes

Los diferentes aportes o abstracciones sobre la corriente a simular pueden ser puntuales o difusos. En los aportes y abstracciones puntuales se especifica principalmente el sitio exacto donde esto ocurre y las características físico-químicas de dichas entradas o salidas, tales como: bocatomas, quebradas o descoles de alcantarillado, entre otras.

Por otra parte las descargas o abstracciones difusas son las aportadas o abstraídas a lo largo de la corriente sin tener en cuenta un punto específico, esto puede ocurrir por que la entrada o salida se da naturalmente de esta forma o porque existe un gran cantidad de pequeñas descargas que no pueden caracterizarse una a una, siendo necesario representarlas como una fuente difusa a lo largo de un tramo en el río. Para este tipo de descargas como dato de entrada debe especificarse la longitud en la cual ocurre y las características físico-químicas de las mismas, tal como se muestra en las figura 18 y la figura 19.

Figura 17. Hoja de cálculo de Constantes Cinéticas

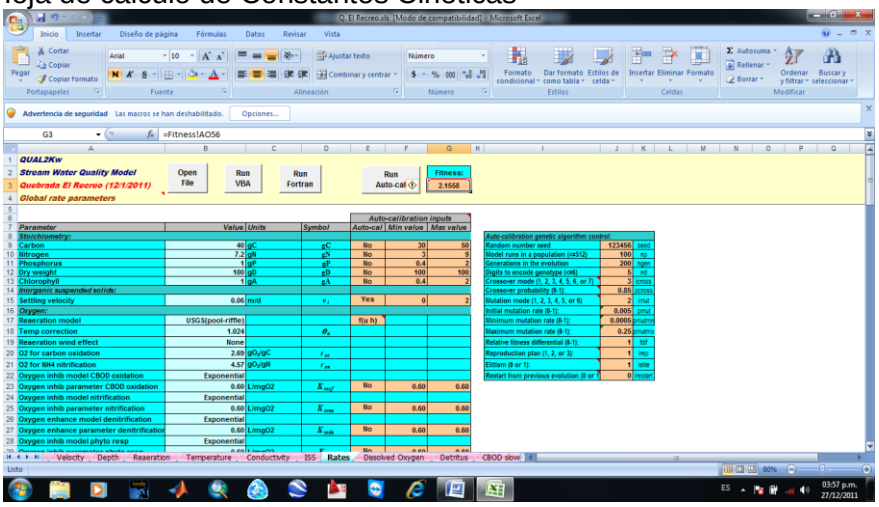


Figura 18. Hoja de cálculo Descargas Puntuales

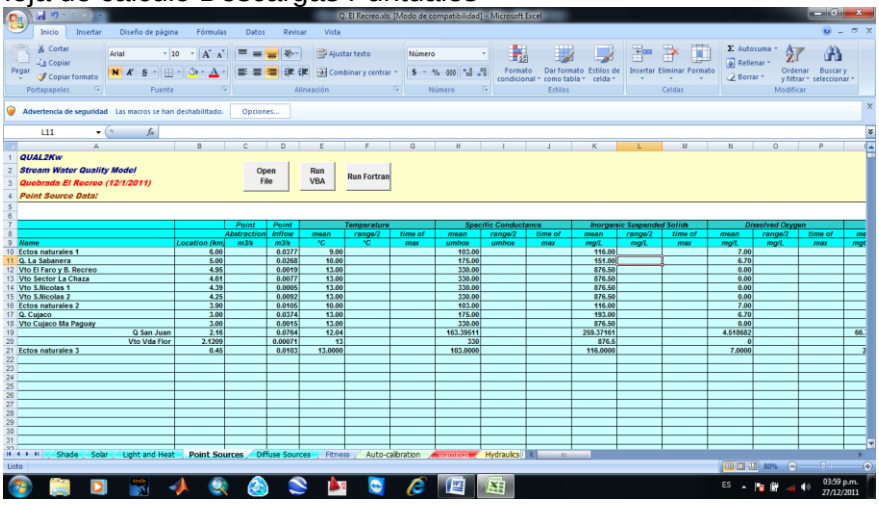
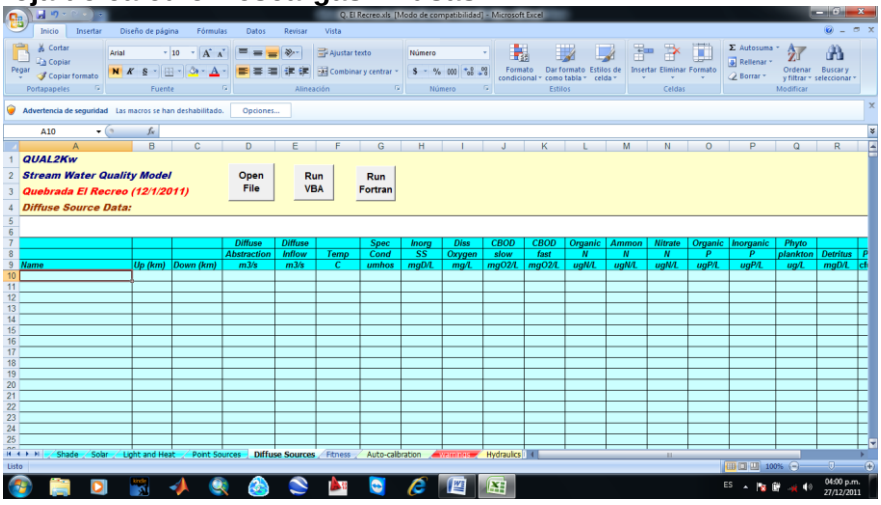


Figura 19. **Hoja de cálculo Descargas Difusas**



- Salidas del Modelo

Una vez incorporada la información de entrada al modelo y realizado su respectivo procesamiento, el software reporta un registro de resultados, el cual se encuentra en forma gráfica y numérica. Para fines de visualización y comprensión de los fenómenos se utiliza con mayor frecuencia los reportes gráficos, los cuales especifican la concentración de los diferentes variables a lo largo de la corriente en cuestión.

6.6.2. Simulación de Calidad de Agua Quebrada el Carrizal

- Topología

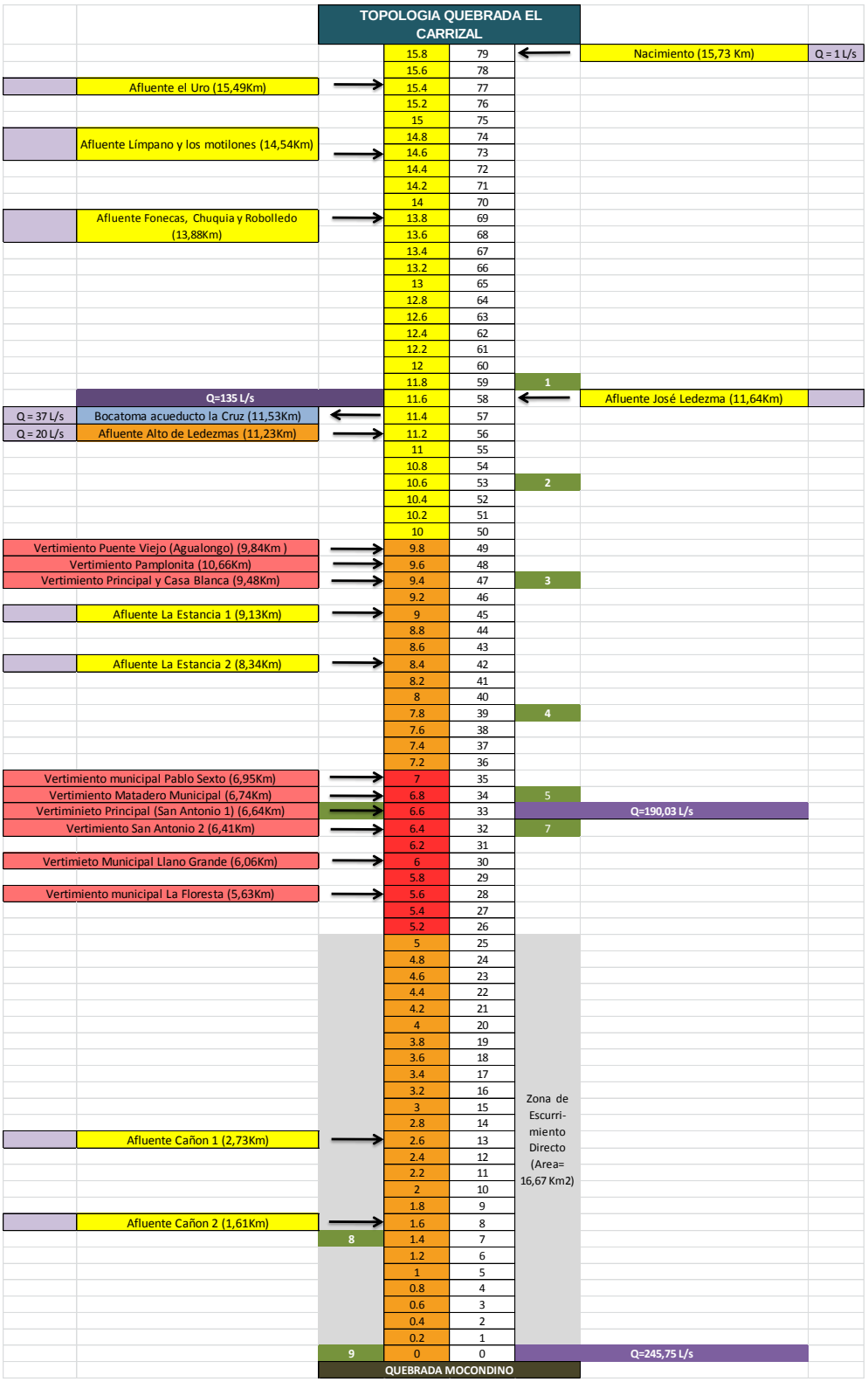
La configuración de una topología de modelación es fundamental para el proceso, puesto que ello permite de una forma simplificada representar las principales características de la corriente.

En este esquema se presentará la conformación de la corriente, características de los elementos computacionales y los puntos de entrada y salida de flujo y contaminantes.

Las actividades previas a la configuración de las corrientes fueron:

- Identificación de sub-cuencas de aporte (corriente principal y tributario).
- Localización planimetrica y altimétrica de Afluentes (ríos y quebradas).
- Localización planimétrica y altimétrica de descargas de aguas residuales.
- Localización de salidas de flujo en la corriente principal y tributario.
- Representatividad de los afluentes y descargas.
- Definición de los tramos a modelar según su representatividad.
- Definición del tamaño y el número de los elementos computacionales.

Figura 20. Topología Quebrada Carrizal (Modelo Qual2Kw)



- Características hidráulicas de la corriente

Cuando una corriente superficial es afectada por el ingreso de un afluente que tiene una concentración determinada de un contaminante, esta concentración empieza a dispersarse en la corriente, siguiendo un modelo que depende de las características de los fenómenos de advección y dispersión que manifiesten los sistemas de mezcla completa como los ríos, estuarios, embalses y zonas costeras.

El estudio de la distribución de un contaminante, aguas abajo de una descarga, se denomina estudio o prueba de trazadores y puede ser usado para determinar características claves en una corriente tales como la velocidad, el coeficiente de dispersión y la velocidad de decaimiento del contaminante. En este proyecto, el estudio empezó con la inyección instantánea de una sustancia química, que se denomina trazador, en un punto determinado de la corriente. A continuación, se hacen mediciones periódicas de la concentración del trazador en dos puntos aguas abajo del punto de inyección. Esta concentración manifestó cambios los cuales determinan la variación en la dispersión del contaminante.

Para la buena realización de la prueba se aseguró que el trazador seleccionado sea conservativo, es decir que no reaccione con otro componente de la corriente y que su concentración pueda ser medida de manera fácil y confiable. Además fue importante seleccionar puntos de medición que garanticen una longitud mínima para lograr mezcla completa y que no existan efluentes ni afluentes entre los puntos de medición y el punto de inyección en lo posible[4]

Los datos de concentración de contaminante tomados en los dos puntos de medición se usaron para determinar concentración media, masa de contaminante, tiempo de viaje, varianza temporal, coeficiente de dispersión y velocidad de la corriente.

Para efectos del proyecto, es importante conocer la velocidad con que se desplaza la corriente de agua superficial para lo cual se utilizaron las siguientes fórmulas[5]:

$$U = \frac{x_2 - x_1}{\bar{t}_2 - \bar{t}_1}$$

Donde:

$U = velocidad\ de\ la\ corriente$

$x = dis\tan cia\ a\ cada\ punto\ de\ medición$

$\bar{t} = tiempo\ de\ viaje\ en\ cada\ punto$

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=0}^{n-1}\left(C_i t_i + C_{i+1} t_{i+1}\right)\left(t_{i+1} - t_i\right)}{\sum_{i=0}^{n-1}\left(C_i + C_{i+1}\right)\left(t_{i+1} - t_i\right)}$$

[4] KILPATRICK F.A.,WILSON JR. (1982). Measurement of Time Of Travel In Streams By Dye Tracing. USGS, Denver, United State.
[5] CHAPRA, S.C., PELLETIER, G.J. and TAO, H. (2005). QUAL2K: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality, Version 2.04: Documentation and Users Manual. Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University, Medford, MA.

Donde:

$C = concentración\ del\ trazador$

$t = tiempo\ de\ medición\ de\ C$

La prueba de trazadores se realizó sobre la corriente principal, el criterio para la selección de sitios es la representatividad de los diferentes tramos de la corriente, basándose en la similitud de cauces y pendiente principalmente.

El trazador seleccionado fue Cloruro de Sodio, por sus propiedades conservativas, bajo costo y facilidad de medición a través de la conductividad, para lo cual inicialmente se estableció una curva de relación de conductividad vs concentración de sal, con el fin de inferir correctamente la una de la otra. En este análisis se determinó que la relación lineal responde a la siguiente ecuación lineal:

$$Concentración\ de\ sal\ (mg/l) \quad = \quad Conductividad(\mu s/cm) \times 0.5345$$

- **Velocidad de la corriente**

En las siguientes figuras se presenta el análisis para la determinación de la velocidad de la corriente, las velocidades resultantes se presentan en tabla.

Figura 21. Resultado prueba de trazadores parta Alta quebrada Carrizal

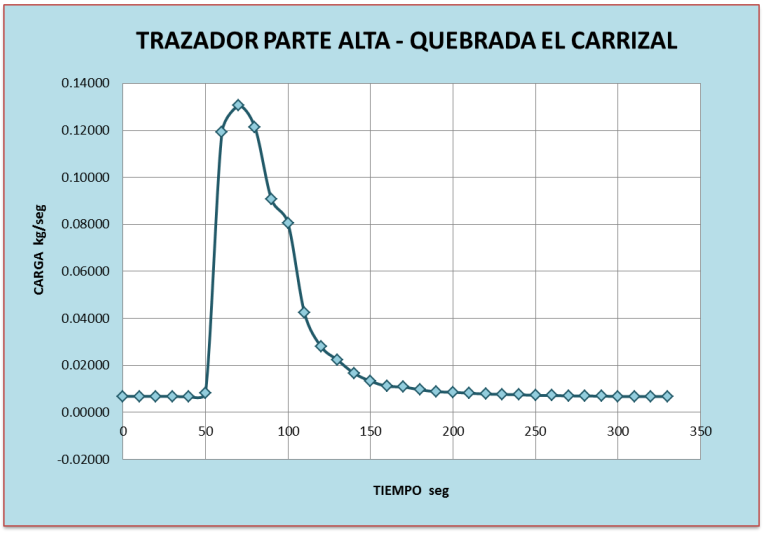


Figura 22. Resultado prueba de trazadores parte baja quebrada Carrizal

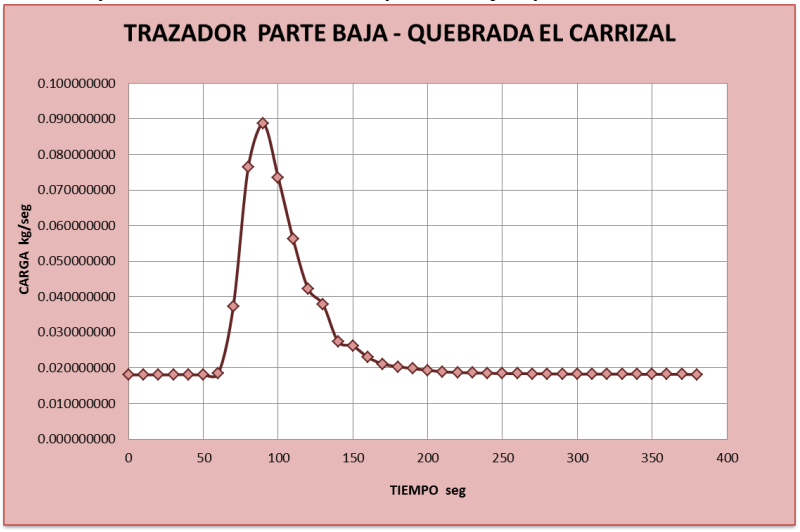


Tabla 25. Velocidades de la corriente en diferentes tramos quebrada Carrizal

Sitio	Velocidad (m/s)
Parte Alta	0.4
Parte Baja	0.59

- **Relaciones hidráulicas en los elementos computacionales**

Como anteriormente se mencionó, el modelo unidimensional Qual2kw representa una corriente hídrica superficial como una serie de elementos computacionales, los cuales transfieren información relacionada con el flujo en forma consecutiva, lo cual es descrito por variables tales como la velocidad y el tirante, entre otros.

Para efectos de la implementación del modelo de calidad de agua en la corriente, las características o relaciones hidráulicas que definen dicho comportamiento son las curvas de relación, ya que el análisis a través de la corriente se lo hace sobre secciones irregulares y por medio de la selección de sitios representativos para posteriormente extrapolar estas condiciones a lo largo de todo el río.

Dentro de las curvas de relación los parámetros a estimar corresponden a los coeficientes y exponentes de las relaciones profundidad media Vs. Caudal y de velocidad media Vs. Caudal, tal como se muestra en la ecuación 4 y ecuación 5 del presente informe. Los valores estimados para los diferentes sitios estudiados son mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 26. Coeficientes Hidráulicos quebrada Carrizal

Sitio	H-Q		V-Q	
	A	β	a	B
Parte Alta	0.6542	0.211	1.19	0.697
Parte Baja	1.71	0.64	1.12	0.14

- Calidad de agua de Afluentes

A continuación se presentan la información concerniente a la calidad de agua de los principales afluentes o tributarios de la corriente objeto de la simulación.

Tabla 27. Calidad de agua afluentes quebrada Carrizal

Afluentes y Vertimientos	Caudal	Temp	pH	Conduct.	S. Totales	S. Disueltos	S. Suspend.	S. Suspend. Volátiles	Alcal Total	Nitratos	Amonio	P Total	NTK	OD	DBO	DQO	Coli Total	E- Coli
	LPS	°C	unid	us/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg CaCO3/l	mg N-NO3/l	mg N-NH4/l	mg PO4/l	mg N/l	mg O2/l	mg O2/l	mg O2/l	UFC/100ml	UFC/100ml
Afluente el Uro	3	13	7.56	96.7	109	99	10	0.5	38.33	1.01	0.16	0.1	0.23	6.5	2	17	1050	50
Afluente Límpano - Motilones	40	13.5	7.56	96.7	109	99	10	0.5	38.33	1.01	0.16	0.1	0.23	6.8	2	17	1050	50
Afluente Fonecas - Chuquia - Rebolledo	63	13.5	7.56	96.7	109	99	10	0.5	38.33	1.01	0.16	0.1	0.23	6.9	2	17	1050	50
afluente José Ledezma	28	14.2	7.56	96.7	109	99	10	0.5	38.33	1.01	0.16	0.1	0.23	6.9	2	17	1050	50
Afluente Alto de Ledezmas	20	14.2	7.9	116	135	125	10	5.4	56.32	1.02	0.16	0.1	0.29	6.9	2.85	20.55	1700	75
Vrto Puente Viejo (Agualongo)	0.58	14.5	7.15	228	246	157	89	68	87.03	0.2	1.01	2.45	10.9	3.5	117.5	245.5	6750000	3400000
Vrto Pamplonita	0.59	14.5	7.15	115	123	78	45	34	87.03	0.2	1.01	2.45	10.9	4.9	58.75	122.75	3375000	1700000
Vrto Principal - Casa Blanca	1.76	14.5	7.15	152	164	105	59	45	87.03	0.2	1.01	2.45	10.9	4.5	78.3	163.6	4500000	2200000
Afluente La Estancia 1	15.25	15	7.8	138	153	143	10	2.2	63.8	1.01	0.95	0.19	0.71	6.8	2	20	6500	100
Afluente La Estancia 2	15.31	15	7.8	138	153	143	10	2.2	63.8	1.01	0.95	0.19	0.71	6.8	2	20	6500	100
Colector Pablo Sexto	0.58	15.7	7.15	457	492	314	178	136	87.03	0.2	1.01	2.45	10.9	0	235	491	13500000	6800000
Colector Principal La Cruz (San Antonio 1)	5.24	15.7	7.15	457	492	314	178	136	87.03	0.2	1.01	2.45	10.9	0	235	491	13500000	6800000
Colector San Antonio 2	0.67	15.7	7.15	457	492	314	178	136	87.03	0.2	1.01	2.45	10.9	0	235	491	13500000	6800000
Colector Llano Grande	1.5	15.7	7.15	457	492	314	178	136	87.03	0.2	1.01	2.45	10.9	0	235	491	13500000	6800000
Colector La Floresta	1.95	15.7	7.15	457	492	314	178	136	87.03	0.2	1.01	2.45	10.9	0	235	491	13500000	6800000
Afluente Cañón 1	19	15.8	7.8	138	153	143	10	2.2	63.8	1.01	0.95	0.19	0.71	6.8	2	20	6500	100
Afluente Cañón 2	27	16.5	7.8	138	153	143	10	2.2	63.8	1.01	0.95	0.19	0.71	6.8	2	20	6500	100

- Calidad de agua de puntos sobre Quebrada (Datos de Calibración)

Para la calibración del modelo se utilizó información de calidad de agua de diferentes puntos distribuidos a lo largo de la corriente, ver la siguiente tabla.

Tabla 28. Calidad de agua en diferentes puntos quebrada Carrizal

Sobre Quebrada Carrizal	Caudal	Temp	pH	Conduct.	S. Totales	S. Disueltos	S. Suspend.	S. Suspend. Volátiles	Alcal Total	Nitratos	Amonio	P Total	NTK	OD	DBO	DQO	Coli Total	E- Coli
	LPS	°C	unid	us/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg CaCO3/l	mg N-NO3/l	mg N-NH4/l	mg PO4/l	mg N/l	mg O2/l	mg O2/l	mg O2/l	UFC/100ml	UFC/100ml
QC Nacimiento	1	12.9	7.5	70.4	84	80.5	3.5	0.5	17.2	0.6	0.1	0.05	0.1	6.5	2	15	500	50
QC Antes Bocatoma	135	14.2	7.62	123	134	124	10	10	59.47	1.84	0.22	0.1	0.36	6.25	2.29	20	1600	50
QC Antes Vereda La Estancia	146	14.5	8.18	110	136	126	10	0.8	53.18	0.2	0.11	0.1	0.25	6.75	3.87	21.1	1800	100
QC Después Vertimiento Principal La Estancia	155.9	14.8	7.67	139	151	141	10	3.2	66.72	1.01	0.9	0.19	0.84	6.79	7.31	32.8	100000	30000
QC Antes La Cruz	189.5	14.9	8.62	137	156	146	10	1.2	60.92	1.01	1.01	0.2	0.59	6	6.38	26.4	30000	20000
QC Antes Colector Principal La Cruz	190.03	15.7	8.67	134	148	138	10	1.6	58.02	1	0.78	0.22	0.22	6.5	6.51	27.4	115000	40000
QC Después Colector Principal La Cruz	195.31	15.7	7.6	197	201	167	34	20	63.82	3.1	0.78	0.4	2.04	5	21.6	62	1620000	1080000
QC Después La Cruz	199.5	15.8	7.57	192	205	168	37	17	52.7	5.07	0.45	0.41	4.42	5.2	28.9	46	540000	350000
QC Desembocadura a Q. Mocondino	245.75	18.9	7.84	144	180	158.4	21.6	8.4	51.73	1.47	0.67	0.37	0.73	6.1	5.75	29	70000	10000

- Constantes de Reacción

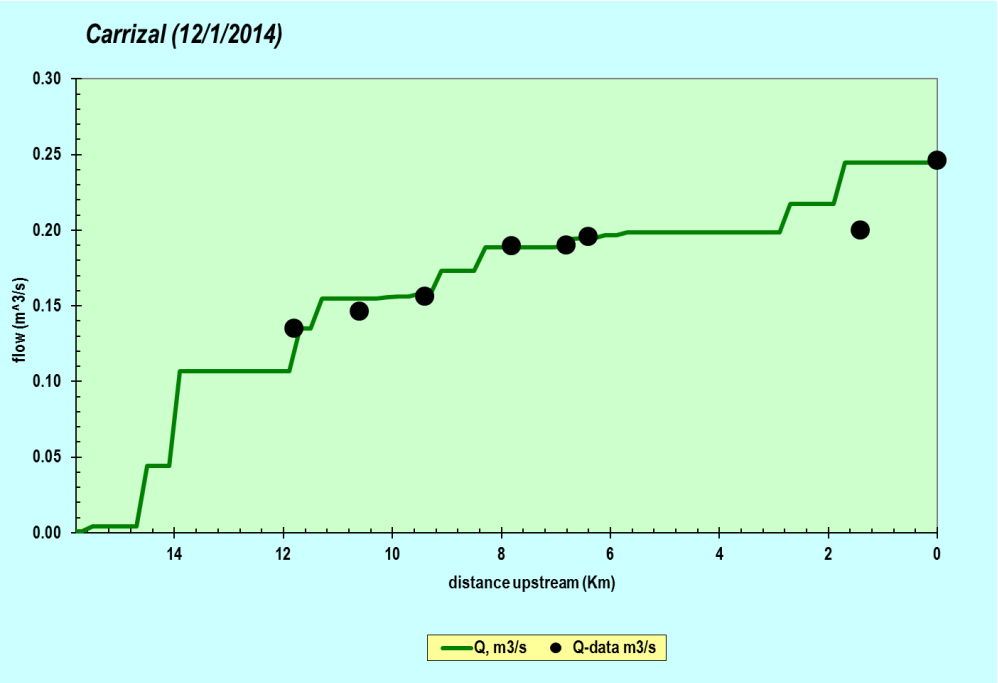
Los valores de las constantes de reacción fueron determinados mediante el proceso de ensayo y Error. En general el procedimiento consistió en hallar primero el valor de las constantes de reaireación y de degradación Carbonácea mediante comparación de las curvas establecidas por el modelo y los valores establecidos con los puntos de calibración. Posteriormente se determinó el valor de las constantes relacionadas con los diferentes estados del nitrógeno, lo cual involucra el paso del Nitrógeno Orgánico a Nitrógeno Amoniacal, este a su vez a Nitritos y Nitratos, entre otras. Los valores encontrados fueron:

Modelo de Reaireación: 20 d-1
Constante de Hidrolisis de la DBO lenta: 1d-1
Constante de Oxidación de la DBO lenta: 1 d-1
Constante de Oxidación de la DBO rápida: 2 d-1
Constante de Hidrólisis de Nitrógeno Orgánico a NH3: 1 d-1
Constante de Nitrificación: 1 d-1
Constante de Denitrificación 1 d-1
Constante de Hidrólisis de Fósforo Orgánico: 2 d-1
Constante de Disolución de Detritus: 1 d-1
Constante de Decaimiento de patógenos: 1 d-1

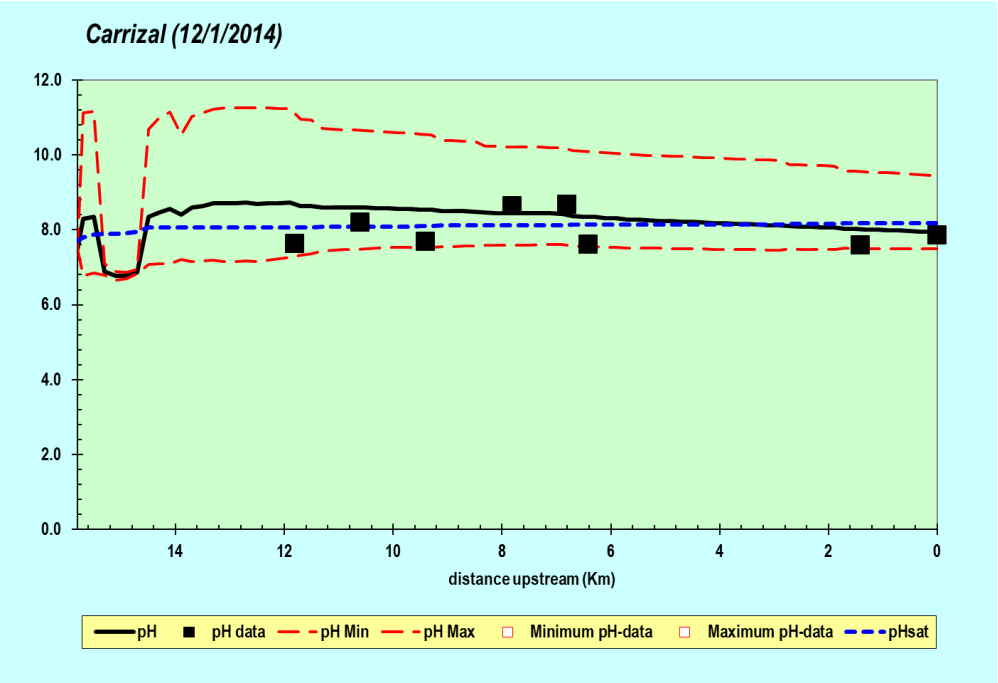
- Resultados de Calibración

A continuación en las siguientes figuras se presentan los principales resultados del proceso de calibración del modelo. Las variables presentadas son: Caudal (m3/s), pH, temperatura, sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto, materia orgánica de rápida degradación (DBO5), nitrógeno Total y Coliformes totales.

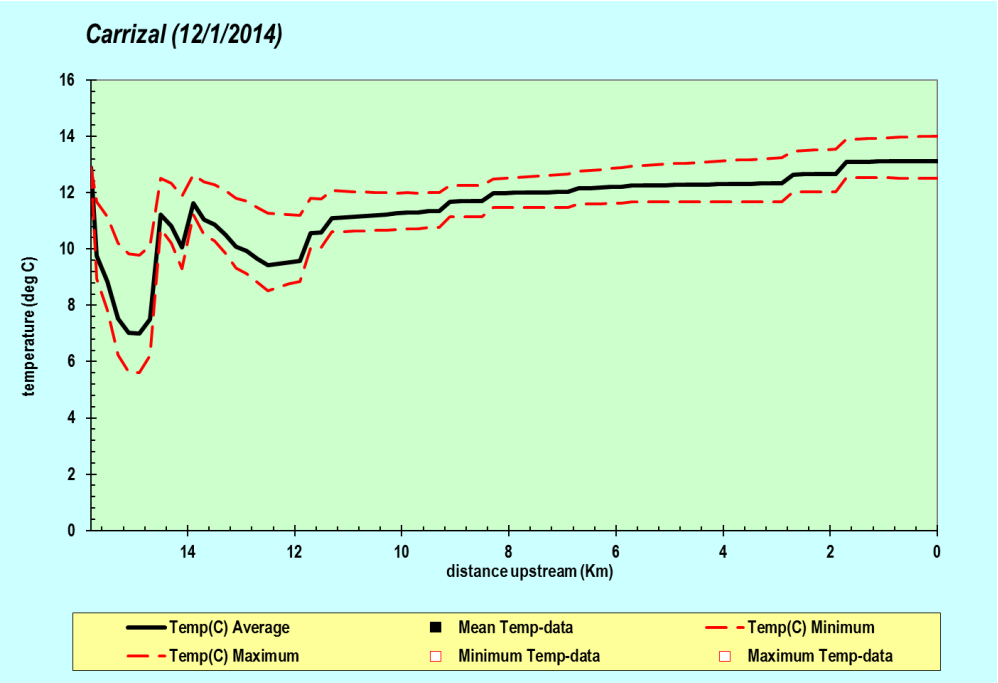
Gráfica 24. Resultado de Calibración de Caudal quebrada Carrizal- modelo Qual2Kw



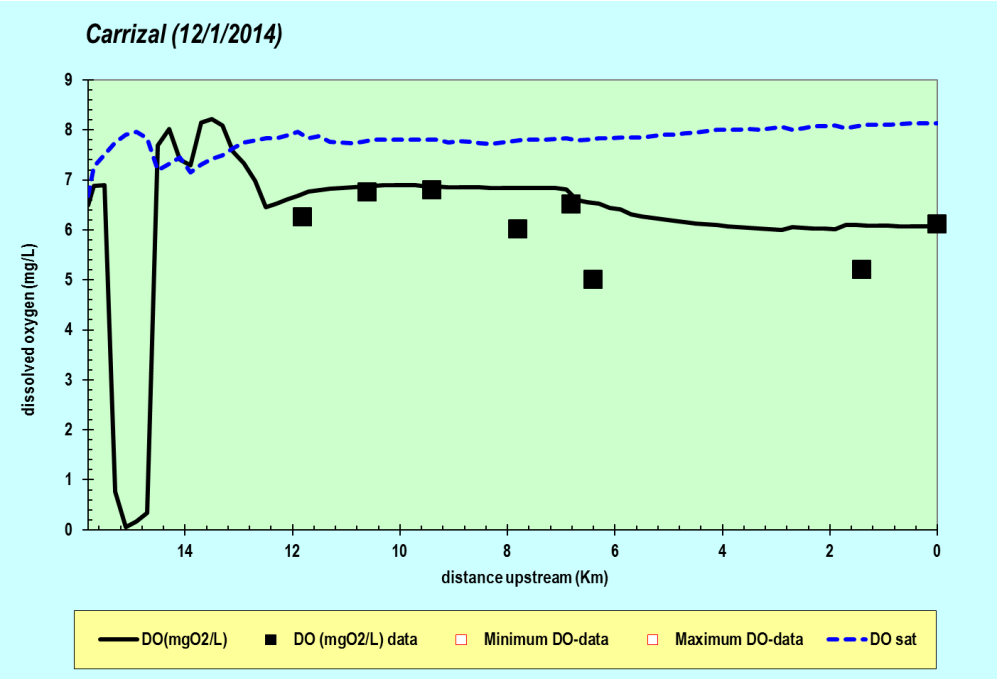
Gráfica 25. Resultado de Calibración de pH quebrada Carrizal- modelo Qual2kw



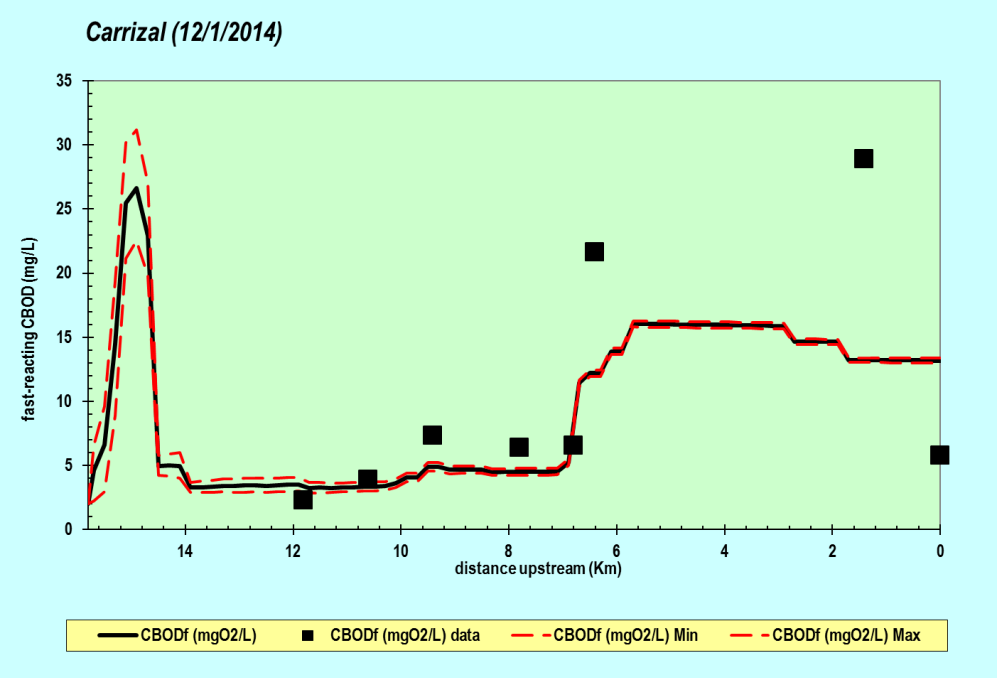
Gráfica 26. Resultado de Calibración de Temperatura quebrada Carrizal- modelo Qual2kw



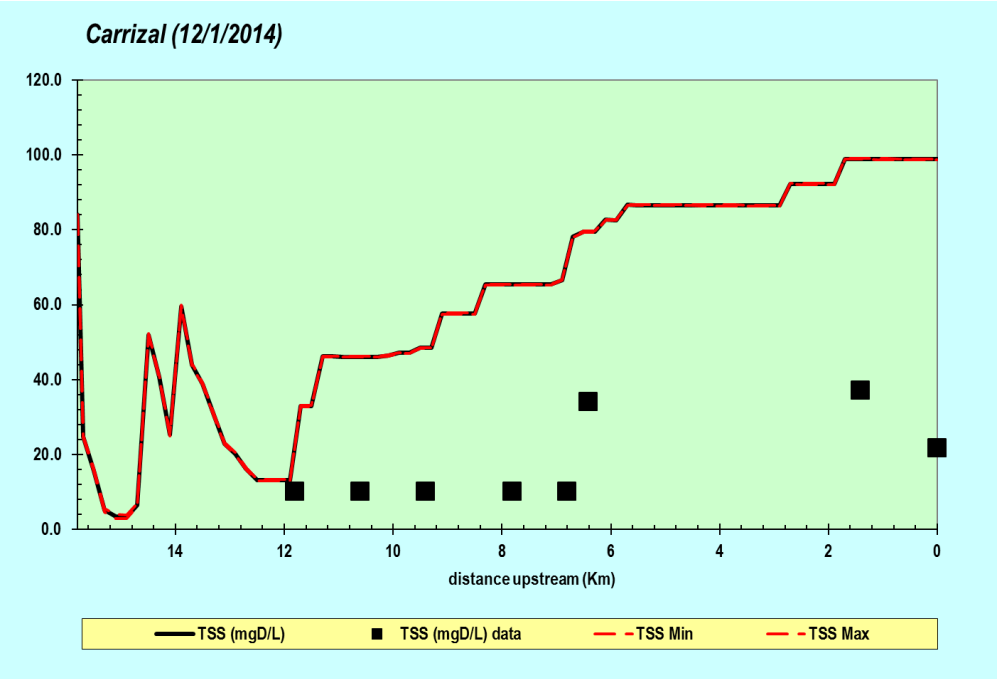
Gráfica 27. Resultado de Calibración de Oxígeno Disuelto quebrada Carrizal- modelo Qual2kw.



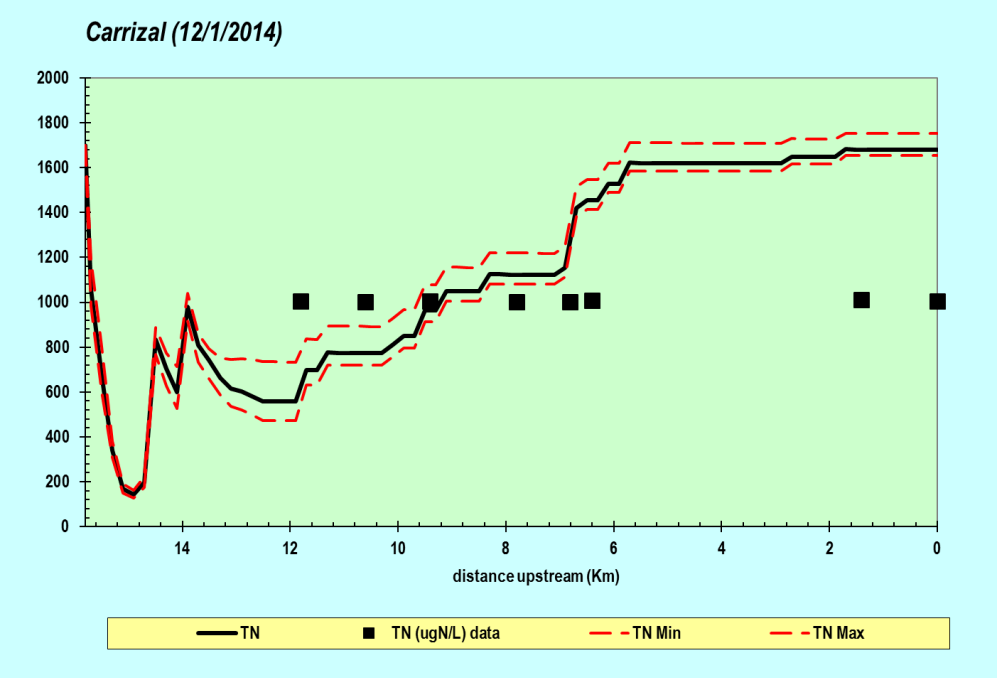
Gráfica 28. Resultado de Calibración de la materia orgánica de rápida degradación quebrada Carrizal- modelo Qual2kw



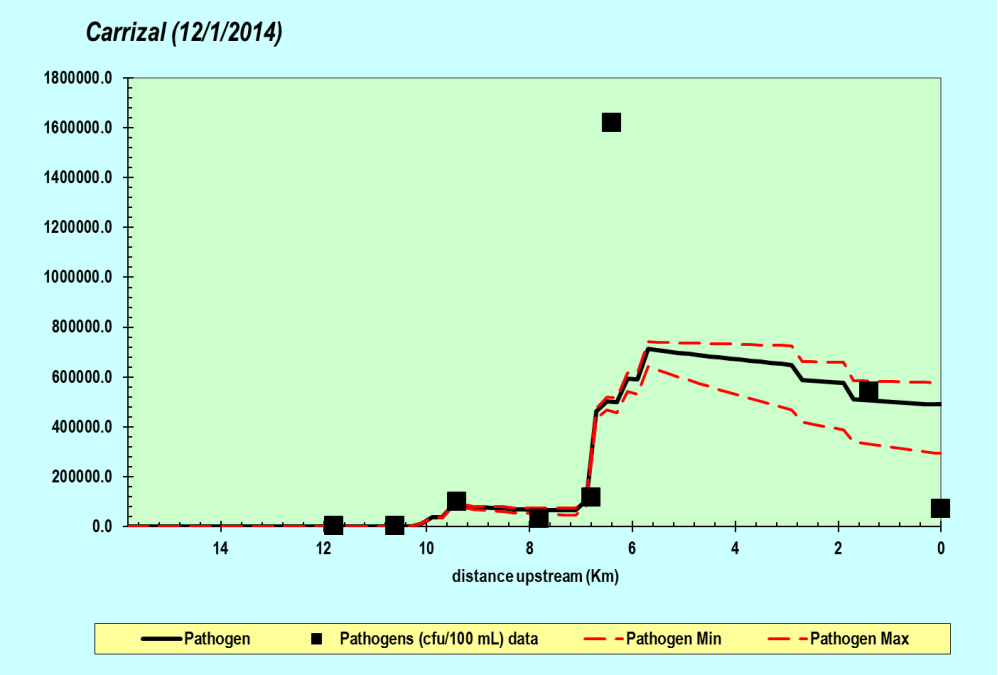
Gráfica 29. Resultado de Calibración de SST quebrada Carrizal- modelo Qual2kw



Gráfica 30. Resultado de Calibración de Nitrógeno Total quebrada Carrizal- modelo Qual2kw



Gráfica 31. Resultado de Calibración de Coliformes Totales quebrada Carrizal- modelo Qual2kw



Por razones de funcionamiento del modelo Qual2Kw, la distancia correspondiente al eje X de las gráficas se representa en orden decreciente de izquierda a derecha, siendo el número o distancia mayor el nacimiento y el número cero o distancia menor su desembocadura a la Quebrada Mocondino.

Los datos de entrada del modelo de calidad corresponden a los resultados analíticos de laboratorio correspondientes al muestreo del 9 de Septiembre de 2014, ya que por las condiciones climáticas (transición verano a invierno) es el que presentó las condiciones de calidad más críticas de cauces principales de la quebrada con relación al segundo muestreo efectuado el 29 de octubre del mismo año.

Las gráficas permiten relacionar los datos de entrada representados en puntos de color negro con la tendencia o comportamiento de calibración del modelo representado en líneas, con el fin de comparar su similitud o cercanía en cada una de las variables simuladas.

El comportamiento del pH no varía de manera significativa con relación a los datos de entrada, manteniéndose en valores cercanos al neutro.

La temperatura indica una tendencia al aumento desde su nacimiento hasta su desembocadura, a medida que en su recorrido va recibiendo las distintas descargas de aguas residuales ubicadas principalmente en la zona media- baja.

La conductividad aumenta levemente a medida que se intensifican los puntos de vertimientos de aguas residuales con un comportamiento bastante estable; sin embargo, el comportamiento del modelo muestra una tendencia por encima de los datos de entrada.

Los sólidos suspendidos totales muestran también un crecimiento en su concentración desde el nacimiento hasta la desembocadura, pero el comportamiento del modelo presenta una tendencia por encima de los datos de entrada.

Las líneas tendenciales de la materia orgánica de rápida y lenta degradación coinciden con la mayoría de los datos de entrada aunque los valores de modelación son más altos.

El comportamiento del oxígeno disuelto simulado en el modelo coincide con los datos de entrada, representando una línea bastante estable en la concentración de oxígeno disuelto a medida que se van presentando las descargas de aguas residuales debido al gran caudal del rio que le permite recuperarse rápidamente.

Las variaciones mayores entre los datos de entrada y la línea de calibración del modelo se presentan en las variables de Nitrógeno Total y Coliformes Totales. Las razones radican en que por más constantes que contemple el modelo no se pueden recrear o considerar la totalidad de situaciones de tipo técnico, climático, logístico, etc. que se presentaron en campo al momento de efectuar los muestreos y demás mediciones.

El escenario actual de calidad de la quebrada el Carrizal está caracterizado por la alteración de las condiciones y características fisicoquímicas y microbiológicas del recurso hídrico debido a la intervención antrópica representada en la existencia de vertimientos de aguas residuales de origen doméstico.

Los colectores finales del sistema de alcantarillado del casco Urbano del municipio de La Cruz, son los mayores aportantes de cargas contaminantes, considerando que el vertimiento de las aguas residuales se efectúa actualmente sin ningún tipo de tratamiento previo, a pesar de esto el impacto hacia la fuente receptora es mitigado por procesos de depuración natural que sumado al gran caudal y la topografía con altas pendientes le permite a la corriente recuperarse rápidamente.

6.7. Diagnóstico Hidrobiológico de Calidad del Agua

6.7.1. Marco Contextual

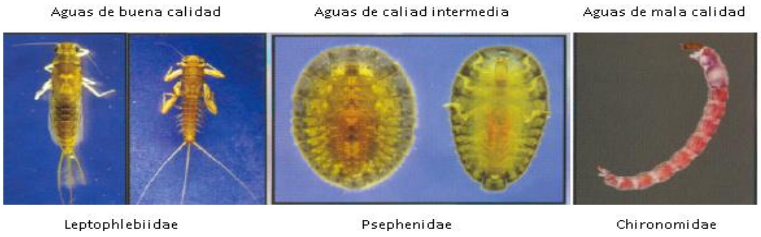
En la actualidad la mayoría de metodologías de estudio y seguimiento de la calidad de aguas están basadas casi exclusivamente en análisis fisicoquímicos que a pesar de aportar información valiosa tiene como principal desventaja el hecho de presentar resultados puntuales en el tiempo, por lo que se hace necesario la exploración e implementación de nuevas opciones (Alonso, A.2005).

El seguimiento y evaluación de una comunidad biológica puede presentarse como una alternativa, ya que su estructura funcional integra el efecto de muchos factores ambientales y, además, necesita de un tiempo más o menos prolongado para recuperarse tras sufrir una perturbación, de tal forma que una alteración de la estructura de la comunidad con respecto a las condiciones naturales, puede ser indicativa de una perturbación sufrida tiempo atrás o que aún está afectando a la comunidad y que para determinados procesos de contaminación esporádica son detectados, mejor por medio de un seguimiento biológico que fisicoquímico (Alonso, A.2005).

Con base en lo anterior y entendiendo la importancia de complementar y enriquecer los análisis desde un punto de vista biológico, la Corporación Autónoma Regional de Nariño, busca construir una visión integral del agua como recurso tanto en entidades públicas y privadas como en la comunidad en general. Para ello implementa dentro de la Formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) vigencia 2014, un criterio hidrobiológico difundido y aplicado a nivel mundial que utiliza los macroinvertebrados acuáticos (Figura 23) como indicadores de calidad a través del índice

BMWP (Biological Monitoring Working Party Score System), el cual ha demostrado eficacia en la detección de puntos de alteración y en el cartografiado de la calidad de las aguas por presentar características únicas y ventajosas frente a otros métodos tales como: tener una amplia distribución (geográfica y en diferentes tipos de ambientes), gran riqueza de especies con diversidad de respuestas a los gradientes ambientales, ser en su mayoría sedentarios, lo que permite el análisis espacial de la contaminación, poder utilizar su reacción de huida (deriva) como indicador de contaminación, tener ciclos de vida largo reflejando contaminación en el tiempo, ser muestreados de forma sencilla y barata, disponer de una taxonomía en general bien conocida a nivel de familia y género, sensibilidad bien conocida de muchos taxa a diferentes tipos de contaminación y el uso de muchas especies en estudios experimentales sobre los efectos de la contaminación (Prat, N. 2009)

Figura 23. Macroinvertebrados representativos de aguas de buena, intermedia y mala calidad.

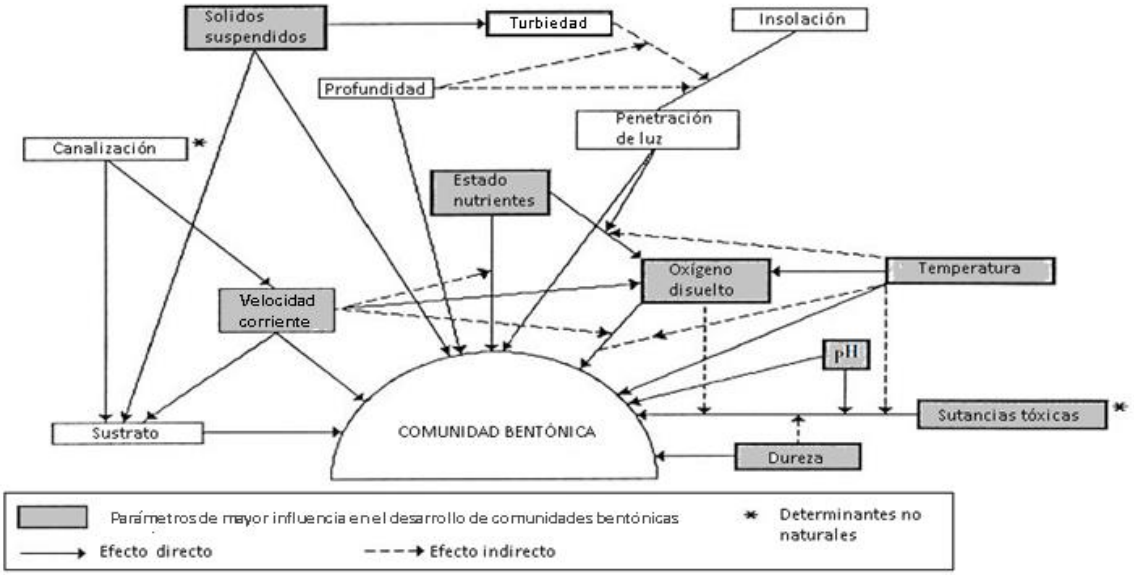


Fuente: Bioindicadores del agua, Springer M. 2007

- **Identificación y características medioambientales de la zona de estudio**

El conocimiento de las condiciones climáticas y topográficas generales de la zona de estudio es de vital importancia en evaluaciones que representan una característica de tipo biológico ya que condicionan tanto los ciclos vitales de los seres vivos, como la dinámica de sus comunidades. Los parámetros físicos y químicos que determinan el desarrollo de los organismos vivos, están relacionados entre sí de forma compleja; un ejemplo se observa en los organismos que habitan el fondo de los ecosistemas acuáticos (comunidades bentónicas), donde intervienen múltiples factores que determinan su desarrollo, algunos de los cuales se afectan con mayor intensidad por algunos parámetros, como: Sólidos suspendidos, estado de los nutrientes, velocidad de la corriente, oxigeno disuelto, temperatura, pH, dureza y sustancias tóxicas (Figura 24).

Figura 24. Relación e influencia de parámetros físicos y químicos que determinan las comunidades bentónicas de un río.



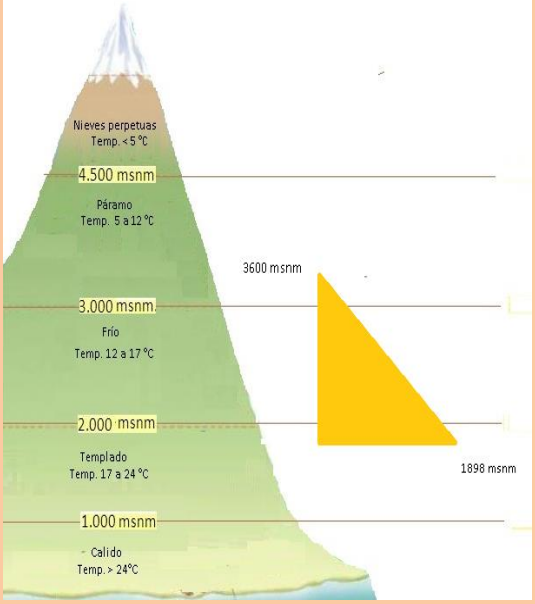
Fuente: Biological monitoring of rivers (Vol. 19). John Wiley & Sons. (2008)

Teniendo en cuenta lo anterior, en la fase de diagnóstico del PORH se realizaron salidas de campo en compañía del grupo de profesionales asignados para el desarrollo de este proceso, con el fin de identificar características de la microcuenca que permitan tener una aproximación del estado de disponibilidad del sustrato (limo, algas, tallos, hojas, etc.) con que se alimentan los macroinvertebrados, así: en relación con la cobertura vegetal (Cuadro 35), temperatura y clima en relación con los pisos térmicos y ubicación geográfica de la corriente hídrica (Cuadro 34), características físicas de la corriente (Cuadro 35) y usos del agua y afectaciones antrópicas de la microcuenca (Cuadro 36). Toda esta información se utiliza como referencia en el diseño de los muestreos ya que no solo las intervenciones antrópicas pueden hacer variar el desarrollo de las comunidades bentónicas sino los factores ambientales y climáticos de la zona como condiciones de estado natural de la corriente (Segnini, S. 2003).

Cuadro 36. Piso térmicos que atraviesa la quebrada El Carrizal y características generales del clima y temperaturas de la zona donde se ubica la microcuenca.

CARACTERISTICAS CLIMATICAS GENERALES

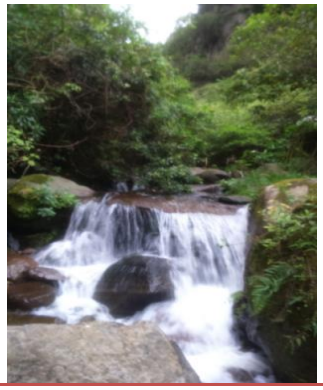
Pisos Térmicos



Situada sobre la cordillera occidental de los Andes, cercana al Parque Nacional Natural Doña Juana, nace a los 3600 msnm y desemboca después de 15.8 km de recorrido en la quebrada Mocondino a una altura de 1898 msnm. Se ubica en la región ecuatorial, caracterizada por presentar regímenes de precipitaciones, humedades relativas e intensidades lumínicas altas.
El cauce de la quebrada atraviesa tres pisos térmicos: Paramo, Frio y Templado, característica especial que determina la temperatura de cada zona:
5 a 12°C en la parte alta
12 a 17 °C en la zona media
17 a 24°C en la parte baja.

Fuente: Este estudio. CORPONARIÑO 2014

Cuadro 37. Características generales de cobertura vegetal de la ronda hídrica discriminada por zonas

CARACTERISTICAS GENERALES DE COBERTURA VEGETAL DE LA RONDA HÍDRICA		
ZONA ALTA	ZONA MEDIA	ZONA BAJA
Presencia de bosques primarios y secundarios. Nace en cercanía del Parque Nacional Natural Doña Juana.	Presencia de pastos destinados a la ganadería y cultivos agrícolas. Atraviesa el centro poblado de la vereda La Estancia y casco urbano del municipio de la Cruz.	Presencia de bosque secundario y cañón de ranura.
		

Cuadro 35. Morfología general y características físicas de la corriente

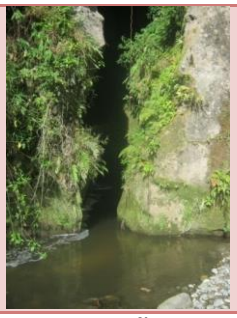
CARACTERISTICA FISICAS DE LA CORRIENTE

	Insolación	Morfología general del Cauce y características del flujo de agua.
Zona Alta	Baja. Cobertura vegetal densa.	Flujo turbulento por lecho rocoso y pendientes pronunciadas. Su ancho oscila entre 1 y 2 metros aproximadamente. Velocidad media de 0.5 m/s.
Zona Media	Luz solar directa	Flujo laminar, poca turbulencia y pendientes bajas. Su ancho oscila entre 1 y 3 metros aproximadamente. Velocidad media de 0.3 m/s.
Zona Baja	Baja. Atraviesa cañón de ranura.	Flujo turbulento, atraviesa zona de cañón, pendientes pronunciadas. Su ancho oscila entre 1 y 2 metros aproximadamente. Velocidad media de 0.4 m/s.

Fuente: Este estudio. CORPONARIÑO 2014

Cuadro 36. Usos del recurso hídrico y principales intervenciones de la corriente.

INTERVENCIONES ANTROPICAS DE LA CORRIENTE		
Zona Alta		Bocatoma acueducto municipal de La Cruz.
Zona Media		Descargas de aguas residuales domesticas vereda alto de Ledesma (60 habitantes), a través de afluente natural. Asentamiento de actividad pecuaria y agrícola sobre la ronda hídrica. Descarga de vertimientos vereda La Estancia (1553 habitantes) a través de 4 acequias. Descarga directa de las aguas residuales municipales de La Cruz (6844 habitantes).

Zona Baja		Su topografía no permite acceso al cauce de la quebrada.

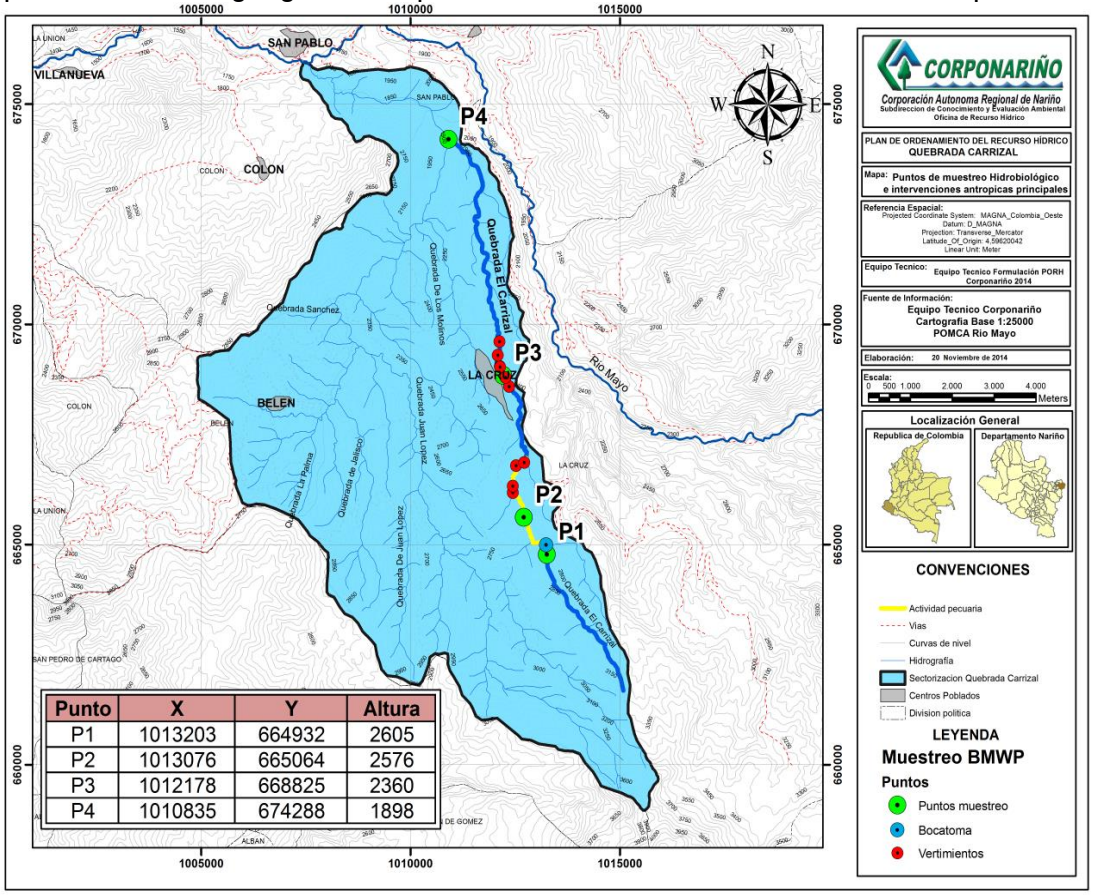
Fuente: Este estudio. CORPONARIÑO 2014

6.7.2. Metodología

- **Planificación, diseño y ejecución del muestreo**

Con referencia a las características medioambientales descritas anteriormente y de acuerdo con la información levantada en campo, se determinan los lugares para la realización de los muestreos correspondientes (Mapa 14), dando mayor importancia a los lugares donde se presenten intervenciones antrópicas (Cuadro 5).

Mapa 14. Ubicación geográfica de puntos de muestreo e intervenciones antrópicas.



Punto	X	Y	Altura
P1	1013203	664932	2605
P2	1013076	665064	2576
P3	1012178	668825	2360
P4	1010835	674288	1898

Cuadro 5 Criterios para determinar los puntos de evaluación de la calidad hidrobiológica del agua.

Puntos	Criterios para determinar los puntos de evaluación de la calidad hidrobiológica del agua	Características físicas del punto
1 **Antes bocatoma La Cruz**	Determinar la calidad del agua en la parte alta (estado natural) como referente de evaluación de los demás puntos. Conocer la calidad del agua captada en la bocatoma del municipio de La Cruz.	Aguas claras, turbulentas y sin presencia de olores. Bosque primario y secundario. Material vegetal acumulado en las orillas y rocas de gran tamaño dentro de su cauce.
2 **Antes vereda La Estancia**	Determinar la calidad del agua antes de su ingreso a los centros poblados. Evaluar la calidad del agua por el impacto del primer afluente natural contaminado por vertimientos domésticos y presencia de actividad pecuaria sobre la ronda hídrica.	Aguas claras de flujo laminar, presencia leve de olores sépticos. Pastos destinados a actividad pecuaria. Material vegetal acumulado en las orillas.
3 **Después vertimiento principal La Cruz**	Evaluar la calidad del agua por el impacto de las descargas directas de los colectores municipales de La Cruz sobre la quebrada.	Aguas turbias, turbulentas y presencia de olores sépticos fuertes. Pastos destinados a actividad pecuaria
4 **Desembocadura Quebrada Mocondino**	Evaluar la capacidad de recuperación que alcanza la quebrada en su recorrido por la zona baja.	Aguas medianamente turbias, turbulentas y presencia de olores. Material vegetal acumulado en las orillas y rocas de gran tamaño dentro de su cauce.

- **Metodología para la toma de muestras.**

En los puntos de muestreo se tomó un área no mayor a 10 veces el cuadrado del ancho del rio, en este trayecto fueron identificados los diferentes microhábitats presentes, como: hojarasca, arena, grava y piedras; de cada uno de ellos se tomaron muestras. La unidad

de esfuerzo fue de 45 minutos, se hizo captura manual con red de Surber (Figura 3). Las muestras extraídas se colocaron en una bandeja blanca y con ayuda de pinzas se extraen y trasladan los macroinvertebrados a recipientes con alcohol al 70%, rotulados con el número correspondiente de cada punto y nombre de la corriente para su posterior identificación en el laboratorio de Limnología de la Universidad de Nariño.

Figura 25. Captura de macroinvertebrados con red de Surber.

Figura 26. Esquema del proceso de recolección de macroinvertebrados bentónicos.

- **Trabajo de campo**

Se realizaron dos muestreos en el año; uno correspondiente al período seco (Septiembre 9) y otro al período lluvioso (Octubre 29), con el fin de identificar características propias de la corriente para cada temporada y establecer si existen variaciones significativas en los

parámetros hidrobiológicos que influyan en el análisis de los resultados. Registros fotográficos de las salidas de campo se pueden observar en la Cuadro 6.

Cuadro 6. Registros fotográficos de las salidas de campo correspondientes a las dos jornadas realizadas.

Jornada de muestreo septiembre 9	
Recolección macroinvertebrados sector bocatoma	Recolección de macroinvertebrados sector La Estancia
Jornada de muestreo Octubre 29	
Rotulado y preparación de muestras fisicoquímicas e hidrobiológicas sector casco urbano	Recolección de Macroinvertebrados sector La Estancia

6.7.3. Resultados

Los ejemplares colectados se identificaron en el laboratorio con la ayuda de estereoscopios y de claves taxonómicas. Los individuos fueron depositados en la colección de macroinvertebrados del Laboratorio de Limnología de la Universidad de Nariño. Se registraron los datos de Clase, Orden, familia y la puntuación del grado de

tolerancia a la contaminación reportado para el índice BMWP/Col (Roldán Pérez, G. A. 2003) para cada punto muestreado. (Cuadros 7 a 11)

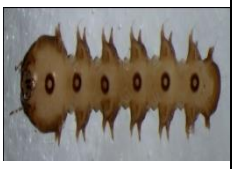
Cuadro 7. Clase, Orden, familia y puntuación del grado de tolerancia a la contaminación reportado para el índice BMWP/Col de los Macroinvertebrados para el punto 1 y registros fotográficos de laboratorio de algunas familias.

Punto 1				
Taxa				Puntaje
Id	Clase	Orden	Familia	BMWP/Col
1	Insecta	Coleoptera	Elmidae	6
2	Insecta	Coleoptera	Psephenidae	10
3	Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	6
4	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	7
5	Insecta	Diptera	Blephariceridae	10
6	Insecta	Diptera	Chironomidae	2
7	Insecta	Diptera	Tipulidae	3
8	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	7
9	Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	7
10	Insecta	Plecoptera	Perlidae	10
11	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	7
12	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	9
13	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	7
14	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	8

Clase: *Insecta*
Orden: *Coleoptera*
Familia: *Psephenidae*

Clase: *Insecta*
Orden: *Plecoptera*
Familia: *Perlidae*

Clase: *Insecta*
Orden: *Diptera*
Familia: *Tipulidae*



Clase: *Insecta*
Orden: *Diptera*
Familia: *Blephariceridae*

Cuadro 8. Clase, Orden, familia y puntuación del grado de tolerancia a la contaminación reportado para el índice BMWP/Col de los macroinvertebrados para el punto 2 y registros fotográficos de laboratorio de algunas familias.

Punto 2				
Taxa				Puntaje
Id	Clase	Orden	Familia	BMWP/Col
1	Insecta	Coleoptera	Elmidae	6
2	Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	3
3	Insecta	Coleoptera	Psephenidae	10
4	Insecta	Coleoptera	Ptilodactylidae	10
5	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	7
6	Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	6
7	Insecta	Diptera	Blephariceridae	10
8	Insecta	Diptera	Chironomidae	2
9	Insecta	Diptera	Simuliidae	8
10	Insecta	Diptera	Tipulidae	3
12	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	7
13	Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	7
14	Insecta	Plecoptera	Perlidae	10
16	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	9
17	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	7
18	Insecta	Trichoptera	Hydroptilidae	7
19	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	7

Clase: ***Turbellaria*** **Orden:** ***Tricladida*** **Familia:** ***Psephenidae***	**Clase:** ***Insecta*** **Orden:** ***Plecoptera*** **Familia:** ***Perlidae***	**Clase:** ***Insecta*** **Orden:** ***Ephemeroptera*** **Familia:** ***Baetidae***	**Clase:** ***Insecta*** **Orden:** ***Diptera*** **Familia:** **Simuliidae**

Cuadro 9. Clase, Orden, familia y puntuación del grado de tolerancia a la contaminación reportado para el índice BMWP/Col de los macroinvertebrados para el punto 3 y registro fotográficos de laboratorio de la familia identificada.

Punto 3				
Taxa				Puntaje
Id	Clase	Orden	Familia	BMWP/Col
1		Diptera	Chironomidae	2

Clase: ***Insecta***
Orden: ***Diptera***
Familia: ***Chironomidae***

Cuadro 10. Clase, Orden, familia y puntuación del grado de tolerancia a la contaminación reportado para el índice BMWP/Col de los macroinvertebrados reportados para el punto 4 y registros fotográficos de laboratorio de algunas familias.

Punto 4				
Taxa				Puntaje
Id	Clase	Orden	Familia	BMWP/Col
1	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	3
2	Insecta	Coleoptera	Gyrinidae	9
3	Insecta	Diptera	Chironomidae	2

4	Insecta	Diptera	Muscidae	2
5	Insecta	Diptera	Simuliidae	8
6	Insecta	Diptera	Tipulidae	3
8	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	7
9	Insecta	Megaloptera	Corydalidae	6
10	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	7

Clase: ***Gastropoda*** **Orden:** ***Basommatophora*** **Familia:** ***Physidae***	**Clase:** ***Insecta*** **Orden:** ***Megaloptera*** **Familia:** ***Corydalidae***	**Clase:** ***Insecta*** **Orden:** ***Coleoptera*** **Familia:** ***Gyrinidae***	**Clase:** ***Insecta*** **Orden:** ***Diptera*** **Familia:** ***Blephariceridae***

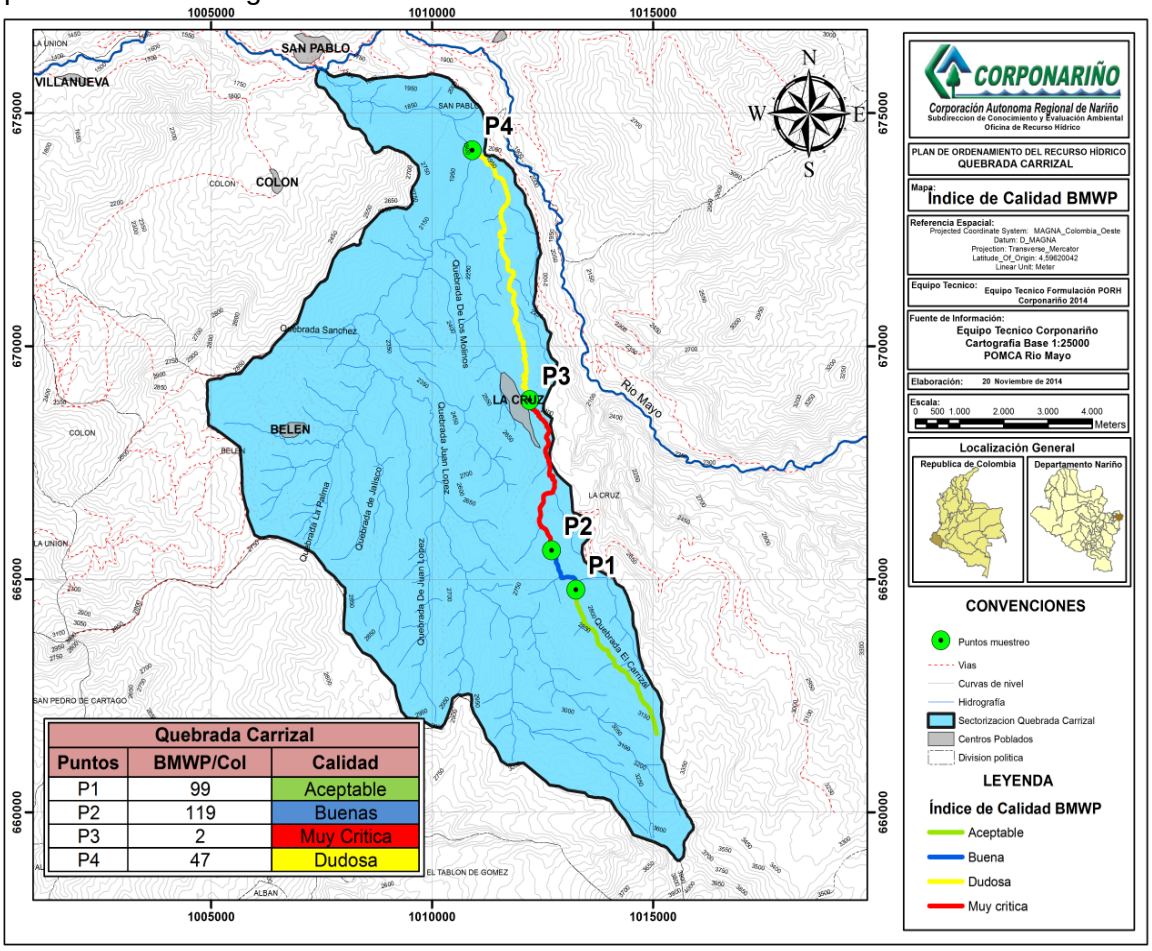
- **Índice de calidad (BMWP). Puntaje y Mapas de Calidad**

El cálculo del índice BMWP/Col se realizó sumando los puntajes del grado de tolerancia de las familias de macroinvertebrados encontrados en cada punto. La clasificación, significado y colores para representaciones cartográficas (Mapa 2) se basan en la Cuadro 11, tomada de Roldán Pérez, G. A. (2003).

Cuadro 11. Clases de calidad de agua, valores BMWP/Col, significado y colores para representaciones cartográficas. (Roldan 2003).

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Significado	Color
I	Buena	>150	Aguas muy limpias	
		101-120	Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	61-100	Ligeramente contaminadas: Se evidencian efectos de contaminación	
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	
V	Muy Critica	<15	Aguas fuertemente contaminadas, situación critica	

Mapa 15. Cartografía de calidad del agua Puntaje BMWP/col, calidad de agua y color para representación cartográfica de cada tramo.



Cuadro 12. Clase, calidad de agua, valores BMWP/Col y significado de resultados hidrobiológicos para la quebrada El Carrizal. (Roldan 2003).

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Significado
II	Aceptable	99	Ligeramente contaminadas: Se evidencian efectos de contaminación
I	Buenas	119	Aguas no contaminadas
V	Muy Critica	2	Aguas fuertemente contaminadas, situación critica
III	Dudosa	47	Aguas moderadamente contaminadas

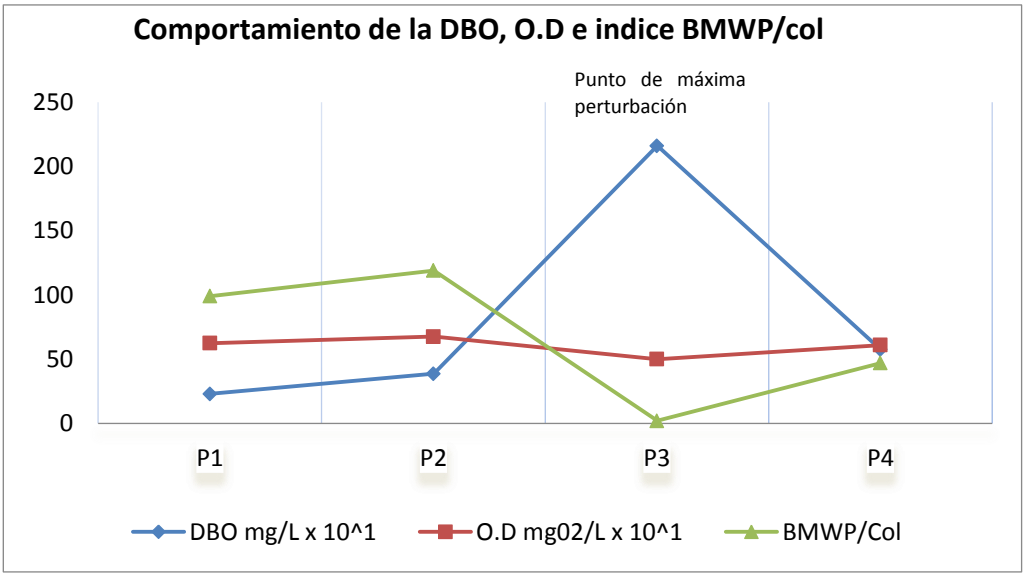
6.7.4. Evaluación de Resultados

De acuerdo con lo planteado en la etapa de diseño del muestreo donde se identifican las principales intervenciones antrópicas, se realiza un análisis de los parámetros hidrobiológicos y fisicoquímicos (Tabla 13) en cada punto con el fin de evaluar el impacto que tienen sobre la calidad del agua.

Tabla 13. Parámetros fisicoquímicos del agua en los puntos de muestreo hidrobiológico.

Parámetros fisicoquímicos del agua en los puntos de muestreo hidrobiológico.									
Puntos	**Dureza mg CaCO3/l**	**pH**	**Sólidos**	**Coliformes totales UFC/100 ml**	**E.Coli UFC/100ml**	**DBO mg/L**	**DQO mg/L**	**O.D mg02/L**	**O.D mg02/L Saturación**
1	45	7.62		1600	50	2.29	<20	6.25	7.36
2	37	8.18		1800	100	3.87	21.1	6.75	7.4
3	52	7.6		1620000	1080000	21.6	62	5	7.43
4	47	7.84		70000	10000	5.75	29	6.1	7.46

Grafica 1. Comportamiento del índice BMWP/col, DBO, O.D y punto de mayor perturbación de los parámetros fisicoquímicos e hidrobiológicos.



Punto 1. Antes de bocatoma La Cruz

Los análisis de calidad hidrobiológica muestran que el agua está en excelentes condiciones, una población considerable de *Glossosomatidae* (Figura 5) familia indicadora de aguas de buena calidad (Roldan 1998) confirma los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos. Para ambos casos las puntuaciones fueron altas, 82.21 Y 99 ICA Y BMWP respectivamente, clasificando el agua como buena. La excelente calidad del agua en este punto se puede explicar por la poca intervención antrópica y la conservación de las condiciones naturales de bosque primario en su ronda hídrica.

Figura 5.Hábitat natural de la familia *Glossosomatidae*..Muestra recolectada en el sector Antes Bocatoma La Cruz.

Punto 2. Antes Vereda La Estancia

Debido al impacto del primer afluente natural contaminado por vertimientos domésticos y la presencia de actividad pecuaria sobre la ronda hídrica, se esperaba encontrar un decrecimiento significativo en la calidad del agua, sin embargo, los resultados hidrobiológicos muestran que las condiciones del agua son buenas y muy similares a las del primer punto no solo en su puntaje sino porque en los dos puntos hay presencia de las familias *Psephenidae, Blephariceridae, Perlidae* indicadoras de aguas oligotróficas de excelente calidad (Roldan 2003). Por el contario, los análisis fisicoquímicos si reflejan cambios leves en las condiciones de calidad del agua, aumentos en la DBO, DQO, pH y Coliformes totales y fecales demuestran que en este punto ya se presentan focos de contaminación. Esto demuestra que el método de evaluación biológica en este caso no es capaz de detectar cambios leves en las condiciones fisicoquímicas del agua.

Punto 3. Después del vertimiento La Cruz.

En contraste con el punto dos, el impacto que tienen los vertimientos directos de las aguas residuales del municipio de La Cruz sobre la quebrada son los más fuertes de todos los evaluados en la corriente (Grafica 1), perturbando fuertemente el desarrollo natural de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos. Un puntaje de 2 en el índice BMWP/Col y la presencia solitaria de la familia *Chironomidae* indica la fuerte contaminación de las aguas (Oscoz, J 2011) y las clasifica en un nivel de calidad de Muy Crítico. Estos resultados son congruentes con los reportados por los análisis fisicoquímicos donde los valores de DBO, DQO y Coliformes totales y fecales se incrementan significativamente ubicándola en una condición de calidad mala. El decrecimiento en un 26% del oxigeno disuelto y el aumento en los S.S respecto al punto anterior pueden afectar e interferir los mecanismos de respiración desarrollados por los macroinvertebrados bentónicos, explicando la baja diversidad en las familias encontradas y la proliferación desproporcionada de Chironomidae adaptada a este tipo de condiciones.

Punto 4.Desembocadura quebrada Mocondino.

La capacidad de recuperación que alcanza el agua en este punto es considerable ya que la puntuación BMWP/Col pasa de 2 a 46 y la diversidad de familias encontradas de 1 a 10 respecto al punto anterior, clasificándola en calidad dudosa. Los análisis fisicoquímicos confirman los resultados hidrobiológicos ya que la DBO, DQO y Coliformes totales y fecales decrecen y el oxigeno disuelto se incrementa en un 22% condición muy cercana a la que se tenía en el punto 2. La topografía de pendientes pronunciadas que atraviesa la quebrada y el efecto de dilución por la entrada de afluentes naturales limpios en el tramo final produce un efecto de recuperación en la calidad del agua por reaireación y procesos naturales de asimilación

- **Análisis general de calidad del agua quebrada El Carrizal**

El contraste de los índices de calidad del agua ICA y BMWP/Col ofrece una visión del estado de la calidad del agua en toda la corriente, de su análisis se visualiza como los dos índices describen de manera similar una pérdida progresiva en la calidad del agua hasta el punto 3, y una recuperación significativa en el punto 4 (Grafica 2). Esta característica particular permite observar un grado de asociación fuerte en el comportamiento que tienen estos dos índices.

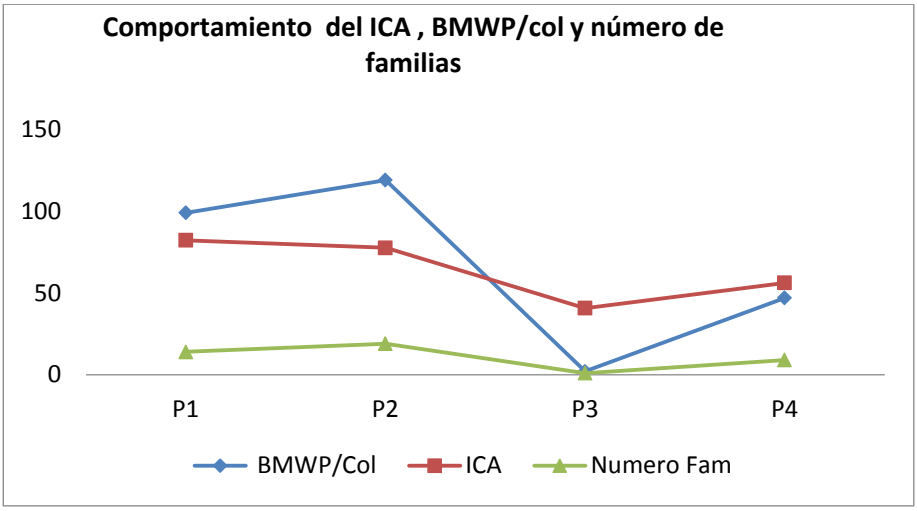
Cuadro 14. Puntajes y clasificación cualitativa de los índices de calidad del agua fisicoquímica ICA e hidrobiológica BMWP/Col en cada punto de muestreo.

Puntos	ICA		BMWP/Col	
	Cuantitativo	Cualitativo	Cuantitativo	Cualitativo
1 Antes Bocatoma	82.21	Buena	99	Aceptable
2 Antes Vereda La Estancia	77.58	Buena	119	Buenas
3 Después Vertimientos La Cruz	40.65	Mala	2	Muy Critica
4 Desembocadura Q. Mocondino	56.13	Regular	47	Dudosa

De igual manera se encuentra que aunque parámetros fisicoquímicos como el pH entre 7.6 y 8.18 unidades, las saturaciones de oxígeno entre 67 % y 91 % y la dureza entre 37 y 52 mg CaCO3/l están dentro de los intervalos normales y no representan condiciones desfavorables para el establecimiento de la biota acuática, el número de familias de macroinvertebrados bentónicos por punto si varia y exhibe un comportamiento similar al de los índices de calidad ICA y BMWP/Col (Grafica 2). Esta situación demuestra que si

bien, los parámetros fisicoquímicos más influyentes en el desarrollo de la vida acuática están dentro de los intervalos normales, el deterioro del hábitat implica pérdidas en la diversidad de los organismos que naturalmente lo habitan (Segnini, S. 2003), que para el caso de los macroinvertebrados bentónicos, significa cambios en las fuentes de sustrato (Mancilla, G.2009) y cambios intempestivos de las condiciones fisicoquímicas y biológicas de la corriente.

Grafica 2. Comportamiento del ICA, BMWP/col y número de familias



En la quebrada El Carrizal el comportamiento en los índices de calidad ICA y BMWP/Col permiten visualizar estas dos condiciones claramente (Grafica 2), donde a partir del punto 1 (antes bocatoma La Cruz) las condiciones naturales de bosque primario presentes en la ronda hídrica son reemplazados por pastos, contribuyendo en el deterioro de la calidad del agua y en el punto 3 (Después vertimiento principal La Cruz) las condiciones fisicoquímicas del agua son perturbadas intempestivamente desencadenando graves afectaciones a nivel biótico.

6.7.5. Discusión y Conclusiones

En general, se observa que el diseño en la ubicación de los puntos permitió hacer una buena descripción de las afectaciones a la calidad hidrobiológica del agua de la quebrada El Carrizal, porque contempla las diferentes condiciones en las que se puede encontrar y las causas que la generan, de tal manera que pueda identificarse adecuadamente las situaciones y soportar el planteamiento de estrategias o alternativas para su mejoramiento. Así mismo, se considera importante la evaluación diagnóstica de la calidad del agua a través de los índices hidrobiológicos y fisicoquímicos, BMWP/Col e ICA respectivamente, ya que aportan mayores niveles de confiabilidad.

Por otra parte, el índice BMWP/Col utilizado para este estudio puede representar una buena aproximación del estado ecológico de la quebrada porque refleja la diversidad de macroinvertebrados, constituyéndose en referente para posteriores análisis.

La presencia y diversidad de macroinvertebrados reportada para el primer punto (14 familias), donde se conservan las condiciones naturales y en los puntos donde el agua es fuertemente perturbada por fuentes contaminantes, el número de familias disminuye; este hecho se convierte en evidencias de que son las intervenciones antrópicas y no una condición natural de la quebrada la responsable de las alteraciones en las comunidades bentónicas.

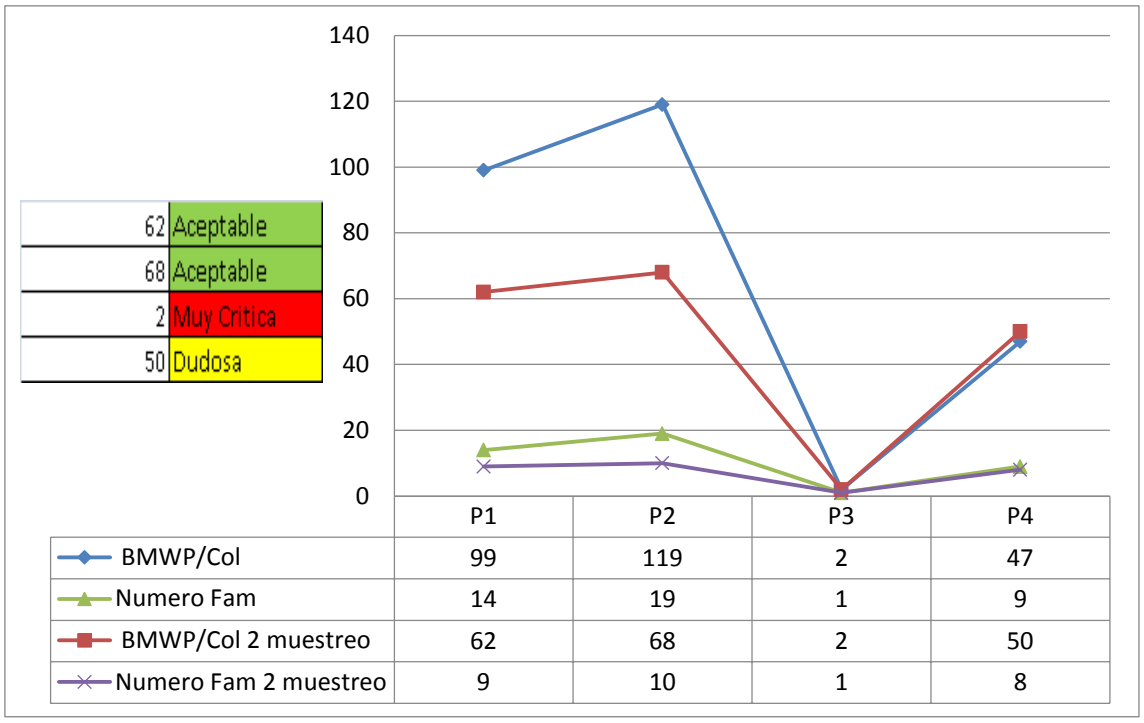
De acuerdo con la evaluación de resultados hidrobiológicos y de algunos parámetros fisicoquímicos la quebrada en su zona alta no presenta afectaciones considerables a la calidad del agua entregándola en excelentes condiciones a la bocatoma del municipio de La Cruz.

La actividad pecuaria que se asienta después de la bocatoma, aunque no es muy extensa, genera una pérdida gradual en la de calidad del agua por la afectación de la ronda hídrica de la quebrada El Carrizal, en la que se reemplaza la vegetación natural por pastos, los sistemas que controlan el paso del ganado al cauce son insuficientes y que se agrava cuando ingresa al centro poblado de la vereda la Estancia donde en su recorrido recibe las descargas de las aguas residuales de los 1500 pobladores de esta zona, por lo que se sugiere buscar alternativas que den solución a esta problemática por presentar diversivas actividades humanas cerca a su cauce.

El escaso ingreso de afluentes naturales hasta el punto 3 sector Vertimientos La Cruz generan unas condiciones físicas en la corriente (caudal 130 LPS y velocidad 0.3 m/s) que no son capaces de asimilar las cargas generadas en el 80% de las aguas residuales del municipio de La Cruz. Por estas razones es la zona donde se presenta el mayor deterioro en la calidad del agua y afectación a las condiciones naturales de la ronda hídrica, por lo que las acciones que se adelanten para la recuperación de la quebrada en este tramo son de suma importancia ya que a partir de este punto la quebrada no es intervenida ni aprovechada por la difícil topografía y tiene que recorrer 5 km antes de desembocar en la quebrada Mocondino lo que le permitiría entregar aguas de mejor calidad que las reportadas para el último punto(Punto 4).

6.7.6. Resultados Hidrobiológicos segunda jornada de muestreos

A continuación se presenta en la Grafica 3 los resultados de los puntajes del índice BMWP/Col correspondientes a la segunda jornada de muestreos y su contraste con los obtenidos durante la primera jornada en los cuatro puntos evaluados. Los reportes de las familias encontradas en cada punto se encuentran como documentos anexos del PORH.



	P1	P2	P3	P4
BMWP/Col	99	119	2	47
Numero Fam	14	19	1	9
BMWP/Col 2 muestreo	62	68	2	50
Numero Fam 2 muestreo	9	10	1	8

Grafica 3. Valores de puntajes BMWP/col y número de familias para primera y segunda jornada de muestreos para cada punto. Clasificación de calidad de acuerdo al puntaje del índice BMWP/Col segunda jornada de muestreos.

Los segundos resultados hidrobiológicos permiten observar un comportamiento general muy similar al obtenido con los resultados de la primera jornada a excepción de los puntos 2 y 3 donde los puntajes se distancian pero la condición de calidad del agua sigue siendo buena.

Las disminución en los puntajes pueden estar relacionados con la época de lluvias en las que se tomó la muestra de la segunda jornada ya que por efecto de las fuerzas hidráulicas que se producen cuando hay crecidas repentinas de caudal los macroinvertebrados pueden verse alterados por efectos de arrastre.

Se sugiere realizar muestreos periódicos que permitan obtener series de datos a través de los cuales se pueda con bases estadísticas establecer si los cambios presentados varían significativamente.

6.8. Estado Actual Prestador de Servicios Públicos

En el Municipio de La Cruz la entidad encargada de prestar el servicio de acueducto y alcantarillado es EMPOCRUZ E.S.P. Fue creada mediante acuerdo No 002 de diciembre de 1997, expedido por el Honorable Consejo Municipal de La Cruz y reestructurado mediante Decreto No 078 de diciembre 10 de 2003, el NIT de la empresa es 800099098-9 y se encuentra ubicada en la calle sexta con carrera 8ª, en el casco urbano del Municipio.

El nivel central: Compuesto por la Junta Directiva, la Gerencia y las dependencias de apoyo a las mismas, cuyas responsabilidades son: la orientación general de la institución, la formulación de objetivos y políticas, la planeación, el presupuesto y el control corporativo, la ejecución de los procesos centralizados de carácter administrativo y técnico y el apoyo administrativo y técnico a las administraciones locales.

El nivel local: Compuesto por un (1) gerente, (1) comité de gerencia, un (1) jefe del grupo operativo, un (1) secretario, pagador recaudador, y un (1) Jefe financiero y contable responsables de:

- La operación directa de los sistemas de agua potable en el municipio
- La atención eventual de los sistemas de alcantarillado en el municipio.
- Los procesos administrativos locales para garantizar una atención adecuada y oportuna.

La Empresa tiene como objeto principal la prestación eficiente de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, esto referido a la producción, distribución y comercialización domiciliaria o en bloque de agua potable, recolección, transporte y disposición final de las aguas residuales servidas, el recaudo de la tarifa de aseo de la zona urbana, de conformidad con los artículos 14.22, 14.23, 114.28 de la Ley 142 de 1994 y las normas que reglamenten, adicionen o sustituyan.

6.8.1. Servicios que Presta la Empresa

Los servicios que presta la empresa EMPOCRUZ son de acueducto, alcantarillado y aseo. El porcentaje de cobertura para el servicio de Acueducto es del 95%, para alcantarillado es del 98% y para el servicio de Aseo es del 100%

El casco urbano del municipio cuenta con 3 estratos residenciales y un rango especial contemplando la parte institucional, oficial y comercial.

Suscriptores por Uso y Servicio

Uso	Acueducto	Alcantarillado	Aseo
Residencial - Estrato 1	537	590	602
Residencial - Estrato 2	866	855	818
Residencial - Estrato 3	193	196	196
Comercial	29	29	27
Oficial	19	19	19

Fuente: EMPOCRUZ Febrero 2014

6.8.2. Tarifas

Las tarifas que se presentan en el municipio son de cargo fijo, ya que no existe micromedición.

Costos Por Uso y Servicio

Uso	Acueducto Cargo Fijo $	Alcantarillado Cargo Fijo $	Aseo Cargo Fijo $	Subsidios Cargo Fijo $
Residencial - Estrato 1	4016,72	3301,88	2878,23	2030
Residencial - Estrato 2	7490,64	6157,56	5367,51	1990
Residencial - Estrato 3	9227,60	7585,40	6612,15	1010
Comercial	15415,00	12671,00	8843,00	-
Oficial	22146,00	18204,00	12262,00	-

Fuente: EMPOCRUZ Tarifas 2014

6.8.3. Infraestructura

El sistema de acueducto que abastece la cabecera del Municipio de La Cruz, tiene su origen de la fuente hídrica conocida como Quebrada El Carrizal. La concesión del recurso hídrico sobre la fuente fue otorgada por Corponariño mediante Resolución 495 del 31 de Octubre de 2008 para un caudal de 30 L/s lo cual representa el 25% del caudal aforado; el número del expediente es el 357 y se encuentra activo actualmente.

La Quebrada el Carrizal surte a la planta de tratamiento de agua que opera por el sistema de potabilización convencional es decir, con áreas destinadas a la floculación y posterior decantación, acciones que se realizan por la adición de medios químicos, principalmente Sulfato de aluminio ($ALSO_4$:) y Cloro (Cl^-) en cantidades de 60 kg/día y 3.5 kg/día respectivamente.

Este sistema de acueducto consta de las siguientes infraestructuras:

- Bocatoma. Ocupa un área de 3.25 m², es una estructura de fondo cuya rejilla cubre la totalidad del vertedero y está construida en concreto armado; La rejilla está compuesta por barras metálicas lizas, en mal estado de conservación, su número es de 64 unidades y colocadas a una distancia de 1.2 cm, unidas por medio de un ángulo para formar la tapa de la rejilla la cual puede ser levantada para realizar su limpieza.

- Desarenador. Tanque de concreto con tuberías de aireación y dos compuertas para su inspección. Se encuentra en buen estado de conservación contra la corrosión e infiltración.

- Conducción. Se realiza por medio de dos tipos de tubería, constituidas en asbesto cemento y PVC; sus diámetros son de 6" para una capacidad de conducción de 47 LPS.

- Planta de Tratamiento. Esta infraestructura se encuentra localizada en el barrio Belén y cumple con las funciones de filtración, floculación, decantación, potabilización y distribución de los volúmenes de agua necesarios para el consumo de los habitantes asentados en el caso urbano del municipio. Sus componentes son:

Componentes Planta de Tratamiento EMPOCRUZ E.S.P.

Tanques de floculación	

Tanque de agua tratada (con capacidad de 1000 m^3)	
Tanque de cloración	
2 Tanques de almacenamiento de agua potable (con capacidad para 570 m^3, para ser distribuidos a la población)	

Fuente. Este Proyecto, CORPONARIÑO 2014

Y por último, la red de distribución o conducción de agua, realizada por medio de tubería en PVC de 6”, 4”, 3”, 2” y 1” para la conformación de mallas en el casco urbano y de esta manera estimar que el 98% de los habitantes disponen del servicio de acueducto.

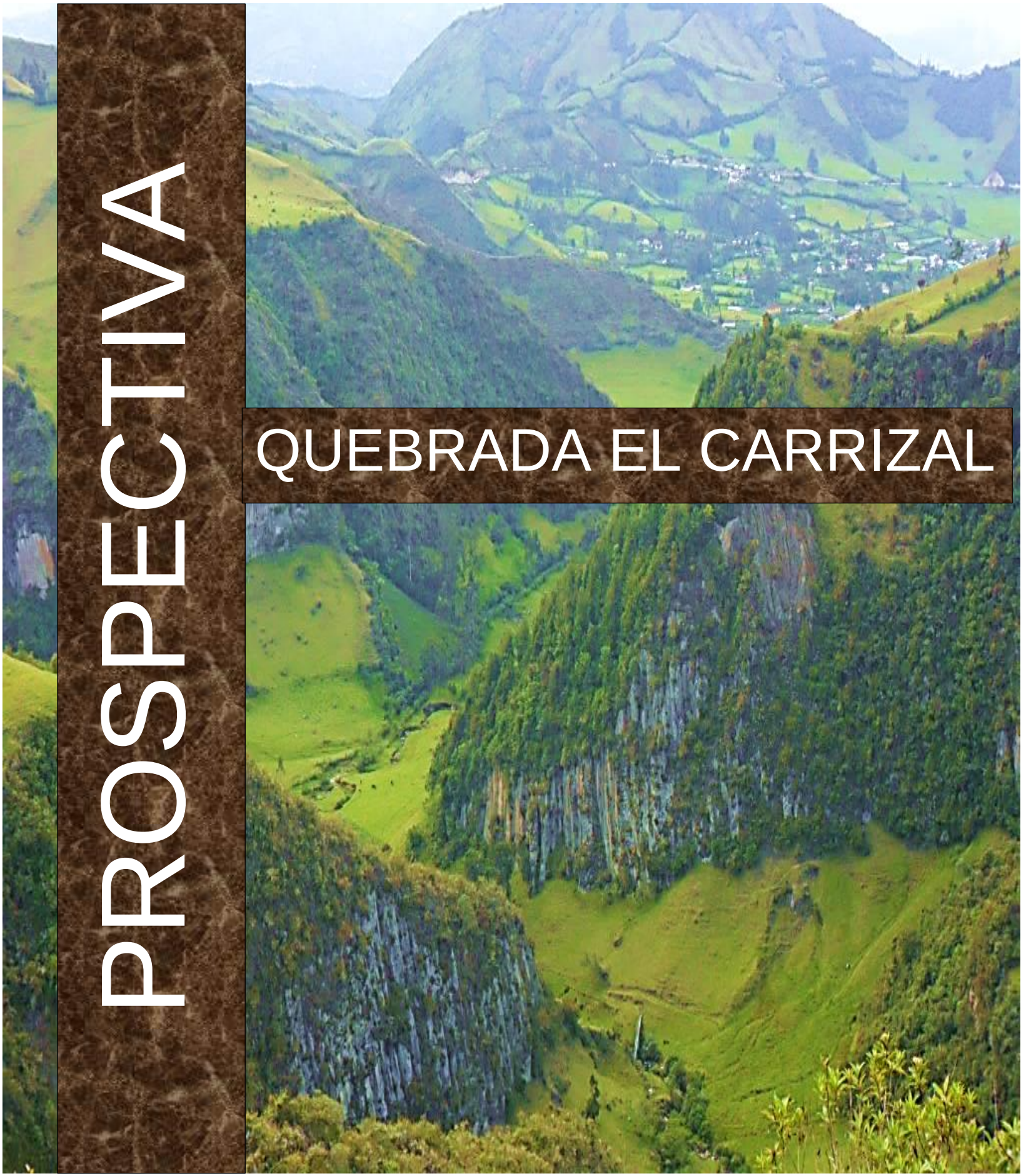
La planta de tratamiento de agua potable fue construida hace 60 años aproximadamente, sobrepasando toda expectativa de período útil, ante lo cual fue necesario habilitar áreas dentro de su infraestructura destinadas a la implantación de un laboratorio para realizar análisis fisicoquímico y bacteriológico que propenda por el seguimiento al control de calidad del agua.

Instalaciones Laboratorio Control de Calidad EMPOCRUZ E.S.P.

Fuente. Este Proyecto, CORPONARIÑO 2014

6.8.4. Fortalecimiento Institucional

Actualmente EMPOCRUZ E.S.P. celebra un convenio de fortalecimiento institucional con el Sistema General de Participaciones (SGP) por un valor de $ 159’000.000 anuales, de los cuales el 2% se dirigen al servicio de acueducto y el 98% al servicio de Aseo, considerando que la disposición final de las basuras del casco urbano se realiza bajo convenio en el Relleno Sanitario Antanas – EMAS Pasto S.A. E.S.P. en el municipio de Pasto, por lo que el transporte y la disposición final representan altos costos para la empresa; aproximadamente se invierten ocho millones de pesos ($8’000.000) en transporte y cuatro millones de pesos (4’000.000) mensuales para la disposición final, es decir, 144’000.000 millones anuales.



PROSPECTIVA

QUEBRADA EL CARRIZAL

7. PROSPECTIVA

Con base en el Diagnóstico que permitió establecer la situación actual de calidad y cantidad del Cauce Principal de la Quebrada el Carrizal enfocada desde aspectos socioeconómicos, técnicos y ambientales, la Prospectiva está encaminada a la generación de escenarios factibles que accedan a recuperar las condiciones de calidad adecuadas e idóneas de la corriente superficial tanto para los usos actuales y potenciales demandados por la comunidad así como para la conservación de los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies.

La generación de escenarios prospecticos consiste en la división o segmentación del Cauce principal de la corriente hídrica objeto de ordenamiento, en tramos que se definen de acuerdo a los usos actuales y potenciales determinados en la etapa diagnóstica, los cuales están regidos por unos criterios de calidad del recurso hídrico estipulados por la Normatividad Ambiental Vigente de carácter nacional. Una vez definidos los tramos, se corre el modelo de calidad simulando unas condiciones de tratamiento y remoción de cargas contaminantes sobre las entradas o descargas de aguas residuales, hasta niveles o porcentajes óptimos que permitan reestablecer y mantener la calidad del agua del cauce principal de la quebrada el Carrizal, para la satisfacción de los usos identificados y determinados.

Como resultado se estos procesos, la fase prospectiva entrega como producto final el escenario elegido para la planificación del recurso, el cual esta soportado técnicamente en los resultados de la fase de diagnóstico y validado a través del desarrollo del componente social.

7.1. Análisis Social

Basado en el Diagnostico Social Participativo desarrollado con los actores del proceso, a continuación se analizan cuáles son las necesidades e intereses, posibles soluciones y escenarios factibles a corto, mediano y largo plazo para la recuperación en cuanto a calidad y cantidad de la quebrada Carrizal.

7.1.1. Necesidades e Intereses de la Comunidad

- Necesidades de la comunidad: Agua potable en buena calidad y cantidad, Construcción y ampliación del alcantarillado, Agua para el uso exclusivo de ganadería y agricultura, Reforestación para protección de los nacimientos de agua y ronda hídrica, Generar conciencia del cuidado del agua, Gestión y mayor participación de las autoridades civiles, ambientales y policiacas para el cuidado de los recursos naturales, Sistemas de tratamiento de aguas residuales para viviendas, Mayor control en las licencias y permisos ambientales, Medidas de sanción a industrias y personas que contaminen el agua.

- Intereses de la comunidad: Descontaminación desde el sitio de nacimiento de la quebrada, Reforestación en las riveras de la quebrada, Formular y ejecutar proyectos de saneamiento Básico, Construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, Crear actividades que generen empleo y al mismo tiempo proteger la quebrada.

7.1.2. Acciones por parte de los actores involucrados

Alcaldía Municipal de la Cruz*:*
- Planificación e implementación del Sistema de alcantarillado
- Inversión para la recuperación del recurso hídrico
- Construcción de acueductos para las veredas que no tiene agua
- Inversión en sistemas de tratamiento, pozos sépticos.

Autoridad Ambiental CORPONARIÑO:
- Implementar el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de la quebrada Carrizal.
- Contribuir al desarrollo sostenible de la región
- Adelantar gestiones para la descontaminación de la quebrada y mejoramiento del medio ambiente

Institución educativa Municipal:
- Elaborar y ejecutar el proyecto de educación ambiental PRAE, enfocado a la recuperación de la quebrada Carrizal.
- Fomentar la educación ambiental a la comunidad educativa.

Comunidad:
- Organización de la Comunidad en cada sector para el cuidado y mantenimiento de la quebrada*.*
- Participación comunitaria.
- Gestión para el desarrollo de actividades de educación ambiental ante la secretaria de ambiente, CORPONARIÑO, Policía Ambiental, Parques Nacionales
- Lograr mejor calidad de vida, mayores ingresos con menos impacto a la naturaleza.
- Efectuar campañas de limpieza de los afluentes naturales y cauce principal de la quebrada Carrizal

Empresa de servicios:
- Concientizar a través de líderes a la comunidad para que le den un buen uso al agua.
- Realizar un estudio de costos y tarifas del servicio del agua para poderla tratar y mejorar el servicio prestado a la comunidad
- Estudio en ampliación de recolección de residuos solidos

7.1.3. Posibles Soluciones planteadas por la comunidad

CORTO PLAZO
- Reforestar las riveras de la Quebrada.
- Educación ambiental para la concientización, sensibilización de la importancia de la naturaleza
- Mayor Control de la Autoridad Ambiental

MEDIANO PLAZO
- Seguimiento para la descontaminación desde el sitio de nacimiento de la quebrada.
- Implementación de estufas eco eficientes
- Adquisición de Predios
- Formular y ejecutar proyectos de saneamiento Básico
- Crear actividades que generen empleo y al mismo tiempo proteger la quebrada, mediante un grupo de personas de la zona.

- Reforestación de nacimientos y márgenes de la Quebrada
- Construcción de Pozos sépticos Tecnificados
- Ampliación en el servicio de recolección de residuos sólidos
- Proyectos de sistemas de riego

LARGO PLAZO
- Construcción e implementación de plantas de tratamiento.
- Plan Maestro
- Construcción y Ampliación de alcantarillado

7.1.4. Actores Involucrados

- Administración municipal
- Personería municipal
- Empocruz
- Parques Nacionales
- Corponariño
- Instituciones educativas
- Juntas de acción comunal
- Juntas administradoras de acueductos

7.2. Criterios de calidad para los usos actuales y potenciales del recurso hídrico

7.2.1. Usos Actuales y Potenciales del Cauce Principal de la Quebrada el Carrizal:

De acuerdo a lo descrito y sustentado en la etapa de diagnóstico y teniendo en cuenta el análisis social de las comunidades que habitan dentro del área de influencia, los usos actuales y potenciales definidos y priorizados para el Cauce Principal de la Quebrada el Carrizal se resumen en la tabla siguiente:

Tabla. Usos Actuales y Potenciales Del Cauce Principal de La Quebrada el Carrizal

USO	DESCRIPCIÓN
1. Preservación de Flora y Fauna	Uso actual presentado en cercanías al área protegida: Parque Nacional Natural Doña Juana. Clase de Cobertura: Bosques nativo poco intervenido y Arbustales; Especies: Roble, Cucharo, Motilón, Encino, Tigua, Roble, Mote, Cerote, Moquillo.
2. Consumo Humano y Domestico	Uso actual presentado en la parte alta de la quebrada el Carrizal. Bocatoma abastecedora del acueducto del municipio de la Cruz.
3. Agropecuario	Uso actual presentado en la parte media de la quebrada.
4. Estético Urbano	Uso potencial definido para el tramo que atraviesa el sector urbano de la vereda La Estancia y el municipio de la Cruz.
5. Agropecuario	Uso potencial para ser utilizado en la parte baja de la quebrada el Carrizal.

7.2.2. Criterios de Calidad establecidos para los Usos Asignados:

Los criterios de calidad acorde con lo estipulado en el artículo 19 del Decreto 3930 de 210 se entienden como el conjunto de parámetros con sus respectivos valores que son utilizados para la asignación de usos al recurso y como base de decisión para el Ordenamiento del Recurso Hídrico.
Actualmente se encuentran vigentes los criterios de calidad estipulados en el Decreto 1594 de 1984, hasta tanto el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expida y defina los nuevos criterios de calidad para el uso de las aguas superficiales, subterráneas y marinas.

Considerando que algunos de los parámetros fisicoquímicos de gran importancia para la definición de la calidad del agua para la satisfacción de los usos designados, actualmente no son contemplados por la Normatividad Ambiental Vigente, se ha diseñado para el presente Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de la quebrada el Carrizal una tabla basada en criterios de calidad obtenidos algunos de la Norma Nacional y otros adaptados de Normas Ambientales de aplicación Internacional, utilizando fundamentos técnicos encaminados a la escogencia de valores adecuados y restrictivos.

Tabla. Criterios De Calidad Adaptados y Complementados Con Base En El Decreto 1594 de 1984 y Normas Internacionales Para Los Usos Planteados.

USOS	CRITERIOS DE CALIDAD
Preservación de Flora y Fauna en Aguas Frías	- Aguas Libres de sustancias que impartan olor o sabor a tejidos de organismos acuáticos y Libres de turbiedad o color que interfieran con la actividad fotosintética. - pH entre 6,5 y 8,5 -OD ≥ 6,0 mg/L. Siempre - DBO5 ≤ 3,0 mg/L - SST ≤ 5 mg/l. - Amonio (NH_3) ≤ 1,0 mg/L. - Nitratos NO_3 ≤ 5,0 - Nitrógeno total ≤ 1,0 mg/L - Fosfatos (PO_4) ≤ 0,1 mg/L - Coliformes Totales ≤ 1000 microorg. /100 ml. - Coliformes fecales ≤ 100 microorg. /100 ml. - Temperatura: 5 grados por encima o por debajo. - Cumplimiento Sustancias de Interés Sanitario Decreto 1594/84 articulo 45
Consumo Humano y Domestico (Requiere Únicamente Desinfección)	- Aguas libres de películas de grasas y aceites, materiales flotantes provenientes de actividad humana, radioisótopos y otros no removibles por desinfección, que puedan afectar la salud humana. - pH entre 6,5 y 8,5 - Turbiedad ≤ 10 UJT - OD ≥ 6 mg/L - DBO5 ≤ 3mg/L - SST ≤ 5 mg/l. - Nitratos ≤ 10 mg/l. - Nitritos ≤ 10 mg/l. - Coliformes Totales ≤ 1000 microorg. /100 ml. - Coliformes fecales ≤ 200 microorg. /100 ml. - Amoniaco ≤ 1,0 mg/l.

	- Cumplimiento Sustancias de Interés Sanitario Decreto 1594/84 articulo 39
Pecuario	- pH entre 5 y 9 - OD ≥ 3 mg/L - DBO5 ≤ 15 mg/L - Nitratos + Nitritos ≤ 100 mg/l. - Coliformes Totales ≤ 5000 microorg. /100 ml. - Coliformes fecales ≤ 1000 microorg. /100 ml. - Cumplimiento Sustancias de Interés Sanitario Decreto 1594/84 articulo 41
Agrícola (Riego)	- Criterios restrictivos aplicados a riego de frutas que se consuman sin quitar la cascara y a hortalizas de tallo corto. - Olores Ofensivos y sustancias flotantes ausentes. - pH entre 4,5 y 9 - OD ≥ 6 mg/L - DBO5 ≤ 3mg/L - SST ≤ 5 mg/l. - Coliformes Totales ≤ 5000 microorg. /100 ml. - Coliformes fecales ≤ 1000 microorg. /100 ml. - Cumplimiento Sustancias de Interés Sanitario Decreto 1594/84 articulo 40
Estético Urbano	- Ausencia de material flotante y de espumas, provenientes de actividad humana. - Ausencia de grasas y aceites que formen película visible. - Ausencia de sustancias que produzcan olor. - Eliminación de depósitos de lodos orgánicos - Reducción de la carga orgánica - Mejorar levemente los niveles de Oxígeno Disuelto de la fuente en el tramo o sector específico - OD ≥ 5 mg/L - DBO5 ≤ 15 mg/L - SST ≤ 40 mg/l. - Coliformes Totales ≤ 5000 microorg. /100 ml. - Coliformes fecales ≤ 2000 microorg. /100 ml. - Cumplimiento Sustancias de Interés Sanitario Decreto 1594/84

7.3. Definición de tramos de calidad sobre el cauce principal

Considerando los múltiples usos del recurso hídrico asignados, el cauce principal de la quebrada el Carrizal se ha divido en cinco (5) tramos de calidad designados desde su nacimiento en cercanías al parque Nacional Natural Doña Juana hasta su desembocadura a la Quebrada Mocondino.

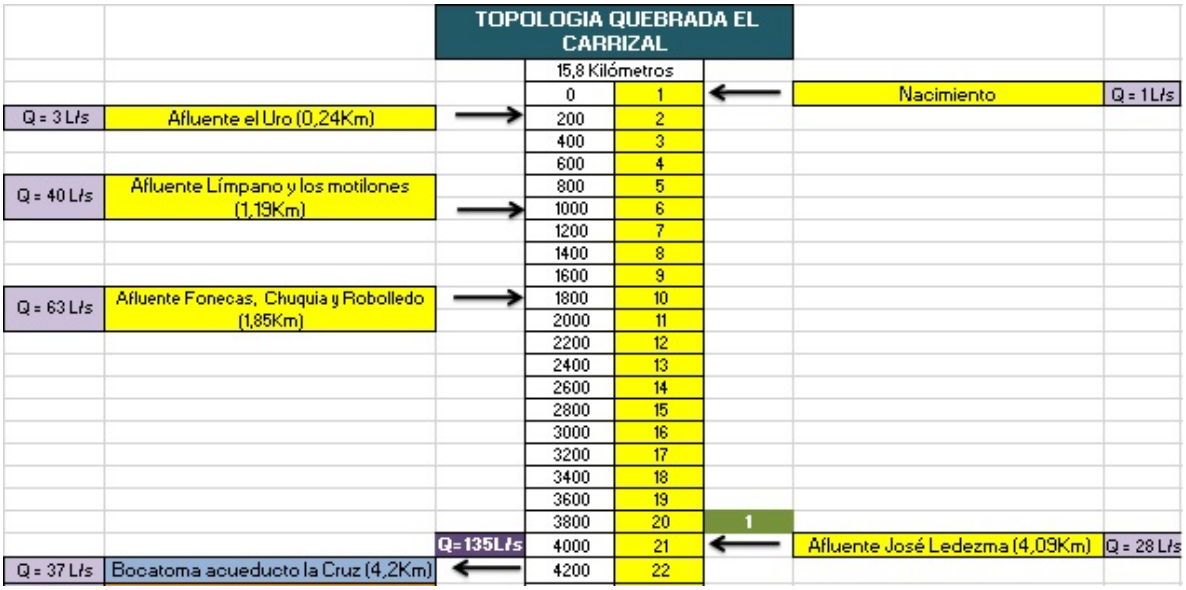
Tramos de Calidad I y II: Preservación de Flora y Fauna; Consumo Humano y Doméstico.

Tabla. Georreferenciación Tramos De Calidad I y II

TRAMO	USO	GEOREFERENCIACIÓN	
I	Preservación de Flora y Fauna	Punto Inicial: Loma el Chiflón	Norte: 661533 Este: 1015164 Elevación: 3241 m
		Punto Final: Afluente monte oscuro. Vereda Alto de	Norte: 662833 Este: 1014528

		Ledezmas	Elevación: 3007 m
II	Consumo Humano y Doméstico	Punto Inicial: Afluente monte oscuro. Vereda Alto de Ledezmas	Norte: 662833 Este: 1014528 Elevación: 3007 m
		Punto Final: Bocatoma Acueducto La Cruz (Empocruz)	Norte: 665047 Este: 1013151 Elevación: 2578 m

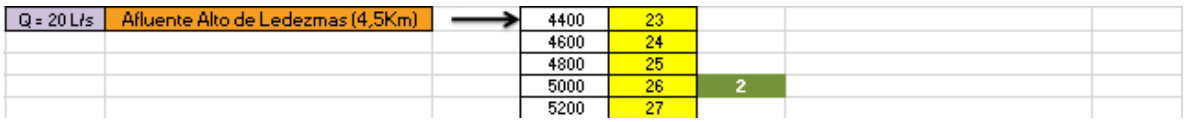
Figura. Tramos De Calidad I y II



El Tramo I corresponde al nacimiento de la Quebrada en el monte el Chiflón en el Parque Nacional Natural Doña Juana, por lo tanto el uso se destina exclusivamente a mantener y preservar la vida natural de los ecosistemas terrestres y acuáticos existentes.

El tramo II se define para consumo humano y doméstico ya que en este punto se ubica la bocatoma del acueducto urbano del municipio de La Cruz.

Tramo de Calidad III: Agropecuario.

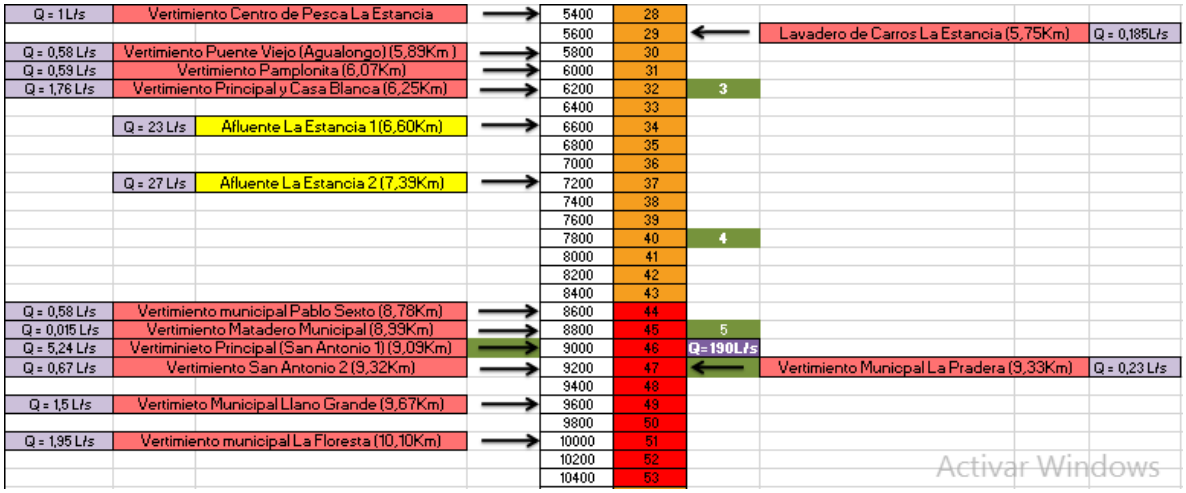


Tramo de Calidad IV: Estético Urbano.

Tabla. Georreferenciación Tramo De Calidad III

TRAMO	USO	GEOREFERENCIACIÓN	
III	**Estético Urbano**	Punto Inicial: Bocatoma Acueducto La Cruz (Empocruz)	Norte: 665047 Este: 1013151 Elevación: 2578 m
		Punto Final: Vereda Llano Grande	Norte: 669299 Este: 1012062 Elevación: 2355 m

Figura. Tramo De Calidad IV



El uso Estético Urbano está definido para el tramo de la Quebrada que atraviesa el sector urbano de la vereda La Estancia y el municipio de La Cruz. A pesar que en este sector la corriente superficial recibe descargas domésticas, el uso se encamina al embellecimiento del espacio urbano mediante el mejoramiento de las condiciones de asimilación y dilución que contribuirán a la minimización del impacto sobre el recurso hídrico.

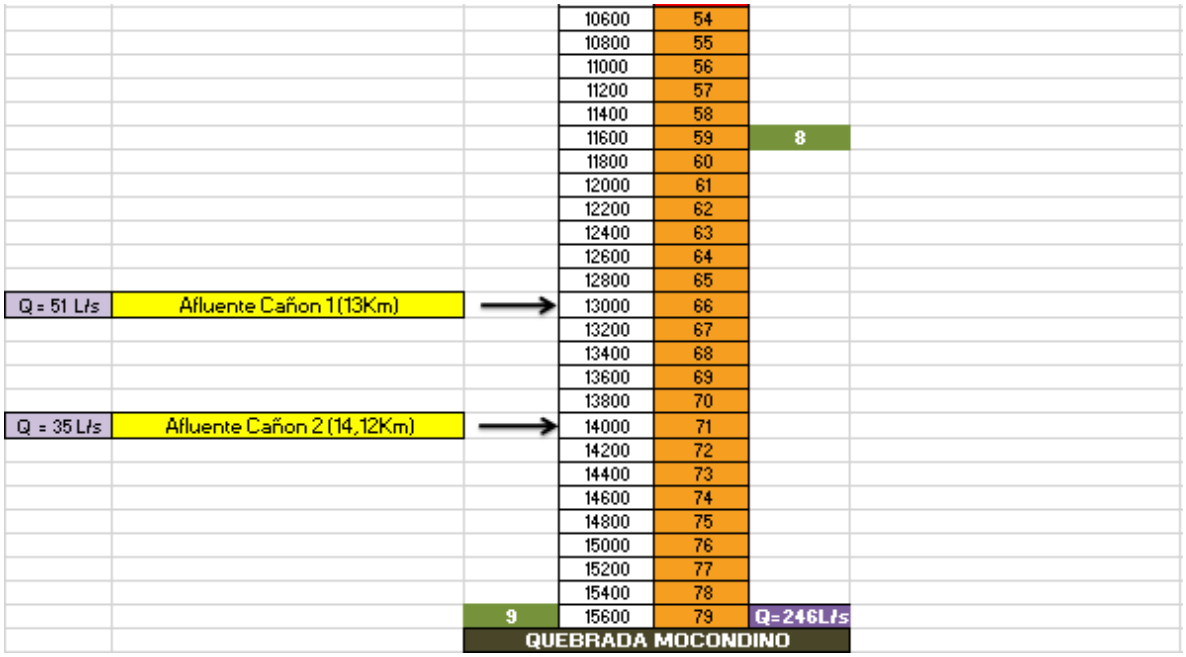
Tramo de Calidad V: Agropecuario

Tabla. Georreferenciación Tramo De Calidad V

TRAMO	USO	GEOREFERENCIACIÓN	
IV	**Agroindustrial**	Punto Inicial: Vereda Llano Grande	Norte: 669597 Este: 1012017 Elevación: 2341 m
		Punto Final: Desembocadura a Quebrada Mocondino	Norte: 674288 Este: 1010835

			Elevación: 1898 m

Figura. Tramo De Calidad V



7.4. Escenarios de calidad sobre el cauce principal

Los modelos de calidad de aguas tienen por finalidad determinar las nuevas concentraciones de contaminantes del cuerpo de agua en cada punto y a lo largo del lapso de interés, cuando las condiciones de modificación y las del estado inicial son conocidas.

Un modelo comprende un conjunto de expresiones matemáticas que definen los procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en un cuerpo de agua. Estas ecuaciones están basadas fundamentalmente en la conservación de la masa y/o energía, de tal forma que existen tres fenómenos: el ingreso de contaminantes, el transporte y las reacciones que se producen en el cuerpo de agua.

El objetivo primario del desarrollo de cualquier modelo de calidad de agua es producir una herramienta que tenga la capacidad de simular el comportamiento de las componentes hidrológicas y de calidad de un cuerpo de agua. En ríos, la modelación se ha centrado principalmente en el estudio de patógenos, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), y sólidos suspendidos.

Para estudiar la respuesta de las corrientes de interés, ante la descarga de aguas residuales domésticas, es pertinente usar la ecuación de Streeter- Phelps (1925) para la determinación de las concentraciones de OD-DBO, la ecuación polinomial de Elmore-Hayes (1960) para la determinación del oxígeno disuelto de saturación; y las expresiones de O›Connor-Dobbins (1958), Churchill-Elmore-Buckingham (1962), Owens-Edwards-Gibbs (1964), y Wright-McDonnell (1979) para la determinación de

ratas de reacción cinéticas. Estos modelos determinan las concentraciones de mezcla inicial a partir de las entradas, y hacen las correcciones por temperatura, necesarias para cada tasa.
La información de entrada necesaria para el modelo es: caudales, concentraciones de OD y DBO, y temperaturas, tanto de la corriente como del vertimiento. Asimismo, es necesario conocer la elevación sobre el nivel del mar para estimar la saturación de oxígeno, y los valores de las constantes cinéticas. Para estimar las tasas cinéticas, es necesaria la profundidad y velocidad media de la corriente. Si se desean estimar los vertimientos, deberá ingresarse también información sobre la población.
La modelación para la calidad del agua tiene por finalidad determinar las nuevas concentraciones de contaminantes del cuerpo de agua en cada punto y a lo largo del tramo de interés, cuando las condiciones de modificación y las del estado inicial son conocidas.

7.4.1. Escenario Tendencial de Calidad

Corresponde a una proyección del escenario de calidad actual - 2014 del cauce principal de la quebrada el Carrizal, considerando un aumento poblacional calculado para el año 2024. El escenario fue modelado para los parámetros de Demanda Bioquímica de Oxigeno – DBO y Oxígeno Disuelto – OD, simulando un crecimiento poblacional a diez (10) años de los núcleos poblados que descargan al cauce principal de la quebrada el Carrizal, considerando que la mayor cantidad de vertimientos que recibe la fuente superficial son de origen doméstico.

Para el cálculo de la población se utilizó el Método Geométrico, con una tasa de crecimiento poblacional (r) del 1,25% obtenida del último Censo Nacional realizado por el DANE en el año 2005.

$$Pf = P_0(1+r)^{Tf-T0}$$

Donde:

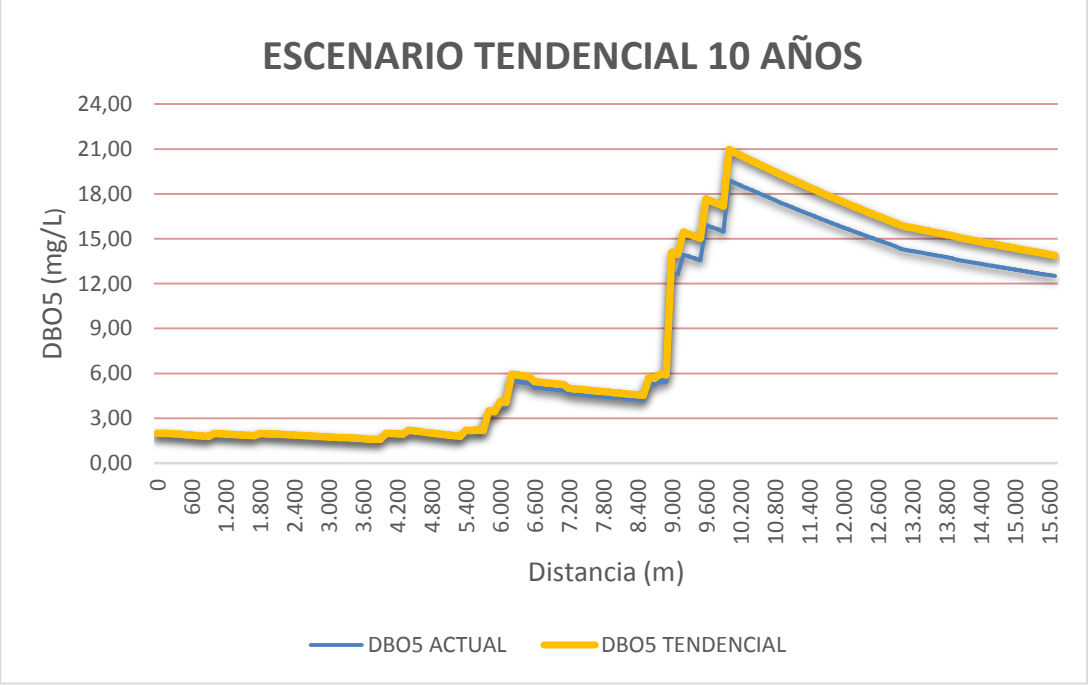
N_0 : *Población al inicio del período*
N_t : *Población futura o proyectada*
r : *Tasa media anual de crecimiento poblacional*
Tf : *Tiempo o año final*
T0: *Tiempo o año inicial*

Con la proyección de población se calcularon los caudales y concentraciones tendenciales para cada una de las entradas o descargas domésticas, y se corrió nuevamente el modelo para obtener el comportamiento de la DBO y OD en el año 2024.

En los siguientes cuadros e presentan los caudales, concentraciones y cargas calculadas para las descargas domésticas e industriales que mayor impacto generan sobre la calidad del agua del cauce principal de la quebrada el Carrizal, reflejando su aumento gradual de contaminación en el Escenario Tendencial Modelado.

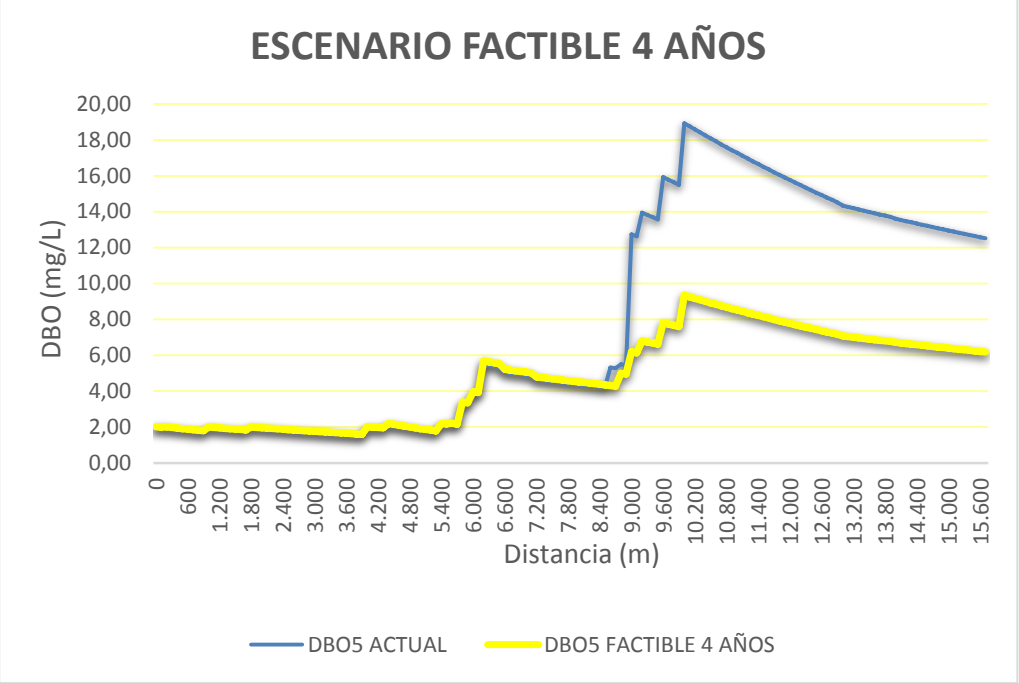
- Comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxigeno – DBO y del Oxígeno Disuelto - OD: Relaciona el Escenario Actual - 2014 con el Escenario Tendencial proyectado a un horizonte de ocurrencia de 10 años (2024).

Grafica. Comportamiento DBO_5 - Escenario Tendencial

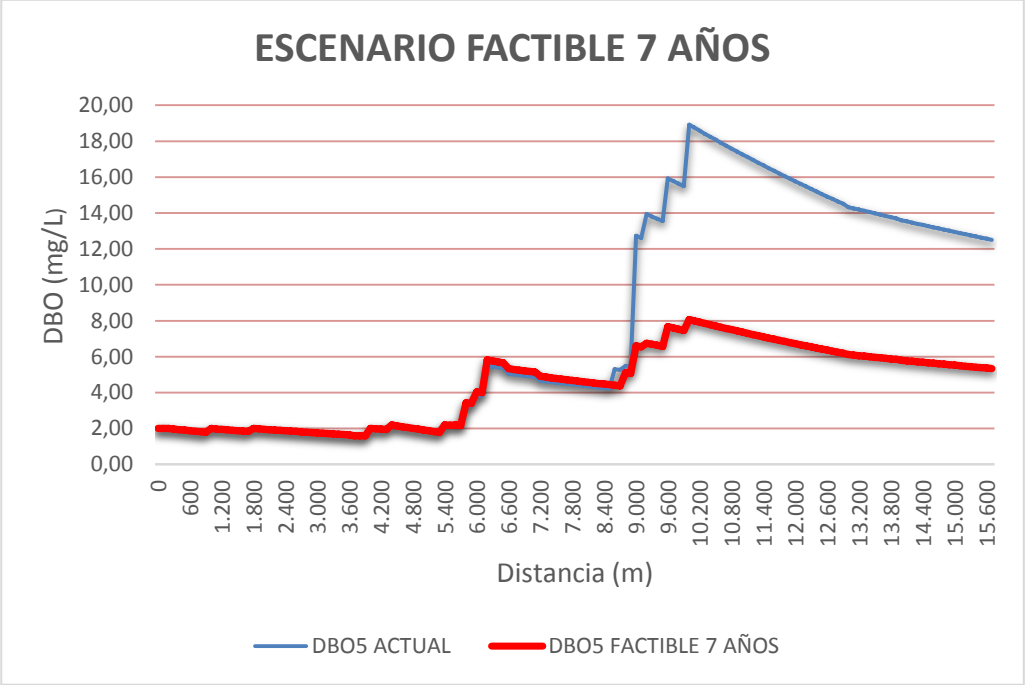


El escenario Tendencial simula el comportamiento de deterioro y contaminación de la quebrada el Carrizal en el caso de continuar con las condiciones actuales de calidad del recurso hídrico. La grafica presenta para el año 2024 una tendencia al aumento en la concentración de DBO sobre el cauce principal de la quebrada el Carrizal con relación al escenario actual – 2014. Al igual que en el escenario actual, los picos de mayor alteración de la calidad del agua de la corriente superficial, se presentan a partir de las descargas domésticas del sistema de alcantarillado del centro poblado de la vereda La Estancia y el municipio de la Cruz. De no aplicarse e implementarse el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de la Quebrada el Carrizal, su calidad fisicoquímica tiende a medida que aumenta la población en el transcurso de los años a volverse anóxica reflejando condiciones supremamente críticas de contaminación.

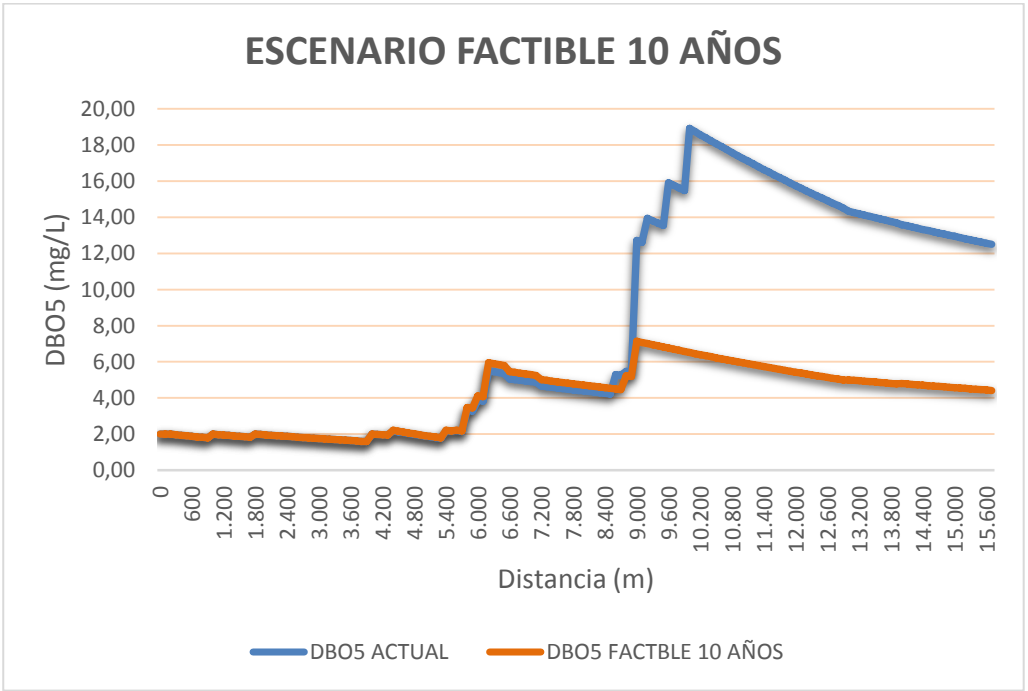
7.4.2. Escenario Factible 4 años



7.4.3. Escenario Factible 7 años



7.4.4. Escenario Factible 10 años



7.4.5. Escenario Ideal de Calidad 10 años

Está encaminado a simular las condiciones de calidad óptimas que deben presentarse en cada uno de los tramos del cauce principal de la quebrada el Carrizal, con el fin de cumplir con los criterios de calidad adoptados para cada uno de los usos del recurso hídrico definidos.

Para alcanzar los criterios de calidad de cada uno de los usos establecidos, se analizó las condiciones de calidad actuales de la Quebrada para establecer en que tramos se está cumpliendo con los criterios y en cuales otros se requiere modelar unas condiciones de tratamiento y remoción de cargas contaminantes de los afluentes o descargas de aguas residuales.

En los tramos I y II correspondientes a los usos de Preservación de Flora y Fauna, Consumo Humano y Domestico, el escenario actual muestra un comportamiento de calidad del agua adecuado para el cumplimiento de los criterios establecidos. Esto se debe principalmente a que la Quebrada no presenta vertimientos puntuales de carácter continuo, o de presentarlos indica una capacidad de dilución y de cargas contaminantes influenciada por el aporte de afluentes naturales y por el vertimiento de aguas residuales en cantidades y concentraciones que pueden ser asimiladas. Sin embargo tal y como se describió en la Topología Detallada, en el tramo III y IV se identificaron vertimientos difusos o previamente diluidos por afluentes naturales, que pueden en algún momento poner en riesgo la calidad del agua para consumo humano y agrícola; por lo tanto las alternativas para la mitigación de estos riesgos se describen en la etapa de formulación mediante la Gestión del Riesgo.

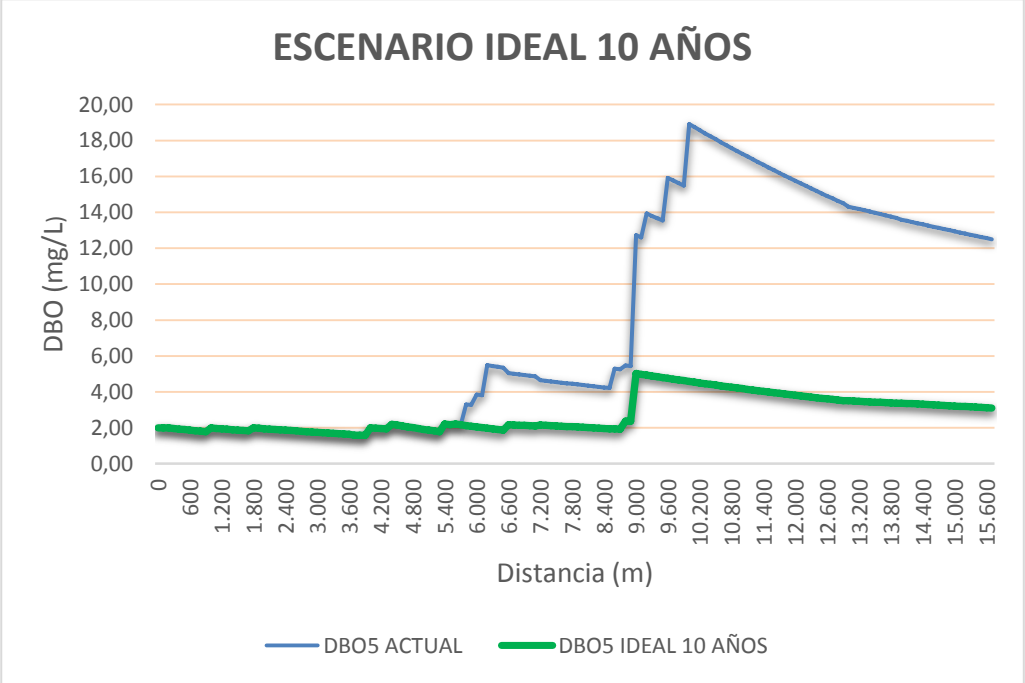
En el tramo IV correspondiente a los usos Estético Urbano, de acuerdo al escenario actual la calidad fisicoquímica y microbiológica de la quebrada el Carrizal es seriamente alterada por las descargas de origen doméstico y de servicios que se presentan desde el sector de la vereda la Estancia hasta el punto de desembocadura a la quebrada Mocondino. Por lo tanto para lograr las condiciones de calidad adecuadas para la satisfacción de los usos planteados, se corrió el Modelo simulando el tratamiento de aguas residuales de los vertimientos, antes de su descarga final sobre el Cauce Principal.

El escenario ideal se modeló simulando para cada una de las descargas identificadas, el cumplimiento de las Normas de Vertimiento mínimas exigidas por el Decreto 1594 de 1984 temporalmente vigente hasta tanto el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expida la Resolución con los nuevos criterios de calidad de Vertimientos de residuos líquidos al suelo, aguas superficiales, aguas subterráneas y aguas marinas.

Considerando la DBO como principal parámetro fisicoquímico determinante de la calidad del agua, ya que los vertimientos caracterizados son de composición orgánica o biodegradable, se corrió el modelo considerando un tratamiento para cada uno de los vertimientos con una eficiencia de remoción del ochenta por ciento (80%) en Demanda Bioquímica de Oxígeno. Para el Oxígeno Disuelto no se contempló un aumento considerable de la concentración en el efluente tratado, debido a que la mayoría de tratamientos implementados en el departamento de Nariño, principalmente por su costo económico, son en condiciones anaeróbicas.

- Comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxigeno – DBO y del Oxígeno Disuelto - OD: Escenario Ideal simulando condiciones de tratamiento y eliminación de puntos de vertimiento identificados y caracterizados en la etapa diagnóstica.

Grafica. Comportamiento DBO_5 - Escenario Ideal De Calidad



FORMULACIÓN

QUEBRADA EL CARRIZAL

8. FORMULACIÓN

En la fase de formulación de un PORH es pertinente proponer las estrategias o líneas de acción, programas y proyectos en el marco de un escenario de gestión y financiación posible para la entidad ambiental que lo esté ejecutando, de acuerdo con las problemáticas y prioridades establecidas en el diagnóstico y en un horizonte de planeación de largo (10 años), mediano (7 años) y corto plazo (4 años).

El PORH se debe estructurar a partir de los objetivos que se pretenden lograr en el horizonte de planeación, las líneas estratégicas que marcan el camino hacia el logro de los objetivos, programas y proyectos que operan el mismo. Un programa es un conjunto organizado de proyectos. El proyecto se define como un propósito planificado conformado por una serie de actividades que contribuyen al logro del objetivo del proyecto y permite la ejecución del plan en el horizonte de planeación.

Determinado y escogido el Escenario Factible, la Formulación está encaminada a la generación de los objetivos de calidad, que permitirán mantener, descontaminar y recuperar la calidad del cauce principal de la quebrada el Carrizal, estableciendo las necesidades de tratamiento, optimización o eliminación de puntos de vertimiento sobre las descargas identificadas.

De igual manera en la Formulación se lista o enumera una serie de proyectos y fichas de indicadores determinados para la materialización y cumplimiento del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de la quebrada el Carrizal.

Entre los proyectos propuestos se incluye la Gestión del Riesgo, la cual describe las acciones que se deben realizar y aspectos que se deben tener en cuenta para la mitigación de los riesgos asociados a cantidad y calidad del recurso hídrico del cauce principal de la quebrada el Carrizal, identificados en la etapa de Diagnostico.

8.1. Objetivos de Calidad

Los Objetivos de Calidad son un instrumento establecido mediante el Artículo 3º del Decreto 3440 de 2004, que modifica el artículo 6 del Decreto 3100 de 2003, el cual contempla que previo al establecimiento de las metas de reducción en una cuenca, tramo o cuerpo de agua, la Autoridad Ambiental competente debe, entre otros aspectos, establecer objetivos de calidad de los cuerpos de agua de acuerdo a su uso, conforme a los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico – PORH.

8.1.1. Propuesta de Objetivos de Calidad

El establecimiento de Objetivos de Calidad es un tema ligado a la planeación, administración, control y vigilancia de los recursos hídricos, cuyo marco reglamentario ha sido definido en el decreto 1594 de 1984 y Decreto 3930 de 2010. Dicho marco se complementa con los alcances del decreto 3100 de 2003 y 3440 de 2004 y determina entonces que para la gestión eficaz de la calidad del recurso hídrico, se requiere realizar por lo menos las siguientes tareas:

Los objetivos de calidad se propusieron sobre la evaluación de los escenarios de calidad que presentó el modelo implementado, los cuales contienen una serie de compromisos de descontaminación y metas de descontaminación por parte de los usuarios, que involucra a la vez el tratamiento de las aguas residuales hasta un nivel tal que permita la recuperación de la calidad y la satisfacción de los usos definidos por tramos sobre el cauce principal de la Quebrada objeto de ordenamiento.

La propuesta de los objetivos de calidad para el cauce principal de la Quebrada el Carrizal se presenta en los siguientes cuadros:

Tabla Objetivos de calidad del Quebrada el Carrizal

QUEBRADA CARRIZAL - OBJETIVOS DE CALIDAD A CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO										
MUNICIPIO	CORRIENTE SUPERFICIAL	TRAMO	USO ACTUAL	USO POTENCIAL PREPONDERANTE	PARÁMETRO	VALOR MEDIDO	CRITERIO DE CALIDAD	ESCENARIO DE CALIDAD 2015	ESCENARIO DE CALIDAD 2018	ESCENARIO DE CALIDAD 2021
LA CRUZ	QUEBRADA EL CARRIZAL	II. Desde nacimiento hasta confluencia con afluente monte arcura	Preservación Flora y Fauna	Preservación Flora y Fauna	DBO5 (mg O2/L)	2	≤2	2	2	2
					SST (mg/l)	5	≤5	5	5	5
					OD (mg O2/L)	7,61	≥7	7	7	7
					PH (pH)	6,93	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
					Coliformes Totales (UFC/100 ml)	500 UFC	≤1000			
					Coliformes Fecales (UFC/100 ml)	50 UFC	≤100			
					Olores Ofensivos		Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
					Sustancias Flotantes		Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
					Películas de Grasas y Aceites		Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
					Sustancias de Interés Sanitario		Cumplimiento Decreto 3930/2010 Norma que lo sustituya			
LA CRUZ	Q. CARRIZAL	III. Afluente monte arcura hasta bocatoma La Cruz	Consumo Humano y Doméstico	Consumo Humano y Doméstico	DBO5 (mg O2/L)	2,29	≤3	≤3	≤3	≤3
					SST (mg/l)	10	≤5	10	5	5
					OD (mg O2/L)	7,62	≥7	≥7	≥7	≥7
					PH (pH)	6,93	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
					Coliformes Totales (UFC/100 ml)	1600 UFC	≤1000			
					Coliformes Fecales (UFC/100 ml)	50 UFC	≤200			
					Olores Ofensivos		Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
					Sustancias Flotantes		Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
					Películas de Grasas y Aceites		Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
					Sustancias de Interés Sanitario		Cumplimiento Decreto 3930/2010 Norma que lo sustituya			

LA CRUZ	Q. CARRIZAL	III. Desde bocatoma La Cruz hasta Antes Vereda La Estancia	Pecuaria	Agropecuaria	DBO5 (mg O2/L)	3,21	≤4	≤4	≤4	≤4
					SST (mg/l)	10	≤5	10	5	5
					OD (mg O2/L)	6,75	≥6	≥6	≥6	≥6
					PH (pH)	8,18	5,0 - 9,0	5,0 - 9,0	5,0 - 9,0	5,0 - 9,0
					Coliformes Totales (UFC/100 ml)	1800 UFC	≤5000			
					Coliformes Fecales (UFC/100 ml)	100 UFC	≤1000			
					Olores Ofensivos		Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
					Sustancias Flotantes		Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
					Películas de Grasas y Aceites		Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
					Sustancias de Interes Sanitario		Cumplimiento Decreto 3930/2010 Norma que la sustituya			
LA CRUZ	Q. CARRIZAL	IV. Inicio centro poblado Vereda La Estancia hasta final casco urbano La Cruz	Pairajírtica	Pairajírtica Urbana	DBO5 (mg O2/L)	21,6	≤8	21,6	9	8
					SST (mg/l)	34	≤15	34	15	15
					OD (mg O2/L)	5	≥6,5	5	6,5	6,5
					PH (pH)	7,6	6,5 - 9	6,5 - 9	6,5 - 9	6,5 - 9
					Coliformes Totales (UFC/100 ml)	1620000	≤20000			
					Coliformes Fecales (UFC/100 ml)	1080000	≤4000			
					Olores Ofensivos		Ausentes	Presentes	Ausentes	Ausentes
					Sustancias Flotantes		Ausentes	Presentes	Ausentes	Ausentes
					Películas de Grasas y Aceites		Ausentes	Presentes	Ausentes	Ausentes
					Sustancias de Interes Sanitario		Cumplimiento Decreto 3930/2010 Norma que la sustituya			
LA CRUZ	Q. CARRIZAL	V. Final casco urbano La Cruz hasta Desembocadura a Q. Macandina	Arimilación	Agropecuaria (Restrictiva)	DBO5 (mg O2/L)	5,75	≤6	≤6	≤6	≤6
					SST (mg/l)	21,6	≤15	21,6	15	15
					OD (mg O2/L)	6,1	≥6	≥6	≥6	≥6
					PH (pH)	7,84	5,0 - 9,0	5,0 - 9,0	5,0 - 9,0	5,0 - 9,0
					Coliformes Totales (UFC/100 ml)	70000	≤10000			
					Coliformes Fecales (UFC/100 ml)	10000	≤5000			
					Olores Ofensivos		Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
					Sustancias Flotantes		Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
					Películas de Grasas y Aceites		Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
					Sustancias de Interes Sanitario		Cumplimiento Decreto 3930/2010 Norma que la sustituya			

Como se describió en la fase Prospectiva, para la recuperación y descontaminación del cauce principal de la Quebrada el Carrizal encaminada a la satisfacción de los usos potenciales preponderantes, es necesario la implementación y/o optimización de Sistemas o Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales al igual que la eliminación de puntos de vertimiento los cuales requieren de recursos económicos, humanos y tiempos perentorios y graduales para la elaboración de los proyectos, diseños y ejecución de obras. Por lo tanto considerando que los Objetivos de Calidad están basados en los criterios normativos de calidad establecidos para cada uso preponderante, su cumplimiento y entrada en vigencia se definieron para el año 2020, tiempo para el cual se tiene proyectado el cumplimiento gradual de los escenarios de calidad establecidos.

En el tramo IV de la Quebrada el Carrizal los escenarios de calidad 2018 y 2021 establecen unos valores para DBO y OD acordes con las obras de descontaminación proyectadas para cada periodo, volviéndose cada vez más restrictivos hasta llegar al Objetivo de Calidad requerido para la satisfacción de los usos preponderantes definidos.

Para el caso de los tramos I y II, los valores en cada escenario de calidad no difieren entre si y son muy similares al objetivo de calidad establecido, ya que las acciones a implementar para la satisfacción de los usos preponderantes es de preservación y mantenimiento de la calidad fisicoquímica y microbiológica determinada en el escenario actual modelado.

8.2. Necesidad de Implementación de una Infraestructura de Tratamiento

Para el cumplimiento y materialización del Escenario Factible, es necesario implementar Planta de Tratamiento de Aguas Residuales que permita remover los porcentajes de cargas contaminantes anteriormente justificados, en las descargas o vertimientos que actualmente están alterando la calidad del agua de la Quebrada el Carrizal y que de alguna manera alteran los criterios estipulados para la satisfacción de los usos potenciales preponderantes definidos. En el caso de las descargas de colectores urbanos del municipio de La Cruz se encuentra la necesidad de construcción de sistemas de tratamiento complementados con la unificación de puntos de vertimiento, acorde con lo planteado en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV.

Tabla. Necesidad de Tratamiento y Eliminación de Descargas sobre el cauce principal de la Quebrada el Carrizal

Entrada o Descarga	Necesidad o Requerimiento.	Periodo de Implementación
Vertimiento Pablo Sexto	Conducción de las aguas servidas hasta la fuente receptora.	Antes del 2018
Vertimiento Pablo Sexto, San Antonio 1 y 2, Llano Grande y La Floresta	Construcción de Interceptor para los vertimientos mencionados.	Antes del 2018
	Construcción STAR primario con remoción de 50% y conducción a fuente receptora.	Antes de 2020

8.3. Cargas Contaminantes a verter en el Escenario Factible

Para el cumplimiento del Escenario Factible proyectado a 4 y 6 años, las cargas contaminantes a verter de cada una de las entradas o descargas calculadas según las necesidades de tratamiento, optimización o eliminación de puntos de vertimiento, se detallan en la siguiente tabla:

CUADRO DE CARGAS QUEBRADA EL CARRIZAL TONAÑO								
ESCENARIO	ACTUAL		FACTIBLE 4 AÑOS		FACTIBLE 7 AÑOS		FACTIBLE 10 AÑOS	
USUARIO	Carga Teòrica DBO (Ton/año)	Carga Teòrica SST (Ton/año)	Carga Teòrica DBO (Ton/año)	Carga Teòrica SST (Ton/año)	Carga Teòrica DBO (Ton/año)	Carga Teòrica SST (Ton/año)	Carga Teòrica DBO (Ton/año)	Carga Teòrica SST (Ton/año)
Vertimiento Puente Viejo (Agualongo)	2,79	2,79	2,93	2,93	3,05	3,05	3,16	3,16
Vertimiento Pamplonita	1,41	1,41	1,48	1,48	1,53	1,53	1,59	1,59
Descole Principal La Estancia (Barrio el Puente, Centro)	3,75	3,75	3,94	3,94	4,09	4,09	4,25	4,25
Vertimiento Casa Blanca	1,87	1,87	1,96	1,96	2,04	2,04	2,11	2,11
Vertimiento municipal Pablo Sexto	5,57	5,57	1,17	1,17	1,21	1,21	1,26	1,26
Matadero Municipal	3,56	3,56	3,70	3,70	3,81	3,81	3,92	3,92
Vertimiento municipal principal (San Antonio 1)	50,04	50,04	10,52	10,52	10,92	10,92	11,33	11,33
Vertimiento municipal fenelon ordoñez (San Antonio 2)	6,39	6,39	6,71	6,71	1,39	1,39	1,45	1,45
Vertimiento Municipal La Pradera	2,19	2,19	2,30	2,30	2,39	2,39	0,50	0,50
Vertimiento municpal Llano grande	14,23	14,23	14,96	14,96	15,53	15,53	3,22	3,22
Vertimiento municipal La Floresta (incluido Hospital)	18,82	18,82	19,77	19,77	18,10	18,10	4,26	4,26

El escenario actual modelado en el presente documento evidencia claramente las condiciones de deterioro de la calidad de la Quebrada el Carrizal debido a las descargas de aguas residuales de origen doméstico y de servicios. La reglamentación de vertimientos está dirigida a la reducción de cargas contaminantes por parte de los usuarios actuales identificados en campo, con el fin de recuperar la calidad de la fuente hídrica para la satisfacción de los usos estipulados.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado se sustenta el hecho que el cumplimiento de los objetivos de calidad no se logrará únicamente con la reducción de cargas contaminantes por parte de los usuarios existentes, sino también restringiendo o controlando la presencia de nuevas descargas por la ubicación de nuevas empresas generadoras de vertimientos en la eventualidad que el Esquema de Ordenamiento Territorial EOT del municipio de defina alguna zona Industrial con influencia en alguna de estas dos corrientes de estudio.

8.4. Vinculación de Instrumentos de Control y Planificación

Los Instrumentos de Control y Planificación existentes que se relacionan con el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico – PORH y que pueden aportar e influir para la materialización del Escenario Factible enfocado al mantenimiento y recuperación de la calidad del agua del cauce principal de la Quebrada el Carrizal así como la satisfacción de los usos definidos, son: el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del Municipio de La Cruz, las Concesiones de Agua y el Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua.

8.4.1. Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del municipio de La Cruz (PSMV)

El municipio de La Cruz tiene aprobado por parte de CORPONARIÑO el PSMV correspondiente al casco urbano o cabecera municipal, el cual fue elaborado por la empresa de servicios públicos EMPOCRUZ SA ESP.

Dentro de los proyectos de Agua Potable y Saneamiento Básico formulados en el PSMV, se encuentra la construcción de una PTAR para tres colectores del municipio así como también la adecuación del sistema de alcantarillado buscando reducción de puntos de vertimiento.

Tabla. Priorización de Proyectos y año terminación de obra – PSMV La Cruz

PROGRAMA: Disminuir la contaminación generada a la quebrada el carrizal por la disposición inadecuada de las aguas residuales domesticas del casco urbano del municipio de La Cruz				PERÍODO	
PROYECTO	COSTO	FINANCIACIÓN	RESPONSABLE		
	Planificación, diseño técnico y adquisición del lote para el sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas en el sector San Antonio del municipio de La Cruz	Proceso de obtención de Licencia si lo requiere o permiso de vertimientos. 20.000.000			

Debido a la topografía del municipio La Cruz y el margen de descarga de los colectores de su casco urbano, es factible proyectar la unión de los mismos en un solo punto de vertimiento.

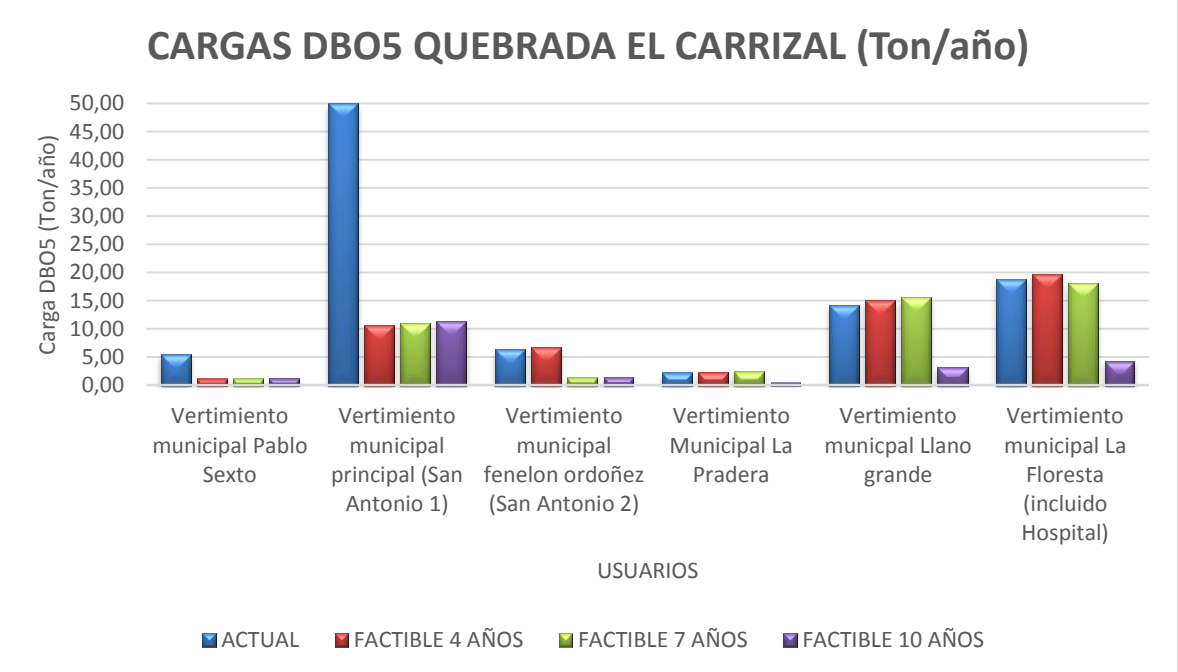
En la vereda La Estancia, se logró determinar que el impacto de los descoles no representa mayor afectación sobre el cauce principal de la quebrada, sin embargo, las acequias que recorren el centro poblado generan múltiple problemas con respecto a olores, roedores y vectores a lo largo del recorrido de las aguas residuales por lo que se hace necesario la búsqueda de alternativas que minimicen estas problemáticas a la comunidad que habita en la cercanía de los recorridos de las aguas residuales.

8.5. Metas de Descontaminación

Fundamentado en el Decreto 3440 del 21 de octubre de 2004, para el cumplimiento de los Objetivos de Calidad trazados para el cauce principal de la Quebrada el Carrizal, CORPONARIÑO estableció unas metas quinquenales de reducción de cargas contaminantes para cada uno de los usuarios existentes identificados en campo y descritos en la Topología.

Las cargas a reducir expresadas en Kilogramos/año, corresponden a la diferencia de los valores de cargas contaminantes establecidas en la reglamentación de vertimientos para cada escenario factible (2018, 2021 y 2024). La meta de descontaminación podrá cumplirse o llevarse a cabo siempre y cuando se solvente la necesidad de optimización, tratamiento o eliminación de puntos de vertimiento determinada para cada usuario que descarga a el cauce principal de la Quebrada el Carrizal.

Grafica. Reducción de Cargas de DBO a Usuarios que Descargan al Cauce Principal de la Quebrada el Carrizal (Ton/año)



8.6. Tasa Retributiva

La Tasa Retributiva es el precio que cobra el Estado por permitir la utilización de los cuerpos de agua como receptor de vertimientos puntuales, además es un instrumento económico que promueve la Producción Más Limpia como alternativa más productiva y menos costosa para reducir los vertimientos, está reglamentado por los Decretos 901 de 1997, 3100 de 2003 y 3440 de 2004.

El objetivo del cobro de Tasa Retributiva es principalmente Incentivar al usuario a la implementación de producción más limpia y la Construcción y/o optimización de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

Además de los beneficios que obtiene la quebrada por la disminución de contaminantes, el usuario presenta beneficios económicos por la disminución en el valor del pago por tasa retributiva.

A continuación se presentan los cálculos para los vertimientos domésticos e industriales, teniendo en cuenta las remociones en carga propuestas en el presente documento.

Tabla. Proyección de la TR Primer Quinquenio 2015- 2019 Escenario con cobro de Tarifa Mínima

PLAN DE ORDENACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO - QUEBRADA EL CARRIZAL																
PROYECCIÓN DE LA TASA RETRIBUTIVA PRIMER QUINQUENIO - ESCENARIO CON COBRO DE TARIFA MÍNIMA																
USUARIO	2015			2016			2017			2018			2019			
	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIVA	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIVA	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIVA	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIVA	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIVA
	DBO5	SST		DBO5	SST		DBO5	SST		DBO5	SST		DBO5	SST	
Vertimiento municipal Pablo Sexto	5635,82	5635,82	$ 993.624,25	5706,27	5706,27	$ 1.036.225,89	5777,60	5777,60	$ 1.080.654,07	5849,82	5849,82	$ 1.126.987,12	5922,94	5922,94	$ 1.175.306,69
Vertimiento municipal principal (San Antonio 1)	50666,97	50666,97	$ 8.932.844,87	51300,31	51300,31	$ 9.315.840,60	51941,56	51941,56	$ 9.715.257,26	52590,83	52590,83	$ 10.131.798,92	53248,21	53248,21	$ 10.566.199,80
Vertimiento municipal fenelon ordoñez (San Antonio 2)	6467,34	6467,34	$ 1.140.224,55	6548,18	6548,18	$ 1.189.111,67	6630,03	6630,03	$ 1.240.094,84	6712,91	6712,91	$ 1.293.263,90	6796,82	6796,82	$ 1.348.712,59
Vertimiento Municipal La Pradera	2217,37	2217,37	$ 390.934,13	2245,09	2245,09	$ 407.695,43	2273,15	2273,15	$ 425.175,37	2301,57	2301,57	$ 443.404,77	2330,34	2330,34	$ 462.415,75
Vertimiento municipal Llano grande	14412,92	14412,92	$ 2.541.071,85	14593,08	14593,08	$ 2.650.020,30	14775,50	14775,50	$ 2.763.639,32	14960,19	14960,19	$ 2.882.130,98	15147,19	15147,19	$ 3.005.702,35
Vertimiento municipal La Floresta	19050,93	19050,93	$ 3.358.775,74	19289,06	19289,06	$ 3.502.783,24	19530,18	19530,18	$ 3.652.965,08	19774,30	19774,30	$ 3.809.585,95	20021,48	20021,48	$ 3.972.921,95
Chorrillo	28012,81	28012,81	$ 4.938.801,18	28362,97	28362,97	$ 5.150.552,28	28717,51	28717,51	$ 5.371.382,21	29076,48	29076,48	$ 5.601.680,22	29439,93	29439,93	$ 5.841.852,26
			$ 22.236.276,56		128044,363	$ 23.252.229,42		129645,5	$ 24.243.168,75		131266,1	$ 25.268.851,86		132906,3	$ 26.373.111,39

Tabla. Proyección de la TR Segundo Quinquenio 2020- 2024 Escenario con cobro de Tarifa Mínima

PLAN DE ORDENACION DEL RECURSO HÍDRICO – QUEBRADA EL CARRIZAL																
PROYECCIÓN DE LA TASA RETRIBUTIVA SEGUNDO QUINQUENIO - ESCENARIO CON COBRO DE TARIFA MÍNIMA																
USUARIO	2020			2021			2022			2023			2024			
	CARGA kg/año		VALOR TASA	CARGA kg/año		VALOR TASA	CARGA kg/año		VALOR TASA	CARGA kg/año		VALOR TASA	CARGA kg/año		VALOR TASA
	DBO5	SST	RETRIBUTIVA	DBO5	SST	RETRIBUTIVA	DBO5	SST	RETRIBUTIVA	DBO5	SST	RETRIBUTIVA	DBO5	SST	RETRIBUTIVA
Vertimiento municipal Pablo Sexto	5996,38	5996,38	$ 1.225.697,96	6071,94	6071,94	$ 1.278.249,76	6147,84	6147,84	$ 1.333.054,72	6224,69	6224,69	$ 1.390.209,44	6302,50	6302,50	$ 1.449.814,67
Vertimiento municipal principal (San Antonio 1)	53913,82	53913,82	$ 11.019.225,61	54587,74	54587,74	$ 11.491.674,91	55270,09	55270,09	$ 11.984.380,47	55960,96	55960,96	$ 12.498.210,79	56660,47	56660,47	$ 13.034.071,57
Vertimiento municipal fenelon ordoñez (San Antonio 2)	6881,78	6881,78	$ 1.406.538,65	6967,80	6967,80	$ 1.466.843,99	7054,90	7054,90	$ 1.529.734,93	7143,08	7143,08	$ 1.595.322,31	7232,37	7232,37	$ 1.663.721,75
Vertimiento Municipal La Pradera	2359,47	2359,47	$ 482.241,82	2388,96	2388,96	$ 502.917,94	2418,82	2418,82	$ 524.480,55	2449,06	2449,06	$ 546.967,65	2479,67	2479,67	$ 570.418,89
Vertimiento municipal Llano grande	15336,53	15336,53	$ 3.134.571,84	15528,24	15528,24	$ 3.268.966,61	15722,34	15722,34	$ 3.409.123,55	15918,87	15918,87	$ 3.555.289,72	16117,86	16117,86	$ 3.707.722,77
Vertimiento municipal La Floresta	20271,75	20271,75	$ 4.143.260,93	20525,15	20525,15	$ 4.320.903,30	20781,71	20781,71	$ 4.506.162,02	21041,48	21041,48	$ 4.699.363,72	21304,50	21304,50	$ 4.900.849,94
Chorrillo	29807,93	29807,93	$ 6.092.321,67	30180,53	30180,53	$ 6.353.529,97	30557,79	30557,79	$ 6.625.937,56	30939,76	30939,76	$ 6.910.024,64	31326,51	31326,51	$ 7.206.291,94
			$ 27.503.858,54			$ 28.683.066,47			$ 29.912.873,80			$ 31.195.386,27			$ 32.532.830,54

Tabla. Proyección de la TR Primer Quinquenio 2015- 2019 Escenario con Cumplimiento de Metas

PLAN DE ORDENACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO - QUEBRADA EL CARRIZAL																
PROYECCIÓN DE LA TASA RETRIBUTIVA PRIMER QUINQUENIO - ESCENARIO DE COBRO CON CUMPLIMIENTO DE LAS METAS																
USUARIO	2015			2016			2017			2018			2019			
	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIVA	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIVA	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIVA	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIVA	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIVA
	DBO5	SST		DBO5	SST		DBO5	SST		DBO5	SST		DBO5	SST	
Vertimiento municipal Pablo Sexto	5635,82	5635,82	$ 993.624,25	5706,27	5706,27	$ 1.036.225,89	5777,60	5777,60	$ 1.080.654,07	5849,82	5849,82	$ 1.126.987,12	5922,94	5922,94	$ 1.175.306,69
Vertimiento municipal principal (San Antonio 1)	50666,97	50666,97	$ 8.932.844,87	51300,31	51300,31	$ 9.315.840,60	51941,56	51941,56	$ 9.715.257,26	52590,83	52590,83	$ 10.131.798,92	53248,21	53248,21	$ 10.566.199,80
Vertimiento municipal fenelon ordoñez (San Antonio 2)	6467,34	6467,34	$ 1.140.224,55	6548,18	6548,18	$ 1.189.111,67	6630,03	6630,03	$ 1.240.094,84	6712,91	6712,91	$ 1.293.263,90	6796,82	6796,82	$ 1.348.712,59
Vertimiento Municipal La Pradera	2217,37	2217,37	$ 390.934,13	2245,09	2245,09	$ 407.695,43	2273,15	2273,15	$ 425.175,37	2301,57	2301,57	$ 443.404,77	2330,34	2330,34	$ 462.415,75
Vertimiento municipal Llano grande	14412,92	14412,92	$ 2.541.071,85	14593,08	14593,08	$ 2.650.020,30	14775,50	14775,50	$ 2.763.639,32	14960,19	14960,19	$ 2.882.130,98	15147,19	15147,19	$ 3.005.702,35
Vertimiento municipal La Floresta (incluido Hospital)	19050,93	19050,93	$ 3.358.775,74	19289,06	19289,06	$ 3.502.783,24	19530,18	19530,18	$ 3.652.965,08	19774,30	19774,30	$ 3.809.585,95	20021,48	20021,48	$ 3.972.921,95
Chorrillo	28012,81	28012,81	$ 4.938.801,18	28362,97	28362,97	$ 5.150.552,28	28717,51	28717,51	$ 5.371.382,21	29076,48	29076,48	$ 5.601.680,22	29439,93	29439,93	$ 5.841.852,26
			$ 22.236.276,56			$ 23.252.229,42			$ 24.243.168,75			$ 25.268.851,86			$ 26.373.111,39

Tabla. Proyección de la TR Segundo Quinquenio 2020- 2024 Escenario con Cumplimiento de Metas

PLAN DE ORDENACION DEL RECURSO HÍDRICO - QUEBRADA EL CARRIZAL																				
PROYECCION DE LA TASA RETRIBUTIVA SEGUNDO QUINQUENIO - ESCENARIO DE COBRO CON CUMPLIMIENTO DE LAS METAS																				
USUARIO	2020			2021			2022			2023			2024							
	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIV	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIV	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIV	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIV	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIVA					
	DBO5	SST		DBO5	SST		DBO5	SST		DBO5	SST		DBO5	SST						
Vertimiento municipal Pablo Sexto	2998,49	2998,49	$ 612.848,98	3035,97	3035,97	$ 639.124,88	3073,92	3073,92	$ 666.527,36	3112,34	3112,34	$ 695.104,72	3151,25	3151,25	$ 724.907,34					
Vertimiento municipal principal (San Antonio 1)	26956,91	26956,91	$ 5.509.612,81	27293,87	27293,87	$ 5.745.837,46	27635,04	27635,04	$ 5.992.190,24	27980,48	27980,48	$ 6.249.105,39	28330,24	28330,24	$ 6.517.035,79					
Vertimiento municipal fenelon ordoñez (San Antonio 2)	3440,89	3440,89	$ 703.269,32	3483,90	3483,90	$ 733.421,99	3527,45	3527,45	$ 764.867,46	3571,54	3571,54	$ 797.661,16	3616,19	3616,19	$ 831.860,88					
Vertimiento Municipal La Pradera	1179,73	1179,73	$ 241.120,91	1194,48	1194,48	$ 251.458,97	1209,41	1209,41	$ 262.240,27	1224,53	1224,53	$ 273.483,82	1239,84	1239,84	$ 285.209,44					
Vertimiento municipal Llano grande	7668,27	7668,27	$ 1.567.285,92	7764,12	7764,12	$ 1.634.483,30	7861,17	7861,17	$ 1.704.561,77	7959,44	7959,44	$ 1.777.644,86	8058,93	8058,93	$ 1.853.861,38					
Vertimiento municipal La Floresta (incluido Hospital)	10135,88	10135,88	$ 2.071.630,49	10262,57	10262,57	$ 2.160.451,65	10390,86	10390,86	$ 2.253.081,01	10520,74	10520,74	$ 2.349.681,86	10652,25	10652,25	$ 2.450.424,47					
Chorrillo	29807,93	29807,93	$ 6.092.321,67	30180,53	30180,53	$ 6.353.529,97	30557,79	30557,79	$ 6.625.937,56	30939,76	30939,76	$ 6.910.024,64	31326,51	31326,51	$ 7.206.291,94					
			16.798.090,11			17.518.308,22			18.269.405,68			19.052.706,45			$ 19.869.591,24					

Tabla. Proyección de la TR Primer Quinquenio 2015- 2019 Escenario sin Cumplimiento de Metas

PLAN DE ORDENACION DEL RECURSO HÍDRICO - QUEBRADA EL CARRIZAL															
PROYECCION DE LA TASA RETRIBUTIVA PRIMER QUINQUENIO - ESCENARIO DE COBRO SIN CUMPLIMIENTO DE LAS METAS															
USUARIO	2015			2016			2017			2018			2019		
	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIV A	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIV A	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIV A	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIV A	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIV A
	DBO5	SST		DBO5	SST		DBO5	SST		DBO5	SST		DBO5	SST	
Vertimiento municipal Pablo Sexto	5635,82	5635,82	$ 993.624,25	5706,27	5706,27	$ 1.036.225,89	5777,60	5777,60	$ 1.080.654,07	5849,82	5849,82	$ 1.295.768,53	5922,94	5922,94	$ 1.527.342,52
Vertimiento municipal principal (San Antonio 1)	50666,97	50666,97	$ 8.932.844,87	51300,31	51300,31	$ 9.315.840,60	51941,56	51941,56	$ 9.715.257,26	52590,83	52590,83	$ 11.649.171,50	53248,21	53248,21	$ 13.731.059,67
Vertimiento municipal fenelon ordoñez (San Antonio 2)	6467,34	6467,34	$ 1.140.224,55	6548,18	6548,18	$ 1.189.111,67	6630,03	6630,03	$ 1.240.094,84	6712,91	6712,91	$ 1.486.947,49	6796,82	6796,82	$ 1.752.688,14
Vertimiento Municipal La Pradera	2217,37	2217,37	$ 390.934,13	2245,09	2245,09	$ 407.695,43	2273,15	2273,15	$ 425.175,37	2301,57	2301,57	$ 509.810,57	2330,34	2330,34	$ 600.921,65
Vertimiento municipal Llano grande	14412,32	14412,32	$ 2.541.071,85	14593,08	14593,08	$ 2.650.020,30	14775,50	14775,50	$ 2.763.639,92	14960,19	14960,19	$ 3.313.768,70	15147,19	15147,19	$ 3.905.990,71
Vertimiento municipal La Floresta (incluido Hospital)	19050,93	19050,93	$ 3.358.775,74	19289,06	19289,06	$ 3.502.783,24	19530,18	19530,18	$ 3.652.965,08	19774,30	19774,30	$ 4.380.122,47	20021,48	20021,48	$ 5.162.918,50
Chorrillo	28012,81	28012,81	$ 4.938.801,18	28362,97	28362,97	$ 5.150.552,28	28717,51	28717,51	$ 5.371.382,21	29076,48	29076,48	$ 6.440.606,86	29439,93	29439,93	$ 7.591.643,49
			$ 22.236.276,6			$ 23.252.223,42			$ 24.243.168,75			$ 29.076.196,12			$ 34.272.564,68

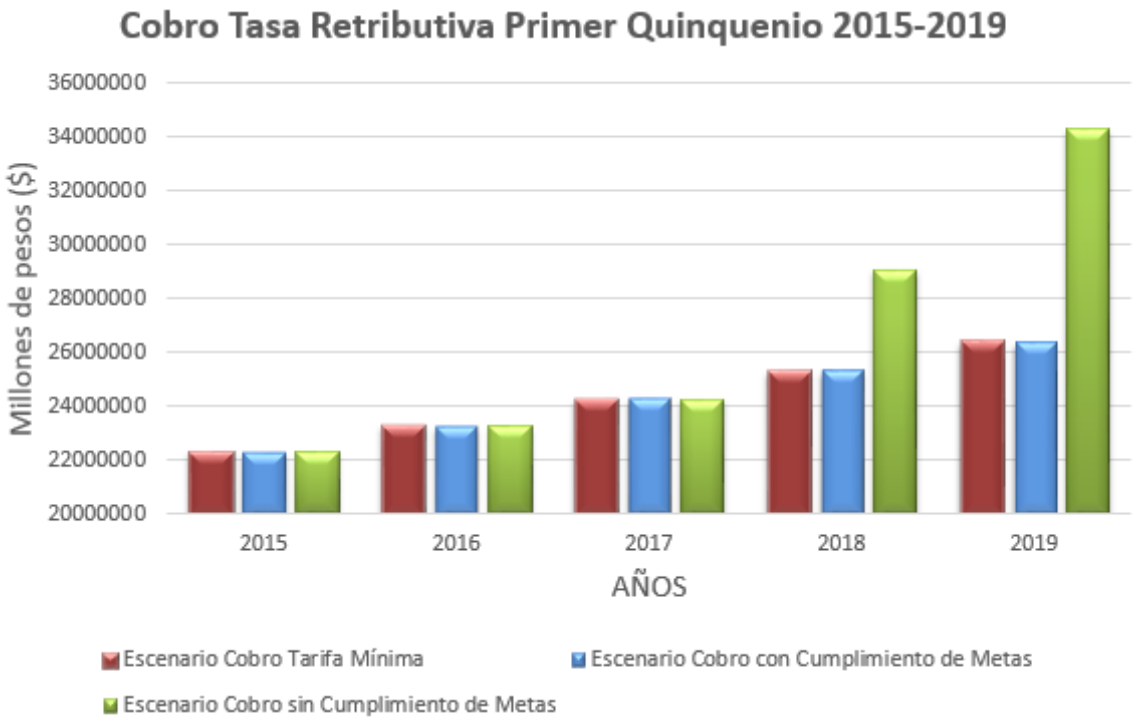
Tabla. Proyección de la TR Segundo Quinquenio 2020- 2024 Escenario sin Cumplimiento de Metas

PLAN DE ORDENACION DEL RECURSO HÍDRICO - QUEBRADA EL CARRIZAL															
PROYECCION DE LA TASA RETRIBUTIVA SEGUNDO QUINQUENIO - ESCENARIO DE COBRO CON CUMPLIMIENTO DE LAS METAS															
USUARIO	2020			2021			2022			2023			2024		
	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIV	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIV	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIV	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIV	CARGA kg/año		VALOR TASA RETRIBUTIV
	DBO5	SST		DBO5	SST		DBO5	SST		DBO5	SST		DBO5	SST	
Vertimiento municipal Pablo Sexto	5996,98	5996,98	1.776.392,02	6071,94	6071,94	$ 2.043.989,85	6147,84	6147,84	$ 2.331.268,71	6224,69	6224,69	2.639.424,34	6302,50	6302,50	$ 2.969.718,82
Vertimiento municipal principal (San Antonio 1)	53913,82	53913,82	15.970.055,47	54587,74	54587,74	18.375.803,82	55270,09	55270,09	20.958.487,90	55960,96	55960,96	23.728.857,52	56660,47	56660,47	26.638.259,07
Vertimiento municipal fenelon ordoñez (San Antonio 2)	6881,78	6881,78	2.038.482,65	6967,80	6967,80	$ 2.345.562,12	7054,90	7054,90	$ 2.675.226,39	7143,08	7143,08	3.028.847,60	7232,37	7232,37	$ 3.407.874,06
Vertimiento Municipal La Pradera	2359,47	2359,47	698.908,34	2388,96	2388,96	$ 804.192,73	2418,82	2418,82	$ 917.220,48	2449,06	2449,06	1.038.462,04	2479,67	2479,67	$ 1.168.413,96
Vertimiento municipal Llano grande	15336,53	15336,53	4.542.904,18	15528,24	15528,24	$ 5.227.252,73	15722,34	15722,34	$ 5.961.933,10	15918,87	15918,87	6.750.003,23	16117,86	16117,86	$ 7.594.690,76
Vertimiento municipal La Floresta (incluido Hospital)	20271,75	20271,75	6.004.787,45	20525,15	20525,15	$ 6.909.355,85	20781,71	20781,71	$ 7.880.452,60	21041,48	21041,48	8.922.119,66	21304,50	21304,50	$ 10.038.623,31
Chorrillo	29807,93	29807,93	8.829.541,97	30180,53	30180,53	$ 10.159.634,79	30557,79	30557,79	$ 11.587.552,02	30939,76	30939,76	13.119.237,05	31326,51	31326,51	14.760.963,08
			39.861.072,07			45.865.791,89			52.312.141,20			59.226.951,45			66.638.543,06

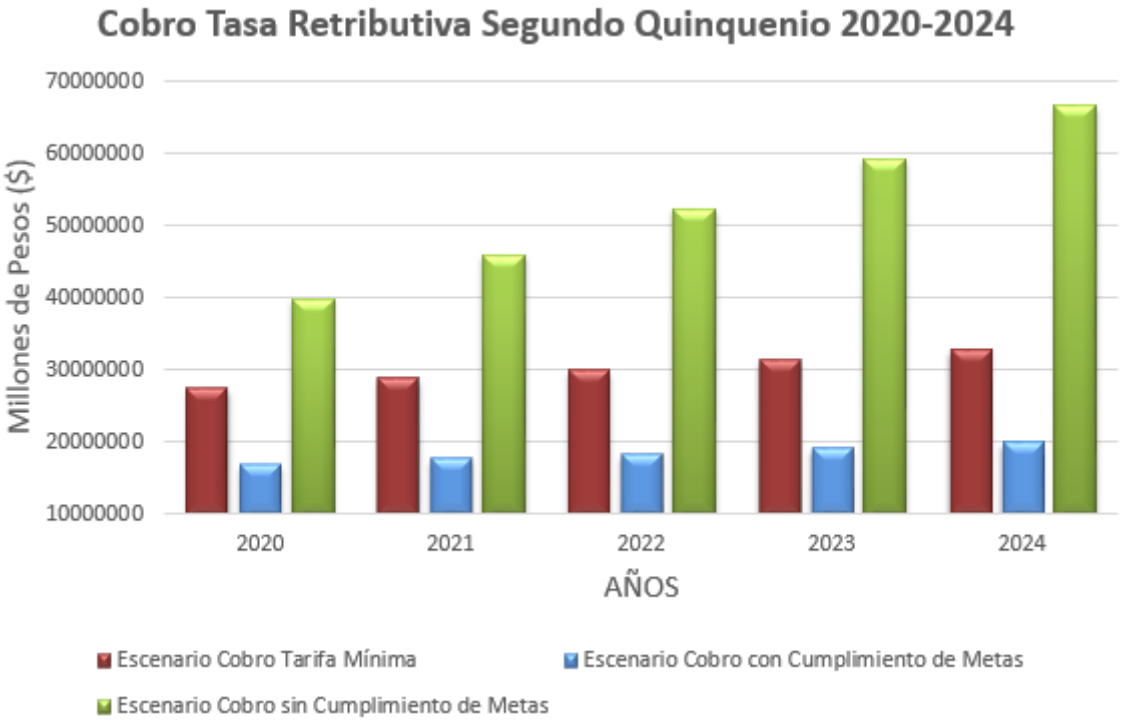
Tabla. Comparativo Escenarios de Cobro de la Tasa Retributiva – Valores Totales

ESCENARIOS COBRO TASA RETRIBUTIVA QUEBRADA EL CARRIZAL										
	PRIMER QUINQUENIO 2015 - 2019					SEGUNDO QUINQUENIO 2015 - 2019				
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Escenario con cobro de tarifa minima	22296276,6	23252229,4	24249168,8	25288851,9	26373111,4	27503858,5	28683086,5	29912873,8	31195388,3	32532890,5
Escenario de cobro sin cumplimiento de las metas	22296276,6	23252229,4	24249168,8	29076196,1	34272564,7	39861072,1	45865791,9	52312141,2	59226951,4	66638543,1
Escenario de cobro con cumplimiento de las metas	22296276,6	23252229,4	24249168,8	25288851,9	26373111,4	16798090,1	17518308,2	18269405,7	19052706,5	19869591,2

Gráfica. Comparativo Escenarios de Cobro de la Tasa Retributiva – Valores Totales Primer quinquenio 2015 - 2019



Gráfica. Comparativo Escenarios de Cobro de la Tasa Retributiva – Valores Totales Segundo quinquenio 2019 - 2020



Gráfica. Comparativo Tendencia Cobro Tasa Retributiva – Valores Totales

Las Tablas 75 y 76, muestran la proyección del cobro de la Tasa Retributiva con tarifa mínima en los dos quinquenios 2015 – 2019 y 2020 – 2024, los cuales indican que en el segundo quinquenio se realizará un aumento de $31.935.474 m/cte.

En las Tablas 77 y 78 se muestra la proyección del cobro de Tasa Retributiva pero con cumplimiento de metas de reducción de carga contaminante, e indican que los valores en los dos quinquenios disminuyen en $1.891.863,5 a pesar del aumento de la población anual, frente a los valores de Tasa calculados con Tarifa Mínima y son muy inferiores comparados con los valores calculados sin Metas de Descontaminación.

Así mismo, las Tablas 79 y 80 muestran la proyección del cobro de Tasa Retributiva, pero sin cumplimiento de metas de reducción y señalan que los valores de los quinquenios 2015 – 2019 y 2020 – 2024 aumentan significativamente, éste aumento se debe a que ningún usuario no han implementado ninguna Planta de Tratamiento que realice la remoción de cargas contaminantes sobre todo de los parámetros de DBO y SST objeto de cobro de Tasa Retributiva.

8.7. Líneas de Acción para la Formulación de Proyectos

Gracias a la necesidad de generar proyectos que mitiguen los posibles riesgos asociados a la cantidad y calidad del recurso, es necesario definir líneas de acción encaminadas a la preservación de la Quebrada el Carrizal.

Teniendo en cuenta los riesgos identificados, a continuación se presenta las líneas de acción para la generación de los proyectos:

Descontaminación y Recuperación de la Calidad de la Quebrada el Carrizal: agrupa proyectos encaminados a la optimización de sistemas de tratamiento, construcción de Plantas de Tratamiento y eliminación de puntos de vertimiento, esto permitirá recuperar la calidad fisicoquímica y bacteriológica de la quebrada, además cumplir con los Objetivos de Calidad trazados para la satisfacción de los usos definidos.

Protección y Conservación de la Calidad y Cantidad de la Quebrada el Carrizal: agrupa proyectos dirigidos al mantenimiento de la calidad del agua en los tramos de la quebrada que cumplen con los criterios de calidad para la satisfacción de los usos definidos. Incluye también los proyectos encaminados a la protección y restauración de la ronda hídrica.

Fortalecimiento Institucional: Se encamina a alcanzar la sostenibilidad técnica, financiera y operativa de las empresas de servicios públicos, que permita la participación de la misma como actor importante en la ejecución del PORH de la Quebrada el Carrizal.

Gestión Integral del Riesgo: agrupa las acciones que deben tenerse en cuenta para la mitigación de los riesgos asociados a cantidad y calidad del recurso hídrico, identificados en la etapa de Diagnostico.

Seguimiento y Monitoreo al Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de la Quebrada el Carrizal: agrupa las acciones de control y monitoreo que deben efectuarse por parte de los actores involucrados para verificar el cumplimiento de los compromisos de descontaminación y de reducción de cargas contaminantes.

Como principales responsables de la ejecución de los proyectos se tiene a: la Alcaldía municipal del Municipio de La Cruz y la empresa de servicios públicos; para los primeros en los siguientes numerales se identificaron las fuentes de financiación.
Teniendo en cuenta los aspectos técnico, social, económico y ambiental este programa contempla la construcción y optimización de Sistemas de Tratamiento Secundario de Aguas Residuales, para los vertimientos del alcantarillado del casco municipal de La Cruz. A continuación se presenta las actividades a llevarse a cabo durante el periodo 2015 – 2024, el costo total del proyecto y fuentes de financiación.

Cuadro 38. Programas y proyectos PORH Quebrada el Carrizal

PROGRAMA 1: DESCONTAMINACIÓN Y RECUPERACIÓN DE LA CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO
NÚMERO DEL PROYECTO: 1
NOMBRE DEL PROYECTO: Unificación de puntos de vertimiento (Intercepto 1 Y 2) en el casco urbano del Municipio de la Cruz.
DIAGNÓSTICO: El alcantarillado del casco urbano del Municipio de La Cruz, actualmente descarga sus vertimientos a la fuente receptora final Quebrada el Carrizal. La ubicación de los puntos de vertimiento 1 y 2. Genera fuertes impactos negativos que repercuten directamente sobre la salud, seguridad, bienestar y en general sobre la calidad de vida de los habitantes de su área de influencia, así mismo sobre el ambiente por el aporte de carga orgánica que supera la capacidad de carga del recurso hídrico y disminuye su calidad comprometiendo su uso actual y potencial
ALCANCES: Construcción del interceptor que recoja los 2 puntos de vertimiento puntuales del alcantarillado del barrio Pablo VI y principal y los conduzca hasta el sistema de tratamiento de aguas residuales que es la única solución que permita la reducción de carga contaminante
JUSTIFICACION Con el fin de implementar STAR se hace necesario la unificación de puntos de vertimiento que permita reducir los costos y sistemas, disminuyendo los puntos de descarga
OBJETIVO DEL PROYECTO: Construir el interceptor que recoja los dos puntos de vertimiento puntuales del barrio Pablo VI y Principal del casco urbano del municipio de la Cruz.
LUGAR DONDE SE VA A EJECUTAR: El lugar donde se ejecutara el proyecto se encuentra en el casco urbano del municipio de La Cruz
OBRAS Y ACTIVDADES A DESARROLLAR: • Adecuación de terreno • Conexión de Tubería
TIEMPO NECESARIO PARA SU EJECUCION: 2 años
RECURSOS NECESARIOS: **Humanos:** Ingeniero civil o afines, obreros. **Económicos: Costo Total $24´989.000**
FUENTES DE FINANCIACION Alcaldía Municipal
INDICADOR DE SEGUIMIENTO*:* Puntos de vertimientos eliminados/ Puntos vertimientos iniciales)*100.

PROGRAMA 1: **DESCONTAMINACION Y RECUPERACION DE LA CALIDAD DEL RECURSO HIDRICO**
NUMERO DEL PROYECTO: 2
NOMBRE DEL PROYECTO: Adecuación de terreno y construcción de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas para el punto de Vertimiento San Antonio 1 (PUNTO 2)
RELACION DIAGNOSTICO – PROYECTO Una de las variables principales que contribuyen al deterioro de la calidad del recurso hídrico, es el aporte de contaminación domestica generado por el casco urbano del Municipio; por lo tanto, se deben adoptar las medidas necesarias que conlleven al control de la contaminación de la fuente, ya que si no intervenimos sobre el sistema, la calidad de la fuente receptora empeorará debido al incremento de la población
ALCANCES: Descontaminación de los vertimientos a través de la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales y su consecuente operación y mantenimiento eficiente
JUSTIFICACION: El aporte de contaminación domestica generado por el Casco Urbano del Municipio de La Cruz, genera un alto impacto negativo sobre la calidad del recurso hídrico aguas debajo de su vertimiento, lo que compromete su uso e impide el complimiento del objetivo de calidad
OBJETIVO DEL PROYECTO: Construir una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales domesticas para el punto de vertimiento San Antonio 1.
LUGAR DONDE SE VA A EJECUTAR: El lugar donde se ejecutará el proyecto se encuentra en el casco urbano del municipio de La Cruz
OBRAS Y ACTIVDADES A DESARROLLAR: • Levantamiento topográfico • Memorias de diseño • Adecuación del terreno • Construcción del sistema
TIEMPO NECESARIO PARA SU EJECUCION: 4 años
RECURSOS NECESARIOS: **Humanos:** Ingeniero civil o afines, obreros. **Económicos: Costo Total $259´157.000**
FUENTES DE FINANCIACION Alcaldía Municipal Empresa de Servicios
BENEFICIOS QUE GENERA: Disminuye el impacto causado en los cuerpos receptores Mejora la calidad de vida de los habitantes del casco urbano
INDICADOR DE SEGUIMIENTO*:* (Carga DBO proyectada año - Carga meta a verter DBO / Carga proyectada año DBO)*100.

PROGRAMA 2 **PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA CALIDAD Y CANTIDAD DE LA QUEBRADA EL CARRIZAL**
NÚMERO DEL PROYECTO: 1
NOMBRE DEL PROYECTO*:* Educación y Sensibilización en torno al Recurso Hídrico para el Municipio de La Cruz.
DIAGNOSTICO: La comunidad del municipio no manifiesta una cultura ambiental, en pro de la conservación y protección del recurso hídrico ya que se mira la deforestación y la expansión de la frontera agrícola.
JUSTIFICACION: Debido al deterioro en la calidad de la Quebrada el Carrizal, es necesario, realizar el acompañamiento a la comunidad en jornadas de capacitación, educación definiendo previamente temas a tratar durante el proceso de seguimiento y monitoreo.
DESCRIPCION DEL PROYECTO*:* La Comunidad de los corregimientos y las veredas, del municipio de La Cruz tiene falencia en cuanto a la sensibilidad ambiental y buenas prácticas en torno al ahorro y uso eficiente del recurso hídrico.
OBRAS Y ACTIVIDADES A DESARROLLAR*:* Talleres de capacitación sobre el adecuado manejo del recurso hídrico, dirigidos a instituciones educativas y a población que vierten sus aguas marraneras de estaca. Talleres de capacitación sobre el adecuado manejo del recurso hídrico, dirigidos a la comunidad en general de los centros poblados.
TIEMPO DE EJECUCION*:* 10 años
RECURSOS NECESARIOS
ECONÓMICOS*:* $ 250.000.000
RESPONSABLES: Alcaldía de La Cruz , Corponariño, Empresa de Servicios Públicos, comunidad beneficiada.
FUENTES DE FINANCIACION: Corponariño, Gobernación de Nariño, Sistema General de Planeación.
BENEFICIOS*:* Comunidad sensibilizada en el tema relacionado con el PORH.
INDICADOR DE SEGUIMIENTO*:* (Actividades ejecutadas del Programa de Educación Ambiental / Actividades programadas del Programa de Educación Ambiental)*100

PROGRAMA 2 **PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA CALIDAD Y CANTIDAD DE LA QUEBRADA EL CARRIZAL**
NÚMERO DEL PROYECTO: 2
NOMBRE DEL PROYECTO*:* Protección y Recuperación de la ronda hídrica de la Quebrada el Carrizal.
DIAGNÓSTICO: Considerando que la Quebrada el Carrizal es la que abastece el acueducto del casco urbano del municipio de la Cruz, es fundamental generar procesos de protección de la ronda hídrica de la quebrada en su parte alta así como protección a los afluentes que la abastecen. Así mismo, y debido a la invasión de la ronda hídrica en su parte media por asentamientos y construcción de viviendas lo cual ha generado la pérdida de cobertura vegetal y deterioro de la calidad del recurso, es importante generar

procesos de recuperación.
JUSTIFICACIÓN: En la parte alta se ve la necesidad de proteger la ronda hídrica de la quebrada para asegurar su calidad y cantidad a sabiendas de que este recurso es el que abastece al casco urbano del municipio de La Cruz. En la parte media es necesaria la recuperación de la ronda hídrica debido al deterioro de la cobertura vegetal, lo cual redunda en problemas de erosión y posibles desbordamientos.
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO*:* Protección y Recuperación de la ronda hídrica en la parte alta y media de la quebrada el Carrizal, a través de reforestación con especies nativas o regeneración natural a partir de aislamientos.
OBRAS Y ACTIVIDADES A DESARROLLAR: • Compra de predios. Los predios a tener en cuenta en la parte alta de la microcuenca el Carrizal son: Predio San Isidro de herederos Fidel Realpe, Predios Padre Antonio Realpe, Predios Señor Bolaños, Predios Herederos Finado Fonecas, Predios Señor Alejandro Rebolledo. Cabe aclarar que Corponariño como máxima autoridad ambiental de la región, realizará la verificación de los predios aquí mencionados previamente al proceso de adquisición. • Como alternativa se propone la generación de incentivos económicos a la reforestación o incentivos y apoyo para el aislamiento de nacimientos de agua que sean afluentes de la Quebrada el Carrizal, con el fin de propiciar una regeneración natural. • Adquisición de material vegetal. • Siembra. • Mantenimiento. • Seguimiento y monitoreo: Bajo el Acuerdo 015 del 27 de Mayo de 2010, se crea el "sistema municipal de áreas naturales protegidas y el comité local de áreas protegidas del municipio de La Cruz" por lo cual, y considerando que la quebrada el Carrizal y sus afluentes nacen en cercanías al área protegida del parque nacional natural Doña Juana, se propone que este comité se apropie en primera instancia de realizar el seguimiento y monitoreo de las acciones y obras que a bien devengue la ejecución de este proyecto.
TIEMPO DE EJECUCION*:* 0 - 10 años
RECURSOS NECESARIOS
ECONÓMICOS*:* $ 1.000.000.000
RESPONSABLES: Alcaldía de La Cruz, Corponariño, Empresa de Servicios Públicos, Comunidad beneficiada.
FUENTES DE FINANCIACION: Corponariño; Gobernación de Nariño; Sistema General de Planeación; Gobierno Nacional a través del COMPES 3724 del Mayo de 2012, por medio del cual personas naturales o jurídicas, municipios, asociaciones y entidades descentralizada que preste servicios públicos de acueducto y alcantarillado, en este caso EMPOCRUZ, puede acceder al certificado de incentivo forestal (CiF) y recibir hasta un 50 % de incentivo sobre costos de establecimiento y mantenimientos de la plantación.
BENEFICIOS*:* Recuperación de la ronda hídrica en la parte alta y media de la Quebrada el Carrizal.
INDICADOR DE SEGUIMIENTO*:* (Kilómetros de ronda hídrica recuperada / Kilómetros de ronda hídrica) *100

PROGRAMA 3 **FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL**
NÚMERO DEL PROYECTO: 1
NOMBRE DEL PROYECTO: Fortalecimiento institucional de la empresa de servicios públicos de los Municipio de La Cruz
DIAGNÓSTICO: Las empresas de servicios públicos de los Municipio de La Cruz, prestan el servicio de acueducto y alcantarillado, sin embargo se requiere revisar su estructura de tarifaria encaminada a cumplir costos relacionados con la ejecución de los diferentes planes maestro tanto para las veredas y Corregimientos de la zona de estudio.
JUSTIFICACIÓN: Teniendo en cuenta la colaboración prestada por la empresa de servicios públicos de La Cruz en la formulación y ejecución del PORH 2014, es necesario consolidar aspectos técnicos, financieros, operativos y administrativos que permitan la gestión eficiente de la empresa a fin de garantizar la actividad y proyectos del plan.
OBRAS Y ACTIVIDADES A DESARROLLAR: Revisión y propuesta de estructura tarifaria, consolidación de una estructura técnica, financiera, operativa y administrativa en la empresa
TIEMPO DE EJECUCIÓN: 5 años
RECURSOS NECESARIOS
ECONÓMICOS: $ 150.000.000
RESPONSABLES: Alcaldía de La Cruz, Empresa de Servicios Públicos de La Cruz EMPOCRUZ y PDA
FUENTES DE FINANCIACIÓN: Alcaldia de La Cruz, PDA
BENEFICIOS: Empresas fortalecidas técnica, operativa, administrativa y financieramente.
INDICADOR DE SEGUIMIENTO: Actividades realizadas en Proceso Fortalecimiento Institucional / Actividades programadas en Proceso Fortalecimiento Institucional

PROGRAMA 4 **GESTION DEL RIESGO**
NÚMERO DEL PROYECTO: 1
NOMBRE DEL PROYECTO: Mitigación del Riesgo asociado al cauce principal de la Quebrada el Carrizal
DIAGNÓSTICO: Alteración de la calidad fisicoquímica y bacteriológica natural del agua de la Quebrada el Carrizal.
JUSTIFICACIÓN: los vertimientos provenientes de arrastres de suelos con agroquímicos y fungicidas y la disposición inadecuada de residuos sólidos de los mismos aumentan la vulnerabilidad del recurso
OBRAS Y ACTIVIDADES A DESARROLLAR: llevar a cabo campañas educativas ambientales abarcando temas concernientes a la conservación y protección del recurso hídrico con el control en la aplicación de fungicidas y agroquímicos como es

la implementación de planes y programas enfocados en la descontaminación de la fuente hídrica por medio de la recolección de embaces de agroquímicos y prácticas de actividades agroecológicas sostenibles.
TIEMPO DE EJECUCIÓN: 5 años
RECURSOS NECESARIOS
ECONÓMICOS: $ 1500000
RESPONSABLES: Alcaldía de La Cruz, Empresa de Servicios Públicos de La Cruz EMPOCRUZ y PDA
FUENTES DE FINANCIACIÓN: Alcaldía Municipal La Cruz, Empresa Servicios Públicos, Sistema General de Planeación.
BENEFICIOS: Recuperación ronda hídrica, Protección de viviendas asentadas a la orilla de cauce principal, Protección de zonas con bosques primarios - secundarios
INDICADOR DE SEGUIMIENTO: (proyectos Mitigación ejecutados / Proyectos mitigados)*100%

8.7.1. Fuentes de Financiación

Para la formulación e implementación de los proyectos es necesario tener en cuenta que las fuentes de financiación, del PORH las cuales son del orden local, regional y nacional y dependiendo del programa, se describe la fuente que tenga relación.

PROGRAMA	FUENTE DE FINANCIACION		
	DE ORDEN LOCAL	DE ORDEN REGIONAL	DE ORDEN NACIONAL
DESCONTAMINACION Y RECUPERACION DE LA CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO	Alcaldía Municipal	Departamento	Nación
	Empresa de Servicios Públicos	Corponariño	
PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA CALIDAD DE LA QUEBRADA EL CARRIZAL	Alcaldía Municipal	Departamento	Nación
	Empresa de Servicios Públicos	Corponariño	
SEGUIMIENTO Y MONITOREO DEL PORH	Alcaldía Municipal	Departamento	Nación
		Corponariño	

Fuente. Este estudio, CORPONARIÑO 2014

Tabla 29. Fuentes de Financiación por Programas y Proyectos - PORH Quebrada el Carrizal

FUENTES DE FINANCIACION					
PROGRAMA	**PROYECTO**	**COSTO TOTAL Miles de Pesos**	**FUENTES DE FINANCIACION**	**% DE PARTICIPACION**	**COSTO DE PARTICIPACION Miles de Pesos**
DESCONTAMINACION	**OPTIMIZACION TANQUE SEPTICO ROSAL DEL MONTE**	$154.462.000,00	SGP	24	$37.014.153,74
			TASA RETRIBUTIVA	5	$8.047.097,09
			DEPARTAMENTO	16	$24.407.600,63
			CORPONARIÑO	5	$7.723.100,00
			NACION	50	$77.231.000,00
			TOTAL	100,0	$154.422.951,46

FUENTES DE FINANCIACION					
PROGRAMA	**PROYECTO**	**COSTO TOTAL Miles de Pesos**	**FUENTES DE FINANCIACION**	**% DE PARTICIPACION**	**COSTO DE PARTICIPACION Miles de Pesos**
DESCONTAMINACION	**CONSTRUCCION SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CASCO URBANO COLECTOR BUESAQUITO NORTE BARRIO LAS PALMAS**	$235.500.000,00	SGP	24	$56.433.512,48
			DEPARTAMENTO	16	$37.448.471,15
			CORPONARIÑO	5	$11.775.000,00
			NACION	55	$129.525.000,00
			TOTAL	100	$235.181.983,63

FUENTES DE FINANCIACION					
PROGRAMA	**PROYECTO**	**COSTO TOTAL Miles de Pesos**	**FUENTES DE FINANCIACION**	**% DE PARTICIPACION**	**COSTO DE PARTICIPACION Miles de Pesos**
DESCONTAMINACION	**UNIFICACION DE ALCANTARILLADO VEREDA VERACRUZ A ALCANTARILLADO MUNICIPAL**	$130.150.000,00	SGP	23,59	$30.699.424,40
			DEPARTAMENTO	0,00	$0,00
			CORPONARIÑO	4,94	$6.434.764,87
			NACION	71,47	$93.015.810,73
			TOTAL	100,00	$130.150.000,00

FUENTES DE FINANCIACION					
PROGRAMA	PROYECTO	COSTO TOTAL Miles de Pesos	FUENTES DE FINANCIACION	% DE PARTICIPACION	COSTO DE PARTICIPACION Miles de Pesos
DESCONTAMINACION	CONSTRUCCION SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CASCO URBANO COLECTOR TINAJAS	$259.157.902,00	SGP	23,59	$61.129.453,86
			TASA RETRIBUTIVA	4,94	$12.813.063,12
			CORPONARIÑO	26,33	$68.228.303,68
			NACION	45,14	$116.987.081,35
			TOTAL	100,00	$259.157.902,00

FUENTES DE FINANCIACION					
PROGRAMA	PROYECTO	COSTO TOTAL Miles de Pesos	FUENTES DE FINANCIACION	% DE PARTICIPACION	COSTO DE PARTICIPACION Miles de Pesos
DESCONTAMINACION	CONSTRUCCION SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CASCO URBANO COLECTOR CEMENTERIO	$140.560.000,00	SGP	24	$36.434.072,16
			CORPONARIÑO	5	$7.636.777,96
			NACION	71	$110.391.149,88
			TOTAL	100	$154.462.000,00

FUENTES DE FINANCIACION					
PROGRAMA	PROYECTO	COSTO TOTAL Miles de Pesos	FUENTES DE FINANCIACION	% DE PARTICIPACION	COSTO DE PARTICIPACION Miles de Pesos
DESCONTAMINACION	CONSTRUCCION SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CASCO POBLADO VILLAMORENO	$86.548.000,00	SGP	24	$36.434.072,16
			CORPONARIÑO	5	$7.636.777,96
			NACION	71	$110.391.149,88
			TOTAL	100	$154.462.000,00

FUENTES DE FINANCIACION					
PROGRAMA	PROYECTO	COSTO TOTAL Miles de Pesos	FUENTES DE FINANCIACION	% DE PARTICIPACION	COSTO DE PARTICIPACION Miles de Pesos
PROTECCION Y CONSERVACION DE LA CALIDAD DE LOS RIOS BUESAQUITO E IJAGUI	Educacion y sensibilizacion en torno al Recurso Hidrico para el municipio de Buesaco	$250.000.000,00	SGP	80	$200.000.000,00
			CORPONARIÑO	10	$25.000.000,00
			GOBERNACION	10	$25.000.000,00
			TOTAL	100	$250.000.000,00

FUENTES DE FINANCIACION					
PROGRAMA	PROYECTO	COSTO TOTAL Miles de Pesos	FUENTES DE FINANCIACION	% DE PARTICIPACION	COSTO DE PARTICIPACION Miles de Pesos
PROTECCION Y CONSERVACION DE LA CALIDAD DE LOS RIOS BUESAQUITO E IJAGUI	RECUPERACION DE LA RONDA HIDRICA	$1.250.000.000,00	SGP	80	$1.000.000.000,00
			GOBERNACION	10	$125.000.000,00
			CORPONARIÑO	10	$125.000.000,00
			TOTAL	100	$1.250.000.000,00

FUENTES DE FINANCIACION					
PROGRAMA	PROYECTO	COSTO TOTAL Miles de Pesos	FUENTES DE FINANCIACION	% DE PARTICIPACION	COSTO DE PARTICIPACION Miles de Pesos
FROTALECIMIENTO INSTITUCIONAL	FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL DE LA EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DEL MUNICIPIO DE BUESACO ACUABUESACO	$150.000.000,00	SGP	100	$150.000.000,00
			TOTAL	100	$150.000.000,00

FUENTES DE FINANCIACION					
PROGRAMA	PROYECTO	COSTO TOTAL Miles de Pesos	FUENTES DE FINANCIACION	% DE PARTICIPACION	COSTO DE PARTICIPACION Miles de Pesos
GESTION DE RIESGO	MITIGACION DEL RIESGO ASOCIADO AL CAUCE PRINCIPAL DE LOS RIOS BUESAQUITO E IJAGUI	$250.000.000,00	SGP	100	$250.000.000,00
			TOTAL	100	$250.000.000,00

Para hacer el seguimiento a los programas propuestos en este documento se ha realizado unas fichas en las cuales se observa la descripción del programa, el objetivo a cumplir y la formula que permite calcular el porcentaje de ejecución de los proyectos del PORH de la Quebrada el Carrizal en jurisdicción del municipio de La Cruz, estas fichas se muestran a continuación.

Indicadores de seguimiento de los proyectos PORH Quebrada el Carrizal

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO	
REPORTE DE MEDICIÓN DE INDICADORES	
NOMBRE DEL INDICADOR	Cumplimiento de metas para los vertimientos municipales en la Quebrada el Carrizal
TIPO DE INDICADOR	Gestión - Eficiencia
FÓRMULAL PARA EL CÁLCULO	(Carga proyectada - Carga Vertida)/Carga Proyectada

UNIDAD DE MEDIDA	Porcentaje %
META	Porcentaje de cumplimiento de meta a verter en el quinquenio
PERÍODO DE MEDICIÓN	Quinquenal
CÁLCULO DEL INDICADOR	50%
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	
El indicador presenta el porcentaje de cumplimiento de metas de reducción de vertimientos en el municipio de La Cruz teniendo en cuenta que en la fase de Formulación se proyectaron proyectos encaminados a realización la reducción de cargas contaminantes vertidas a la Quebrada el Carrizal	

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO	
REPORTE DE MEDICIÓN DE INDICADORES	
NOMBRE DEL INDICADOR	Cumplimiento de Objetivos de Calidad para los tramos definidos en la Quebrada el Carrizal
TIPO DE INDICADOR	Gestión - Eficiencia
FÓRMULAL PARA EL CÁLCULO	Carga Vertida / Carga Proyectada
UNIDAD DE MEDIDA	Porcentaje %
META	Cumplimiento de los objetivos de calidad en el quinquenio
PERÍODO DE MEDICIÓN	Quinquenal
CÁLCULO DEL INDICADOR	<100%
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	
El indicador presenta el cumplimiento de los objetivos de calidad que son estipulados en el presente, teniendo en cuenta que en la fase de Formulación se proyectaron proyectos encaminados a realización la reducción de cargas contaminantes vertidas a la Quebrada el Carrizal	

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO	
REPORTE DE MEDICIÓN DE INDICADORES	
NOMBRE DEL INDICADOR	Eliminación de puntos de vertimientos municipales en la Quebrada el Carrizal
TIPO DE INDICADOR	Gestión - Eficiencia
FÓRMULAL PARA EL CÁLCULO	(Carga proyectada - Carga Vertida)/Carga Proyectada
UNIDAD DE MEDIDA	Porcentaje %

META	Porcentaje de cumplimiento de meta a verter en el quinquenio
PERÍODO DE MEDICIÓN	Quinquenal
CÁLCULO DEL INDICADOR	50%
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	
El indicador presenta el porcentaje de cumplimiento de metas de reducción de vertimientos en el municipio de La Cruz teniendo en cuenta que en la fase de Formulación se proyectaron proyectos encaminados a realización la reducción de cargas contaminantes vertidas a la Quebrada el Carrizal	

9. CONCLUSIONES

- ✓ La formulación de un PORH es una herramienta fundamental para lograr la preservación de los cuerpos de agua. Con su implementación se obtiene no solo una mejoría en el ámbito ambiental sino que, además, se incentiva la intervención, participación y conciencia de la población en el cuidado de las corrientes. Para lograrlo es necesario tener una metodología clara de seguimiento, donde cada componente que la integra es indispensable para el proceso, conformando un sistema sinérgico con el mismo objetivo. La metodología aquí propuesta para la formulación de un PORH es concordante con las condiciones establecidas en el Decreto 3930 de 2010.

- ✓ La riqueza hídrica de nuestro país tiene un valor incalculable, el cual se pone en riesgo con la mala disposición de los residuos y vertimientos y con la falta de reglamentación, control y vigilancia que se tienen en el ámbito ambiental. El PORH tiene como objetivo la implementación de medidas que aseguren la sostenibilidad del recurso en el tiempo.

- ✓ Los usos potenciales del agua se deben establecer para cada tramo de corriente teniendo en cuenta, más allá de sus condiciones actuales, el uso proyectado según la necesidad que del recurso pueda llegarse a tener, manteniendo como punto de vista criterios de sostenibilidad ambiental.

- ✓ La mayor afectación y deterioro de la calidad fisicoquímica y microbiológica del cauce principal de la Quebrada el Carrizal se presenta a partir de las descargas de la vereda la Estancia, y con mayor influencia, del casco urbano del Municipio de La Cruz. El deterioro de las aguas es evidente ya que el caudal de la quebrada es pequeño.

- ✓ Los colectores iniciales del sistema de alcantarillado del casco urbano del municipio de La Cruz, son los mayores aportantes de cargas contaminantes, considerando que el vertimiento de las aguas residuales se efectúa actualmente sin ningún tipo de tratamiento previo.

✓ Las cargas contaminantes aportadas al cauce principal de la Quebrada el Carrizal son principalmente de tipo orgánico o biodegradable ya que predominan los vertimientos de origen doméstico y pecuario.

✓ Los tramos I, II y III correspondientes a los usos potenciales preponderantes de preservación de flora y fauna, consumo humano y agropecuario definidos en los Objetivos de Calidad, no presentan una alteración significativa de la calidad del agua que impidan o vulneren los criterios establecidos para la satisfacción de los usos definidos; por lo tanto los proyectos a desarrollarse e implementarse en dichos tramos deben estar dirigidos a la protección y conservación de la calidad del recurso hídrico.

✓ La modelación y determinación del escenario actual del cauce principal de la Quebrada el Carrizal, se efectuó teniendo en cuenta las condiciones más críticas de calidad evidenciadas en la primera jornada de muestreo llevada a cabo el 9 de septiembre

del año 2014 correspondiente a una temporada climática de transición de verano a invierno.

✓ De no implementarse y aplicarse el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de la Quebrada el Carrizal, las condiciones de protección y conservación como las de calidad y cantidad de la corriente superficial continuaran deteriorándose

✓ Los Objetivos de Calidad fueron propuestos teniendo en cuenta las necesidades y condiciones de tipo social, económico, técnico, ambiental y normativo evidenciadas en el diagnóstico de la corriente.

✓ La implementación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico, permitirá el mantenimiento, preservación, descontaminación y recuperación en términos de calidad y cantidad de la corriente superficial para la satisfacción de los usos potenciales definidos. Además desde el aspecto económico, su beneficio se verá reflejado en la disminución gradual del valor de la Tasa Retributiva a medida que se vayan materializando los escenarios factibles proyectados a corto, mediano y largo plazo.

✓ Los usos más restrictivos y de mayor relevancia definidos para el cauce principal de la Quebrada el Carrizal son los de conservación de flora y fauna destinado exclusivamente para mantener y preservar la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres existentes en la zona alta de la cuenca, y el de consumo humano y domestico destinado al mantenimiento de la calidad y cantidad del recurso hídrico para la satisfacción de los habitantes de las zonas altas de la cuenca

10. RECOMENDACIONES

✓ Se sugiere a la administración municipal de La Cruz implementar acciones para la conservación de los páramos y terrenos de interés hídricos de la Quebrada el Carrizal.

✓ Considerando que los proyectos de descontaminación basados en la construcción de los sistemas de tratamiento de aguas residuales contemplados en este estudio, se recomienda a la administración municipal de la Cruz la búsqueda de recursos con nuevas fuentes de financiación ya sean de carácter nacional o internacional.

BIBLIOGRAFÍA

Betancur, T., Campiño, A., García, V. Metodología para la Formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico. Revista Ingenierias Universidad de Medellín. Vol. 10 No 19, pp 67-78 – ISSN 1692-3324. Julio-Diciembre 201.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 0865. (22, julio, 2004). Por la cual se adopta la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales a que se refiere el decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá, D.C., 2004. no. 45630. p. 4.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Caracterización climática del macizo Colombiano. Bogotá: p 19.

Guía metodológica para el balance hídrico para América del sur 1982 pág. 51

Metodología calculo índice de escasez. Ideam. Pag.10

IDEAM. Metodología para El Cálculo del Índice de Escasez de Agua Superficial. BOGOTÁ, D.C.,
2004. p 10.

Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. junio de 2010. P 28

Instituto geográfico Agustín Codazzi. Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamientos de cobertura y uso de la tierra. P89

Alonso, A., & Camargo, J. A. (2005). Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. Revista Ecosistemas, 14(3).

Prat, N., Ríos, B., Acosta, R., & Rieradevall, M. (2009). Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*, 631-654.

Mancilla, G., Valdovinos, C., Azocar, M., Jorquera, P., & Figueroa, R. (2009). Efecto del reemplazo de la vegetación nativa de ribera sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en arroyos de climas templados, Chile central. Hidrobiológica, 19(3), 193-203.

Roldán Pérez, G. A. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col. *Imprenta Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia*.

Segnini, S. (2003). El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente.*Ecotropicos*, *16*(2), 45-63.

Roldán, G. (1988). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. *Antioquia: Universidad de Antioquia*.

Ziglio, G., Flaim, G., & Siligardi, M. (Eds.). (2008). *Biological monitoring of rivers* (Vol. 19). John Wiley & Sons.

CHAPRA., S. C (1997). Surface Water Quality Modeling. Mc Graw Hill. New York, United State.

CHAPRA, S.C., PELLETIER, G.J. and TAO, H. (2008). QUAL2Kw: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality, Version 2.04: Documentation and Users Manual. Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University, Medford, MA.

FISCHER H.,IMBERGER J.,LIST.,KOH E., BROOKS (1979). Mixing in Inland and Coastal Waters. Academic Press, Inc. New York.

KILPATRICK F.A.,WILSON JR. (1982). Measurement of Time Of Travel In Streams By Dye Tracing. USGS, Denver, United State.

LOZANO G.,ZAPATA, M.A. y PEÑA, L.E (2003). Selección del Modelo de Simulación de Calidad de Agua en el Proyecto “Modelación de Corrientes hídricas Superficiales en el Departamento del Quindío”. CIDERA Grupo de Investigación, desarrollo y estudio del recurso hídrico y el ambiente, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia.

PEREIRA R., (2004). Modelos de Qualidade de Água. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS, Porto Alegre, Brasil.

ROLDÁN G., (1992). Fundamentos de Limnología. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

TUCCI C. (1993). Hidrología Ciência e Aplicacao. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ANEXOS