

# FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CORRIENTE RIO PEDERNAL Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS

## MUNICIPIO DE TERUEL - DEPARTAMENTO DEL HUILA.

CONTRATO DE CONSULTORÍA 0350 DE 2015



FASE 4. ELABORACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO

4.8. RESUMEN EJECUTIVO DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO.



## ENTIDADES PARTICIPANTES



CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO  
MAGDALENA- CAM

**CARLOS ALBERTO CUELLAR MEDINA**  
Director

**JUAN CARLOS ORTIZ**  
Subdirector de Regulación y Calidad Ambiental

**CARLOS ALBERTO VARGAS MUÑOZ**  
Interventor contrato No. 0350 de 2015



FUNDACIÓN DESARROLLO DE LAS INGENIERÍAS Y  
CIENCIAS DE LA SALUD PARA LA PROYECCIÓN  
SOCIAL – “FUNDISPROS”

**OSCAR EDUARDO GUTIÉRREZ OLAYA**  
Director Ejecutivo – Representante Legal

**MICHEL ALEXANDER CIFUENTES GUIO**  
Asesor Convenio



MINAMBIENTE



MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO  
SOSTENIBLE – MINAMBIENTE

**LUIS FERNANDO HOYOS**  
*Director de proyectos – FUNDISPROS*

**GABRIELA VARGAS TAMAYO**  
*Asistente*

**YODIG SMITH PULIDO ROJAS**  
*Apoyo Legal*

**ESTEBAN BUENDIA CHICUE**  
*Profesional Esp. Cartografía y SIG*

**MIGUEL ÁNGEL VALENZUELA MAHECHA**  
*Profesional Esp. Hidrología*

**ÁNGELA FERNANDA RAMOS**  
*Profesional de apoyo Hidrología*

**ERIKA OVALLE**  
*Profesional de apoyo Hidrología*

**KAROL LORENA MENDEZ CASTRO**  
*Profesional Esp. Calidad y cantidad del recurso hídrico*

**MAYRA ANDREA CASTRO HUERTAS**  
*Profesional Esp. Gestión del agua y Modelación*

**OSCAR IVAN MUÑETON LARA**  
*Profesional Esp. Hidráulica*

**LUIS ALEXANDER CARVAJAL PINILLA**  
*Profesional Esp. Hidrobiología*

**JAVIER EDUARDO BONILLA**  
**CARLOS IVAN ARAGONEZ CARDOZO**  
**JHONNY MAURICIO GUTIERREZ OLAYA**  
**JORGE ELIECER SILVA MAHECHA**  
**CARLOS MARIO LOPEZ**  
**LUISA FERNANDA SOLORZANO**  
**PABLO ANDRÉS SALAZAR**  
**DIANA FERNANDA BERNAL SÁNCHEZ**  
**JHON EDUARD RAMOS CANO**  
**GUSTAVO ANDRES SAENZ QUIROGA**  
**ELIAS CARDOZO**

*Profesionales de apoyo en campo*

**YODIG SMITH PULIDO ROJAS**  
*Profesional de apoyo área jurídica*

**KAY DILETT LOPEZ WATEROS**  
*Esp. Trabajo social*



**FUNDISPROS**

## TABLA DE CONTENIDO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....  | <b>15</b> |
| <b>OBJETIVOS</b> .....   | <b>16</b> |
| OBJETIVO GENERAL .....   | 16        |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....  | 16        |
| <b>GLOSARIO</b> .....  | <b>18</b> |
| <b>MARCO LEGAL</b> .....   | <b>25</b> |
| <b>MARCO CONCEPTUAL</b> .....  | <b>31</b> |
| <b>1. DECLARATORIA</b> .....   | <b>33</b> |
| 1.1 DECLARAR EN ORDENAMIENTO EL CUERPO DE AGUA .....   | 34        |
| 1.1.1 <i>Declaratoria y publicación</i> .....  | 34        |
| 1.1.2 <i>Metodología de Trabajo</i> .....  | 35        |
| <b>2. DIAGNÓSTICO</b> .....  | <b>36</b> |
| 2.1. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE.....  | 36        |
| 2.2. UBICACIÓN DEL CUERPO DE AGUA EN LA ESTRUCTURA HIDROGRAFICA DE LA CUENCA .                                       | 39        |
| 2.3. DELIMITAR EL AREA DE TRABAJO .....  | 6         |
| 2.4. REVISIÓN DE LAS REDES HIDROMETEOROLOGICAS Y DE CALIDAD HÍDRICA EXISTENTES..                                     | 7         |
| 2.4.1. <i>Revisión del Estado de las redes Hidrometeorológicas.</i> .....  | 7         |
| 2.4.2. <i>Revisión de la Calidad Hídrica Existente</i> .....   | 9         |
| 2.4.2.1. Monitoreo planta de tratamiento municipio de Teruel - 2013 .....  | 10        |
| 2.4.2.2. Monitoreo PTAR barrio las Brisas – Teruel - 2013.....   | 13        |
| 2.4.2.3. Calidad de agua rio pedernal - monitoreos y aforos a la fuente - 2013 ....                                  | 18        |
| 2.5. IDENTIFICACIÓN Y REVISIÓN DE INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN AMBIENTAL E<br>INFORMACIÓN EXISTENTE .....           | 20        |
| 2.5.1. <i>Programa de uso eficiente y ahorro de agua – PUEAA “Municipio de Teruel Año<br/>        2010”.</i> .....   | 21        |
| 2.5.2. <i>Programa de uso eficiente y ahorro de agua – PUEAA “Municipio de Yaguará<br/>        2015-2019”</i> .....  | 22        |
| 2.5.3. <i>Antecedentes de Calidad contenidos en el “EOT” del Municipio de Teruel Huila<br/>        (2000).</i> ..... | 22        |
| 2.5.4. <i>Antecedentes de calidad contenidos en el “EOT” del Municipio de Campoalegre</i><br>.....                   | 22        |
| 2.5.5. <i>Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos PSMV</i> .....  | 23        |
| 2.5.6. <i>Índice de riego de calidad del agua – IRCA</i> .....   | 23        |
| 2.5.7. <i>Información de oferta y demanda hídrica</i> .....  | 24        |
| 2.6. CLASIFICACIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL REGISTRO DE USUARIOS DEL RECURSO<br>HIDRICO. ....                          | 24        |
| 2.7. IDENTIFICACIÓN DE USOS EXISTENTES DEL RECURSO HIDRICO Y OBRAS HIDRAULICAS EN<br>EL CUERPO DE AGUA. ....         | 28        |
| 2.7.1. <i>Usos existentes del recurso hídrico – Cauce Principal</i> .....  | 28        |
| 2.7.2. <i>Obras hidráulicas</i> .....  | 30        |
| 2.7.3. <i>Cobertura y usos del suelo – sobre la cuenca Rio Pedernal</i> .....  | 32        |

|   |    |
|---|----|
| 2.8. ANÁLISIS DE QUEJAS Y RECLAMOS .....  | 34 |
| 2.9. ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN Y TAMAÑOS DE PREDIOS. ....   | 37 |
| 2.10. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE PARTICIPACIÓN. ....  | 40 |
| 2.10.1. Reconocimiento de los actores principales:.....   | 40 |
| Roles y responsabilidades .....   | 41 |
| Estrategia de comunicación y divulgación: .....   | 43 |
| Plan de medios: .....   | 43 |
| <i>Metodología para el desarrollo del diagnóstico social participativo:</i> .....   | 44 |
| 2.10.1.6. Elaboración de los diagnósticos participativos y soportes de socialización<br>y concertación del diagnóstico. ....  | 46 |
| 2.10.1.6.1. Metodología.....  | 46 |
| 2.10.1.6.2. Objetivos de los Talleres de Diagnóstico .....  | 46 |
| 2.10.1.6.3. Resultados Esperados:.....  | 46 |
| 2.10.1.7. Aplicación de encuestas ambientales .....   | 47 |
| 2.10.1.8. Análisis de resultados.....   | 47 |
| 2.10.1.8.1. Problemática encontrada dentro de la cuenca .....   | 47 |
| 2.10.1.8.2. Consecuencias .....   | 48 |
| 2.11. CENSO DE USUARIOS .....   | 49 |
| 2.11.1. Usuarios del Recurso Hídrico.....   | 49 |
| 2.11.1.1. Revisión de información secundaria para la identificación y ubicación de<br>los usuarios de la fuente hídrica de Río Pedernal y sus principales afluentes ..... | 49 |
| Inventario, georreferenciación y descripción de obras hidráulicas o de ocupación de<br>cauce. ....  | 50 |
| 2.11.2. Captaciones sobre el cauce de Río Pedernal y sus Principales Afluentes....  | 50 |
| 2.11.3. Sistemas de tratamiento de agua potable y abastecimiento .....  | 50 |
| 2.11.3.1 Acueducto municipio de Teruel:.....  | 51 |
| 2.11.3.2. Acueducto municipio de Yaguará .....  | 52 |
| 2.11.3.3. Bocatoma Canal Llanos de Yaguará .....  | 52 |
| 2.11.3.4. Acueducto Veredal La Mina y La María .....  | 52 |
| 2.11.4. Sistemas de tratamiento de aguas residuales .....   | 52 |
| 2.11.4.1. Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) municipio de Teruel.<br>.....  | 52 |
| 2.11.5. Análisis y caracterización de vertimientos:.....  | 53 |
| 2.12. Definición de tramos o sectores de análisis.....  | 55 |
| <i>Descripción de cada uno de los tramos definidos a lo largo del cauce hídrico Río<br/>    Pedernal.</i> .....   | 55 |
| 2.13. DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA CONCEPTUAL PARA LA MODELACIÓN DE LA CALIDAD DEL<br>AGUA .....   | 56 |
| 2.13.1. Estructura conceptual.....  | 57 |
| 2.13.1.1. Modelación de la calidad del agua.....  | 57 |
| 2.13.1.2. Descripción del QUAL2Kw .....   | 59 |
| 2.13.1.2.1. Calibración del Modelo .....  | 61 |
| 2.13.1.2.2. Aplicación del modelo para toma de decisiones .....   | 63 |
| 2.13.1.2.3. Modelo de transporte de solutos.....  | 63 |
| 2.13.1.3. Metodología de Modelación .....   | 66 |
| 2.14. DISEÑO Y EJECUCIÓN DEL PLAN DE MONITOREO – RÍO PEDERNAL.....  | 66 |
| 2.14.1. Resultados de Calidad de Agua .....   | 69 |

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| 2.14.1.1  | Determinación de parámetros In Situ.....   | 69  |
| 2.14.1.2. | Determinación de parámetros en Laboratorio.....  | 72  |
| 2.15.     | DETERMINACIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES .....  | 78  |
| 2.15.1.   | <i>Definición de Vertimientos Representativos .....</i>  | 78  |
| 2.4.2.2.  | Carga contaminantes en Vertimientos .....  | 78  |
| 2.15.1.1. | <i>Carga contaminante en el cauce principal.....</i>   | 80  |
| 2.16.     | ELABORACIÓN DE PERFILES DE CALIDAD DEL CUERPO DE AGUA .....  | 81  |
| 2.16.1.   | <i>Perfiles de calidad actual y análisis de resultados.....</i>  | 82  |
| 2.16.1.1. | Parámetros In Situ.....  | 82  |
| 2.16.1.2. | Parámetros evaluados en el laboratorio .....   | 93  |
| 2.17.     | CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA.....   | 104 |
| 2.17.1.   | Índice de calidad de agua (ICA) por la metodología propuesta por el Estudio Nacional de Agua (ENA, 2014) ..... | 104 |
| 2.17.1.1. | Índice de calidad de Agua (ICA) – Cauce principal Río Pedernal.....  | 104 |
| 2.17.1.3. | Índice de calidad de Agua (ICA) – Vertimientos del Río Pedernal....  | 105 |
| 2.17.2.   | <i>Índice de contaminación de materia orgánica (ICOMO) .....</i>   | 106 |
| 2.17.3.   | <i>Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).....</i>   | 107 |
| 2.17.4.   | <i>Indicadores de calidad Hidrobiológica .....</i>   | 108 |
| 2.17.4.1. | Algas perifíticas .....  | 108 |
| 2.17.4.2. | Macroinvertebrados.....  | 111 |
| 2.19.     | ANÁLISIS DE LOS CONFLICTOS ACTUALES DE USO, POR CALIDAD .....  | 114 |
| 2.20.     | IDENTIFICACIÓN DE ZONA DE RECARGA Y DESCARGA DEL ACUIFERO .....  | 115 |
| 2.20.1.   | <i>Aspectos generales.....</i>   | 115 |
| 2.20.2.   | <i>Geología .....</i>  | 115 |
| 2.21.     | ESTIMACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA TOTAL Y DISPONIBLE E INDICADORES DE ESTADO. ....                               | 116 |
| 2.21.1.   | <i>Análisis climático.....</i>   | 116 |
| 2.21.1.1. | Caracterización de la precipitación.....   | 117 |
| 2.21.1.2. | Caracterización de la temperatura.....   | 118 |
| 2.21.1.3. | Caracterización de la humedad relativa.....  | 119 |
| 2.21.1.4. | Caracterización del brillo solar.....  | 119 |
| 2.21.1.5. | Caracterización de la nubosidad.....   | 119 |
| 2.21.1.6. | Caracterización de la evaporación.....   | 120 |
| 2.21.1.7. | Estimación de la evapotranspiración .....  | 120 |
| 2.21.2.   | <i>Balance hidrológico de largo plazo.....</i>   | 121 |
| 2.21.3.1. | Calibración del modelo .....   | 121 |
| 2.21.3.2. | Validación del modelo .....  | 122 |
| 2.21.3.3. | Análisis de caudales mínimos .....   | 123 |
| 2.21.3.4. | Estimación de la oferta hídrica total.....   | 123 |
| 2.21.3.5. | Indicadores del régimen hídrico.....   | 126 |
| 2.21.3.6. | Estimación del caudal ambiental .....  | 127 |
| 2.21.3.7. | Oferta hídrica superficial disponible.....   | 127 |
| 2.22.     | ESTUDIO DE LA DEMANDA DE AGUA E INDICADOR DE PRESIÓN SOBRE EL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL. ....                | 128 |
| 2.22.1.   | <i>Demanda hídrica.....</i>  | 128 |
| 2.22.1.1. | Demanda Actual.....  | 128 |
| 2.22.1.2. | Índice de uso del agua (IUA) .....   | 128 |

|   |            |
|---|------------|
| 2.22.1.3. Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH).....                                       | 130        |
| 2.23. DETERMINACIÓN DE RIESGOS ASOCIADOS A LA REDUCCIÓN DE LA OFERTA Y<br>DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO..... | 131        |
| 2.23.1. Riesgos asociados a la reducción de la oferta.....  | 131        |
| 2.23.2. Riesgos asociados a la disponibilidad del recurso hídrico. ....   | 131        |
| <b>3. IDENTIFICACIÓN DE USOS POTENCIALES DEL RECURSO HIDRICO .....</b>  | <b>132</b> |
| 3.1. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA.....  | 132        |
| 3.1.1. Demanda hídrica.....   | 132        |
| 3.1.2. Demanda Proyectada.....  | 132        |
| 3.1.2.1. Demanda proyectada del sector humano o domestico.....  | 132        |
| 3.1.2.1.1. Caudal concesionado .....  | 132        |
| 3.1.2.1.2. Proyección de demanda. ....  | 133        |
| 3.1.2.2. Demanda del sector pecuario.....   | 133        |
| 3.1.2.3. Demanda del sector agrícola.....   | 136        |
| 3.2. MODELACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA.....   | 140        |
| 3.2.1. Metodología - Modelación Río Pedernal.....   | 140        |
| 3.2.1.1. Monitoreo de la calidad del agua.....  | 140        |
| 3.2.1.2. Revisión de la información existente .....   | 143        |
| 3.2.1.4. Identificación de fuentes puntuales y difusas.....   | 143        |
| 3.2.1.5. Planteamiento de escenarios .....  | 147        |
| 3.2.2. Resultados y análisis.....   | 152        |
| 3.2.3. Análisis de escenarios futuros.....  | 154        |
| 3.3. IDENTIFICACIÓN DE USOS POTENCIALES .....   | 156        |
| 3.3.1. Usos actuales.....   | 156        |
| 3.3.2. Línea base del diagnóstico – Calidad de agua .....   | 156        |
| 3.3.3. Usos potenciales definidos en el corto, mediano y largo plazo .....  | 160        |
| 3.4. DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE PARTICIPACIÓN. ....   | 162        |
| 3.4.1. Metodología para abordar la estrategia de participación.....   | 162        |
| 3.4.1.1. Cronograma de socializaciones. ....  | 163        |
| 3.4.1.2. Mecanismos de convocatoria.....  | 164        |
| 3.4.1.1. Selección subgrupos dependiendo tipo de socialización. ....  | 164        |
| 3.4.1.2. Diseño de los talleres para los actores representativos de la cuenca. ...                                | 165        |
| 3.4.1.2.1. Estructuración de talleres y socializaciones.....  | 166        |
| <b>4. ELABORACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO –<br/>PORH (FASE DE FORMULACIÓN).....</b>          | <b>167</b> |
| 4.1. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS DEL CUERPO DE AGUA EN ORDENAMIENTO.....   | 167        |
| 4.2. CONSOLIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE USUARIOS.....   | 170        |
| 4.3. ESTABLECIMIENTO DE USOS Y DEFINICIÓN O AJUSTE DE OBJETIVOS Y CRITERIOS DE<br>CALIDAD POR USO.....            | 174        |
| 4.3.1. Metodología para la definición de objetivos de calidad.....  | 174        |
| 4.3.1.1. Definición de los criterios de calidad de cada uso .....   | 174        |
| 4.3.1.2. Establecimiento de las categorías de calidad del agua y definición de las<br>convenciones. ....          | 176        |
| 4.3.1.3. Establecimiento de la categoría de calidad del agua actual en cada tramo<br>.....                        | 176        |

|  |            |
|--|------------|
| 4.3.1.4. Definición de los objetivos de calidad para el corto, mediano y largo plazo .....                                   | 177        |
| 4.4. DEFINICIÓN DE METAS QUINQUENALES DE REDUCCIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES.  | 178        |
| 4.6. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO AL RECURSO HÍDRICO.....   | 181        |
| 4.6.1. <i>Objetivos de programa de monitoreo y seguimiento del recurso hídrico</i> .....                                     | 181        |
| 4.6.2. <i>Parámetros a monitorear</i> .....  | 181        |
| 4.6.3. <i>Ubicación de las estaciones de monitoreo</i> .....   | 183        |
| 4.6.4. <i>Medición de caudales (Aforos)</i> .....  | 184        |
| 4.6.5. <i>Proyección de costos para seguimiento y monitoreo del recurso hídrico en el corto, mediano y largo plazo</i> ..... | 184        |
| 4.6.6. <i>Cronograma de seguimiento al recurso hídrico del Río Pedernal</i> .....  | 187        |
| 4.7. ESTRUCTURACIÓN DEL COMPONENTE PROGRAMÁTICO DEL ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO. ....                                   | 188        |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>   | <b>191</b> |

## LISTA DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Principales Normas Colombianas – Medio Ambiente.....   | 28 |
| Tabla 2. Normas Colombianas – Ordenamiento. ....  | 28 |
| Tabla 3. Normas Colombianas – Recurso Hidrico.....  | 30 |
| Tabla 4. Equipo técnico del PORH Río Pedernal y sus principales afluentes.....  | 36 |
| Tabla 5. Recopilación y análisis de información disponible. ....  | 39 |
| Tabla 6. Codificación microcuencas que forman la cuenca hídrica Río Pedernal.....   | 4  |
| Tabla 7. Estaciones hidrometeorológicas localizadas en el área de estudio. ....   | 8  |
| Tabla 8. Estaciones seleccionadas para el desarrollo del análisis climático de la cuenca hidrográfica del río Pedernal..... | 9  |
| Tabla 9. Muestreos sobre la PTAR y zona de influencia.....  | 10 |
| Tabla 10. Entrada PTAR MUNICIPIO DE TERUEL. ....  | 10 |
| Tabla 11. Salida PTAR MUNICIPIO DE TERUEL.....  | 11 |
| Tabla 12. Análisis de resultados PTAR municipio de Teruel. ....   | 12 |
| Tabla 13. Aguas arriba portachuelo (1047778).....   | 12 |
| Tabla 14. Aguas abajo puente Iquira. ....   | 13 |
| Tabla 15. Resultados de laboratorio fuente receptora aguas arriba- aguas abajo.....   | 13 |
| Tabla 16. Puntos de muestreo PTAR barrio las brisas.....  | 14 |
| Tabla 17. Datos in situ entrada PTAR.....   | 15 |
| Tabla 18. Datos in situ salida PTAR.....  | 16 |
| Tabla 19. datos in situ quebrada aguas arriba. ....   | 16 |
| Tabla 20. Datos in situ quebrada aguas abajo.....   | 16 |
| Tabla 21. Resultados de laboratorio y carga contaminante PTAR. ....   | 17 |
| Tabla 22. Resultados de laboratorio Río Pedernal aguas arriba y aguas abajo. ....   | 18 |
| Tabla 23. Resultados análisis de calidad de agua sobre el río pedernal según PUEAA...                                       | 18 |
| Tabla 24. Análisis de resultados. ....  | 19 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 25. Calidad del agua del Río pedernal – Fuente receptora del Mpio. Teruel. ....   | 20  |
| Tabla 26. Resultados IRCA consolidado, Urbano y Rural, 2014 para los Mpios de Teruel y Yaguará-Huila.....                           | 23  |
| Tabla 27. Concesiones de agua Resolución 312 de 26 de abril de 1999 – Quebrada la María. ....                                       | 25  |
| Tabla 28. Concesiones de agua - Canal Yaguará, Río pedernal.....  | 26  |
| Tabla 29. Descoles- Río pedernal.....   | 26  |
| Tabla 30. Usos del recurso hídrico en la cuenca del Río Pedernal. ....  | 28  |
| Tabla 31. Cobertura y uso actual del suelo en el municipio de Teruel.....   | 33  |
| Tabla 32. Análisis de los conflictos que se presentan sobre la cuenca del río Pedernal...   | 37  |
| Tabla 33. Distribución de los predios sobre las veredas de influencia (municipios de Teruel y Yaguará).....                         | 38  |
| Tabla 34. Actores con responsabilidad social e institucional sobre Río Pedernal.....  | 41  |
| Tabla 35. Características de la captación, conducción y distribución de las aguas del acueducto municipal municipio de Teruel. .... | 51  |
| Tabla 36. Carga Contaminante de los Municipio de Teruel y Yaguará.....  | 54  |
| Tabla 37. Contaminación por residuos del Matadero .....   | 54  |
| Tabla 38. Cobertura de acuerdo al RAS 2000. ....  | 54  |
| Tabla 39. Descripción de Zonas Homogéneas. ....   | 56  |
| Tabla 40. Constantes cinéticas para calibración. ....   | 61  |
| Tabla 41. Localización de ensayos con trazadores.....   | 67  |
| Tabla 42. Datos registrados en campo durante los ensayos con trazadores.....  | 68  |
| Tabla 43. Resultados aplicación del método de transporte de solutos .....   | 68  |
| Tabla 44. Tiempos de viaje para la red de monitoreo del Río Pedernal .....  | 69  |
| Tabla 45. Resultados Parámetros In Situ– Río Pedernal Campaña N° 1 .....  | 70  |
| Tabla 46. Resultados Parámetros In Situ– Río Pedernal Campaña N° 2. ....  | 71  |
| Tabla 47. Resultados Parámetros medidos en Laboratorio “Cauce principal, Afluente y Vertimientos” –Río Pedernal Campaña N° 1.....   | 74  |
| Tabla 48. Resultados Parámetros medidos en Laboratorio “Cauce principal, Afluente y Vertimientos”–Río Pedernal Campaña N° 2.....    | 77  |
| Tabla 49. Resultados de DBO5, SST y Caudal para la determinación de cargas contaminantes en Vertimientos “Campaña 1 y 2”.....       | 79  |
| Tabla 50. Carga Contaminante de vertimientos – Río Pedernal “Campaña 1 y campaña 2” .....   | 79  |
| Tabla 51. Resultados de DBO5, SST y Caudal para la determinación de cargas contaminantes Río Pedernal- “Campaña 1 y 2”. ....        | 81  |
| Tabla 52. Carga Contaminante – Río pedernal “Campaña 1 y 2”.....  | 81  |
| Tabla 53. Escala de calificación de calidad de agua, con base en la DBO.....  | 94  |
| Tabla 54. Índice de calidad de aguas – ICA “Río Pedernal” Campaña 1 y 2.....  | 104 |
| Tabla 55. Parámetros utilizados para determinar – ICA “Río Pedernal” – Campaña 1...   | 105 |
| Tabla 56. Parámetros utilizados para determinar – ICA “Río Pedernal” – Campaña 2...   | 105 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 57. Cálculo de los Subíndices para determinar el ICA “Río Pedernal” .....  | 105 |
| Tabla 58. Cálculo de los Subíndices para determinar el ICA “Río Pedernal” .....  | 106 |
| Tabla 59. Determinación del ICOMO – Río Pedernal “Campaña 1” .....   | 106 |
| Tabla 60. Determinación del ICOMO – Río Pedernal “Campaña 2” .....   | 107 |
| Tabla 61. Determinación del ICOSUS Cauce principal, Afluentes y Vertimientos representativos – Río Pedernal “Campaña 1” .....  | 107 |
| Tabla 62. Determinación del ICOSUS Cauce principal, Afluentes y Vertimientos representativos – Río Pedernal “Campaña 2” .....  | 107 |
| Tabla 63. Listado de las algas perifíticas identificadas en las seis estaciones durante las dos campañas de muestreo en el Río Pedernal (septiembre y octubre del año 2016). ..  | 109 |
| Tabla 64. Valores del Índice de Calidad Ecológico basado en las algas perifíticas en la red de monitoreo del Río Pedernal, valores por estación y campaña. Los códigos de las estaciones corresponden C: Puntos Cauce principal, A: Puntos Afluentes. .... | 111 |
| Tabla 65. Resultados del índice BMWP registrado en las 6 estaciones durante las campañas de septiembre y octubre de 2016. Los códigos de las estaciones corresponden C: Puntos Cauce principal, A: Puntos Afluentes. ....                                  | 113 |
| Tabla 66. Interpretación de la calificación. ....  | 113 |
| Tabla 67. Clasificación de usos por tramos.....  | 114 |
| Tabla 68. Causas y Problemas ambientales. ....   | 115 |
| Tabla 69. Unidades Geologica.....  | 116 |
| Tabla 70. Estaciones seleccionadas para el desarrollo del análisis climático de la cuenca hidrográfica del río Pedernal .....  | 117 |
| Tabla 71. Datos de precipitación mensual y anual multianual de las estaciones con dominio sobre la cuenca hidrográfica del río Pedernal .....  | 117 |
| Tabla 72. Precipitación media estimada para las unidades de estudio de la cuenca hidrográfica del río Pedernal .....   | 118 |
| Tabla 73. Valores medios mensuales multianuales de humedad relativa de la estación San Rafael.....   | 119 |
| Tabla 74. Validación del balance hidrológico de largo plazo .....  | 121 |
| Tabla 75. Parámetros y rangos sugeridos de calibración del modelo agregado de tanques. ....  | 122 |
| Tabla 76. Parámetros graduados en la calibración del modelo agregado de .....  | 122 |
| Tabla 77. Caudales mínimos asociados a un periodo de retorno de 10 años, estimados en cada una de las unidades de estudio de la cuenca hidrográfica del río Pedernal.....  | 123 |
| Tabla 78. Oferta hídrica total año hidrológico medio .....   | 124 |
| Tabla 79. Oferta hídrica total año hidrológico húmedo .....  | 124 |
| Tabla 80. Oferta hídrica total año hidrológico seco .....  | 125 |
| Tabla 81. Índice de aridez calculado para cada una de las unidades de estudio .....  | 126 |
| Tabla 82. Índice de retención y regulación hídrica estimada para cada unidad de estudio .....  | 126 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 83. Propuesta de caudales ambientales año hidrológico medio cuenca hidrográfica del río Pedernal .....       | 127 |
| Tabla 84. Oferta hídrica superficial disponible año hidrológico medio .....  | 127 |
| Tabla 85. Oferta hídrica superficial disponible año hidrológico seco .....   | 128 |
| Tabla 86. Demanda actual clasificada por sectores socioeconómicos .....  | 128 |
| Tabla 87. Índice de uso del agua (IUA) año hidrológico normal .....  | 129 |
| Tabla 88. Índice de uso del agua (IUA) año hidrológico seco .....  | 129 |
| Tabla 89. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH), para una condición hidrológica normal. .... | 130 |
| Tabla 90. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH), para una condición hidrológica seca.....    | 131 |
| Tabla 91. Riesgo asociado a la reducción de la oferta para las unidades de estudio del río Pedernal.....           | 131 |
| Tabla 92. Consolidado ICA y BMWP – Colombia “Río Pedernal”.....  | 132 |
| Tabla 93. Caudales concesionados al sector humano o doméstico. ....  | 133 |
| Tabla 94. Proyección de la demanda para el sector consumo humano o uso doméstico                                   | 133 |
| Tabla 95. Demanda proyectada subsector bovino municipio de Teruel .....  | 134 |
| Tabla 96. Demanda proyectada subsector bovino municipio de Yaguará .....   | 134 |
| Tabla 97. Demanda proyectada subsector avícola para el municipio de Teruel.....                                    | 134 |
| Tabla 98. Demanda proyectada subsector avícola para el municipio de Yaguará.....                                   | 135 |
| Tabla 99. Demanda proyectada subsector porcícola para el municipio de Teruel.....                                  | 135 |
| Tabla 100. Demanda proyectada subsector porcícola para el municipio de Yaguará ....                                | 135 |
| Tabla 101. Demanda proyectada subsector piscícola para el municipio de Teruel .....                                | 136 |
| Tabla 102. Demanda proyectada subsector piscícola en el municipio de Yaguará .....                                 | 136 |
| Tabla 103. Demanda proyectada cultivo de arroz en el municipio de Teruel.....                                      | 137 |
| Tabla 104. Demanda proyectada cultivo de arroz en el municipio de Yaguará .....                                    | 137 |
| Tabla 105. Demanda proyectada para el cultivo de cacao en el municipio de Teruel ....                              | 137 |
| Tabla 106. Demanda proyectada para el cultivo de cacao en el municipio de Yaguará .                                | 138 |
| Tabla 107. Demanda proyectada cultivo de pastos de corte en el municipio de Teruel .                               | 138 |
| Tabla 108. Demanda proyectada para los potreros en el municipio de Teruel.....                                     | 138 |
| Tabla 109. Demanda proyectada potrero para el municipio de Yaguará.....  | 139 |
| Tabla 110. Demanda proyectada para el cultivo de caña en el municipio de Teruel .....                              | 139 |
| Tabla 111. Demanda proyectada cultivo de café en el municipio de Teruel.....                                       | 139 |
| Tabla 112. Puntos de monitoreo en el cauce del Río Pedernal.....   | 140 |
| Tabla 113. Aforo y caracterización fisicoquímica en el cauce principal– Campaña de monitoreo septiembre 2016 ..... | 141 |
| Tabla 114. Aforo y caracterización fisicoquímica en el cauce principal– Campaña de monitoreo octubre 2016.....     | 142 |
| Tabla 115. Puntos de monitoreo históricos .....  | 143 |
| Tabla 116. Puntos de monitoreo en afluentes del río Pedernal.....  | 144 |
| Tabla 117. Puntos de monitoreo en vertimientos al río Pedernal .....   | 144 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 118. Aforo y caracterización fisicoquímica en las fuentes puntuales – Campaña de monitoreo septiembre 2016 .....                  | 145 |
| Tabla 119. Aforo y caracterización fisicoquímica en las fuentes puntuales – Campaña de monitoreo octubre 2016 .....                     | 146 |
| Tabla 120. Captaciones sobre el río Pedernal .....  | 147 |
| Tabla 121. Escenarios de Modelación. ....   | 148 |
| Tabla 122. Escenario E1: Corto Plazo. ....  | 149 |
| Tabla 123. Escenario E2: Mediano Plazo. ....  | 150 |
| Tabla 124. Escenario E3: Largo Plazo. ....  | 151 |
| Tabla 125. Cargas máximas permisibles Río Pedernal.....   | 155 |
| Tabla 126. Usos actuales – Río Pedernal y sus afluentes principales.....  | 156 |
| Tabla 127. Usos que cumplen con el decreto 1076/2015 primera campaña, Cauce Principal y Afluentes de Río Pedernal. ....                 | 157 |
| Tabla 128. Usos que cumplen con el decreto 1076/2015 segunda campaña, Cauce Principal y Afluentes de Río Pedernal. ....                 | 157 |
| Tabla 129. Conflictos de uso del agua en el cauce Qda. El Hígado y su Afluente Qda. El Encanto. ....                                    | 160 |
| Tabla 130. Usos potenciales definidos para el corto plazo – Río Pedernal .....  | 161 |
| Tabla 131. Usos potenciales definidos para el mediano plazo – Río Pedernal .....  | 161 |
| Tabla 132. Usos potenciales definidos para el largo plazo – Río Pedernal .....  | 162 |
| Tabla 133. Cronograma de talleres de participación para PORH del Río Pedernal.....  | 163 |
| Tabla 134. Taller I a tratar - socialización PORH Río Pedernal.....   | 166 |
| Tabla 135. Taller II a tratar - socialización PORH Río Pedernal.....  | 166 |
| Tabla 136. Zonas de la cuenca - socialización PORH Río Pedernal. ....   | 167 |
| Tabla 137. Clasificación del Cuerpo de Agua en estudio; Río Pedernal, Municipio de Teruel-Huila de acuerdo al decreto 1076 de 2015..... | 169 |
| Tabla 138. Cambios posteriores realizados a la Resolución 312 del 29 de Abril del año 1999 .....  | 172 |
| Tabla 139. Nuevos usos encontrados sobre el Cauce principal del Río Pedernal (No legales).....  | 173 |
| Tabla 140. Criterios de calidad de cada uso. ....   | 175 |
| Tabla 141. Categorías de calidad – Río Pedernal.....  | 176 |
| Tabla 142. Categoría de calidad del agua actual en cada tramo.....  | 177 |
| Tabla 143. Objetivos de calidad – Río Pedernal. ....  | 177 |
| Tabla 144. Información asociada a usos, objetivos de calidad y criterios de calidad por uso – Río Pedernal.....                         | 178 |
| Tabla 145. Línea Base 2016 en carga contaminante para DBO y SST (Kg/año) – Río Pedernal.....  | 179 |
| Tabla 146. Cargas máximas permisibles Río Pedernal.....   | 179 |
| Tabla 147. Metas de reducción de carga contaminante a Corto Plazo.....  | 180 |
| Tabla 148. Metas de reducción de carga contaminante a Mediano Plazo.....  | 180 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 149. Metas de reducción de carga contaminante a Largo Plazo. ....  | 180 |
| Tabla 150. Parámetros objeto de monitoreo para el seguimiento del recurso hídrico – Río Pedernal. ....                                   | 182 |
| Tabla 151. Ubicación estaciones de monitoreo.....  | 184 |
| Tabla 152. Costos proyectados a corto plazo para el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico “Red Planificada” – Río Pedernal. ....   | 185 |
| Tabla 153. Costos proyectados a mediano plazo para el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico “Red Planificada” – Río Pedernal. .... | 186 |
| Tabla 154. Costos proyectados a largo plazo para el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico “Red Planificada” – Río Pedernal. ....   | 187 |
| Tabla 155. Cronograma de actividades para el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico – Río Pedernal.....                             | 187 |
| Tabla 87. Componente programático del recurso hídrico Subcuenca Río Pedernal. ....   | 190 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1. Marco Legal.....   | 26  |
| Figura 2. Fases para la Formulación del PORH – Río Pedernal. ....  | 31  |
| Figura 3. Resolución de ordenamiento emitido por la autoridad ambiental – CAM.....   | 34  |
| Figura 4. Fases para La Formulación del PORH – Río Pedernal. ....  | 35  |
| Figura 5. Estructura Hidrográfica Nacional- Microcuenca Río pedernal .....   | 5   |
| Figura 6. Ubicación General de la cuenca hídrica de Río Pedernal y sus ppales afluentes. ....  | 7   |
| Figura 7. Instrumentos de Planificación Ambiental.....   | 21  |
| Figura 8. Localización espacial de predios que se benefician del cauce hídrico Río Pedernal y sus principales afluentes mediante concesiones legalmente establecidas. .... | 27  |
| Figura 9. Distribución de obras hidráulicas de captación de caudal sobre el área de estudio. ....  | 31  |
| Figura 10. Mapa de Contravenciones Cuenca Río Pedernal Municipios de Teruel, y Yaguará.....  | 35  |
| Figura 11. Distribución de tamaño de predios que usan agua de Río Pedernal para surtir sus necesidades hídricas.....   | 39  |
| Figura 12. Mapa de actores PORH Cuenca Río Pedernal Municipios de Teruel y Yaguará. ....   | 42  |
| Figura 13. Metodología para la socialización del PORH de la corriente Río Pedernal. ...  | 45  |
| Figura 14. Estructura conceptual – Modelación de la calidad del agua. ....   | 57  |
| Figura 15. Proceso de simulación de una corriente hídrica superficial. ....  | 58  |
| Figura 16. Esquema del proceso de calibración. ....  | 62  |
| Figura 17. Esquematación de la metodología para la modelación de calidad de agua. 66   |     |
| Figura 18. Ruta metodológica para la realización de los talleres de socialización de Usos Potenciales.....   | 163 |

Figura 19. Clasificación de las Aguas en ordenamiento..... 167  
Figura 20. Metodología para establecer los objetivos de calidad. .... 174

### LISTA DE GRAFICAS

Gráfica 1. Carga contaminante Vertimientos (DBO5 y SST) – Campaña 1..... 80  
Gráfica 2. Carga contaminante Vertimientos (DBO5 y SST) – Campaña 2..... 80  
Gráfica 3. Péfíl de Caudal – Cauce principal Río Pedernal..... 83  
Gráfica 4. Perfil de Caudal Río Pedernal “Campaña 1” ..... 83  
Gráfica 5. Perfil de Caudal Río Pedernal “Campaña 2”..... 84  
Gráfica 6. Perfil de Calidad del PH – Cauce principal Río Pedernal..... 85  
Gráfica 7. Comportamiento del PH Río Pedernal “Campaña 1” ..... 85  
Gráfica 8. Péfíl de Calidad de la Temperatura – Cauce principal Río Pedernal..... 86  
Gráfica 9. Comportamiento de la Temperatura Río Pedernal “Campaña 1” ..... 87  
Gráfica 10. Comportamiento de la Temperatura Río Pedernal “Campaña 2”. ..... 87  
Gráfica 11. Perfil de Calidad de la conductividad – Cauce principal Río Pedernal. .... 88  
Gráfica 12. Comportamiento de la conductividad Río Pedernal “Campaña 1” ..... 89  
Gráfica 13. Comportamiento de la conductividad Río Pedernal “Campaña 2”..... 89  
Gráfica 14. Péfíl de Calidad del Oxígeno disuelto – Cauce Ppal. Río Pedernal ..... 90  
Gráfica 15. Comportamiento del Oxígeno disuelto Río Pedernal “Campaña 1”..... 91  
Gráfica 16. Comportamiento del Oxígeno disuelto Río Pedernal “Campaña 2”..... 91  
Gráfica 17. Péfíl de Calidad de la saturación de oxígeno – Cauce Ppal. Río Pedernal. .. 92  
Gráfica 18. Comportamiento del % sat. De Oxígeno Disuelto Río Pedernal “Campaña 1”92  
Gráfica 19. Comportamiento del % sat. De Oxígeno Disuelto Río Pedernal “Campaña 2”.  
..... 93  
Gráfica 20. Perfil de Calidad de la DBO5 – Cauce principal Río Pedernal ..... 94  
Gráfica 21 Comportamiento de la DBO5 Río Pedernal “Campaña 1”..... 95  
Gráfica 22 Comportamiento de la DBO5 Río Pedernal “Campaña 2”..... 95  
Gráfica 23. Perfil de Calidad de la DQO – Cauce principal Río Pedernal..... 96  
Gráfica 24. Comportamiento de la DQO Río Pedernal “Campaña 1” ..... 97  
Gráfica 25. Comportamiento de la DQO Río Pedernal “Campaña 2”. ..... 97  
Gráfica 26. Perfil de Calidad de SST – Cauce principal Río Pedernal..... 98  
Gráfica 27. Comportamiento de SST Río pedernal “Campaña 1”. ..... 99  
Gráfica 28. Comportamiento de SST Río pedernal “Campaña 2”. ..... 99  
Gráfica 29. Perfil de Calidad de los coliformes totales – Cauce Ppal. Río Pedernal..... 100  
Gráfica 30. Comportamiento de Los coliformes totales Río pedernal Campaña 1..... 101  
Gráfica 31. Comportamiento de Los coliformes totales Río pedernal Campaña 2..... 101  
Gráfica 32. Perfil de Calidad de los coliformes fecales – Cauce Ppal. Río Pedernal..... 102  
Gráfica 33. Comportamiento de Los coliformes fecales Río Pedernal Campaña 1 ..... 103  
Gráfica 34. Comportamiento de Los coliformes fecales Río Pedernal Campaña 2 ..... 103



## INTRODUCCIÓN

Con el propósito de mitigar la gran presión a la que está sometida el recurso hídrico en el país y en el mundo, se ordenan y priorizan las cuencas hídricas que se encuentra en alto conflicto, en este caso la cuenca del Río Pedernal que discurre en jurisdicción de los municipios de Teruel y Yaguará en el Departamento del Huila.

Los conflictos se direccionan en cuanto a cantidad y calidad del Recurso, causados por diferentes actividades antrópicas y naturales que ocurren a través del tiempo; la forma de controlar la contaminación y el uso del recurso es mediante la planificación y ordenamiento de la cuenca, en busca de su sostenibilidad en el futuro.

El plan de ordenamiento del recurso hídrico del Río Pedernal se enfoca en presentar una visión holística sobre la situación actual de la corriente, revisión de su estado actual en cuanto a calidad y cantidad para posteriormente proyectar escenarios que sean alcanzables y que permitan controlar y mitigar los impactos negativos que se identifiquen en el diagnóstico realizado sobre la cuenca.

El presente documento emite el diagnóstico de la corriente hídrica del Río Pedernal, en lo que se refiere al análisis de información existente, ubicación del cuerpo de agua, revisión de información de calidad y cantidad del recurso, identificación de instrumentos de planificación, identificación de usos existentes, revisión y análisis de quejas que se hayan presentado, análisis de la distribución y tamaño de predios implementación de procesos de participación, censo de usuarios, definición de tramos a analizar, definición de la estructura conceptual del modelo, diseño y ejecución del plan de monitoreo, determinación de cargas contaminantes, perfiles de calidad actual del cuerpo de agua, cálculo de los índices de calidad ambiental, análisis de los conflictos actuales por calidad, identificación de zonas de recarga y descarga de acuíferos, estimación de la oferta hídrica total disponible, estimación de la demanda de agua, riesgos asociados a la reducción de la oferta y disponibilidad del recurso; todo esto con el objetivo de emitir la sistematización de información resultado de la fase de diagnóstico.

En este sentido se buscará realizar la revisión de la situación actual del cuerpo de agua objeto de ordenamiento siendo para este proyecto la corriente del Río Pedernal, teniendo en cuenta sus aspectos sociales, físicos, bióticos y antrópicos (involucrando variables físicas y químicas), con el fin de establecer las potencialidades, conflictos y restricciones del mismo, esto 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.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Diseñar, formular y elaborar el diagnóstico para el ordenamiento del recurso hídrico del Río Pedernal, proyectados a la cantidad y calidad de la fuente, mediante aplicación de instrumentos legales vigentes.

### Objetivos Específicos

- Determinar y evaluar la calidad del agua de la corriente Río Pedernal que discurre por los municipios de Teruel y Yaguará con el apoyo de las autoridades competentes y de los alcances técnicos establecidos en la Guía técnica para la formulación de planes de ordenamiento hídrico del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.
- Establecer la situación ambiental actual del Río Pedernal teniendo en cuenta variables sociales, físicas, bióticas y antrópicas.
- Determinar la pertinencia de la información disponible en cuanto a análisis de calidad existente sobre la corriente y redes Hidrometeorológicas existentes.
- Revisar los instrumentos de planificación ambiental existentes, en cuanto a usos, oferta, demanda y calidad de la fuente.
- Definir la estructura conceptual para la modelación de la calidad del agua del Río Pedernal y sus principales afluentes.
- Diseñar y ejecutar un plan de monitoreo para evaluar la calidad del agua del Río Pedernal y sus principales afluentes (Quebrada el Cedral, Quebrada la María y la Quebrada del Pueblo).
- Determinar las cargas contaminantes de los cuerpos de agua y vertimientos con base en lo establecido en el decreto 2667 de 2012.
- Elaborar los perfiles de calidad para los parámetros representativos en la definición de la línea base de calidad de agua del Río Pedernal.
- Calcular los índices de calidad de agua para el Río Pedernal y sus principales afluentes.

- Identificar los usos potenciales para el Río Pedernal y sus principales afluentes como parte fundamental del proceso de ordenamiento.
- Realizar el diagnóstico inicial del plan de ordenamiento del recurso hídrico de Río Pedernal teniendo en cuenta la información recopilada.
- Reconocer los actores principales del proceso de ordenamiento del recurso hídrico Corriente Río Pedernal que discurre por los municipios de Teruel y Yaguará.
- Crear mecanismos de difusión variables para la socialización de los procesos de planificación del presente PORH y poder llegar a las distintas tipologías de usuarios para tener una llegada equilibrada y adaptada a sus necesidades informativas.
- Diseñar y ejecutar los talleres de socialización y construcción colectiva del diagnóstico con actores representativos nacionales, departamentales y locales.
- Realizar actividades que permitan a los usuarios aportar información clave para el ordenamiento del recurso hídrico y para la finalización del proceso, permitiendo dar a conocer los resultados del diagnóstico realizado.
- Identificar y analizar la información suministrada por usuarios contrarrestándola con los procesos de reconocimiento en campo.
- Poner en conocimiento los resultados obtenidos sobre la proyección de la demanda de agua y de la modelación de calidad del recurso hídrico, con prácticas, herramientas y medios comprensibles para la totalidad de actores.
- Identificar junto con los actores relevantes y representativos, asociados al cuerpo de agua en ordenamiento, los usos potenciales del recurso hídrico.
- Implementar la participación de los actores representativos de la cuenca por medio de dinámicas y talleres dinámicos durante el proceso de entrega resultados de la fase “identificación de usos potenciales”.
- Construir los escenarios sostenibles del recurso hídrico junto con los actores relevantes, en los que se retroalimente los planes de control y mitigación propuestos.

## GLOSARIO

**Acuífero:** Unidad de roca o sedimento, capaz de almacenar y transmitir agua.

**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:** acción u operación de registrar o medir la magnitud o posición de una cosa cuando estas características están sujetas a cambio, para determinar el caudal en un curso de agua utilizando mediciones de altura y sección.

**Agua:** Sustancia líquida sin olor, color ni sabor que se encuentra en la naturaleza en estado más o menos puro formando ríos, lagos y mares, ocupa las tres cuartas partes del planeta Tierra y forma parte de los seres vivos; está constituida por hidrógeno y oxígeno.

**Aguas continentales:** Cuerpos de agua que se encuentran en tierra firme, sin influencia marina. Se localizan en las tierras emergidas, ya sea en forma de aguas superficiales o aguas subterráneas.

**Agua Residual:** Se consideran Aguas Residuales a los líquidos que han sido utilizados en las actividades diarias de una ciudad o lugar (domésticas, comerciales, industriales y de servicios).

**Alcantarilla (AI):** Conducto subterráneo construido para recoger el agua de la lluvia y las aguas residuales de una población, vereda o vivienda.

**Aliviadero o Defogue (A):** Conducto que sirve para dar salida a las aguas sobrantes de un embalse o de una canalización.

**Asimilación:** Capacidad de un cuerpo de agua para aceptar y degradar sustancias, elementos o formas de energía, a través de procesos naturales, físicos químicos o biológicos sin que se afecten los criterios de calidad e impidan los usos asignados.

**Atributo:** Característica propia e implícita que describe a cada uno de los tipos de objetos geográficos, asignándole propiedades y comportamientos que toman valores particulares en cada instancia de objeto.

**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.

**Bocatoma (Ba):** es una estructura hidráulica destinada a la derivación de un caudal sobre el lecho del río con la finalidad de ser utilizada en un fin específico, como puede ser abastecimiento de agua potable, riego, generación de energía eléctrica, etc.

**Box Couvert (Bc):** son elementos que son utilizados para la conducción de fluidos, normalmente son fabricados de hormigón. Se usa debajo de puentes pequeños para cruzar un pequeño canal de agua por una carretera.

**Caja de Inspección (Ci):** Cámara que se instala en los cambios de dirección, diámetro o pendiente en las tuberías de alcantarillado de la red pública, la misma sirve para permitir la inspección y mantenimiento de los colectores.

**Cajilla de Distribución (Cd):** es una estructura empleada para la división de un caudal, dependiendo del número de comunidades o sectores a los cuales se les quiera llevar agua.

**Calidad de Agua:** La calidad del agua puede definirse como la composición físico-químico-biológica que la caracteriza y recordado el hecho de que el agua pura no existe en la naturaleza, se habla que un agua es de calidad, cuando sus características la hacen aceptable para un cierto uso.

**Calidad de la información geográfica:** Grado en el cual las propiedades de un producto geográfico cumplen con los requisitos establecidos en la especificación técnica.

**Canal Natural (Cn):** conductos de agua estrechos que buscan redirigir el curso del agua hacia otras zonas y que buscan también mantener ese curso de agua más controlado.

**Canal Revestido (Cr):** son el principal medio físico para la conducción de las aguas desde su fuente de origen hacia las áreas de riego, los cuales son revestidos con concreto para reducir las filtraciones de agua durante su recorrido.

**Canaleta Parshall (Cp):** es una estructura hidráulica que permite medir la cantidad de agua que pasa por una sección de un canal.

**Caracterización:** Toma de muestras de agua de interés sanitario para su posterior análisis físico-químico en laboratorio.

**Carga Contaminante:** Entendida como la medida para determinar el grado de contaminación presente en los cuerpos de agua, ya sean aguas residuales o fuentes de agua superficial o subterránea, medida en unidades de masa por unidad de tiempo.

**Catálogo de objetos:** Primera aproximación a una representación abstracta y simplificada de la realidad en una estructura que organiza los tipos de objetos espaciales documentando sus definiciones y características (atributos, relaciones y operaciones).

**Caudal:** Cantidad de agua que lleva una corriente o que fluye de un manantial o fuente.

**Colectores (C):** estructura receptora encargada de la descarga final de aguas residuales de una red de alcantarillado sobre una fuente hídrica.

**Coordenadas:** Cantidades lineales o angulares que designan la posición ocupada por un punto en un sistema de referencia.

**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.

**Control de escorrentía (E):** estructura que se usa para reducir la velocidad del agua lluvia en pendientes, mermando de esta manera el efecto erosivo y mejorando las posibilidades de filtración del suelo.

**Compuerta (Co):** mecanismo formado por una hoja grande y fuerte que se levanta o baja para permitir o impedir, respectivamente el paso del agua.

**Cuenca Hidrográfica:** Una cuenca hidrográfica es un área de terreno que drena agua en un punto común, como un riachuelo, arroyo, río o lago cercano. Cada cuenca pequeña drena agua en una cuenca mayor que, eventualmente, desemboca en el océano.

**Datos geográficos:** Información acerca de algún elemento sobre o debajo de la superficie terrestre.

**Dátum:** Descripción matemática de la posición del origen, la escala y la orientación de los ejes de un sistema de coordenadas.

**Descarga:** indica una situación en la que las sustancias (sólido, líquido o gaseoso) ingresan al medio ambiente.

**Derivación (Dr):** estructura que se utiliza para interceptar la gradiente de escorrentía superficial y desviarla a otra estructura de conducción de caudal.

**Desarenadores (De):** es una estructura hidráulica que tiene como función remover las partículas de cierto tamaño que la captación de una fuente superficial permite remplazar.

**Descole (De):** es una estructura diseñada para reducir la velocidad de disipar la energía de los flujos de agua en la salida de obras de drenaje y así entregar de manera seguro el agua a canales naturales u otros canales no erosionables.

**Dominio:** Lista de posibles valores que puede tomar un atributo.

**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.

**Elevación:** Altura sobre un nivel de referencia determinado.

**Escala:** Relación entre una longitud medida en un mapa y su correspondiente medida en el terreno.

**Escasez hídrica:** Exceso de demanda de agua para el suministro disponible.

**Exactitud:** Cercanía de las observaciones a los valores aceptados como ciertos para el nivel de resolución.

**Imagen digital:** Arreglo bidimensional de píxeles espaciados regularmente que constituye una gráfica.

**Latitud:** La latitud es la distancia que existe entre un punto cualquiera y el Ecuador, medida sobre el meridiano que pasa por dicho punto.

**Longitud:** La longitud es la distancia que existe entre un punto cualquiera y el Meridiano de Greenwich, medida sobre el paralelo que pasa por dicho punto.

**Modelación de calidad de agua:** implementación de software que permiten dimensionar y diseñar soluciones estructurales (plantas de tratamiento) y no estructurales (tecnologías de producción más limpias) requeridas para alcanzar estándares de calidad de agua bajo diferentes niveles de contaminación y/o tratamiento.

**Muestra Compuesta:** Es la mezcla de varias muestras puntuales de una misma fuente, tomadas a intervalos programados y por periodos determinados, las cuales pueden tener volúmenes iguales o ser proporcionales al caudal durante el periodo de muestras.

**Muestra Integrada:** La muestra integrada es aquella que se forma por la mezcla de muestras puntuales tomadas de diferentes puntos simultáneamente, o lo más cerca posible. Un ejemplo de este tipo de muestra ocurre en un río o corriente que varía en composición de acuerdo con el ancho y la profundidad.

**Muestra Puntual:** Muestra tomada la azar en una hora determinada, su uso es obligatorio para el análisis de un parámetro que normalmente no puede preservarse.

**Norma de vertimiento:** Conjunto de parámetros y valores que debe cumplir el vertimiento en el momento de la descarga.

**Objetivo 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 hídricas).

**Ordenación de Cuencas:** proceso de planificación, permanente, sistemático, previsorio 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 ésta, de manera que 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.

**Parámetro:** Variable que, en una familia de elementos, sirve para identificar cada uno de ellos mediante su valor numérico.

**Paso Elevado (Pe):** estructura que se utiliza para el salto de un elemento sobre una topografía abrupta.

**Pontón (Po):** estructura en forma de puente de dimensiones pequeñas del orden de 3 a 10 mt.

**Predio:** es un lote de terreno que pertenece a uno o más propietarios en virtud de una escritura o título, es decir una unidad definida por razones estrictamente legales. Un propietario puede tener varios predios, incluso contiguos, sin que ello implique la obligación de englobarlos en uno sólo. Un predio de varios propietarios

puede dividirlo en partes administradas por separado o un propietario puede no explotar su predio sino arrendarlo o abandonarlo.

**Punto de control del vertimiento:** Lugar técnicamente definido y acondicionado para la toma de muestras de las aguas residuales de los usuarios de la autoridad ambiental o de los suscriptores y/o usuarios del prestador del servicio público domiciliario de alcantarillado, localizado entre el sistema de tratamiento y el punto de descarga.

**Punto de descarga:** Sitio o lugar donde se realiza un vertimiento al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo.

**Puente (P):** Son construcciones que sirven para conectar diferentes espacios y salvar obstáculos naturales como ríos, valles, lagos o brazos de mar y obstáculos artificiales como vías férreas o carreteras.

**Rápida (R):** estructura que se usa para conducir agua desde una elevación mayor a una más baja. La estructura puede consistir de: una transición de entrada, un tramo inclinado.

**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.

**Sifón Invertido (S):** son conductos cerrados que trabajan a presión, se utilizan para conducir el agua en el cruce de un canal con una depresión topográfica o quebrada, también para pasar por debajo de un camino, una vía de ferrocarril, un dren o incluso otro canal.

**Tamaño de los predios:** Es la superficie en hectáreas ocupada por cada uno de los predios. Esta variable toma el tamaño de los predios en número de hectáreas para luego agruparlos por categorías en pequeña, mediana y grande, según los rangos establecidos por el Censo del Minifundio para Colombia (1994, Ministerio de Agricultura).

**Toma Bombeo (TB):** Es una obra que consiste en un encauzamiento de las aguas desde una cota baja hasta una más alta.

**Toma Predial (Tp):** estructura encargada de regular el paso del agua desde una derivación sobre el cauce principal hasta un área determinada.

**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.

**Tunel (T):** es una obra subterránea de carácter lineal, cuyo objeto es la comunicación de dos puntos a través de un monte, por debajo de un río u otro obstáculo.

**Usuario de la autoridad ambiental competente:** Toda persona natural o jurídica de derecho público o privado, que cuente con permiso de vertimientos, plan de cumplimiento o plan de saneamiento y manejo de vertimientos para la disposición de sus vertimientos a las aguas superficiales, marinas o al suelo.

**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.

**Vertedero (Ve):** es una estructura hidráulica destinada al paso libre o controlado del agua en los escurrimientos superficiales, siendo el aliviadero en exclusiva para el desagüe y no para la medición.

**Viaducto (V):** es una obra de manera de puente, para el paso del agua sobre una topografía abrupta para ser conducida a un lugar específico.

**Zona de mezcla:** Área técnicamente determinada a partir del sitio de vertimiento, indispensable para que se produzca mezcla homogénea de este con el cuerpo receptor; en la zona de mezcla se permite sobrepasar los criterios de calidad de agua para el uso asignado, siempre y cuando se cumplan las normas de vertimiento.

## MARCO LEGAL

El ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible es el ente encargado de delegar la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre el medio ambiente y sus recursos renovables a las autoridades ambientales denominadas CAR'S.

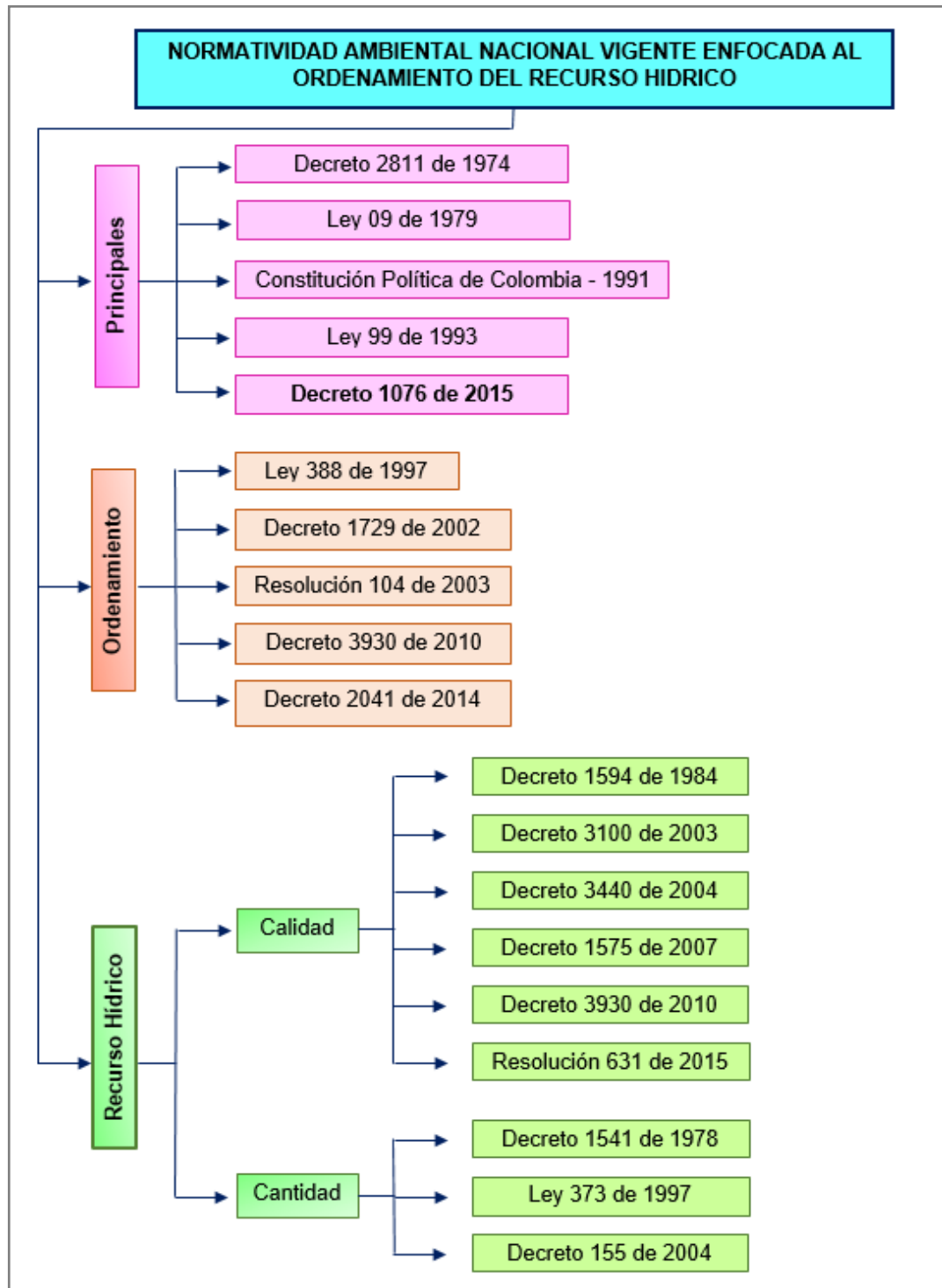
Así la normatividad ambiental colombiana está enfocada al conjunto de normas que permiten establecer un marco legislativo encaminado a la administración, protección, mejoramiento y aprovechamiento racional sostenible del medio ambiente y los recursos que lo conforman.

Lo anterior se sustenta en el decreto 1076 de 2015 donde se tiene certeza de que el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible es el rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores.

En este sentido, la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM es la máxima autoridad ambiental en el Departamento del Huila, encargada de ejecutar las directrices estipuladas por el ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dentro de las directrices se encuentra la ordenación y reglamentación de corrientes que se encuentran en conflicto y que están dentro de su jurisdicción.

Así se presenta el Plan de ordenamiento del recurso hídrico – PORH del Río Pedernal con el propósito de intervenir de manera sistémica para garantizar las condiciones de calidad y cantidad para la sostenibilidad del ecosistema acuático, importante en el desarrollo social, económico y ambiental de la región.

Debido a lo anterior y cumpliendo con los lineamientos de la Guía para la elaboración de planes de ordenamiento del recurso hídrico, se presenta a continuación la legislación que enmarcan los aspectos ambientales en el territorio colombiano para la protección, mitigación, conservación y compensación de impactos y efectos negativos al recurso hídrico.



**Figura 1. Marco Legal**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.

| NORMA   | ALCANCES   |
|---|--|
| Constitución Política de<br>Colombiana              | 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<br>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<br>Ambientales<br>Internacionales | Enfocadas a cuerpos hídricos objeto de ordenamiento cuya jurisdicción sea compartida con Naciones Limítrofes o aguas marítimas internacionales.  |

PRINCIPALES

Decreto 1076 de 2015 Decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible; en el cual se reglamenta un compendio de normas relacionadas con la gestión del ambiente y los recursos naturales renovales. Las normas descritas en el presente marco legal están incluidas dentro de este único decreto reglamentario.

**Tabla 1. Principales Normas Colombianas – Medio Ambiente.**  
**Fuente: FUNDISPROS, 2016.**

| ORDENAMIENTO         | NORMA  | ALCANCE   |
|----------------------|--|---|
|                      | 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.  |
|                      | Decreto 1729 de 2002   | Establece las finalidades, principios y directrices para la ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas- POMCA, la competencia para su declaración, procedimiento, acciones y plazos para su cumplimiento. Se define como norma de superior jerarquía sobre cualquier otro ordenamiento administrativo y determinante de los Planes de Ordenamiento Territorial POT. |
|                      | 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.  |
| Decreto 2041 de 2014 | Establece todo lo relacionado con la autorización de Licencias Ambientales, las cuales deben estar articuladas al Ordenamiento de las Cuencas Hidrográficas. |   |

**Tabla 2. Normas Colombianas – Ordenamiento.**  
**Fuente: FUNDISPROS, 2016.**

|                        |                      | NORMA   | ALCANCE  |
|------------------------|----------------------|---|--|
| <b>RECURSO HÍDRICO</b> | <b>CALIDAD</b>       | 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.   |
|                        |                      | Decreto 3100 de 2003 y Decreto 3440 de 2004   | Modifican el instrumento económico de tasas retributivas por vertimientos puntuales. Crea los PSMV (hacen las veces de planes de cumplimiento) y Reactiva los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico PORH del 1594/84, exigiendo establecer Objetivos de Calidad en un Horizonte de tiempo.  |
|                        |                      | Decreto 1575 de 2007  | Establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano   |
|                        |                      | 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 4728 de 2010  | Modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010 principalmente en lo que respecta a la ampliación de los plazos estipulados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para la elaboración y entrega de los criterios de calidad, normas de vertimientos y demás compromisos adquiridos en la Norma.  |
|                        |                      | Resolución 631 de 2015  | Se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.   |
| <b>CANTIDAD</b>        | 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  |  |

|              |                        |  |
|--------------|------------------------|--|
| <b>OTROS</b> |                        | 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.   |
|              | Decreto 1449 de 1977   | Establece obligaciones a los propietarios de predios para la conservación, protección, y aprovechamiento de las aguas, bosques, fauna terrestre, acuática, y suelos. Establece como área protectora forestal y que se debe mantener con cobertura boscosa una faja no inferior a 30 metros de ancho, paralela a las líneas de mareas máximas, a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanente o no y alrededor de los lagos o depósitos de agua. |
|              | Ley 142 de 1994        | Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones  |
|              | Ley 1333 de 2009       | Se establece el Procedimiento Ambiental Sancionatorio y se dictan otras disposiciones.   |
|              | NTC 5205 de 2003-10-22 | Esta norma define una metodología estadística para estimar la precisión de las posiciones de puntos sobre los mapas y los datos digitales geoespaciales con respecto a puntos terrestres de referencia con mayor precisión.  |
|              | ICAM-017               | Parámetros para la entrega de la información cartográfica a la oficina de planeación – SIG de la CAM y su correspondiente ingreso al SIG de la corporación.  |

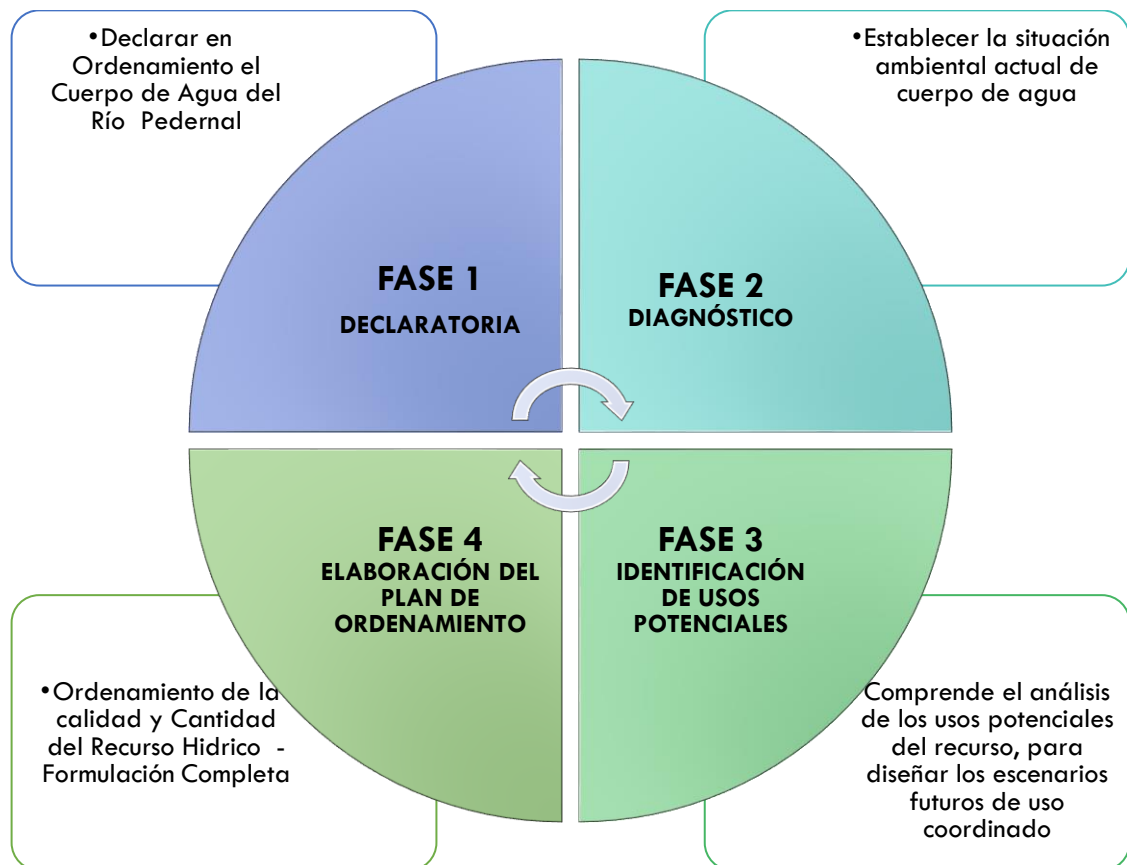
**Tabla 3. Normas Colombianas – Recurso Hidrico.**  
**Fuente:** CORPONARIÑO, 2011 (Adaptado por FUNDISPROS, 2016)

## MARCO CONCEPTUAL

Afirmando que el ordenamiento del recurso hídrico es un proceso de planificación que realiza la Autoridad ambiental competente en este caso la CAM, con el que se contribuye al control de la contaminación y al uso eficiente del recurso hídrico en el departamento del Huila.

Teniendo en cuenta el concepto de ordenamiento del recurso hídrico se logra una proyección hacia la cuenca del Río Pedernal en jurisdicción del municipio de Teruel y Yaguará en el Departamento del Huila.

Esta proyección está encaminada a la elaboración del plan de ordenamiento del recurso hídrico del Río Pedernal, teniendo en cuenta los lineamientos estipulados en la Guía Nacional para la elaboración de dicho plan; para ello se desarrollaran las siguientes fases:



**Figura 2. Fases para la Formulación del PORH – Río Pedernal.**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

En concordancia con la Guía Nacional para la elaboración para planes de ordenamiento del recurso hídrico, las fases sobre las cuales se desarrolla el plan de Ordenamiento del recurso hídrico del Río Pedernal son las siguientes:

**FASE 1 – DECLARATORIA:** La Autoridad Ambiental competente mediante resolución, declarará en ordenamiento el cuerpo de agua y definirá el cronograma de trabajo, de acuerdo con las demás fases previstas para el proceso.

La declaratoria, incluida dentro del ejercicio como una de las fases del ordenamiento, se realizará mediante resolución motivada por la respectiva Autoridad Ambiental competente, o la Comisión Conjunta según el caso, conforme a las competencias de los integrantes y tiene por objeto dar inicio al proceso de ordenamiento. La publicación del acto administrativo se hará de conformidad con lo establecido en el ordenamiento jurídico.

**FASE 2 – DIAGNOSTICO:** Se busca establecer la situación ambiental actual de cuerpo de agua objeto de ordenamiento, teniendo en cuenta sus aspectos sociales, físicos, bióticos y antrópicos (involucrando variables físicas y químicas), con el fin de establecer las potencialidades, conflictos y restricciones del mismo, e 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. Para la formulación de diagnóstico del PORH se requiere desarrollar las siguientes actividades:

1. Caracterización Inicial: Comprende el análisis de información, la ubicación del cuerpo de agua, la delimitación del área de trabajo, revisión del estado de la red de monitoreo, identificación y revisión de instrumentos de planificación, clasificación de información RURH, identificación de usos existentes, revisión de análisis de quejas y análisis de la distribución ya tamaños de predios.
2. Diseño de la estrategia de participación: Comprende la caracterización de actores, llevar a cabo actividades informativas y generación de espacios de consulta y retroalimentación.
3. Construcción línea base: Comprende la realización del censo de usuarios, la definición de tramos, la estructura conceptual de modelación, línea base de calidad de agua, línea base de oferta, usos actuales, análisis de conflictos y la determinación de riesgos.

**FASE 3 – IDENTIFICACIÓN DE USOS POTENCIALES:** Comprende el análisis de los usos potenciales del recurso, para diseñar los escenarios futuros de uso coordinado y sostenible del recurso hídrico. Esta es la fase prospectiva del plan y esta direccionada a la realización de la proyección de la demanda de agua, a la modelación de la calidad del recurso hídrico, identificación de usos potenciales y al desarrollo de la estrategia de participación.

**FASE 4 – ELABORACIÓN DE PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO - PORH:** Después de desarrollar la fase 1, 2 y 3 se procede a consolidar los resultados obtenidos durante el proceso, con el objetivo de incluir los aspectos a los que se refiere el numeral 4 del artículo 8 del decreto 3930 de 2010:

1. Establecer la clasificación de las aguas.
2. Fijar su destinación y sus posibilidades de uso, con fundamento en la priorización definida para tales efectos en el artículo 41 del Decreto 1541 de 1978.
3. Definir los objetivos de calidad a alcanzar en el corto, mediano y largo plazo.
4. Establecer las normas de preservación de la calidad del recurso para asegurar la conservación de los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies.
5. Determinar los casos en que deba prohibirse el desarrollo de actividades como la pesca, el deporte y otras similares, en toda la fuente o en sectores de ella, de manera temporal o definitiva.
6. Fijar las zonas en las que se prohibirá o condicionará, la descarga de aguas residuales o residuos líquidos o gaseosos, provenientes de fuentes industriales o domésticas, urbanas o rurales, en las aguas superficiales, subterráneas, o marinas.
7. Establecer el programa de seguimiento al recurso hídrico con el fin de verificar la eficiencia y efectividad del ordenamiento del recurso.

El desarrollo de estos puntos conlleva a un especial desarrollo en las directrices de planificación y orientación de la administración, control y vigilancia del recurso hídrico para los 10 años siguientes a su aprobación.

## 1. DECLARATORIA

## 1.1 Declarar en ordenamiento el cuerpo de agua

### 1.1.1 Declaratoria y publicación

La Autoridad Ambiental competente declara en ordenamiento cualquier corriente o depósito de aguas públicas que considere pertinente con un previo estudio de priorización de corrientes en conflicto. Una vez seleccionada la corriente objeto de ordenamiento, se define un cronograma de trabajo, de acuerdo con las fases del proyecto.

Con base en estas contemplaciones, mediante **Resolución 2837 del 23 de Noviembre de 2015** (CAM, 2015), la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena declaró en ordenamiento la corriente de uso público Río Pedernal que discurre en jurisdicción de los municipios de Teruel y Yaguará en el departamento del Huila, para dar cumplimiento a esta declaratoria se suscribió el contrato de apoyo interinstitucional No. 0350 de 2015 entre la CAM y FUNDISPROS, en el que se estableció la formulación del plan de ordenamiento de la mencionada corriente.

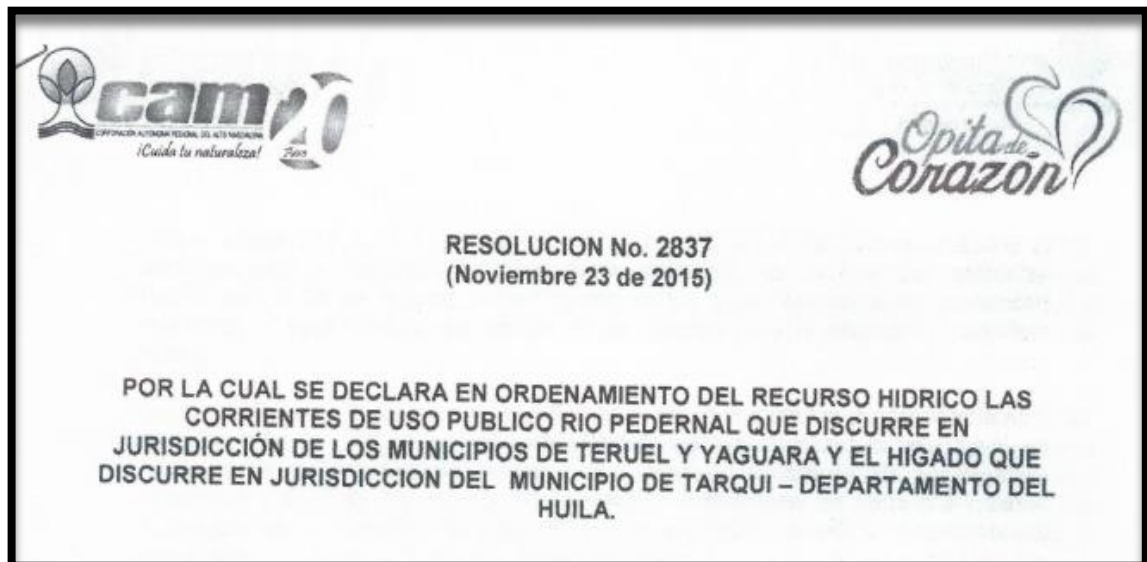


Figura 3. Resolución de ordenamiento emitido por la autoridad ambiental – CAM  
Fuente: FUNDISPROS, 2016

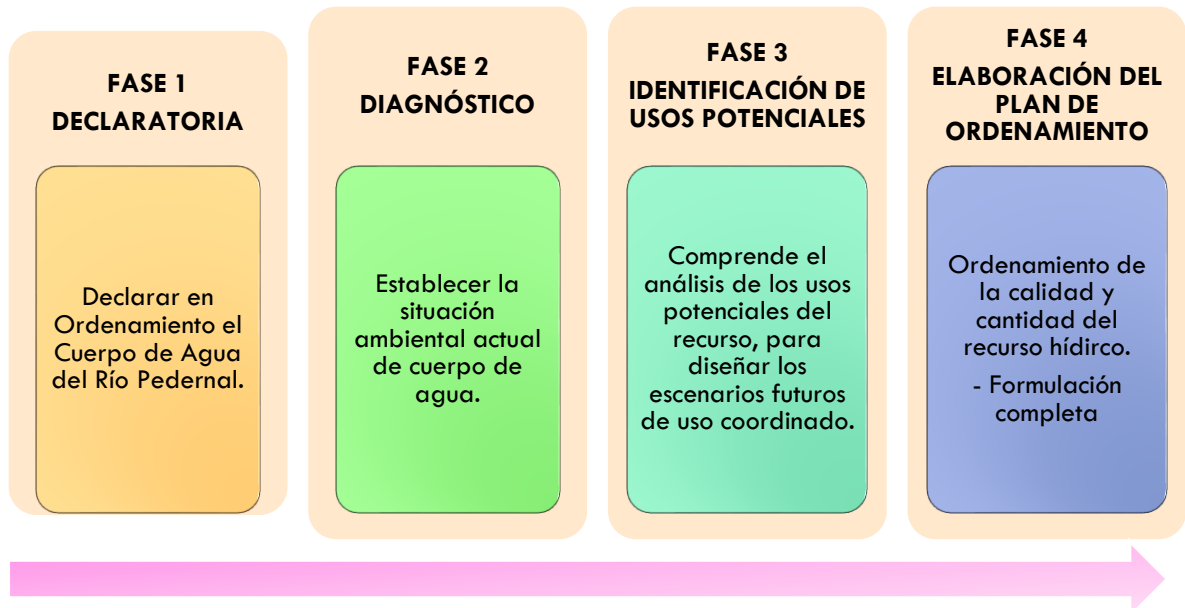


Figura 4. Fases para La Formulación del PORH – Río Pedernal.  
Fuente. FUNDISPROS, 201

### 1.1.2 Metodología de Trabajo

Para la ejecución del proyecto se planteó el esquema El cual se formuló conforme a la parte contractual del proyecto, al decreto 3930 de 2010 y a la metodología de la Guía Técnica para desarrollo del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico formulada por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) en el año 2014. Las actividades serán ejecutadas por el equipo técnico FUNDISPROS, en colaboración con la Autoridad Ambiental (CAM), el grupo de trabajo se conformó con carácter interdisciplinario, pero consolidado por áreas según evaluación de perfiles profesionales, además teniendo en cuenta fortalezas y debilidades institucionales. Los perfiles y/o roles se describen a continuación:

| <b>Perfiles</b>                                     |
|---|
| Director de Proyecto                                |
| Asistente   |
| Apoyo Legal   |
| Especialista en SIG                                 |
| Especialista Hidrología                             |
| Especialista calidad y cantidad del recurso hídrico |
| Especialista en gestión del agua y modelación       |
| Especialista en hidráulica                          |
| Especialista hidrobiología                          |
| Apoyos técnicos                                     |
| Especialista trabajo social                         |

**Tabla 4. Equipo técnico del PORH Río Pedernal y sus principales afluentes.**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

## 2. DIAGNÓSTICO

### 2.1. Análisis de la información disponible

Para el desarrollo del proyecto “*Formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del Río Pedernal y sus principales afluentes, corriente que discurre por los municipios de Teruel y Yaguará, en el departamento del Huila*”, se llevó a cabo actividades de solicitud y acopio de información primaria y secundaria básica de referencia, y/o antecedentes de la cuenca hidrográfica de la corriente de Río Pedernal, por medio de entidades y organizaciones con jurisdicción en la zona, esta información permite el soporte de todos los resultados obtenidos, además de la obtención de mayor precisión en la calidad de los datos.

| FICHA BIBLIOGRAFICA   | LUGAR O UBICACIÓN                 | FORMATO        | INFORMACIÓN   |
|---|-----------------------------------|----------------|---|
| <b>GUIA TÉCNICA PARA LA FORMULACION DEL PLANES DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO_PORH.</b>  | Banco de información MINIAMBIENTE | Magnético .PDF | Guía técnica para la formulación de planes de ordenamiento del recurso hídrico. Paso a paso para el ordenamiento del Recurso Hídrico. |
| <b>Informe final – Monitoreo de calidad y cantidad del agua superficial en el río Magdalena y sus principales afluentes en jurisdicción de la corporación autónoma regional del alto Magdalena – CAM año 2013</b> | Banco de información CAM          | Magnético .PDF | Características de calidad del agua en el área de estudio. Pág. 123 -137.   |

| FICHA BIBLIOGRAFICA   | LUGAR O UBICACIÓN                                      | FORMATO        | INFORMACIÓN  |
|---|--|----------------|--|
| <b>RESOLUCIÓN 2734 DE DICIEMBRE DE 2011 “Por la cual se aprueba el plan de saneamiento y Manejo de Vertimientos del Municipio de Yaguará”</b>   | Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena - CAM | Magnético .PDF | <b>Artículos 1 - 2:</b> En los cuales se define la propuesta presentada en la solicitud de reformulaciones.<br><b>Artículos 4:</b> periodicidad para la realización de los muestreos de las descargas de aguas residuales.                   |
| <b>RESOLUCION 2731 DE DICIEMBRE DE 2011 “Por la cual se aprueba la propuesta de reformulación del cronograma del PSMV de Municipio de Teruel”</b>   | Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena - CAM | Magnético .PDF | <b>Artículos 1 - 2:</b> En los cuales se define la propuesta presentada en la solicitud de reformulaciones.<br><b>Artículos 4:</b> periodicidad para la realización de los muestreos de las descargas de aguas residuales.                   |
| <b>RESOLUCION ANTERIOR 0312 DEL 26 DE ABRIL DE 1999 “Por la cual se reglamenta el uso y aprovechamiento de las aguas del Río Pedernal”</b>  | Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena-CAM   | Magnético .pdf | Resolución de reglamentación el uso y aprovechamiento de las aguas del río pedernal.   |
| <b>RESOLUCIÓN N° 1874 “Por la cual se modifica la resolución N° 0312 de 1999, por la cual se reglamenta la corriente río pedernal y se autoriza concesión temporal de aguas a TELPICO COLOMBIA LLC”</b> | Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena-CAM   | Magnético .pdf | “La Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, a través de la Dirección General de la CAM, reglamentó los usos y aprovechamientos de las aguas del Río Pedernal, que discurren en jurisdicción de los municipios de Teruel y Yaguará” |
| <b>RES 720 del 18/03/10 - Programa de Uso eficiente y Ahorro de Agua PUEAA del Municipio de Teruel</b>  | Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena-CAM   | Magnético .pdf | Generalidades del Municipio Diagnóstico de la calidad del agua de la fuente abastecedora del Municipio   |
| <b>Programa de Uso eficiente y Ahorro de Agua PUEAA del Municipio de Yaguará/SANCIONATORIO AÑO 2010</b>   | Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena-CAM   | Magnético .pdf | Generalidades del Municipio Diagnóstico de la calidad del agua de la fuente abastecedora del Municipio   |
| <b>RESOLUCIÓN No. 0735 de 2003 “por la cual se otorga una concesión de aguas superficiales para el sistema de acueducto de Teruel”</b>  | Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena-CAM   | Magnético .pdf | Beneficio del proyecto denominado reubicación obras de captación, aducción y desarenador del sistema de acueducto de Teruel, ubicado en la Vereda Corrales para el uso de acueducto y la cual se captará mediante bocatoma.                  |
| <b>RESOLUCIÓN 0801_2007 “Por la cual se aprueba el plan de saneamiento y manejo de vertimientos del municipio de Teruel – Huila”</b>  | Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena-CAM   | Magnético .pdf | Análisis vertimientos determinados por la CAM en el municipio de Teruel.   |
| <b>RESOLUCIÓN N°. 2978 del 13 de Noviembre de 2009 “Por medio de la cual se otorga una concesión de aguas superficiales”</b>  | Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena-CAM   | Magnético .pdf | Asociación de productores alevinos de Trucha Teruel - ASPATRU  |

| FICHA BIBLIOGRAFICA  | LUGAR O UBICACIÓN                                    | FORMATO        | INFORMACIÓN  |
|--|--|----------------|--|
| RESOLUCIÓN N° 0377_2010<br>“Por la cual se prohíbe temporalmente el uso de aguas de la corriente reglamentada río Pedernal para irrigar cultivos que demanden un módulo de riego superior a 1.5 l/seg. Ha”           | Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena-CAM | Magnético .pdf | Planificación, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.   |
| RESOLUCIÓN N° 0488 del 21 de Marzo de 2012 “Por la cual se otorga una concesión de aguas superficiales”  | Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena-CAM | Magnético .pdf | “Construcción del puente vehicular sobre el Río Pedernal a la entrada del casco urbano del municipio de Teruel, vía Palermo – Teruel”  |
| RESOLUCIÓN N° 0833_2004<br>“Por medio de la cual se otorga el traspaso y ampliación de una concesión de aguas superficiales”   | Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena-CAM | Magnético .pdf | En la citada resolución se otorgó al predio <b>EL HOYO</b> de propiedad del señor CONSTANTINO CUENCA (Q.E.P.D) localizado en la vereda Vilú, jurisdicción del municipio de Yaguará   |
| RESOLUCIÓN N° 1987_2012<br>“Por la cual se realiza un traspaso de una concesión de aguas superficiales”  | Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena-CAM | Magnético .pdf | Uso y aprovechamiento de las aguas del río pedernal, conforme el cuadro de reparto, asignación de caudales y porcentajes para la Derivación izq-10- canal llanos de Yaguará, predio <b>Bruselas</b> .                        |
| RESOLUCIÓN N° 2140 del 25/10/12 “Por la cual se realiza un traspaso de una concesión de aguas superficiales”   | Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena-CAM | Magnético .pdf | Uso y aprovechamiento de las aguas del río pedernal, conforme el cuadro de reparto, asignación de caudales y porcentajes para la Derivación izq-10- canal llanos de Yaguará, <b>predio Buitrera – Arcadio Cabrera G.</b>     |
| RESOLUCIÓN N° 2845 de 23/11/15 “Por la cual se modifica la resolución N° 312 del 26 de Abril de 199 reglamentación del uso y aprovechamiento de las aguas de la corriente río Pedernal”                              | Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena-CAM | Magnético .pdf | Uso y aprovechamiento de las aguas del río pedernal, conforme el cuadro de reparto, asignación de caudales y porcentajes para la Derivación izq-10- canal llanos de Yaguará, <b>predio Cabrera – Sucesión Ernesto Falla.</b> |
| ACUERDO N° 006 de 24/07/2012 “Por medio de la cual se establece el ajuste a la tarifa mínima para el cobro de la tasa retributiva para el periodo de Enero – Diciembre de la vigencia 2012”                          | Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena-CAM | Magnético .pdf | Análisis anual de los resultados en cuanto a cumplimiento de las metas de descontaminación y ajuste a la tarifa mínima en cuanto al factor regional para el departamento del Huila.  |
| RESOLUCIÓN NUMERO 2837 de 23 de noviembre de 2015 “por el cual se declara en ordenamiento del recurso hídrico las corrientes de uso público río Pedernal que discurren en jurisdicción de los municipios de Teruel y | Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena-CAM | Magnético .pdf | Declaración de ordenamiento del recurso hídrico  |

| FICHA BIBLIOGRAFICA   | LUGAR O UBICACIÓN                                    | FORMATO        | INFORMACIÓN   |
|---|--|----------------|---|
| Yaguará y El Hígado que discurre en jurisdicción del municipio de Tarqui-departamento del Huila   |  |                |   |
| Resolución N° 2459 del 23 de octubre de 2013, por la cual se aprueba la propuesta de modificación del cronograma del Plan de Saneamiento y manejo de vertimientos del municipio de Teruel-Huila | Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena-CAM | Magnético .pdf | Propuesta de modificación del cronograma del Plan de Saneamiento y manejo de vertimientos del municipio de Teruel-Huila   |
| EOT Municipio de Teruel 2000  | Alcaldía Municipal Teruel-Huila                      | Magnético      | Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Teruel acuerdo, diagnóstico y formulación.   |
| EOT Municipio de Yaguará 1999   | Alcaldía Municipal Yaguará-Huila                     | Magnético      | Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Yaguará acuerdo, diagnóstico y formulación.  |
| Resolución No. 3098 del 06 de Octubre de 2016   | Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena-CAM | Magnético      | Por la cual se ordena adelantar el estudio de revisión y actualización de la reglamentación de los usos y aprovechamiento de las aguas del Río Pedernal y su principal afluente Quebrada La María, que discurre por los municipios de Teruel y Yaguará, en el departamento del Huila. |

**Tabla 5. Recopilación y análisis de información disponible.**

Fuente: FUNDISPROS, 2016

## 2.2. Ubicación del cuerpo de agua en la estructura hidrográfica de la cuenca

La zonificación hidrográfica de Colombia, determinada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, tiene como propósito establecer el concepto de las cuencas hidrográficas como unidades geográficas que permitan la planificación, uso y manejo sostenible, tal que se conserve el equilibrio entre el aprovechamiento y conservación de las mismas.

Así, la metodología de zonificación y codificación nacional y regional utilizada en Colombia, parte de un sistema determinado por el IDEAM, en el que, a través de 10 dígitos se sectorizan las principales cuencas hidrográficas del país. De esta forma, los 4 primeros dígitos hacen parte de la llave primaria, la cual es asignada a nivel nacional por el IDEAM, fundamentándose básicamente en la identificación de las regiones naturales y en la red de drenaje, identificando las cuencas de primer y segundo orden mediante un código raíz fijo e inmodificable.

Los dígitos siguientes deben ser asignados por la Corporación Autónoma, la cual debe realizar la zonificación hidrográfica regional con apoyo de la cartografía base oficial y el IDEAM.

De acuerdo a la información descrita anteriormente, la microcuenca hidrográfica del **Río Pedernal** pertenece al área hidrográfica **MAGDALENA – CAUCA**, zona hidrográfica **ALTO MAGADALENA**, Subzona hidrográfica **RIO YAGUARÁ**; Microcuencas: **Rio Pedernal Bajo y Alto, Quebrada La María, Quebrada el Papayal, Quebrada la cañada y la Quebrada Beberrecio**, la información de la estructura hidrográfica de la cuenca se describe a continuación.

| Área Hidrográfica | Código | Zona hidrográfica | Código | Subzona hidrográfica | Código | Subcuenca | Nivel 1 | Nivel 2 | Nivel 3 | Nivel 4 | Microcuenca       | Total Código    |
|-------------------|--------|-------------------|--------|----------------------|--------|-----------|---------|---------|---------|---------|-------------------|-----------------|
|                   |        |                   |        |                      |        | 08        | 001     | 00      | 00      | 00      | Rio Pedernal Bajo | 210808001000000 |
|                   |        |                   |        |                      |        | 08        | 001     | 00      | 00      | 00      | Rio Pedernal Alto | 210808001000000 |
| MAGDALENA - CAUCA | 2      | ALTO MAGDALENA    | 1      | Rio Yaguará          | 08     | 08        | 001     | 04      | 00      | 00      | Qda. La María     | 210808001040000 |
|                   |        |                   |        |                      |        | 08        | 000     | 01      | 00      | 00      | Qda. Papayal      | 210808000010000 |
|                   |        |                   |        |                      |        | 08        | 001     | 02      | 00      | 00      | Qda. La Cañada    | 210808001020000 |
|                   |        |                   |        |                      |        | 08        | 001     | 03      | 00      | 00      | Qda. Beberrecio   | 210808001030000 |

**Tabla 6. Codificación microcuencas que forman la cuenca hídrica Río Pedernal.**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

Dentro de la información hidrográfica de la Microcuenca Río Pedernal, la quebrada del pueblo o las moyas es un afluente importante que no se ha determinado aún como tributario del cauce sino como un sistema de drenaje. Sus aguas llevan un alto grado de contaminación y por ende, alteran a gran escala la calidad del agua del río pedernal a la altura de la microcuenca río pedernal bajo. (Municipio de Yaguará).

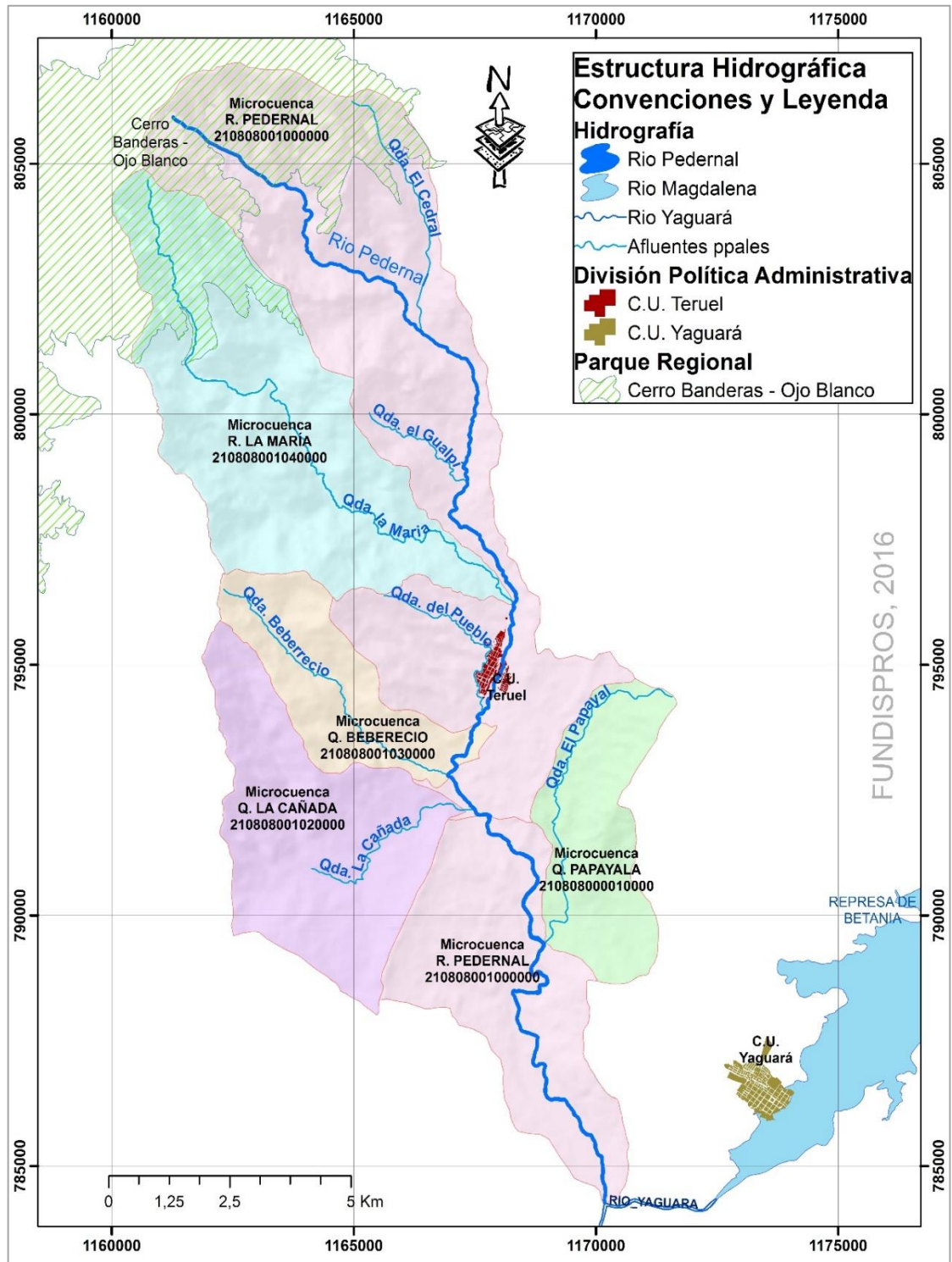


Figura 5. Estructura Hidrográfica Nacional- Microcuenca Rio pedernal  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### 2.3. Delimitar el area de trabajo

El cauce hídrico del Río Pedernal, nace sobre los 2.900 msnm en las coordenadas (75°37'37,2"W – 02°50'24"N") dentro del sistema montañoso **Pan de Azúcar**, su cauce desemboca en la cuenca del Río Yaguará a los 600 msnm. El área de influencia de la Microcuenca del río Pedernal se extiende a los Municipios de *Teruel* y *Yaguará* en el departamento del Huila.

Su red hidrográfica se caracteriza por presentar un mayor número de tributarios sobre la margen derecha aguas abajo que llegan hasta el municipio Yaguará (Canal llanos de Yaguará). La longitud del cauce es de **35.6 Km** y la superficie total de la cuenca es de **15.123.80 Ha**

Los principales afluentes del Río Pedernal y que fueron considerados para el desarrollo del estudio son las quebradas la María, el Pueblo, Beberrecio y la Cañada, ubicados sobre la margen derecha aguas abajo. Sobre la margen izquierda se encuentran las quebradas El Cedral y el Papayal. Los afluentes secundarios de esta fuente son: San Emigdo, Gualpí, el Minche, el Encanto, las Pavas, las Varas, la Honda, ubicados sobre la margen derecha aguas abajo. Sobre la margen izquierda se encuentran las quebradas el Horis, las Nubes, San Luis, la Virginia, el Carmen, el Sapo, agua negra, entre otras.

Los principales usos de los usuarios de la cuenca Río Pedernal (**según la resolución 0312\_1999**) son 8.5 Has de cacao, 1104.3 Has de arroz, 86.5 Has de pasto, 727 abrevaderos y 2.25 Has de otros cultivos de poblaciones de Yaguará y Teruel.

Según el EOT del municipio de Teruel, la superficie total actual que corresponde a las rondas hídricas del Río Pedernal abarcan un área de 82.705.11 m<sup>2</sup>. En el futuro se podría recuperar la zona de arborización del Río Pedernal en 30.730.78 m<sup>2</sup>.

La microcuenca del río pedernal, tiene una topografía agreste y forma un encauzamiento a lo largo de todo el río principal, esta circunstancia posibilita la utilización del agua en la parte media y alta de la cuenca. Sobre la cuenca también se presentan áreas con amenaza alta por inundación sobre ambas márgenes del río Pedernal.

Aguas abajo a la altura de las veredas Estambul y la Cañada, parte del cauce Río Iquira es utilizado en la planta eléctrica denominada por electrohuila como IQUIRA II, produciendo energía para posteriormente ser vertida al Río Pedernal dándoles un caudal “estable” a los usuarios de la parte baja de la cuenca (municipio de Yaguará). (E.S.P, EMP TERUEL S.A, 2010).

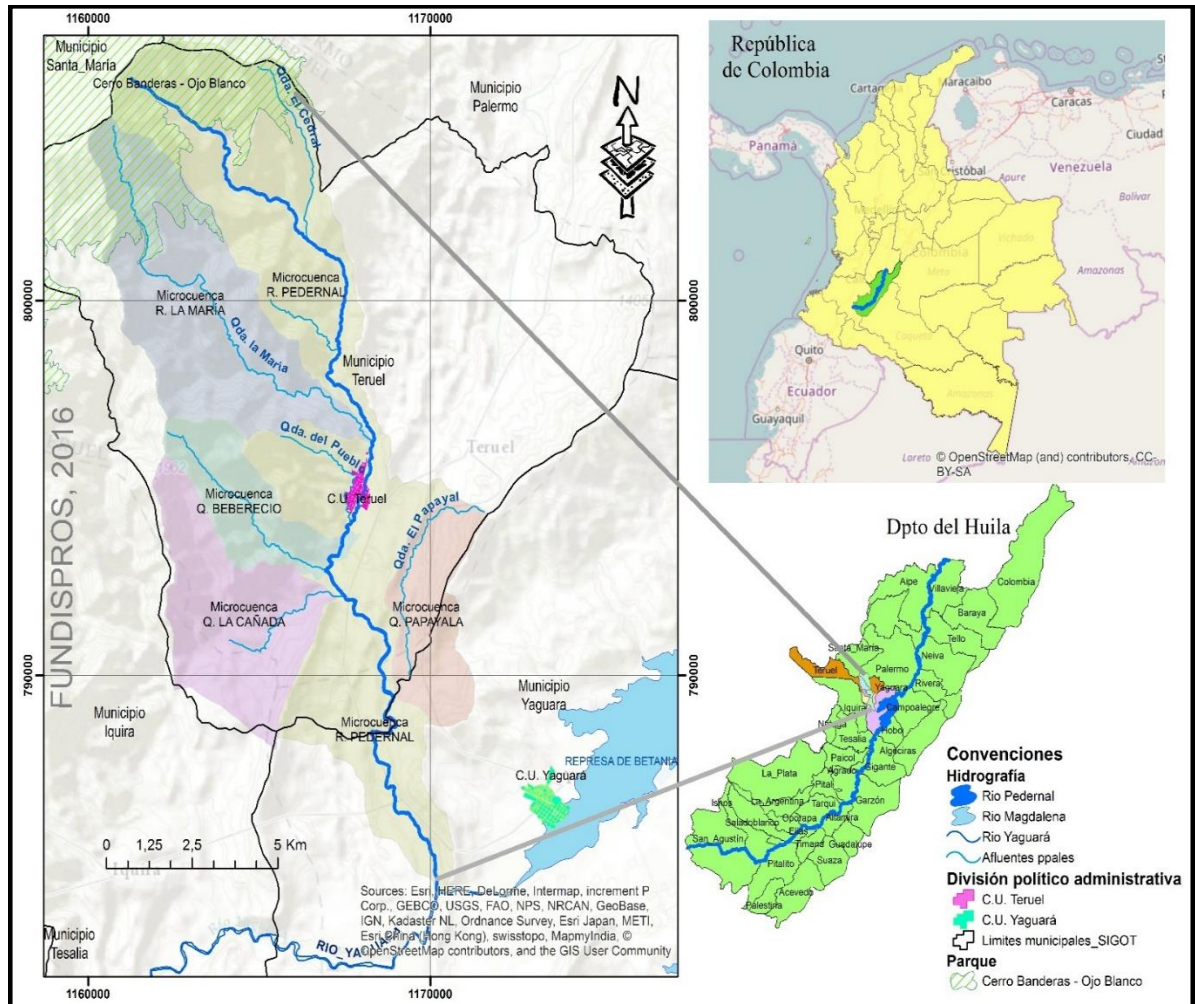


Figura 6. Ubicación General de la cuenca hídrica de Río Pedernal y sus ppales afluentes.

Fuente: FUNDISPROS, 2016

## 2.4. Revisión de las redes hidrometeorológicas y de calidad hídrica existentes

### 2.4.1. Revisión del Estado de las redes Hidrometeorológicas.

La información hidrometeorológica que se requiere para el desarrollo del PORH, se obtendrá de la red de estaciones meteorológicas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, IDEAM.

Así, identificada el área de estudio que corresponde a la cuenca hidrográfica del río Pedernal, se consultó el Catálogo Nacional de Estaciones del IDEAM y se localizaron aquellas que se encontraran dentro o cerca del área de estudio y que

fueran de utilidad para el desarrollo del mismo. Dichas estaciones se relacionan en la

| N°. | CODIGO CATÁLOGO | NOMBRE         | CAT | ESTADO | CORRIENTE | DPTO  | MUNICIPIO | LOCALIZACIÓN |          |      |
|-----|-----------------|----------------|-----|--------|-----------|-------|-----------|--------------|----------|------|
|     |                 |                |     |        |           |       |           | X            | Y        | Z    |
| 1   | 21120100        | EL VOLCAN      | PM  | ACT    | BACHE     | HUILA | PALERMO   | 834449.2     | 808642.5 | 1105 |
| 2   | 21080090        | LA ARMENIA     | PG  | SUS    | PEDERNAL  | HUILA | TERUEL    | 836297.6     | 806980.9 | 2700 |
| 3   | 21080080        | LA MINA        | PG  | ACT    | PEDERNAL  | HUILA | TERUEL    | 827168.9     | 800694.0 | 1800 |
| 4   | 21080100        | LAS HERRERAS   | PM  | ACT    | STA MARIA | HUILA | TERUEL    | 829273.1     | 798454.3 | 1800 |
| 5   | 21080050        | EL CARACOL     | PM  | SUS    | PEDERNAL  | HUILA | TERUEL    | 830724.4     | 797770.3 | 1080 |
| 6   | 21085030        | SAN RAFAEL     | CO  | ACT    | PEDERNAL  | HUILA | TERUEL    | 832645.3     | 797079.5 | 1030 |
| 7   | 21087040        | HIDROELECTRICA | LM  | ACT    | PEDERNAL  | HUILA | TERUEL    | 834128.1     | 791977.1 | 740  |
| 8   | 21080030        | YAGUARA        | PM  | ACT    | YAGUARA   | HUILA | YAGUARA   | 838623.9     | 787024.7 | 600  |
| 9   | 21080070        | STA ROSA HDA   | PM  | ACT    | YAGUARA   | HUILA | YAGUARA   | 832829.0     | 783415.3 | 650  |
| 10  | 21085020        | IQUIRA         | CO  | SUS    | IQUIRA    | HUILA | IQUIRA    | 827454.4     | 785112.0 | 1095 |

**Tabla 77.**

| N°. | CODIGO CATÁLOGO | NOMBRE         | CAT | ESTADO | CORRIENTE | DPTO  | MUNICIPIO | LOCALIZACIÓN |          |      |
|-----|-----------------|----------------|-----|--------|-----------|-------|-----------|--------------|----------|------|
|     |                 |                |     |        |           |       |           | X            | Y        | Z    |
| 1   | 21120100        | EL VOLCAN      | PM  | ACT    | BACHE     | HUILA | PALERMO   | 834449.2     | 808642.5 | 1105 |
| 2   | 21080090        | LA ARMENIA     | PG  | SUS    | PEDERNAL  | HUILA | TERUEL    | 836297.6     | 806980.9 | 2700 |
| 3   | 21080080        | LA MINA        | PG  | ACT    | PEDERNAL  | HUILA | TERUEL    | 827168.9     | 800694.0 | 1800 |
| 4   | 21080100        | LAS HERRERAS   | PM  | ACT    | STA MARIA | HUILA | TERUEL    | 829273.1     | 798454.3 | 1800 |
| 5   | 21080050        | EL CARACOL     | PM  | SUS    | PEDERNAL  | HUILA | TERUEL    | 830724.4     | 797770.3 | 1080 |
| 6   | 21085030        | SAN RAFAEL     | CO  | ACT    | PEDERNAL  | HUILA | TERUEL    | 832645.3     | 797079.5 | 1030 |
| 7   | 21087040        | HIDROELECTRICA | LM  | ACT    | PEDERNAL  | HUILA | TERUEL    | 834128.1     | 791977.1 | 740  |
| 8   | 21080030        | YAGUARA        | PM  | ACT    | YAGUARA   | HUILA | YAGUARA   | 838623.9     | 787024.7 | 600  |
| 9   | 21080070        | STA ROSA HDA   | PM  | ACT    | YAGUARA   | HUILA | YAGUARA   | 832829.0     | 783415.3 | 650  |
| 10  | 21085020        | IQUIRA         | CO  | SUS    | IQUIRA    | HUILA | IQUIRA    | 827454.4     | 785112.0 | 1095 |

**Tabla 7. Estaciones hidrometeorológicas localizadas en el área de estudio.**

Fuente: IDEAM, 2014.

De acuerdo a lo anterior, las estaciones climáticas a considerar en la formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) de la cuenca hidrográfica del río Pedernal, se relacionan en la siguiente tabla.

| Nº. | CODIGO CATÁLOGO | NOMBRE       | CATEGORIA | ESTADO | CORRIENTE | DPTO  | MUNICIPIO |
|-----|-----------------|--------------|-----------|--------|-----------|-------|-----------|
| 1   | 21120100        | EL VOLCAN    | PM        | ACT    | BACHE     | HUILA | PALERMO   |
| 2   | 21080080        | LA MINA      | PG        | ACT    | PEDERNAL  | HUILA | TERUEL    |
| 3   | 21080100        | LAS HERRERAS | PM        | ACT    | STA MARIA | HUILA | TERUEL    |
| 4   | 21085030        | SAN RAFAEL   | CO        | ACT    | PEDERNAL  | HUILA | TERUEL    |
| 5   | 21080030        | YAGUARA      | PM        | ACT    | YAGUARA   | HUILA | YAGUARA   |
| 6   | 21080070        | STA ROSA HDA | PM        | ACT    | YAGUARA   | HUILA | YAGUARA   |

**Tabla 8. Estaciones seleccionadas para el desarrollo del análisis climático de la cuenca hidrográfica del río Pedernal**

Fuente: IDEAM, 2014

#### 2.4.2. Revisión de la Calidad Hídrica Existente

En cuanto a calidad hídrica existente sobre la fuente se tienen pocos estudios sobre la fuente, el municipio de teruel y las empresas públicas EMPTERUEL, realizaron monitoreos puntuales sobre los vertimientos de tipo agua residual.

#### Tipo de muestras

- Compuesta: se tomó una muestra compuesta a la entrada y salida del sistema de tratamiento de agua residual.
- Puntual: se tomó una muestra puntual en los puntos: aguas arriba de portachuelo y aguas debajo de puente íquira.
- Parámetros In- situ: temperatura, pH, conductividad, sólidos sedimentables y caudal.

#### Descripción del área de monitoreo

La toma de muestras se realizó en los puntos identificados en la siguiente tabla:

| Sitio de muestreo         | Tipo de agua     | Coordenadas  | Tipo de muestra |
|---------------------------|------------------|--|-----------------|
| Entrada PTAR              | Agua residual    | N: 02°44'02,3"<br>W: 075° 34'13,0"                   | Compuesta       |
| Salida PTAR               | Agua residual    | N: 02°44'08,5"<br>W: 075°34'14,9"                    | Compuesta       |
| Aguas arriba portachuelo  | Agua superficial | N: 02°44'15,2"<br>W: 075°34'15.2"<br>857m<br>A.S.N.M | Puntual         |
| Aguas abajo puente íquira | Agua superficial | N: 02°44'13,5"<br>W: 075°34'24,6"<br>824m            | Puntual         |

| Sitio de muestreo | Tipo de agua | Coordenadas | Tipo de muestra |
|-------------------|--------------|-------------|-----------------|
| A.S.N.M           |              |             |                 |

**Tabla 9. Muestreos sobre la PTAR y zona de influencia**  
Fuente: PSMV, 2013

Novedades del muestreo:

- Se presentan vertimientos en hogares aledaños a la quebrada del pueblo, vertimientos no conectados a la red de tratamiento.
- Se asumió el caudal de entrada igual al caudal de salida teniendo en cuenta que el agua que sale de la planta es realmente la que se está tratando.

#### 2.4.2.1. Monitoreo planta de tratamiento municipio de Teruel - 2013

| Hora     | Parámetros |                        |               |               |            | Aforo de caudal |              |               |  |
|----------|------------|------------------------|---------------|---------------|------------|-----------------|--------------|---------------|--|
|          | T°(°C)     | pH (unidades)          | Cond. (mS/cm) | s.Sed. (mL/L) | Tiempo (s) | Volumen (L)     | Caudal (L/s) | Alícuota (mL) |  |
| 10:00    | 23,2       | 7,5                    | 406           | 3,5           | 1,58       | 15,000          | 9,49         | 764           |  |
| 11:00    | 23,7       | 7,5                    | 410           | 4,0           | 2,50       | 15,000          | 6,00         | 483           |  |
| 12:00    | 23,8       | 7,9                    | 420           | 7,0           | 1,60       | 15,000          | 9,38         | 754           |  |
| Promedio | 23,6       | Muestra compuesta: 7,7 | 412           | 4,8           | Sumatoria  |                 | 24,87        | 2000          |  |
| Promedio |            |                        |               |               |            |                 | 8,29         |               |  |

**Tabla 10. Entrada PTAR MUNICIPIO DE TERUEL.**  
Fuente: PSMV, 2013.

| HORA  | Parámetros |             |                       |               |            | Aforo de caudal |              |               |
|-------|------------|-------------|-----------------------|---------------|------------|-----------------|--------------|---------------|
|       | T (°C)     | pH unidades | Conductividad (mS/cm) | S. sed (mL/L) | Tiempo (s) | Volumen (L)     | Caudal (L/s) | Alícuota (ml) |
| 07:00 | 23,1       | 6,8         | 465                   | 0.4           | 1,08       | 3,716           | 3,43         | 75            |
| 08:00 | 23,3       | 6,8         | 475                   | 0.2           | 1,24       | 4,160           | 3,35         | 73            |
| 09:00 | 23,5       | 6,8         | 489                   | 0.5           | 1,30       | 5,000           | 3,85         | 84            |
| 10:00 | 24,2       | 6,8         | 504                   | 0.4           | 1,08       | 4,250           | 3,94         | 86            |
| 11:00 | 25,7       | 6,8         | 521                   | 0.4           | 1,48       | 5,000           | 3,38         | 74            |
| 12:00 | 25,8       | 6,8         | 523                   | 0.3           | 0,89       | 3,150           | 3,54         | 77            |
| 13:00 | 24,2       | 6,8         | 540                   | 0.8           | 1,08       | 4,000           | 3,70         | 81            |
| 14:00 | 23,9       | 6,9         | 570                   | 0.9           | 1,24       | 3,750           | 3,03         | 66            |
| 15:00 | 23,9       | 6,9         | 523                   | 0.3           | 1,06       | 3,366           | 3,18         | 69            |

| HORA            | Parámetros |                        |                       |               |            | Aforo de caudal |              |               |
|-----------------|------------|------------------------|-----------------------|---------------|------------|-----------------|--------------|---------------|
|                 | T (°C)     | pH unidades            | Conductividad (mS/cm) | S. sed (mL/L) | Tiempo (s) | Volumen (L)     | Caudal (L/s) | Alícuota (ml) |
| 16:00           | 24,2       | 6,7                    | 535                   | 0,3           | 1,38       | 3,750           | 2,72         | 59            |
| 17:00           | 23,8       | 6,9                    | 564                   | 0,9           | 0,68       | 3,373           | 4,96         | 108           |
| 18:00           | 23,5       | 6,6                    | 570                   | 0,4           | 1,07       | 3,716           | 3,47         | 76            |
| 19:00           | 22,1       | 6,8                    | 540                   | 0,7           | 1,11       | 3,290           | 2,96         | 65            |
| 20:00           | 23,8       | 7,0                    | 536                   | 0,9           | 0,90       | 3,843           | 4,27         | 93            |
| 21:00           | 22,5       | 6,9                    | 545                   | 0,8           | 0,97       | 3,733           | 3,85         | 84            |
| 22:00           | 23,1       | 6,9                    | 542                   | 0,7           | 1,05       | 3,716           | 3,54         | 77            |
| 23:00           | 23,0       | 6,9                    | 540                   | 0,9           | 0,75       | 3,616           | 4,82         | 105           |
| 00:00           | 22,7       | 6,9                    | 530                   | 0,5           | 1,14       | 4,683           | 4,12         | 90            |
| 01:00           | 21,3       | 6,9                    | 440                   | 0,3           | 1,33       | 5,000           | 3,76         | 82            |
| 02:00           | 21,4       | 6,9                    | 445                   | 0,3           | 1,54       | 5,000           | 3,25         | 71            |
| 03:00           | 20,3       | 6,9                    | 445                   | 0,5           | 1,77       | 5,000           | 2,82         | 62            |
| 04:00           | 20,1       | 6,9                    | 449                   | 0,5           | 1,50       | 4,733           | 3,16         | 69            |
| 05:00           | 20,5       | 6,9                    | 472                   | 0,3           | 1,37       | 4,733           | 3,45         | 76            |
| 06:00           | 21,7       | 7,1                    | 427                   | 0,4           | 0,72       | 4,090           | 5,65         | 124           |
| 07:00           | 22,3       | 7,0                    | 435                   | 0,1           | 1,31       | 4,240           | 3,24         | 71            |
| <b>Promedio</b> | 23,0       | Muestra compuesta: 6,9 | 505                   | 0,5           | Sumatoria  |                 | 91,45        | 2000          |
|                 |            |                        |                       |               | Promedio   |                 | 3,66         |               |

**Tabla 11. Salida PTAR MUNICIPIO DE TERUEL**

Fuente: PSMV, 2013.

| Parámetro                   | Unidades   | Resultados                  |                            | Norma decreto 1594/1984 capítulo VI artículo 72 |
|-----------------------------|------------|-----------------------------|----------------------------|---|
|                             |            | Entrada reporte No. 1047775 | Salida reporte No. 1047776 |   |
| DBO5                        | (mg/L o2)  | 167                         | 28                         | >80%  |
| DQO                         | (mg/L o2)  | 1109                        | 367                        | N/A   |
| Fosfatos                    | MgPO4/L    | 2,20                        | 4,22                       | N/A   |
| Grasas y aceites            | (mg/L)     | 174                         | 79                         | >80%  |
| Nitratos                    | mgNO3/L    | 6,0                         | 2,8                        | N/A   |
| pH                          | (Unidades) | 7,5                         | 6,9                        | 5 – 9 unidades                                  |
| Sólidos disueltos totales   | (mg/LTDS)  | 189                         | 219                        | N/A   |
| Sólidos sedimentables       | Mg/L       | 4,8                         | 0,5                        | N/A   |
| Sólidos suspendidos totales | (mg/LSST)  | 147                         | 25                         | >80%  |
| Temperatura                 | (°C)       | 23,6                        | 23,0                       | <40   |
| Turbiedad                   | NTU        | 42,5                        | 15,9                       | N/A   |

| Parámetro                          | Unidades | Resultados                        |                               |               | Norma decreto<br>1594/1984<br>capítulo VI<br>artículo 72 |
|------------------------------------|----------|-----------------------------------|-------------------------------|---------------|--|
|                                    |          | Entrada<br>reporte No.<br>1047775 | Salida reporte No.<br>1047776 | %<br>Remoción |  |
|                                    |          | Carga contaminante Kg/día         |                               |               | Caudal<br>entrada 3,66<br>(L/s)                          |
|                                    |          | Entrada                           | Salida                        |               | Caudal<br>salida 3,66<br>(L/s)                           |
| <b>DBO5</b>                        |          | 52,7782968                        | 8,849055751                   | 83            |  |
| <b>Sólidos suspendidos totales</b> |          | 46,4575427                        | 7,900942635                   | 83            | >80%   |
| <b>Grasas y aceites</b>            |          | 54,9905607                        | 24,96697873                   | 55            |  |

**Tabla 12. Análisis de resultados PTAR municipio de Teruel.**  
Fuente: PSMV, 2013.

| Caudal aguas arriba |                  |                            |              |                   |
|---------------------|------------------|----------------------------|--------------|-------------------|
| Velocidad<br>(ms)   | Ancho<br>sección | Profundidad<br>sección (m) | Área (m2)    | Caudal (L/s)      |
| 0,0                 | 0,15             | 0,08                       | 0,012        | 0,000             |
| 0,0                 | 0,15             | 0,08                       | 0,012        | 0,000             |
| 0,1                 | 0,15             | 0,10                       | 0,015        | 1,500             |
| 0,1                 | 0,15             | 0,10                       | 0,015        | 1,500             |
| 0,1                 | 0,15             | 0,10                       | 0,015        | 1,500             |
| 0,1                 | 0,15             | 0,10                       | 0,015        | 1,500             |
| 0,2                 | 0,15             | 0,11                       | 0,017        | 3,300             |
| 0,2                 | 0,15             | 0,14                       | 0,021        | 4,200             |
| 0,2                 | 0,15             | 0,15                       | 0,023        | 4,500             |
| 0,2                 | 0,15             | 0,14                       | 0,021        | 4,200             |
| 0,1                 | 0,15             | 0,10                       | 0,015        | 1,500             |
| 0,0                 | 0,15             | 0,08                       | 0,012        | 0,000             |
| <b>Promedio</b>     |                  |                            |              | 1,975             |
| <b>HORA</b>         | T° (C)           | pH (unidades)              | Cond. (S/cm) | O.D. (Mg<br>02/L) |
| <b>14:15</b>        | 23,4             | 8,08                       | 285          | 5,5               |

**Tabla 13. Aguas arriba portachuelo (1047778)**  
Fuente: PSMV, 2013.

| Velocidad<br>(m/s) | Ancho de<br>sección (m) | Profundidad<br>de sección<br>(m) | Área (m2) | Caudal (L/s) |
|--------------------|-------------------------|----------------------------------|-----------|--------------|
| 0,0                | 0,10                    | 0,07                             | 0,07      | 0,000        |
| 0,3                | 0,10                    | 0,15                             | 0,015     | 4,500        |
| 0,3                | 0,10                    | 0,20                             | 0,020     | 6,000        |
| 0,2                | 0,10                    | 0,20                             | 0,020     | 4,000        |
| 0,4                | 0,10                    | 0,35                             | 0,035     | 14,000       |
| 0,3                | 0,10                    | 0,10                             | 0,010     | 3,000        |
| 0,1                | 0,10                    | 0,15                             | 0,015     | 1,500        |

| Velocidad (m/s) | Ancho de sección (m) | Profundidad de sección (m) | Área (m <sup>2</sup> ) | Caudal (L/s)               |
|-----------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|
| 0,1             | 0,10                 | 0,15                       | 0,015                  | 1,500                      |
| 0,3             | 0,10                 | 0,08                       | 0,008                  | 2,400                      |
| 0,4             | 0,10                 | 0,08                       | 0,008                  | 3,200                      |
| 0,3             | 0,10                 | 0,09                       | 0,009                  | 2,700                      |
| 0,3             | 0,10                 | 0,10                       | 0,010                  | 3,000                      |
| 0,4             | 0,10                 | 0,15                       | 0,015                  | 6,000                      |
| 0,3             | 0,10                 | 0,15                       | 0,015                  | 4,500                      |
| 0,1             | 0,10                 | 0,15                       | 0,015                  | 1,500                      |
| 0,1             | 0,10                 | 0,20                       | 0,020                  | 2,000                      |
| 0,2             | 0,10                 | 0,15                       | 0,015                  | 3,000                      |
| 0,2             | 0,10                 | 0,08                       | 0,008                  | 1,600                      |
| <b>Promedio</b> |                      |                            |                        | 3,578                      |
| HORA            | T°(°C)               | pH (promedio)              | Cond. (uS/cm)          | O.D (mg O <sub>2</sub> /L) |
| 14:40           | 23,5                 | 7,61                       | 364                    | 3,0                        |

Tabla 14. Aguas abajo puente Iquira.

Fuente: PSMV, 2013.

| Parámetro                   | unidades               | Aguas arriba portachuelo | Aguas abajo puente Iquira |
|-----------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|
| % saturación de oxígeno     | %                      | 66                       | 36                        |
| Conductividad               | uS/cm                  | 285                      | 364                       |
| DBO5                        | Mg/L                   | <2                       | <2                        |
| DQO                         | Mgo <sub>2</sub> /L    | 7                        | 45                        |
| fosfatos                    | mgP-PO <sub>4</sub> /L | 0,12                     | 1,27                      |
| Nitratos                    | Mg/L                   | <0,5                     | <0,5                      |
| Oxígeno disuelto            | MgO <sub>2</sub> /L    | 5.5                      | 3,0                       |
| pH                          | Unidades               | 8,1                      | 7,6                       |
| Solidos disueltos totales   | Mg/L                   | 125                      | 162                       |
| Solidos suspendidos totales | Mg/L                   | <1                       | 17                        |
| Temperatura                 | °C                     | 23,4                     | 23,5                      |
| Turbiedad                   | NTU                    | 1,87                     | 4,68                      |
| Coliformes fecales          | NMP/100 mL             | 6,8                      | 79                        |

Tabla 15. Resultados de laboratorio fuente receptora aguas arriba- aguas abajo

Fuente: PSMV, 2013.

#### 2.4.2.2. Monitoreo PTAR barrio las Brisas – Teruel - 2013

| Sitio de muestreo              | Tipo de agua  | Coordenadas                       | Tipo de muestra |
|--------------------------------|---------------|-----------------------------------|-----------------|
| Entrada PTAR barrio las Brisas | Agua residual | N: 02°44'41.8"<br>W: 075°31'09.4" | Compuesta       |

|                                      |                  |   |           |
|--------------------------------------|------------------|---|-----------|
|                                      |                  | 866 m<br>A.S.N.M                                      |           |
| <b>Salida PTAR barrio las Brisas</b> | Aguas residual   | N: 02°44'41.5"<br>W: 075°31'09.4"<br>866 m<br>A.S.N.M | Compuesta |
| <b>Aguas arriba Rio Pedernal</b>     | Agua superficial | N: 02°44'46.5"<br>W: 075°34'08.5"<br>853 m<br>A.S.N.M | Puntual   |
| <b>Aguas abajo Rio Pedernal</b>      | Agua superficial | N: 02°44'38.7"<br>W: 075°34'09.4"<br>852 m<br>A.S.N.M | Puntual   |

**Tabla 16. Puntos de muestreo PTAR barrio las brisas**

Fuente: PSMV, 2013.

**- Entrada PTAR barrio las brisas**

| Hora  | Temperatura (°C) | pH (unidades) | Sólidos sedimentables (mL/L) | Aforo de caudal |             |              |               |
|-------|------------------|---------------|------------------------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|
|       |                  |               |                              | Tiempo (s)      | Volumen (L) | Caudal (L/s) | Alícuota (mL) |
| 07:00 | 22,8             | 7,8           | 1,0                          | 4,09            | 0,328       | 0,08         | 89            |
| 08:00 | 22,9             | 7,7           | 3,5                          | 3,50            | 0,321       | 0,09         | 102           |
| 09:00 | 24,1             | 8,1           | 2,5                          | 4,51            | 0,218       | 0,05         | 54            |
| 10:00 | 23,8             | 7,9           | 0,8                          | 3,45            | 0,545       | 0,16         | 176           |
| 11:00 | 24,1             | 7,3           | 0,3                          | 3,08            | 0,516       | 0,17         | 186           |
| 12:00 | 24,8             | 7,6           | 0,9                          | 4,85            | 0,206       | 0,04         | 47            |
| 13:00 | 25,1             | 7,4           | 0,5                          | 3,58            | 0,381       | 0,11         | 118           |
| 14:00 | 25,2             | 7,6           | 0,5                          | 3,75            | 0,556       | 0,15         | 165           |
| 15:00 | 25,7             | 8,1           | 0,5                          | 2,86            | 0,673       | 0,24         | 262           |
| 16:00 | 24,7             | 7,5           | 4,0                          | 5,56            | 0,260       | 0,05         | 52            |
| 17:00 | 25,6             | 7,3           | 6,0                          | 4,93            | 0,078       | 0,02         | 18            |
| 18:00 | 25,2             | 7,4           | 1,5                          | 4,10            | 0,105       | 0,03         | 28            |
| 19:00 | 25,3             | 7,1           | 2,0                          | 4,28            | 0,605       | 0,14         | 157           |
| 20:00 | 24,1             | 7,9           | 1,0                          | 3,69            | 0,256       | 0,07         | 77            |
| 21:00 | 24,0             | 8,3           | 13,0                         | 6,70            | 0,111       | 0,02         | 18            |
| 22:00 | 23,8             | 7,9           | 14,0                         | 4,63            | 0,161       | 0,03         | 39            |
| 23:00 | 22,2             | 8,4           | 1,0                          | 5,33            | 0,088       | 0,02         | 18            |
| 00:00 | 22,9             | 8,0           | 13,5                         | 5,19            | 0,081       | 0,02         | 17            |
| 01:00 | 22,7             | 8,1           | 1,0                          | 5,25            | 0,041       | 0,01         | 9             |
| 02:00 | 22,3             | 7,9           | 1,0                          | 5,28            | 0,031       | 0,01         | 7             |
| 03:00 | 21,9             | 8,0           | 0,5                          | 4,66            | 0,055       | 0,01         | 13            |
| 04:00 | 22,8             | 8,1           | 0,5                          | 4,80            | 0,151       | 0,03         | 35            |
| 05:00 | 23,5             | 8,3           | 6,0                          | 5,38            | 0,280       | 0,05         | 58            |
| 06:00 | 23,0             | 8,0           | 1,3                          | 4,36            | 0,195       | 0,04         | 50            |
| 07:00 | 23,1             | 7,6           | 2,0                          | 4,30            | 0,458       | 0,11         | 118           |

| Hora     | Temperatura (°C) | pH (unidades)             | Sólidos sedimentables (mL/L) | Tiempo (s) | Aforo de caudal |              |               |
|----------|------------------|---------------------------|------------------------------|------------|-----------------|--------------|---------------|
|          |                  |                           |                              |            | Volumen (L)     | Caudal (L/s) | Alícuota (mL) |
| 08:00    | 23,3             | 7,4                       | 3,0                          | 2,71       | 0,211           | 0,08         | 87            |
| Promedio | 23,8             | Muestra compuesta:<br>7,8 | 3,1                          | Sumatoria  |                 | 1,80         | 2000          |
|          |                  |                           |                              | Promedio   |                 | 0,069        |               |

Tabla 17. Datos in situ entrada PTAR.  
 Fuente: PSMV, 2013.

- Salida PTAR barrio las brisas

| Hora  | Temperatura (°C) | pH (unidades) | Sólidos sedimentables (mL/L) | Tiempo (s) | Aforo de caudal |              |               |
|-------|------------------|---------------|------------------------------|------------|-----------------|--------------|---------------|
|       |                  |               |                              |            | Volumen (L)     | Caudal (L/s) | Alícuota (mL) |
| 07:00 | 22,6             | 7,7           | <0,1                         | 14,53      | 0,023           | 0,002        | 2,0           |
| 08:00 | 23,8             | 7,1           | <0,1                         | 3,87       | 0,403           | 0,104        | 130,8         |
| 09:00 | 24,2             | 7,3           | <0,1                         | 3,74       | 0,403           | 0,108        | 135,4         |
| 10:00 | 26,9             | 7,2           | <0,1                         | 3,31       | 0,341           | 0,103        | 129,4         |
| 11:00 | 24,8             | 7,1           | <0,1                         | 2,32       | 0,377           | 0,163        | 204,2         |
| 12:00 | 24,7             | 7,2           | <0,1                         | 4,41       | 0,250           | 0,057        | 71,2          |
| 13:00 | 25,6             | 7,0           | <0,1                         | 3,38       | 0,270           | 0,080        | 100,4         |
| 14:00 | 25,8             | 7,2           | <0,1                         | 3,39       | 0,295           | 0,087        | 109,3         |
| 15:00 | 25,7             | 7,6           | <0,1                         | 2,93       | 0,523           | 0,178        | 224,3         |
| 16:00 | 25,7             | 6,9           | <0,1                         | 3,35       | 0,391           | 0,117        | 146,6         |
| 17:00 | 25               | 7,3           | <0,1                         | 5,00       | 0,081           | 0,016        | 20,4          |
| 18:00 | 24,6             | 7,0           | <0,1                         | 4,28       | 0,220           | 0,051        | 64,6          |
| 19:00 | 24               | 7,1           | <0,1                         | 3,66       | 0,316           | 0,082        | 102,9         |
| 20:00 | 22               | 7,3           | <0,1                         | 4,07       | 0,290           | 0,071        | 89,5          |
| 21:00 | 23,7             | 7,4           | <0,1                         | 6,84       | 0,131           | 0,019        | 24,1          |
| 22:00 | 21,2             | 7,1           | <0,1                         | 7,31       | 0,098           | 0,013        | 16,8          |
| 23:00 | 22,1             | 7,3           | <0,1                         | 7,26       | 0,066           | 0,09         | 11,4          |
| 00:00 | 22,3             | 7,1           | <0,1                         | 7,58       | 0,346           | 0,046        | 57,3          |
| 01:00 | 22,3             | 7,2           | <0,1                         | 5,82       | 0,025           | 0,004        | 5,4           |
| 02:00 | 21,6             | 7,3           | <0,1                         | 6,18       | 0,033           | 0,005        | 6,7           |
| 03:00 | 21,8             | 7,1           | <0,1                         | 8,62       | 0,075           | 0,009        | 10,9          |
| 04:00 | 23,1             | 7,2           | <0,1                         | 5,64       | 0,106           | 0,019        | 23,6          |
| 05:00 | 23,3             | 7,3           | <0,1                         | 5,16       | 0,150           | 0,029        | 36,5          |
| 06:00 | 23,2             | 7,1           | <0,1                         | 2,80       | 0,350           | 0,125        | 157,0         |
| 07:00 | 23,1             | 7,1           | <0,1                         | 5,50       | 0,261           | 0,047        | 59,6          |
| 08:00 | 23,3             | 7,2           | <0,1                         | 3,33       | 0,158           | 0,047        | 59,6          |

| Hora     | Temperatura (°C) | pH (unidades)     | Sólidos sedimentables (mL/L) | Aforo de caudal |             |              |               |
|----------|------------------|-------------------|------------------------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|
|          |                  |                   |                              | Tiempo (s)      | Volumen (L) | Caudal (L/s) | Alícuota (mL) |
| Promedio | 23,8             | Muestra compuesta | <0,1                         | Sumatoria       |             | 1,69         | 2000          |
|          |                  |                   |                              | Promedio        |             | 0,061        |               |

Tabla 18. Datos in situ salida PTAR

Fuente: PSMV, 2013

- Aguas arriba Río pedernal

| Revoluciones | Tiempo (s) | Revoluciones (R/s) | Velocidad (m/s) | Ancho sección (m) | Profundidad sección (m) | Área (m <sup>2</sup> ) | Caudal (L/s) |
|--------------|------------|--------------------|-----------------|-------------------|-------------------------|------------------------|--------------|
| 40           | 50         | 0,80               | 0,45            | 1,05              | 0,20                    | 0,21                   | 95,21        |
| 72           | 50         | 1,44               | 0,77            | 1,05              | 0,30                    | 0,32                   | 243,22       |
| 64           | 50         | 1,28               | 0,69            | 1,05              | 0,35                    | 0,37                   | 254,47       |
| 123          | 50         | 2,46               | 1,28            | 1,05              | 0,30                    | 0,32                   | 403,23       |
| 13           | 50         | 0,26               | 0,18            | 1,05              | 0,15                    | 0,16                   | 29,06        |
| 36           | 50         | 0,72               | 0,41            | 1,05              | 0,23                    | 0,24                   | 99,87        |
| 0            | 50         | 0,00               | 0,06            | 1,05              | 0,10                    | 0,11                   | 5,78         |
| Suma         |            |                    |                 |                   | 7,35                    |                        | 1130,83      |

| Hora | Temperatura (°C) | pH (unidades) | conductividad | Oxígeno disuelto (mg O <sub>2</sub> /L) | Temperatura muestra (°C) |
|------|------------------|---------------|---------------|---|--------------------------|
| 8:50 | 33,4             | 7,4           | 109           | 7,0                                     | 22,2                     |

Tabla 19. datos in situ quebrada aguas arriba.

Fuente: PSMV, 2013.

- Aguas abajo Río pedernal

| Revoluciones | Tiempo (s) | Revoluciones (R/s) | Velocidad (m/s) | Ancho sección (m) | Profundidad sección (m) | Área (m <sup>2</sup> ) | Caudal (L/s) |
|--------------|------------|--------------------|-----------------|-------------------|-------------------------|------------------------|--------------|
| 0            | 50         | 0                  | 0,06            | 0,45              | 0,05                    | 0,02                   | 1,24         |
| 75           | 50         | 2                  | 0,80            | 0,46              | 0,10                    | 0,05                   | 36,89        |
| 99           | 50         | 2                  | 1,04            | 0,46              | 0,30                    | 0,14                   | 143,66       |
| 107          | 50         | 2                  | 1,12            | 0,46              | 0,30                    | 0,14                   | 154,66       |
| 109          | 50         | 2                  | 1,14            | 0,46              | 0,30                    | 0,14                   | 157,41       |
| 126          | 50         | 3                  | 1,31            | 0,46              | 0,35                    | 0,16                   | 210,90       |
| 51           | 50         | 1                  | 0,56            | 0,46              | 0,35                    | 0,16                   | 90,64        |
| 0            | 50         | 0                  | 0,06            | 0,46              | 0,20                    | 0,09                   | 5,06         |
| 0            | 50         | 0                  | 0,06            | 0,46              | 0,50                    | 0,23                   | 12,65        |
| Suma         |            |                    |                 |                   | 4,13                    |                        | 813,11       |

| Hora | Temperatura (°C) | pH (unidades) | conductividad | Oxígeno disuelto (mg O <sub>2</sub> /L) | Temperatura muestra (°C) |
|------|------------------|---------------|---------------|---|--------------------------|
| 9:45 | 24,2             | 7,2           | 110           | 6,0                                     | 20,8                     |

Tabla 20. Datos in situ quebrada aguas abajo

Fuente: PSMV, 2013

**- Resultados de laboratorio**

| Parámetro                   | Unidades               | Resultados                     |                               | Norma decreto<br>1594/1984<br>capítulo VI<br>artículo 72 |
|-----------------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|
|                             |                        | Entrada reporte No.<br>1047775 | Salida reporte No.<br>1047776 |  |
| Conductividad               |                        | 119                            | 672                           | N/A  |
| DBO5                        | (mg/L o <sub>2</sub> ) | 350                            | 173                           | >80%   |
| DQO                         | (mg/L o <sub>2</sub> ) | 627                            | 324                           | N/A  |
| Fosfatos                    | MgPO <sub>4</sub> /L   | 6,58                           | 5,56                          | N/A  |
| Nitratos                    | mgNO <sub>3</sub> /L   | 61,0                           | 3,1                           | N/A  |
| pH                          | (Unidades)             | 7,8                            | 7,2                           | 5-9 unidades   |
| Sólidos disueltos totales   | (mg/LTDS)              | 601                            | 344                           | N/A  |
| Sólidos sedimentables       | Mg/L                   | 3,1                            | <0,1                          | N/A  |
| Sólidos suspendidos totales | (mg/LSST)              | 266                            | 23                            | >80%   |
| Temperatura                 | (°C)                   | 23,6                           | 23,8                          | <40  |
| Turbiedad                   | NTU                    | 190                            | 30                            | N/A  |
| Carga contaminante Kg/día   |                        |                                |                               | Caudal entrada (L/s)                                     |
|                             |                        | Entrada                        | Salida                        | %  |
|                             |                        |                                |                               | Remoción   |
|                             |                        |                                |                               | Caudal salida (L/s)                                      |
| DBO5                        |                        | 2,092022164                    | 0,915180752                   | 56   |
| Sólidos suspendidos totales |                        | 3,592300916                    | 1,819781379                   | 49   |
|                             |                        |                                |                               | >80%   |

**Tabla 21. Resultados de laboratorio y carga contaminante PTAR.**

Fuente: PSMV, 2013.

Los parámetros DBO5 y sólidos suspendidos totales después del tratamiento registran remoción en carga de 56% y 49% respectivamente, dando no cumplimiento con lo establecido en el Decreto 1594 de 1984 Capítulo VI artículo 72.

| Parámetro               | Unidades               | Método                      | Aguas arriba | Aguas abajo |
|-------------------------|------------------------|-----------------------------|--------------|-------------|
| % saturación de oxígeno | %                      | Calculo                     | 82           | 69          |
| Conductividad           | uS/cm                  | S.M. 21 st edition 2510     | 109          | 110         |
| DBO5                    | Mg/L                   | Winkler SM 5210 B           | 5            | 5           |
| DQO                     | mgO <sub>2</sub> /L    | Titrimétrico SM 5220C       | 10           | 29          |
| Fosfatos                | mgP-PO <sub>4</sub> /L | S.M. 21 st edition 4500 – P | <0,02        | <0,02       |
| Nitratos                | Mg/L                   | S.M. 4500 NO <sub>3</sub>   | 1,4          | 1,2         |

| Parámetro                   | Unidades            | Método                         | Aguas arriba | Aguas abajo |
|-----------------------------|---------------------|--------------------------------|--------------|-------------|
| Oxígeno disuelto            | mgO <sub>2</sub> /L | S.M. 21 st edition<br>4500 – O | 7,0          | 6           |
| pH                          | Unidades            | Potenciométrico                | 7,4          | 7,2         |
| Sólidos disueltos totales   | Mg/L                | Electrométrico                 | 53           | 53          |
| Sólidos suspendidos totales | Mg/L                | S.M. 21 st<br>Edition 2540 – D | 6            | 13          |
| Temperatura                 | °C                  | S.M. 21 st edition<br>2550 B   | 22,2         | 20,8        |
| Turbiedad                   | NTU                 | S.M. 21 st<br>Edition 2310 B   | 6,0          | 7,3         |
| Coliformes fecales          | NMP/100 ml          | S:M: 21 st edition<br>9221 B:C | 13           | 49          |

**Tabla 22. Resultados de laboratorio Río Pedernal aguas arriba y aguas abajo.**  
Fuente: PSMV, 2013.

#### 2.4.2.3. Calidad de agua rio pedernal - monitoreos y aforos a la fuente - 2013

| Parámetros                      | Análisis según    |                      | Nivel de calidad de acuerdo al grado de polución |                |                   |                       |
|---------------------------------|-------------------|----------------------|--|----------------|-------------------|-----------------------|
|                                 | Norma técnica NTC | Standard method ASTM | Fuente aceptable                                 | Fuente regular | Fuente deficiente | Fuente muy deficiente |
| DBO 5 días                      | 3630              |                      |  |                |                   |                       |
| Promedio mensual mg/L           |                   |                      | <=1.5  | 1.5 – 2.5      | 2.5 – 4           | > 4                   |
| Máximo diario m/L               |                   |                      | 1-3  | 3 – 4          | 4- 5              | >4                    |
| Coliformes totales (NMP/100 ML) |                   |                      |  |                |                   |                       |
| Promedio mensual                |                   | D-3870               | 0-50   | 50 - 500       | 50 – 500          | >5000                 |
| Oxígeno disuelto mg/L           | 4705              | D-888                | >= 4   | >= 4           | >= 4              | >4                    |
| pH promedio                     | 3651              | D-1293               | 6.0 – 8.5  | 5.0 – 9.0      | 3.8 – 10.5        |                       |

**Tabla 23. Resultados análisis de calidad de agua sobre el rio pedernal según PUEAA.**  
Fuente: PUEAA, 2010.

| Parámetros evaluados | Unidades | Datos obtenidos | 1. Fuente aceptable | 2. Fuente regular | 3. Fuente deficiente | 4. Fuente muy deficiente |
|----------------------|----------|-----------------|---------------------|-------------------|----------------------|--------------------------|
|----------------------|----------|-----------------|---------------------|-------------------|----------------------|--------------------------|

|                                     |                |      |      |   |
|-------------------------------------|----------------|------|------|---|
| <b>Demanda biológica de oxígeno</b> | Mg O2/L        | 2    |      | X |
| <b>Demanda química de oxígeno</b>   | Mg O2/L        | 3    |      |   |
| <b>Turbiedad</b>                    | NTU            | 2    |      |   |
| <b>pH promedio</b>                  | UNIDADES DE PH | 7.46 | X    |   |
| <b>Hierro</b>                       | Mg Fe/L        | 0.09 |      |   |
| <b>Coliformes fecales</b>           | UFC /100 ml    |      | 930  | X |
| <b>Coliformes totales</b>           | UFC /100 ml    |      | 1600 | X |

**Tabla 24. Análisis de resultados.**

Fuente: PUEAA, 2010.

Según el análisis realizado a la fuente abastecedora Río pedernal y según cuadro anterior se requiere de un tratamiento convencional para utilizar dicha agua para consumo humano; pre tratamiento, coagulación, sedimentación, filtración rápida, filtración lenta; tratamiento que ya se está realizando a cargo de la empresa EMPTERUEL.

A continuación se le realiza los análisis de resultados a la calidad del agua del Río pedernal, presentando puntos de muestreo o monitoreo, aguas arriba en la vereda las nubes y aguas debajo de la fuente donde desemboca en el Río Yaguará.

| <b>CALIDAD DEL AGUA DEL RIO PEDERNAL</b>    |                           |                     |                    |
|---|---------------------------|---------------------|--------------------|
| <b>FUENTE RECEPTORA MUNICIPIO DE TERUEL</b> |                           |                     |                    |
| <b>PUNTOS DE MUESTREO</b>                   |                           | <b>AGUAS ARRIBA</b> | <b>AGUAS ABAJO</b> |
| <b>COTA</b>                                 | (msnm)                    | 0                   | 0                  |
| <b>PRESIÓN ATMOSFÉRICA CORREGIDA</b>        | (mm de Hg)                | 760                 | 760                |
| <b>Oxígeno Disuelto (mg/L)</b>              | Valor Medido              | 5,5                 | 3,0                |
|   | Factor de Corrección      | 1,00                | 1,00               |
|   | % de Saturación           | 59,4%               | 32,4%              |
|   | OD Corregido (mg/L)       | 5,5                 | 3,0                |
|   | Porcentaje de Ponderación | 17%                 | 17%                |
| <b>Coliformes Fecales (NMP/100ml)</b>       | Índice I <sub>1</sub>     | 58,50               | 23,59              |
|   | Valor Medido              | 6,80,E+00           | 7,90,E+01          |
|   | Porcentaje de Ponderación | 16%                 | 16%                |
| <b>pH</b>                                   | Índice I <sub>2</sub>     | 72,57               | 42,53              |
|   | Valor Medido              | 8,10                | 7,60               |
|   | Porcentaje de Ponderación | 11%                 | 11%                |
|   | Índice I <sub>3</sub>     | 82,20               | 91,31              |

| <b>CALIDAD DEL AGUA DEL RIO PEDERNAL</b>             |                           |                     |                    |
|--|---------------------------|---------------------|--------------------|
| <b>FUENTE RECEPTORA MUNICIPIO DE TERUEL</b>          |                           |                     |                    |
| <b>PUNTOS DE MUESTREO</b>                            |                           | <b>AGUAS ARRIBA</b> | <b>AGUAS ABAJO</b> |
| <b>DBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>          | Valor Medido              | 2                   | 2                  |
|  | Porcentaje de Ponderación | 11%                 | 11%                |
|  | Índice I <sub>4</sub>     | 78,83               | 78,83              |
| <b>Nitratos (mg N-NO<sup>3-</sup>/L)</b>             | Valor Medido              | 0,50                | 0,50               |
|  | Porcentaje de Ponderación | 10%                 | 10%                |
|  | Índice I <sub>5</sub>     | 96,58               | 96,58              |
| <b>Fosfatos (mg P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/L)</b> | Valor Medido              | 0,12                | 1,27               |
|  | Porcentaje de Ponderación | 10%                 | 10%                |
|  | Índice I <sub>6</sub>     | 88,56               | 34,82              |
| <b>Desviación de la Temperatura (°C)</b>             | Valor                     | 1,4                 | 1,4                |
|  | Porcentaje de Ponderación | 10%                 | 10%                |
|  | Índice I <sub>7</sub>     | 87,21               | 87,21              |
| <b>Turbiedad (NTU)</b>                               | Valor Medido              | 1,9                 | 4,7                |
|  | Porcentaje de Ponderación | 8%                  | 8%                 |
|  | Índice I <sub>8</sub>     | 94,43               | 86,91              |
| <b>ST (mg ST/L)</b>                                  | Valor Medido              | 0                   | 0                  |
|  | Porcentaje de Ponderación | 7%                  | 7%                 |
|  | Índice I <sub>9</sub>     | 79,81               | 79,81              |
| <b>ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (NSF)</b>              | <b>VALOR</b>              | <b>79,65</b>        | <b>63,93</b>       |
| <b>DESCRIPTOR DE LA CALIDAD DEL AGUA</b>             | <b>RESULTADO</b>          | <b>BUENO</b>        | <b>MEDIO</b>       |

Tabla 25. Calidad del agua del Río pedernal – Fuente receptora del Mpio. Teruel.

Fuente: PUEAA, 2010.

## 2.5. Identificación y revisión de instrumentos de planificación ambiental e información existente

En la identificación y revisión de información se logró recopilar información contenida en Planes y Esquemas de ordenamiento territorial, en los programas de uso eficiente y ahorro de agua de los municipios de Teruel y Yaguará; además de las resoluciones en la cual se aprueba y se modifican los planes y manejos de vertimientos de los municipios de Teruel, Yaguará

A continuación, se describe la información extraída de cada documento:

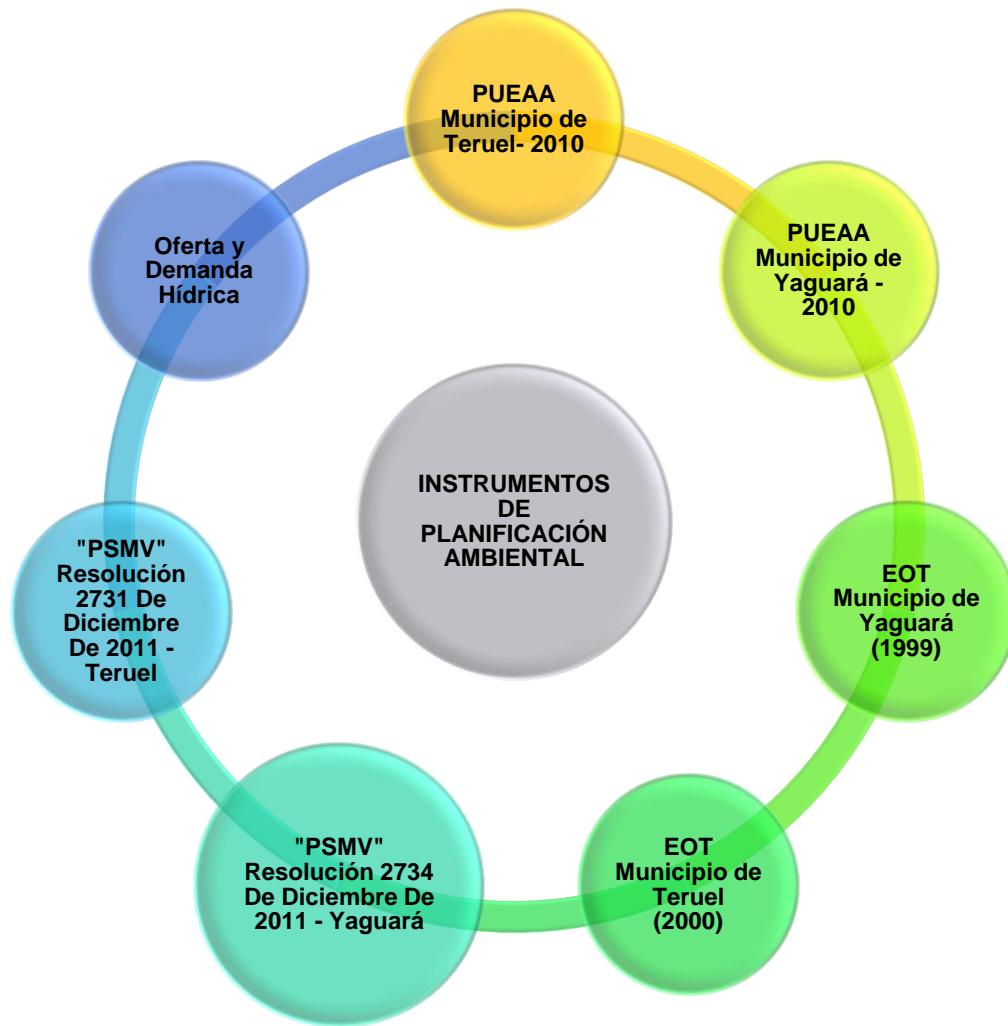


Figura 7. Instrumentos de Planificación Ambiental  
Fuente: FUNDISPROS, 2016

### 2.5.1. Programa de uso eficiente y ahorro de agua – PUEAA “Municipio de Teruel Año 2010”.

El Río Pedernal tiene como afluente principal la Quebrada La María de la cual el municipio capta las aguas para el acueducto de Teruel. A su vez, las aguas del Pedernal son utilizadas como fuente de riego para el sector arrocerero del Sur de Teruel en la vereda La Cañada y en el sector occidental de Yaguará.

### 2.5.2. Programa de uso eficiente y ahorro de agua – PUEAA “Municipio de Yaguará 2015-2019”

El territorio del municipio de Yaguará, está situado sobre los valles del Río del mismo nombre y el Río Magdalena, en la parte centro del departamento del Huila, en la vertiente oriental de la cordillera central, a una distancia por carretera pavimentada de 49 Km. de Neiva, capital del departamento. La cabecera urbana se encuentra localizada a dos grados y cuarenta minutos (2° 40') de latitud norte, y setenta y cinco grados y treinta y un minutos (75°31') de longitud oeste.

**El Río Pedernal:** Esta fuente se constituye por su capacidad de transporte, actualmente es la más importante, sobre todo en períodos de verano, en los cuales puede aportar hasta el 80 % del caudal necesario para surtir el acueducto municipal.

Este río nace en jurisdicción del municipio de Teruel, por lo cual, las acciones que se realicen en esta cuenca por parte de estos municipios, pueden afectar profundamente la capacidad de la cuenca para abastecer de agua al municipio de Yaguará.

### 2.5.3. Antecedentes de Calidad contenidos en el “EOT” del Municipio de Teruel Huila (2000).

El diagnóstico de una región busca aportar al ordenamiento del municipio de todos aquellos elementos necesarios para la articulación espacial de los aspectos sectoriales: institucional – productivo – ambiental – cultural y social, que le permita a la administración acogerlo para orientar con acertado conocimiento y proyección al Municipio a corto, mediano y largo plazo. (Teruel, 2000)

### 2.5.4. Antecedentes de calidad contenidos en el “EOT” del Municipio de Campoalegre

**Ecosistemas estratégicos:** Áreas de reserva o ecosistemas estratégicos a nivel municipal, estos demandan prioridad para su protección y conservación por sus valores ecológicos, culturales o históricos, por los beneficios directos a la población.

**Río Pedernal:** Localizado en las veredas Flandes y la Floresta, nace a una altitud de **2.800 m** en el municipio de Teruel y desemboca en el río Yaguará, después de hacer un recorrido por el municipio de unos 10 km. Sus rondas de protección en su mayor parte, han sido eliminadas, pues están desprovistas de vegetación y en unos tramos presentan cobertura de bosques de galería y cultivos de arroz.

### 2.5.5. Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos PSMV

#### **Resolución 2731 De Diciembre De 2011 “Por la cual se aprueba la propuesta de reformulación del cronograma del PSMV de Municipio de Teruel” y Resolución 0801 de 2007, por la cual se aprueba el plan de saneamiento y manejo de vertimientos del municipio de Teruel (Huila).**

La CAM mediante la resolución N° 801 del 12 de abril de 2007, aprobó el PSMV para el municipio de Teruel Huila, el cual contiene el conjunto de programas, proyectos y actividades, necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales descargadas al sistema público de alcantarillado, tanto sanitario como pluvial, los cuales están articulados con los objetivos y las metas de calidad y uso para la corriente, tramo o cuerpo de agua que definió la corporación mediante la resolución N°0825 del 19 de mayo de 2006.

### 2.5.6. Índice de riesgo de calidad del agua – IRCA

**El IRCA** es calculado a partir de la información de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos inadmisibles por municipio, reportada en el software SIVICAP (Sistema de información de vigilancia en calidad de agua potable) desarrollado por el Laboratorio de Salud Ambiental del Instituto Nacional de Salud y la Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios en la conceptualización teórica y legal del mismo.

Se tomaron los datos del índice de riesgo reportados en el sivicap, para los municipios de Teruel y Yaguará, estos datos son un consolidado de los resultados tanto de la zona rural como Urbana.

| Municipio | Población proyectada DANE 2014 |        |       | Resultados IRCA consolidado, Urbano y Rural Huila, 2014 |                                    |              |                    |                      |                    |                    |                       |              |
|-----------|--------------------------------|--------|-------|---|------------------------------------|--------------|--------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|--------------|
|           | Total Población                | Urbana | Rural | Número de muestras                                      | Resultado general IRCA consolidado | Nivel Riesgo | Número de muestras | Resultado IRCA rural | Nivel Riesgo Rural | Número de muestras | Resultado IRCA Urbano | Nivel Riesgo |
| Teruel    | 8691                           | 4346   | 4345  | 58  | 50.93                              | Alto         | 36                 | 64.75                | Alto               | 22                 | 28.33                 | Medio        |
| Yaguará   | 8832                           | 7485   | 1347  | 67  | 50.08                              | Alto         | 38                 | 57.55                | Alto               | 29                 | 40.28                 | Alto         |

**Tabla 26. Resultados IRCA consolidado, Urbano y Rural, 2014 para los Mpios de Teruel y Yaguará-Huila**  
Fuente: (Salud, 2013)

Encontrando índices de riesgo de calidad de agua altos en la zona rural 50.93% para el municipio de Teruel y 50.08% para el municipio de Yaguará e índices medio

de 28.33% para el área urbana de Teruel y alto con 40.28% para el zona urbana del municipio de Yaguará.

### 2.5.7. Información de oferta y demanda hídrica

La información relacionada con la oferta y la demanda hídrica del río Pedernal fue extraída de los procesos de reglamentación de usos y aprovechamientos del recurso hídrico adelantados por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM, así como de concesiones individuales otorgadas por la misma entidad.

#### **Oferta hídrica**

El río Pedernal fue reglamentado en el año 1999 mediante resolución No 312 del 26 de abril. De acuerdo a la información relacionada en dicha resolución, se tienen que el agua del río Pedernal es destinada para el uso agrícola, pecuario y doméstico; abastece 55 predios y dos acueductos de las cabeceras municipales de Teruel y Yaguará.

De acuerdo con lo relacionado en el cuadro de distribución de caudales de la resolución de reglamentación en total son irrigadas 1199.33 ha en las que predomina el cultivo de arroz con un 92%, seguido por el cultivo de pasto con un 7% y en último lugar con tan solo un 1% el cultivo de cacao. Adicional, del río Pedernal se deriva caudal para 727 abrevaderos, así como para el acueducto de la cabecera municipal de Teruel y Yaguará. El módulo de riego establecido para el arroz es de 1.6 lt/seg, para el pasto de 0.64 lt/sega y para el Cacao de 0.8 lt/seg, para cada abrevadero se otorgó 0.008 lt/seg y para los acueductos de Yaguará y de Teruel 25 y 20 lt/seg respectivamente. De esta manera el caudal total derivado a la fecha en la que se emite la resolución de reglamentación es de 1889.36 lt/seg.

### 2.6. Clasificación de información para el registro de usuarios del recurso hídrico.

#### **Censo de usuarios**

La corriente **Río Pedernal** es una fuente reglamentada inicialmente bajo Resolución INDENERA 053 del 24 de noviembre de 1962 y revisada mediante Resolución CAM 0312 del 26 de abril de 1999. Los usuarios que se benefician de las aguas de esta corriente y que se localizaron mediante visitas de inspección fueron 55 predios y 2 acueductos municipales de Teruel y Yaguará.

En esta misma reglamentación se incluye los usuarios de la quebrada “la María”, del cual anteriormente, era tomada el agua para el acueducto del municipio de

Teruel, siendo en total 4 usuarios los reglamentados sobre este afluente que es de gran importancia sobre la parte media de la cuenca Rio Pedernal.

A partir de la información secundaria proveniente de la reglamentación anteriormente establecida, las concesiones de la corriente Rio Pedernal conducidas por el canal llanos de Yaguará, corresponden a 28 predios con un caudal total de 1222.9 lps.

La cantidad final de predios incluidos en la reglamentación, clasificados por cauces se describen en la siguiente tabla:

| No | PREDIO              | RESOLUCIÓN     |
|----|---------------------|----------------|
| 1  | Idefonso Medina     | 312 (26/04/99) |
| 2  | Silvia Magaly Díaz  | 312 (26/04/99) |
| 3  | Nubia Collazos      | 312 (26/04/99) |
| 4  | Acueducto de Teruel | 312 (26/04/99) |

**Tabla 27. Concesiones de agua Resolución 312 de 26 de abril de 1999 – Quebrada la María.**  
Fuente: (CAM, 1999)

| DERIVACIÓN POR ELCAUCE DEL RIO PEDERNAL |                                       |                |
|---|---------------------------------------|----------------|
| No                                      | PREDIO                                | RESOLUCIÓN     |
| 1                                       | Villa Nora                            | 312 (26/04/99) |
| 2                                       | Sinaí                                 | 312 (26/04/99) |
| 3                                       | S:N                                   | 312 (26/04/99) |
| 4                                       | S:N                                   | 312 (26/04/99) |
| 5                                       | El porvenir                           | 312 (26/04/99) |
| 6                                       | S:N                                   | 312 (26/04/99) |
| 7                                       | San Isidro                            | 312 (26/04/99) |
| 8                                       | Manga Vieja y Paraíso                 | 312 (26/04/99) |
| 9                                       | Llanos del retiro                     | 312 (26/04/99) |
| 10                                      | Santander                             | 312 (26/04/99) |
| 11                                      | Gericó                                | 312 (26/04/99) |
| 12                                      | Carabaño                              | 312 (26/04/99) |
| 13                                      | La Manguita                           | 312 (26/04/99) |
| 14                                      | Brasilia                              | 312 (26/04/99) |
| 15                                      | Los dos Bahos                         | 312 (26/04/99) |
| CANAL LLANOS DE YAGUARÁ                 |                                       |                |
| 16                                      | Municipio – Yaguará<br>consumo humano | 312 (26/04/99) |
| 17                                      | Piedra Amarilla                       | 312 (26/04/99) |
| 18                                      | Venecia                               | 312 (26/04/99) |
| 19                                      | Bruselas                              | 312 (26/04/99) |
| 20                                      | El Hoyo                               | 312 (26/04/99) |
| 21                                      | San Antonio II                        | 312 (26/04/99) |
| 22                                      | Partidero                             | 312 (26/04/99) |
| 23                                      | Diomate                               | 312 (26/04/99) |
| 24                                      | El pegajoso                           | 312 (26/04/99) |

| <b>DERIVACIÓN POR ELCAUCE DEL RIO PEDERNAL</b> |                  |                   |
|--|------------------|-------------------|
| <b>No</b>                                      | <b>PREDIO</b>    | <b>RESOLUCIÓN</b> |
| 25   | Corazón          | 312 (26/04/99)    |
| 26   | Lagunita         | 312 (26/04/99)    |
| 27   | Cabrera          | 312 (26/04/99)    |
| 28   | Llano verde      | 312 (26/04/99)    |
| 29   | La buitrea       | 312 (26/04/99)    |
| 30   | El cucharo       | 312 (26/04/99)    |
| 31   | El mirador       | 312 (26/04/99)    |
| 32   | Las culebras     | 312 (26/04/99)    |
| 33   | El balso         | 312 (26/04/99)    |
| 34   | La vaga          | 312 (26/04/99)    |
| 35   | La pista         | 312 (26/04/99)    |
| 36   | San Martin       | 312 (26/04/99)    |
| 37   | Paraíso          | 312 (26/04/99)    |
| 38   | El recreo        | 312 (26/04/99)    |
| 39   | Los Alpes        | 312 (26/04/99)    |
| 40   | El encanto       | 312 (26/04/99)    |
| 41   | El salado        | 312 (26/04/99)    |
| 42   | Piedra grande    | 312 (26/04/99)    |
| 43   | El mangón        | 312 (26/04/99)    |
| 44   | El chaparro      | 312 (26/04/99)    |
| 45   | Las delicias     | 312 (26/04/99)    |
| 46   | Vegas del chambo | 312 (26/04/99)    |
| 47   | Holanda 1        | 312 (26/04/99)    |
| 48   | Holanda          | 312 (26/04/99)    |
| 49   | Pedernal         | 312 (26/04/99)    |
| 50   | Las Juntas       | 312 (26/04/99)    |
| 51   | Purgatorio       | 312 (26/04/99)    |
| 52   | Las juntas       | 312 (26/04/99)    |

**Tabla 28. Concesiones de agua - Canal Yaguará, Río pedernal.**  
Fuente: (CAM, 1999)

En total según la resolución anterior (CAM, 1999), la totalidad de beneficiarios sobre el cauce del Río Pedernal es de 55 usuarios y 2 acueductos municipales: Teruel y Yaguará.

| <b>Quebradas conductoras de descoles y afluentes principales</b> |                 |                   |
|--|-----------------|-------------------|
| <b>Código</b>  | <b>Quebrada</b> | <b># Descoles</b> |
| Qz   | Quebrada Zapata | 11                |

**Tabla 29. Descoles- Río pedernal.**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016

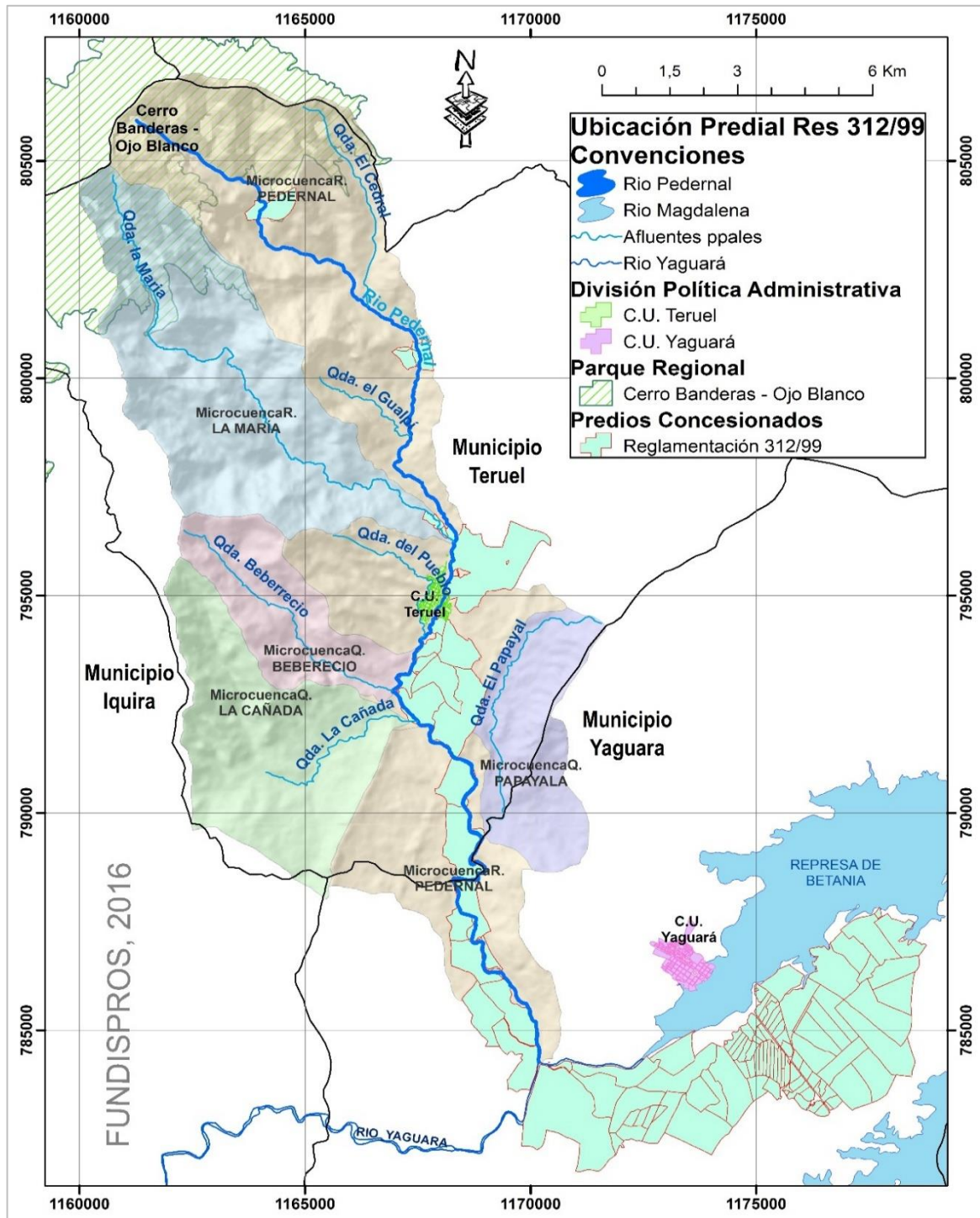


Figura 8. Localización espacial de predios que se benefician del cauce hídrico Rio Pedernal y sus principales afluentes mediante concesiones legalmente establecidas.  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.

Toda la información de usuarios actuales (Resoluciones posteriores a la Res 312 de 26 de abril de 1999 las cuales se relacionan en el ítem 2.1) se consignó en plantillas de Excel del RURH (Registro de usuarios del recurso hídrico) del Instituto de Hidrología, meteorología y Estudio Ambientales – Subdirección de Hidrología, según los requerimientos de información establecidos en el Decreto 303 de 2012, la Resolución 955 de 2012 y los del sistema con el fin de alimentar y actualizar la base de datos de la cuenca hídrica Río Pedernal.. Esta plantilla integra, estandariza y acopia, el registro y manejo de datos de los usuarios y de cauces hídricos para facilitar la gestión integral de información.

Según (IDEAM - Instituto de Hidrología, 2013), el “Sistema de Información del Recurso Hídrico, como un componente fundamental a tener en cuenta en la recopilación de la información de Oferta, Demanda y Calidad del recurso hídrico a nivel Nacional; proporcionando la información hidrológica para orientar la toma de decisiones en materia de política, regulación, gestión, planificación e investigación.

## 2.7. Identificación de usos existentes del recurso hídrico y obras hidráulicas en el cuerpo de agua.

### 2.7.1. Usos existentes del recurso hídrico – Cauce Principal

El río Pedernal que discurre por jurisdicción de los municipios de Teruel y Yaguará, fue reglamentada mediante Resolución No. 0312 de fecha 26 de abril de 1999 emanada de la Dirección General de la CAM; conforme al cuadro de reparto y distribución de caudales se considera un total de 56 usuarios, calificados para atender los requerimientos de los cultivos de cacao, arroz, pastos, abrevaderos, usos domésticos (acueductos zona urbana del municipio de Teruel y Yaguará) y otros. Está resolución tiene más de diez (10) años de vigencia, por tanto debe ajustarse la reglamentación a la normatividad actual, tal como lo especifica el Decreto 1541 de 1978.

Según el cuadro de distribución de la mencionada reglamentación, los usos existentes del agua y del suelo que predominan sobre la cuenca son principalmente de tipo agrícola y pecuario con un total de 3093.5 hectáreas habitadas.

| Usos                 | Modulo | Unidad      | Cantidad    | Caudal (lts/sg) |
|----------------------|--------|-------------|-------------|-----------------|
| <b>Semestrales</b>   | 1,6    | Lts/seg -Ha | 1.877,5 Has | 3004.9          |
| <b>Cacao</b>         | 0,8    | Lts/seg -Ha | 6.5 Has     | 5.20            |
| <b>Pastos</b>        | 0,65   | Lts/seg -Ha | 112 Has     | 72.80           |
| <b>Uso doméstico</b> |        | Hab/día     |             | 45.0            |
| <b>Uso pecuario</b>  | 0,008  | Lt/cab/día  | 1216        | 9.73            |
| <b>Lagos</b>         | 3,5    | Lt/Ha       | 2           | 7.00            |
| <b>Total</b>         |        |             |             | <b>3143.73</b>  |

**Tabla 30. Usos del recurso hídrico en la cuenca del Río Pedernal.**

Fuente: (CAM, 1999).

De acuerdo a la tabla anterior, se encuentra que la mayor demanda existente de agua sobre el Rio Pedernal, la hace los cultivos semestrales, luego está el uso doméstico, los pastos, el cacao, y por último el uso para abastecimiento de lagos.

Según el decreto 3930 del 25 de octubre del año 2010 desarrollado por el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. , 2010), en el capítulo IV que habla sobre la destinación genérica de las aguas superficiales, subterráneas y marinas, determina los usos del agua donde se tienen en cuenta dependiendo de su prioridad:

- ✓ Consumo humano y doméstico
- ✓ Preservación de flora y fauna.
- ✓ Agrícola.
- ✓ Pecuario.
- ✓ Recreativo.
- ✓ Industrial.
- ✓ Estético.
- ✓ Pesca, maricultura y acuicultura.
- ✓ Navegación y transporte acuático.

Según el capítulo III del decreto 1541 de 1978 (MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO, 1978), en el sub ítem CONCESIONES se determina que toda persona natural o jurídica, pública o privada, requiere concesión para obtener derecho al aprovechamiento de las aguas para los siguientes fines:

- a) Abastecimiento doméstico en los casos que requiera derivación;
- b) Riego y silvicultura.
- c) Abastecimiento de abrevaderos cuando se requiera derivación;
- d) Uso industrial;
- e) Generación térmica o nuclear de electricidad;
- f) Explotación minera y tratamiento de minerales;
- g) Explotación petrolera;
- h) Inyección para generación geotérmica;
- i) Generación hidroeléctrica;
- j) Generación cinética directa;
- k) Flotación de maderas;
- l) Transporte de minerales y sustancias tóxicas;
- m) Acuicultura y pesca;
- n) Recreación y deportes;
- o) Usos medicinales, y
- p) Otros usos minerales.

Es de gran importancia esclarecer que el suministro de aguas para satisfacer concesiones está sujeto a disponibilidad del recurso, y la precedencia cronológica en las concesiones no otorga prioridad, y en casos de escasez todas serán abastecidas a prorrata o por turnos, confirme el Art. 122 de este decreto (MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO, 1978).

Para otorgar concesiones de agua, se tendrá en cuenta el siguiente orden de prioridad:

- a) Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural,
- b) Utilización para necesidades domésticas individuales;
- c) Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca;
- d) Usos agropecuarios individuales, comprendidas la acuicultura y la pesca;
- e) Generación de energía hidroeléctrica;
- f) Usos industriales o manufactureros;
- g) Usos mineros;
- h) Usos recreativos comunitarios,
- i) Usos recreativos individuales.

Según el Artículo 42 de este mismo decreto El Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente -INDERENA-, podrá variar el orden de prelación establecido en el artículo anterior, tendiendo a las necesidades económico - sociales de la región, y de acuerdo con los siguientes factores:

- El régimen de lluvia, temperatura y evaporación
- La demanda de agua presente y proyectada en los sectores que conforman la región.
- Los planes de desarrollo económico y social aprobados por la autoridad Competente.
- La preservación del ambiente
- La necesidad de mantener reservas suficientes del recurso hídrico

### 2.7.2. Obras hidráulicas

Según lo establecido en la resolución 312 del 26 de abril de 1999 los 57 usuarios que se encuentran sobre el cauce del Rio pedernal y sobre su afluente principal el Rio la María, han construido sus captaciones de tipo artesanal con trinchos sobre el rio, con bultos de arena desviando el agua, diques y rocas sobre el cauce principal del Rio Pedernal, El Rio la María y La Quebrada el Cedral.

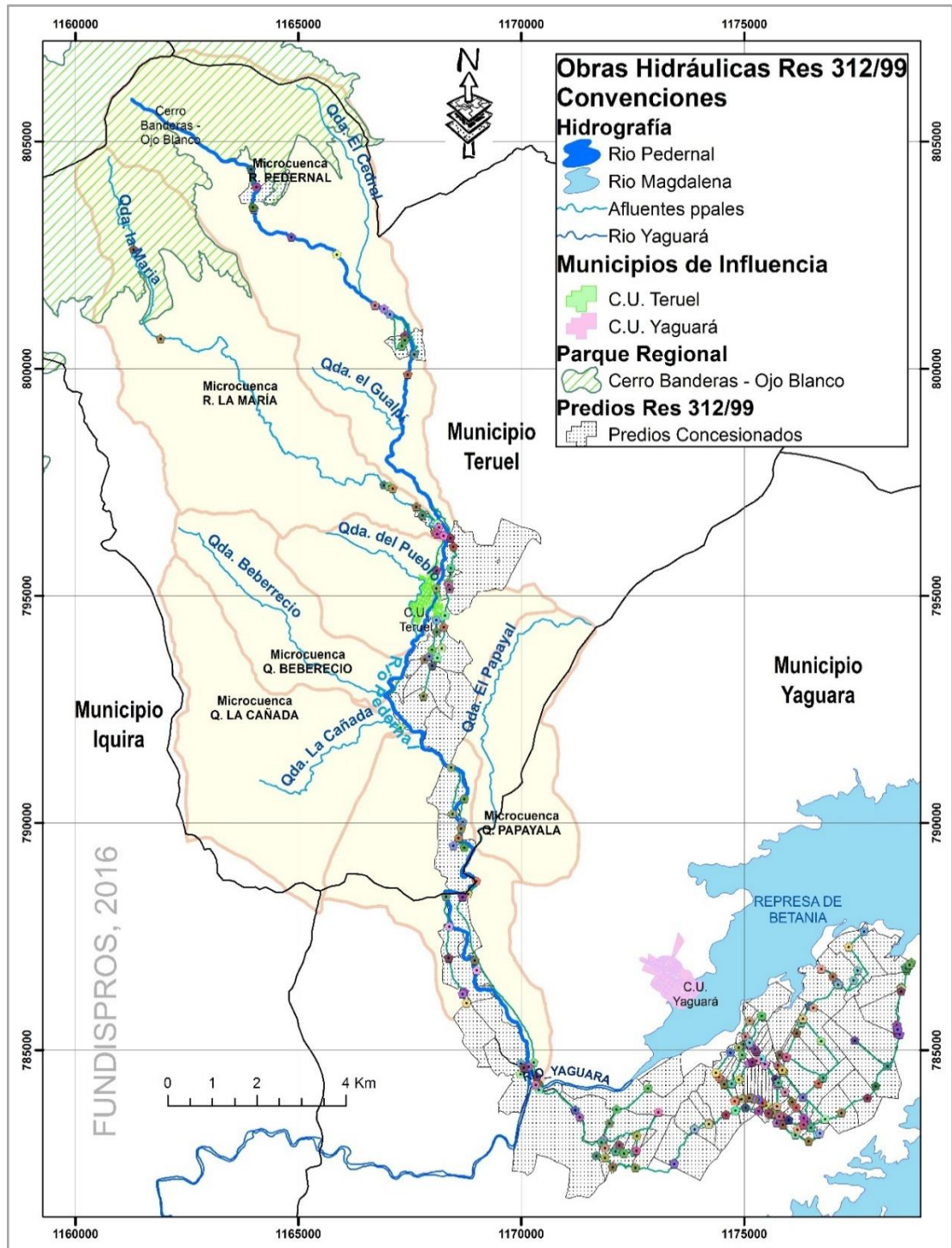


Figura 9. Distribución de obras hidráulicas de captación de caudal sobre el área de estudio.

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### 2.7.3. Cobertura y usos del suelo – sobre la cuenca Rio Pedernal.

La Cobertura y uso actual del suelo abarca todos los elementos que se encuentran sobre la superficie del suelo ya sean naturales como vegetación, bosques, que brindan protección al suelo contra procesos erosivos o los usos dados por el ser humano para el desarrollo de sus actividades económicas.

Dentro de los objetivos del análisis de la cobertura y uso del suelo se tienen:

- Identificar, clasificar y espacializar las diferentes coberturas que se presentan en la cuenca del área de estudio.
- Describir las actividades del hombre y explicar la utilización de la cobertura vegetal.
- Conocer el grado actual y dinámica de la intervención del ambiente natural representado en el estado actual de la cobertura vegetal.
- Identificar los conflictos ambientales, sociales y económicos que trae consigo subutilización o sobreexplotación de las tierras.

Este componente se analizó, tomando como fuente el mapa de cobertura y uso actual en el Municipio de Teruel del año 1999, suministrada por la Secretaria de desarrollo agropecuario y minero URPA.

A continuación se presentan las unidades de cobertura y uso actual, organizado para esa fecha:

| Grupo                                 | Símbolo  | Unidad                    | veredas   | Áreas (has) |
|---------------------------------------|----------|---------------------------|---|-------------|
| <b>Cultivos semestrales y anuales</b> | Az       | Arroz                     | Almorzadero, Cañada   | 234.54      |
| <b>Cultivos permanentes</b>           | Ca       | Cacao                     | Sinaí, portachuelo, Estambul, primavera, Almorzadero, tablón.                                       | 193.84      |
|                                       | Ce       | Café                      | Rio iquira, floresta, la maría, corrales, pedernal, arrayanes, las herreras, paraíso.               | 400.67      |
|                                       | Ce/ PI   | Café – plátano            | Pedernal, la maría, varas – mesón, Yarumal, corrales, la mina, Gualpí, primavera, las herreras.     | 167.12      |
|                                       | Ce/ Ra   | Café rastrojo             | Estambul, Almorzadero   | 1481.86     |
|                                       | Ce/Ra/PI | Café – rastrojo – plátano | Primavera, Gualpí, pedernal, la castilla.   | 525.17      |
| <b>Pastos</b>                         | Pm       | Pastos manejados          | Cañada, Estambul, Almorzadero.  | 1764.57     |
|                                       | Pn       | Pastos naturales          | La armenia, rio iquira, la castilla, Almorzadero, la floresta, varas – mesón, Monserrate, corrales. | 5099.19     |

| Grupo                                      | Símbolo | Unidad                                       | veredas   | Áreas (has) |
|--|---------|--|---|-------------|
|  | Pr      | Pastos con rastrojo                          | La mina, primavera, la armenia, Almorzadero, la castilla, Cajuchal, Sinaí.  | 3363.49     |
|  | Ra      | Rastrojo                                     | Pedernal, la maría, varas – mesón, Yarumal, corrales, la mina, Gualpí, primavera, las herreras, Sinaí, la armenia, río iquirá, la castilla, Almorzadero, la floresta, paraíso, Monserrate, portachuelo, Estambul, Cajuchal, Beberrecio, tablón. | 790.91      |
|  | Ra/ Ce  | Rastrojo – café                              | Estambul, Almorzadero.  | 33          |
|  | Ra/Pn   | Rastrojo – pastos naturales                  | Corrales, la armenia, la mina.  | 30.48       |
| <b>Bosque</b>                              | Bn      | Bosque natural                               | La armenia, la floresta, la mina, pedernal, corrales, las herreras, río iquirá.   | 158.22      |
|  | Bn/ Pr  | Bosque natural – pasto con rastrojo          | La armenia, la mina, corrales.  | 24918.33    |
|  | Bs      | Bosque natural secundario                    | Estambul, la maría, Almorzadero, la castilla, cañada.   | 1312.35     |
|  | Bs/Ra   | Bosque natural secundario – rastrojo         | La mina, la maría, paraíso, río iquirá.   | 268.09      |
| <b>Vegetación Natural Arbustos</b>         | Vp      | Vegetación páramo                            | Pico nevado del Huila.  | 765.38      |
| <b>Áreas sin uso agropecuario forestal</b> | Af/Pr   | Afloramientos rocosos – pastos con rastrojos | Almorzadero, Estambul, cafuchal, la cañada, la castilla.  | 502.81      |
|  | Ra/Te   | Rastrojos – tierras eriales                  | Almorzadero, la maría, la mina, la castilla.  | 2405.59     |
|  | Te      | Tierras eriales                              |   | 408.23      |
|  | N       | Nevado                                       | Parque Natural Nacional Nevado de Huila.  | 95.85       |
|  | Zu      | Zona urbana                                  |   | 58.26       |

**Tabla 31. Cobertura y uso actual del suelo en el municipio de Teruel.**  
Fuente: (EMP Teruel, 2013).

## 2.8. Análisis de quejas y reclamos

Los conflictos por el agua en el país se han originado por factores sociales, políticos y culturales que redundan en la manipulación de intereses económicos que se superponen sobre los ecológicos y ambientales. Estos casos, que se han repetido a lo largo y ancho del territorio, en pocas ocasiones han sido objeto de análisis detallados en el desarrollo de instrumentos de planificación territorial como los Planes de Ordenamiento Territorial, dando como resultado el incremento de la problemática en el uso del recurso. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2006).

Se relaciona inicialmente la información contenida en las bases de datos de la Plataforma CITA suministrada por la corporación autónoma regional del alto magdalena CAM, problemas y conflictos identificados por los profesionales en campo, una problemática general asociada a la oferta y demanda del recurso hídrico.

### **Recolección de información sobre los problemas sociales y conflictos sobre la Cuenca del Río Pedernal y sus Principales Afluentes.**

A partir de la base de datos del Centro de Información de Trámites Ambientales – CITA-, donde se recopila las Peticiones, Quejas y Reclamos –PQR- ante la Corporación Autónoma del Alto Magdalena –CAM-, se realizó un filtro por los municipios con influencia en la cuenca del río Pedernal, con el objeto de extraer la información relacionada con el recurso hídrico en dicha corriente.

La base de datos que nos suministra la CAM por medio su programa de denuncias que se radican directamente en la entidad o por medio del correo [camhuila@cam.gov.co](mailto:camhuila@cam.gov.co), registra información de los años 2014, 2015 y 2016, donde se logró identificar que de veintitrés (23) casos de denuncias de contravenciones en los límites departamentales que tienen influencia en la cuenca: once (11) son del municipio de Teruel y doce (12) del municipio de Yaguará y solo cuatro (4) son de injerencia en la cuenca.

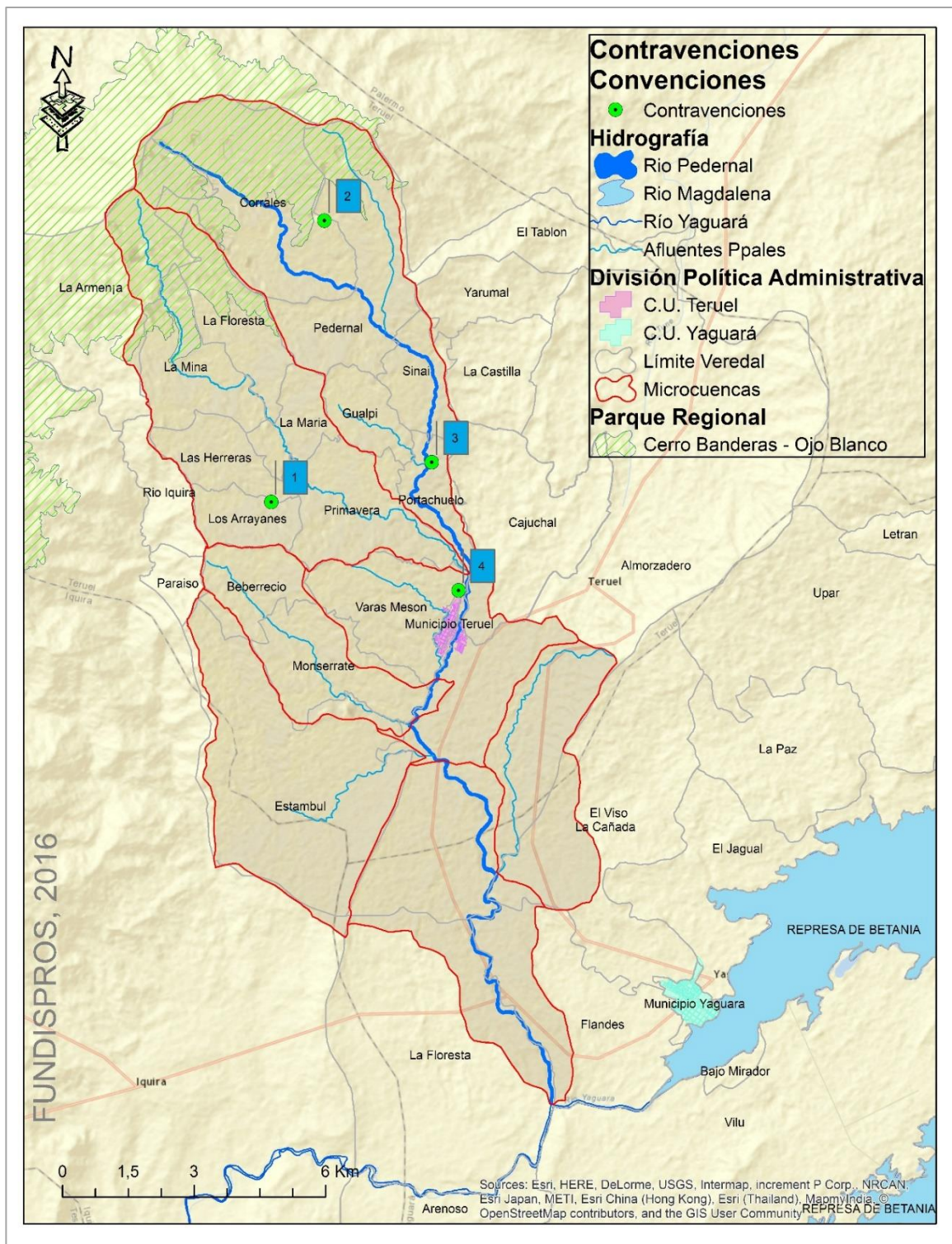


Figura 10. Mapa de Contravenciones Cuenca Río Pedernal Municipios de Teruel, y Yaguará

Fuente: FUNDISPROS, 2016

De dieciséis (16) casos de denuncias que se ubicaron geoespacialmente sobre la cuenca Rio Pedernal; cuatro (4) están dentro de sus límites hidrográficos.

De acuerdo a lo registrado en las bases de datos de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM, se concluye que la mayor problemática que se presenta sobre cuenca del Rio Pedernal tiene q ver con los cultivos de café y sus desechos.

A continuación se hace una recopilación de los conflictos y problemáticas más evidentes sobre los municipios de Teruel y Yaguará que tienen influencia directa con el Rio Pedernal.

| MUNICIPIO  | PROBLEMATICA  | DIMENSION AFECTADA |
|--|---|--------------------|
| TERUEL   | Ampliación de la frontera agrícola                                      | Área Protegida     |
|  | Incendios en época de verano  |                    |
|  | Cultivo de café.  |                    |
|  | Predios en zona de parques  |                    |
|  | Deterioro de vías interveredales  | Infraestructura    |
|  | Inexistencia de sistemas sépticos.                                      |                    |
|  | Mataderos clandestinos  |                    |
|  | Capacidad insuficiente de la PTAR                                       |                    |
|  | Estado regular de la Infraestructura de acueductos veredales            |                    |
|  | Poblamiento   |                    |
|  | Falta de cultura  | Población          |
|  | Poca asociatividad en las J.A.A.  |                    |
|  | Sin título de propiedad   |                    |
|  | Contaminación del agua por residuos de post- cosecha del café           |                    |
|  | Contaminación por cultivos piscícolas                                   | Recursos Naturales |
|  | Contaminación por residuos solidos                                      |                    |
| Malos olores por vertimientos                      |   |                    |
| Uso ilegal del agua                                |   |                    |
| YAGUARA  | Disminución del caudal del rio  | Recursos Naturales |
|  | Desabastecimiento de agua en el casco urbano                            |                    |
|  | Escasez de agua en temporada seca                                       |                    |
|  | Uso ilegal del agua   |                    |
|  | Conflicto social en el suministro del agua                              | Infraestructura    |
|  | No hay regulación por parte de la corporación a las concesiones de agua |                    |
|  | Deterioro de vías interveredales  |                    |
|  | Inexistencia de sistemas sépticos y de vertimientos en los cultivos     |                    |
| Capacidad insuficiente del recurso hídrico en PTAP |   |                    |

**Tabla 32. Análisis de los conflictos que se presentan sobre la cuenca del río Pedernal.**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016

## 2.9. Análisis de la distribución y tamaños de predios.

La información predial para el desarrollo del Plan de Ordenamiento del recurso hídrico de Río Pedernal, se obtuvo de la base de datos geográfica estructurada en el proyecto de reglamentación de Río Pedernal protocolizada mediante Resolución 312 de 1999, la cual para su elaboración utilizó como insumo la base catastral del IGAC disponible hoy en día online en el Geoportal, también levantamientos en terreno con GPS, digitalización de planos análogos aportados por usuarios o asociaciones, consulta de planos en formato DWG y del Plan de ordenamiento territorial del municipio de Teruel y Yaguará.

Una vez analizada la información se evidencio que efectivamente existe una fuerte relación entre el tamaño de los predios, la distribución espacial y la presión sobre la demanda y calidad del agua. El tamaño de los predios hace que un terreno tenga un tipo de agricultura predominante, es decir el tipo de explotación está ligado estrechamente al tamaño del terreno.

La cuenca del Rio Pedernal tiene predominio sobre los municipios de Teruel y Yaguará en el departamento del Huila. La cuenca tiene una extensión total de 13.653,1 Has (13.6 Km<sup>2</sup>). En términos generales, la distribución de áreas por municipio en la cuenca, se encuentra en mayor proporción sobre Teruel.

| Nombre_Municipio | Nombre_Vereda    | Número De Predios |
|------------------|------------------|-------------------|
| TERUEL           | Almorzadero      | 11                |
|                  | Beberrecio       | 1                 |
|                  | Cajuchal         | 1                 |
|                  | Corrales         | 6                 |
|                  | Estambul         | 1                 |
|                  | Gualpi           | 1                 |
|                  | La Cañada        | 1                 |
|                  | La Mina          | 1                 |
|                  | Los Arrayanes    | 1                 |
|                  | Monserate        | 1                 |
|                  | Municipio Teruel | 1                 |
|                  | Pedernal         | 4                 |
|                  | Portachuelo      | 3                 |
|                  | Primavera        | 6                 |

|         |                  |     |
|---------|------------------|-----|
|         | Sinai            | 9   |
| YAGUARA | Flandes          | 4   |
|         | La Floresta      | 5   |
|         | Municipio Teruel | 1   |
|         | Vilu             | 86  |
| TOTAL   |                  | 144 |

**Tabla 33. Distribución de los predios sobre las veredas de influencia (municipios de Teruel y Yaguará)**

**Fuente:** FUNDISPROS, 2016.

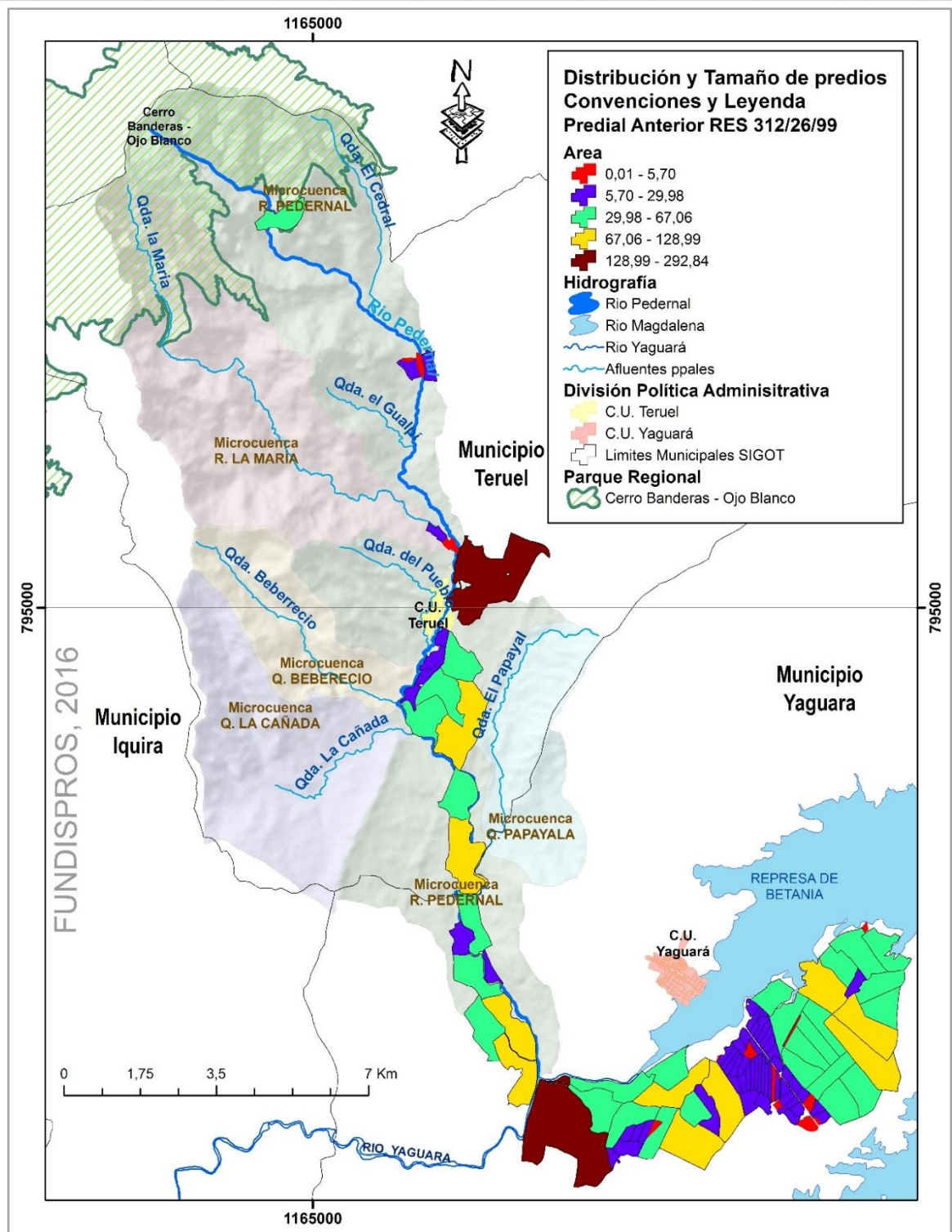


Figura 11. Distribución de tamaño de predios que usan agua de Rio Pedernal para surtir sus necesidades hídricas.  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.

El módulo de riego para el cultivo de arroz en esta zona es de aproximadamente 1.6 lps, y puede aumentar o disminuir dependiendo las condiciones hidroclimatológicas y geográficas del lugar, pero en términos generales los requerimientos hídricos son muy altos en comparación con cualquier otro cultivo de la zona, más aun cuando las tasas de evaporación son elevadas en el municipio de Yaguará.

Las altas demandas de agua requeridas por este sistema agrícola, se deben no solamente a las características fisiológicas propias del desarrollo de gramíneas, sino también a un manejo ineficiente del recurso hídrico debido a la ausencia de tecnologías, prácticas culturales y agronómicas adecuadas, que permitan el óptimo uso, administración y regulación del agua.

La calidad de las fuentes superficiales también se ve gravemente afectada por el cultivo de arroz, la gran cantidad de fertilizantes, pesticidas y herbicidas usados en los proceso agrícola del cultivo, sumados a técnicas de riego inapropiadas, produce lixiviación de nutrientes y sales del suelo, y migración de todos los químicos al subsuelo deteriorando las aguas de drenaje y acuíferos que surten los grandes ríos, provocando la muerte de peces y otros animales acuáticos y haciendo inutilizable el cauce hídrico.

## **2.10. Diseño e implementación del proceso de participación.**

### **2.10.1. Reconocimiento de los actores principales:**

La importancia del conocimiento e información en el proceso de ordenamiento (PORH) de la corriente Río Pedernal, constituye no solo un aspecto instrumental para el manejo de los recursos naturales renovables asociados a la cuenca, sino un principio que soporta la planificación y toma de decisiones por parte de la Autoridad Ambiental competente, basada en el conocimiento.

#### **Forma en que los actores participan.**

1. Apoyando la configuración del mapa de actores
2. Construyendo el análisis situacional inicial (problemas, conflictos, potenciales y su ubicación en la cuenca) desde su perspectiva.
3. Aportando información que posean sobre la cuenca.
4. Presentando su visión sobre las versiones preliminares de plan de trabajo y estrategia de participación, de tal manera que la corporación pueda hacer ajustes basada en la experiencia e información de los actores, según pertinencia.

## Roles y responsabilidades

Para la caracterización de actores se definen interrelaciones y responsabilidades sociales e institucionales, que permiten definir las estrategias de organización, integración, coordinación y fortalecimiento de todos los grupos de interés, asegurando un adecuado desarrollo del proyecto.

| TIPO DE ACTOR                   | ENTIDAD   |
|---------------------------------|---|
| Actores de cooperación nacional | Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia  |
|                                 | Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales IDEAM                                      |
|                                 | Asociación de corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible ASOCARS                     |
|                                 | Instituto Colombiano de Desarrollo Rural. En Liquidación  |
|                                 | Federación Nacional de Cafeteros de Colombia  |
| Actores departamentales         | Federación Nacional de Arroceros  |
|                                 | Corporación autónoma regional del alto magdalena CAM  |
|                                 | Secretaría de Agricultura y Minería   |
| Actores locales                 | Alcaldías   |
|                                 | Empresas de servicios públicos domiciliarios Acueducto, Alcantarillado y Aseo del Municipio – EMPTERUEL |
|                                 | Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Yaguará – EPY  |
| Actores de la sociedad civil    | Las juntas de acción comunal  |
|                                 | Asociaciones campesinas   |
|                                 | La persona natural  |
|                                 | Distritos de riego  |

**Tabla 34. Actores con responsabilidad social e institucional sobre Rio Pedernal.**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.

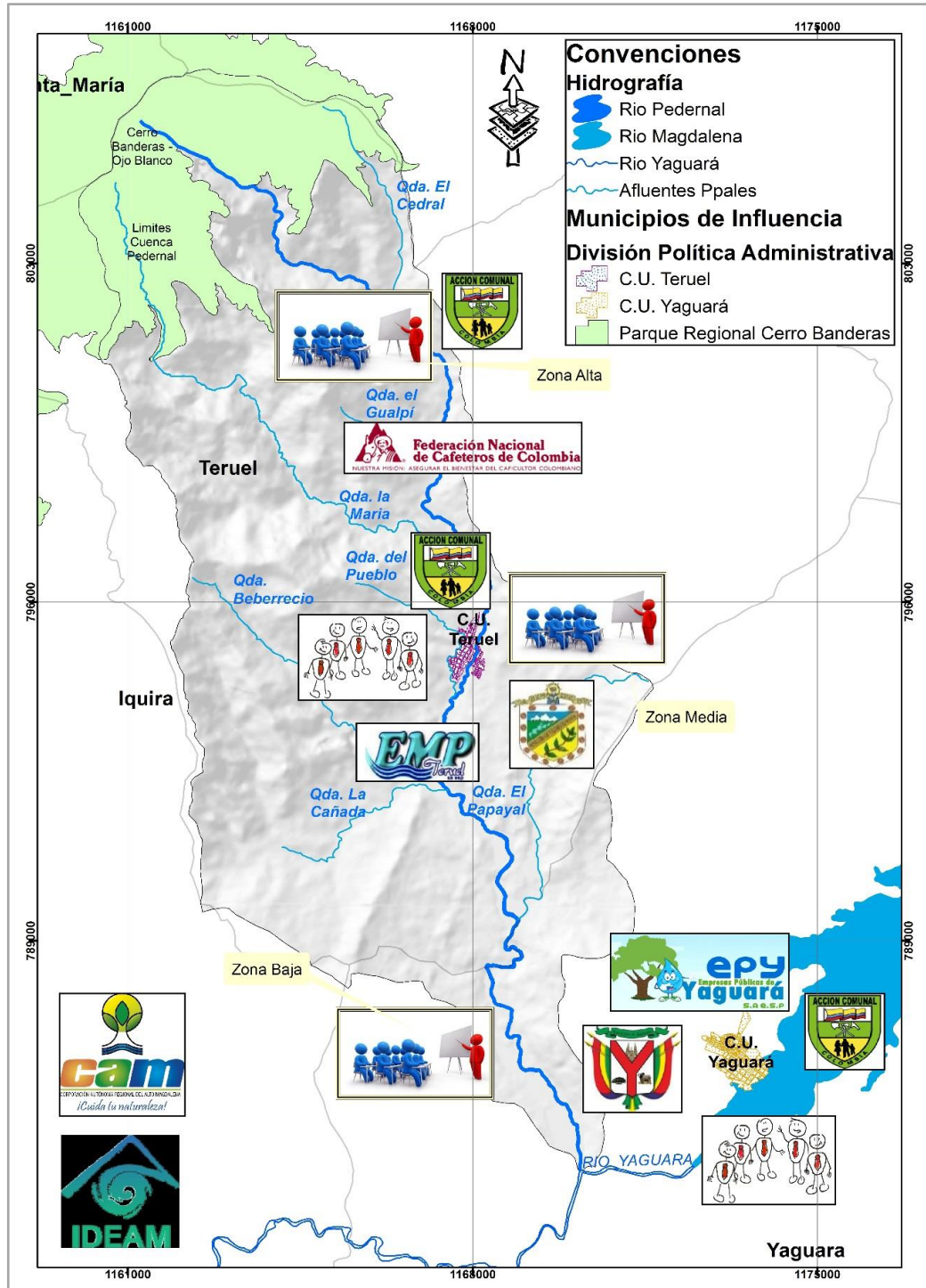


Figura 12. Mapa de actores PORH Cuenca Río Pedernal Municipios de Teruel y Yaguara.

Fuente: FUNDISPROS, 2017.

## **Estrategia de comunicación y divulgación:**

La estrategia de divulgación y comunicación es un mecanismo fundamental en el Plan de Ordenamiento del Río Pedernal en sus diferentes etapas, es el medio por el cual los avances del PORH, serán dados a conocer a los distintos actores: Sociedad civil, instituciones y gremios de la producción, interesados en el recurso hídrico.

La estrategia de comunicación muestra cómo la comunicación eficaz puede:

- Ayudar a alcanzar aquellos objetivos globales de la organización.
- Participar de manera efectiva con las partes interesadas.
- Demostrar y exhibir el éxito de nuestro trabajo.
- Asegurar que las personas entiendan lo que hacemos.
- Cambiar el comportamiento y las percepciones de los usuarios <sup>1</sup>

Como estrategia de comunicación y de divulgación empleada para adelantar el plan de Ordenamiento del Río Pedernal en la fase de diagnóstico social participativo, se tuvo en cuenta los medios complementarios: con invitaciones directas a la comunidad y masivos por medios impresos: invitación a reuniones para las socializaciones/ volantes, medios audiovisuales: convocatoria por radio regional.

## **Plan de medios:**

La estrategia de participación se apoya en los medios de comunicación disponibles a nivel local, como telefonía fija y móvil.

De esta manera, se plantean los siguientes mecanismos para las convocatorias de actores y comunicación en general del avance en la formulación del PORH:

- ✓ Convocatorias de forma personal o grupal para los presidentes y representantes de las organizaciones de base: J.A.C. y J.A.A.
- ✓ A través de los guías en campo, hacer entrega de forma personal de la carta de invitación a los talleres de participación a las organizaciones en cada uno de los municipios con jurisdicción en la zona (Teruel y Yaguará). Adjunto a la carta de invitación se hará una breve presentación del objeto y los temas a tratar.
- ✓ Difusión masiva de la convocatoria y avances del PORH a través de los siguientes medios: Emisora radial en cada uno de los municipios de Teruel y Yaguará, con cobertura en la zona rural y urbana.

<sup>1</sup> <http://www.benitezrafa.es/como-desarrollar-una-estrategia-de-comunicacion>

Uso del perifoneo para reforzar la convocatoria y mantener una propaganda sistemática para fines de convocatoria.

### **Metodología para el desarrollo del diagnóstico social participativo:**

Para adelantar y realizar las actividades correspondientes a la fase social del plan de ordenamiento, y teniendo en cuenta la importancia que tiene la participación de la comunidad en todo éste proceso, a continuación se da una breve explicación de cada una de las herramientas que se utilizaron para poder ejecutarlas:

1. **Conformación equipo de socialización:** La presencia de la coordinación del proyecto y el apoyo técnico, serán los encargados del proceso de Ordenamiento del Recurso Hídrico para la corriente Río Pedernal.
2. **Reunión de socialización:** Mediante reconocimiento de la zona y diálogos directos con los entes municipales e instituciones que tiene injerencia en la zona, se informa a la comunidad sobre las reuniones de socialización, fecha y hora establecida. Por cada reunión realizada se genera un acta de socialización donde se detalla el lugar, fecha y hora de la charla, temas a tratar, observaciones y compromisos, además debe estar firmada por tres personas representantes de las partes asistentes y convocadas.
3. **Realización del taller dinámico:** A partir de la reunión se empezará una dinámica que tiene como finalidad conocer más sobre la cuenca en estudio, y así mismo retroalimentar la información que puede ofrecer la comunidad y usuarios.
4. **Aplicación encuesta ambiental-** Por medio de la cual los usuarios evalúan los usos, amenazas, impactos ambientales, vertimientos, residuos sólidos, entre otros, que afectan o benefician a la cuenca.
5. **Presentación de opiniones de los asistentes a las socializaciones para el PORH:** Al finalizar la reunión en cada una de las zonas establecidas para socialización, será de gran importancia la opinión de los usuarios y sus aportes que se tengan sobre la corriente Río Pedernal.

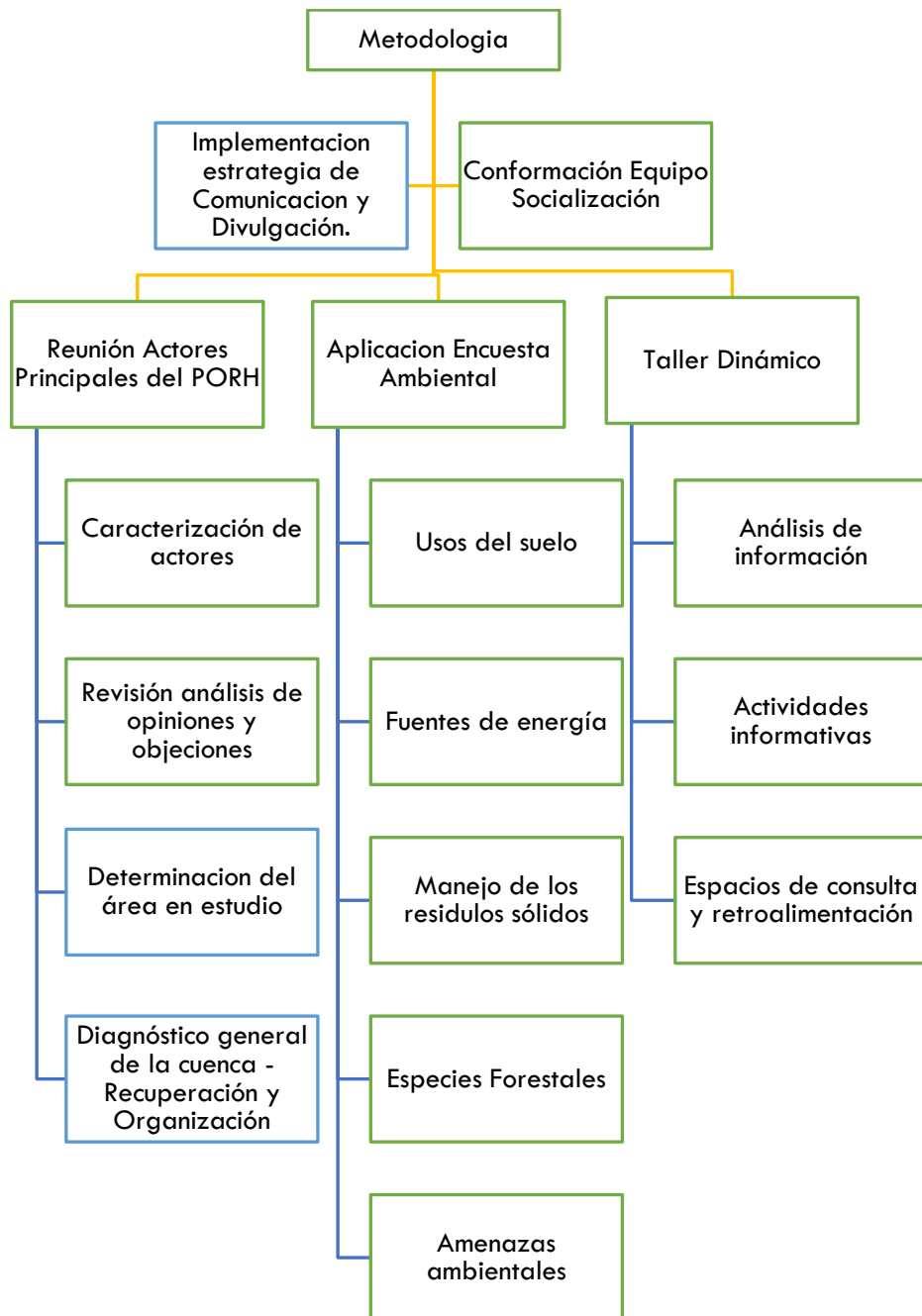


Figura 13. Metodología para la socialización del PORH de la corriente Río Pedernal.  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### **2.10.1.6. Elaboración de los diagnósticos participativos y soportes de socialización y concertación del diagnóstico.**

El diagnóstico social participativo se basó estrictamente a las actividades planeadas y ejecutadas con los usuarios pertenecientes a la zona de influencia del Río Pedernal.

#### **2.10.1.6.1. Metodología**

Para la elaboración del plan de ordenamiento del Recurso Hídrico – PORH – del cauce principal Río Pedernal en su cuenca alta, media y baja, se realizaron 7 talleres de diagnóstico para los municipios de Teruel y Yaguará.

#### **2.10.1.6.2. Objetivos de los Talleres de Diagnóstico**

Los objetivos de los talleres se centraron en:

- Identificar el interés, la importancia y la influencia que tienen los actores sociales sobre la cuenca y sobre los programas y proyectos que en ella se realicen.
- Identificar posibles conflictos entre los actores sociales e institucionales asentados en la cuenca.
- Elaborar un diagnóstico participativo, que incluya la identificación, caracterización y análisis situacional de la cuenca y priorización de sus problemáticas.
- Elaborar cartografía social con amenazas y vulnerabilidad, además de la actualización de ciertas infraestructuras.

#### **2.10.1.6.3. Resultados Esperados:**

Los resultados esperados tras el desarrollo de cada taller fueron:

1. Interés e importancia de cada actor representado en el taller, dentro de la cuenca.
2. Análisis situacional del recurso hídrico para la priorización de situaciones, en donde se identifica los principales problemas.
3. Cartografía social con la participación de la comunidad.

Los talleres también sirvieron como espacios de información y socialización entre los actores involucrados en el proceso que plantea el proyecto, además permitieron tener información primaria actualizada.

Gran parte de la metodología expuesta, se enmarcó dentro de la estrategia del proceso de participación realizada para el proyecto que busca establecer mecanismos y escenarios donde se motiven a los actores y se vinculen al proceso.

### 2.10.1.7. Aplicación de encuestas ambientales

La encuesta está orientada a la participación y evaluación de los usuarios que hacen uso de la corriente hídrica Río Pedernal, que en su conjunto son los soportes que explican, respaldan las decisiones y resultados del presente trabajo.

Gracias a la información recolectada de las mismas, se ha podido confrontar información secundaria, abrir espacios de diálogo, escuchar testimonios de su que hacer diario y expectativas frente al futuro de la cuenca, especialmente de sus recursos naturales, siendo el recurso más importante: El agua.

### 2.10.1.8. Análisis de resultados

De acuerdo a la información recopilada dentro de la celebración de talleres y reuniones de socialización dentro de las cuales se implementaron lúdicas y dinámicas con los actores de las zonas poblacionales que recorre La corriente Río Pedernal, se encontraron similitudes en la información suministrada donde se resaltan los siguientes aspectos:

**Importancia del Río Pedernal (Teruel y Yaguará):** tanto como fuente hídrica como cuenca hidrográfica, su importancia coincide en la obtención de aguas para consumo, pudiendo ser aptas no solo para poder formar parte de la red de agua potable, sino también como separación natural de territorios entre los municipios de Teruel y Yaguará; Además porque es fuente de abastecimiento para consumo humano, agrícola y pecuario de la zona.

#### 2.10.1.8.1. Problemática encontrada dentro de la cuenca

##### Problemática encontrada dentro de la cuenca

- Desperdicio del recurso hídrico
- Uso ilegal del agua.
- Problema con los turnos de agua que desabastecen a otros usuarios (canal llanos de Yaguará).
- Conducción y vertimiento de lixiviados puntuales de usuarios con aguas contaminadas.
- Aguas residuales domésticas contaminadas y vertidas directamente al río.
- Falta de pozos sépticos y falta de tecnificación especialmente en los procesos productivos de cultivo de café.
- Inadecuado usos de plaguicidas y fertilizantes.
- Deforestación del cauce del río y sus riveras.
- Falta de estructuras de conducción para evitar pérdidas de agua.
- Descoles de los cuales se puede hacer reúso y se desperdician.

- No funciona eficientemente la PTAR del municipio de Teruel, donde el agua que no se puede tratar (Debido a que la PTAR no tiene la capacidad de acuerdo a su diseño) se vierte por un colector a la quebrada del pueblo, afluente que tiene el 100% de sus aguas contaminadas y que desembocan al Río Pedernal.
- Falta de regulación, vigilancia y sanciones severas a quienes contaminen la cuenca, empezando por la cuenca alta con los productores de café, usuarios del alcantarillado del municipio de Teruel y los descoles de los agroquímicos del arroz en Yaguará.
- Falta una fuente de comunicación clara para dar ideas, peticiones, denuncias sobre el mal uso del recurso hídrico que sea accesible para todos los usuarios (bajo nivel académico).
- No hay buen manejo de la agricultura, se necesita más técnica a la hora de sembrar y cosechar, para no perjudicar las fuentes hídricas.
- No se reciclan los residuos sólidos.
- Falta de educación y conciencia ambiental.
- Baja participación de usuarios en reuniones para socializaciones importantes sobre el recurso hídrico.
- Falta de asociaciones de los usuarios del Río Pedernal, para tener más acceso a recursos económicos y técnicos.

#### **2.10.1.8.2. Consecuencias**

- Sequia
- Contaminación por lixiviados
- Malos olores
- Contaminación de aguas subterráneas
- Erosión del suelo
- Pérdida de flora y fauna
- Daños al ecosistema
- Contaminación visual, pérdida del paisaje
- Enfermedades intestinales y de mosquitos.
- Pérdida de atractivo turístico
- Aire contaminado
- Cambio de color del río
- Derrumbes
- Malos olores
- Conflictos por la calidad y utilización del recurso
- Reducción del caudal.

## 2.11. Censo de usuarios

### 2.11.1. Usuarios del Recurso Hídrico

#### 2.11.1.1. Revisión de información secundaria para la identificación y ubicación de los usuarios de la fuente hídrica de Río Pedernal y sus principales afluentes

El río Pedernal tiene como afluente principal la quebrada La María y es fuente de riego para el sector arrocero del Sur de Teruel en la Vereda La Cañada y en el sector Occidental de Yaguará

La información proveniente del IGAC, corresponde a la restitución fotográfica realizada con fotografías aéreas de los años 1989, 1990 y 1991; por ser una información no real de las circunstancias actuales a nivel espacial y por los requerimientos específicos para el desarrollo del proyecto, los cuales exigen la precisa ubicación geográfica actualizada de los puntos de bocatoma, de los canales y ubicación de predios que a través de los años han sido afectados por las variaciones hidráulicas del cauce del Río Pedernal, fue necesario realizar labores de actualización, digitalización y edición a la cartografía básica general usada para el desarrollo del proyecto; la metodología se describe a continuación:

Para las actividades de georreferenciación se delegó una comisión de topografía, encargada de la georreferenciación metro a metro del cauce principal de la corriente del río, canales de conducción principal, secundarios, tomas prediales y demás estructuras hidráulicas.

La georreferenciación del cauce principal del Río se realizó metro a metro por cada uno de los costados u orillas del cauce, mediante la toma de puntos con GPS a una distancia aproximada de 10 metros uno del otro en la misma dirección de la corriente de agua, siendo de esta forma como se realizan ajustes y actualizaciones de la georreferenciación con GPS de conducciones, derivaciones principales, secundarias y tomas prediales obtenidos para la reglamentación establecida mediante resolución 2837 del 23 de Septiembre de 2015.

Para las actividades descritas anteriormente, se tomó como insumo base la cartografía temática generada por el IGAC. Todos los feature class generados en la mencionada reglamentación (derivaciones, obras hidráulicas y prediales), se editaron y ajustaron de acuerdo a las condiciones actuales del cauce del río obtenidas mediante los procesos de georreferenciación y toma de puntos de control en campo con dispositivo GPS por profesionales de FUNDISPROS en desarrollo del contrato de apoyo interinstitucional 350 de 2015; para el ajuste, también se tuvo en cuenta la información aportada por guías, propietarios de predios, lugareños y en general personas con conocimiento del estado actual de las condiciones de la zona.

## **Inventario, georreferenciación y descripción de obras hidráulicas o de ocupación de cauce.**

Durante los procesos de georreferenciación del cauce principal y toma de puntos de control para el ajuste y estructuración de la información geográfica, se georreferenciaron y localizaron todas las obras hidráulicas (bocatomas, tomas prediales, aforadores, vertederos, compuertas, derivadores, etc.) que se encontraron sobre el cauce principal del río y en los canales de conducción de agua, de esta forma se realizó un inventario actual de las obras de captación, regulación y distribución de caudales en las derivaciones que se encargan de garantizar la eficiencia en las labores de distribución y control de caudal que se encuentran en la zona de estudio.

### **2.11.2. Captaciones sobre el cauce de Río Pedernal y sus Principales Afluentes**

En cuanto a las captaciones sobre el cauce principal del río, se verificó el estado actual de las derivaciones (ubicación, características constructivas, captaciones nuevas y deshabilitadas, etc). Por lo tanto, a partir de los datos recolectados, se estableció un tramo de estudio comprendido entre la Bocatoma de Teruel (coor X: 830385; Y: 803539) hasta el Canal Llanos de Yaguará (coor X: 835175 Y: 788445) aproximadamente 23 km, dando como resultado el estado actual de las captaciones sobre el cauce principal del Río Pedernal, donde se mencionan los cambios considerables que han sufrido las diferentes captaciones a lo largo del tiempo, realizando verificaciones.

### **2.11.3. Sistemas de tratamiento de agua potable y abastecimiento**

Las plantas de tratamientos para agua potable son un conjunto de estructuras en las que se trata el agua de manera que vuelva apta para el consumo humano. Existen diferentes tecnologías para potabilizar el agua, pero todas deben cumplir los mismos principios:

- Combinación de barreras múltiples (diferentes etapas del proceso de potabilización) para alcanzar bajas condiciones de riesgo.
- Tratamiento integrado para producir el efecto esperado.
- Tratamiento por objetivo (cada etapa del tratamiento tiene una meta específica relacionada con algún tipo de contaminante).

Si no se cuenta con un volumen de almacenamiento de agua potabilizada, la capacidad de la planta debe ser mayor que la demanda máxima diaria en el periodo de diseño. Una planta de tratamiento debe operar continuamente, aún con alguno de sus componentes en mantenimiento; por eso es necesario como mínimo dos unidades para cada proceso de la planta.

### 2.11.3.1 Acueducto municipio de Teruel:

El acueducto del área urbana del Municipio de Teruel, tiene ubicada la bocatoma sobre el río Pedernal a una altura de 1764 msnm en las coordenadas (N 02° 49' 16.9" – W 0.75° 36' 02.03"). Es un sistema por gravedad, que se abastece del Río Pedernal mediante una bocatoma de fondo para 6000 Hab. Dicho sistema cuenta con una aducción, desarenador, conducción de agua cruda, planta de agua potable (PTAP), almacenamiento, conducción de agua tratada y red de distribución.

### Planta de tratamiento de agua potable municipio de Teruel.

| Descripción                    | Tipo                     | Capacidad       | Característica  | Observaciones  |
|--------------------------------|--------------------------|-----------------|---|--|
| <b>Fuente</b>                  | Superficial              | 2.984 lps       | Río pedernal  | Sistema de gravedad  |
| <b>Captación</b>               | Fondo                    | 45.3 l/s        | Rejilla   | Dique en concreto, rejilla lateral   |
| <b>Aducción</b>                | Tubería                  |                 |   | Canal de derivación 119 ml 2 líneas  |
| <b>Desarenador</b>             | Convencional             |                 |   | Cámara de admisión y aliviadero.   |
| <b>Conducción agua cruda</b>   | Gravedad                 | 108.7 l/s       | 1.200 ml en hierro; D=10".<br>1.200 ml de AC 8"                 | Longitud total 3.400 ml D=102 Y 8" tubería instalada sobre talud de la montaña vulnerable por los derrumbes. |
| <b>Planta de tratamiento</b>   | Convencional             | 21 l/s          |   |  |
| <b>Conducción agua tratada</b> | Gravedad                 | 100 l/s         | 100 ml de tubería AC 8"   |  |
| <b>Almacenamiento</b>          | Enterrado – Superficial. | 110 m3 – 186 m3 | 2 secciones se comunican a 1.90 entre si                        | Buen estado.   |
| <b>Red de distribución</b>     |                          |                 | 400 ml PVC 8"<br>850 ml PVC 6"<br>410 ml PVC 4"<br>15.000 ml ½" | Diferente material PVC rígido, galvanizada.  |
| <b>No. De suscriptores</b>     |                          | 1.052           |   |  |

**Tabla 35. Características de la captación, conducción y distribución de las aguas del acueducto municipal municipio de Teruel.**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### **2.11.3.2. Acueducto municipio de Yaguará**

El acueducto del Municipio de Yaguará se toma de una derivación del canal llanos de Yaguara que se construyó para transportar un caudal de riego para cultivos de arroz en la región. Esta derivación cuenta con una estructura de medición o canaleta parshal y continúa por canales revestidos en concreto y tubería, hasta llegar la PTAR del pueblo.

Actualmente el municipio de Yaguará toma para abastecimiento de agua potable y el riego de sus respectivos sistemas productivos, es importante recalcar la ayuda en cuanto a oferta de agua que le suministra a este tramo la Pequeña Central Hidroeléctrica Iquira II, sirviendo como sistema de autodepuración para el agua que sale con problemas de contaminación críticos desde el municipio de Teruel.

### **2.11.3.3. Bocatoma Canal Llanos de Yaguará**

Este canal funciona mediante un sistema de aducción en tubería de 10” de asbesto cemento y pasando a un tanque desarenador para luego ser conducida a la planta de tratamiento en dos redes con una longitud de 3.600 metros lineales cada uno: una de 10” en tubería de asbesto cemento y la otra de 8” en tubería de asbesto cemento (A.C), las cuales presentan un estado no muy bueno e inclusive en algunos sectores se han realizado reposiciones de tramos cortos en tubería de P.V.C tanto en la tubería de 10” como en la de 8”.

Este canal surte 4 sub derivaciones rurales del municipio: tomo Aminta, Eduardo y Wilson; tomo la manguita y el tomo Brasilia.

### **2.11.3.4. Acueducto Veredal La Mina y La María**

Ubicado dentro del parque regional cerro banderas, en el municipio de Teruel. Acueducto veredal que según la resolución 1306 de 26 de julio de 2006 abastece cerca de 780 habitantes con un caudal concesionado de 2,37 lps con su captación aguas arriba del rio la maría

Su estructura se compone de una bocatoma de fondo, sin desarenador, la cual lleva por conducción cerrada en tubería de polietileno el agua a cada uno de sus usuarios.

## **2.11.4. Sistemas de tratamiento de aguas residuales**

### **2.11.4.1. Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) municipio de Teruel.**

Esta planta de tratamiento conduce las aguas a través del colector norte – quebrada el pueblo, con un caudal aproximadamente de 21 l/s, superando la capacidad de la misma. La planta está conformada por una estructura de entrada en la que se

encuentra una reja, el aliviadero, aforador Parshall y un desarenador. Para el tratamiento primario cuenta con tanque sedimentador y un tanque séptico. Para el tratamiento secundario posee filtros anaerobios, adicionalmente cuenta con lechos de secados de lodos. Es necesario que el caudal del afluente que entra a la planta, sea reducido por el bien y óptimo funcionamiento de la misma, esto se logra con la modificación del aliviadero y disminuyendo la dotación del acueducto.

Según los resultados de laboratorio ASINAL LTDA, La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales recolecta el uso del agua en actividades domésticas de 962 viviendas del municipio, evidenciándose una remoción en carga del 83% de DBO5 y del 83% de sólidos suspendidos totales, dando cumplimiento con lo establecido en el decreto 1594 de 1984 para estos parámetros. Aunque se evidencia remoción para los parámetros de grasas y aceites con un 55%, este valor se encuentra por debajo del límite de aceptación establecido en la reglamentación 312/99.

Al comparar aguas abajo puente Iquira con respecto a aguas arriba portachuelo se evidencia un aumento en los parámetros de DQO, fosfatos, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, turbiedad y coliformes fecales, este incremento es debido al aporte que le suministra el vertimiento de la planta de tratamiento de agua residual y otros vertimientos generados por viviendas aledañas a la quebrada del pueblo. (Resultados de laboratorio ASISANL LTDA.)

### ***Georreferenciación con GPS de los canales y conducciones aguas residuales.***

Una vez identificadas sobre el cauce principal del río los vertimientos de aguas residuales, se procedió a georreferenciar con GPS los canales o conducciones que transportan estas aguas desde el foco generador hasta receptor: Río Pedernal o afluente. Este recorrido se realizó por cada vertimiento identificado, desde su desembocadura al río siguiendo el recorrido del flujo aguas arriba por el canal conductor hasta el foco generador. Para esto se dividió en tramos el cauce del río y se realizaron las inspecciones por las riberas de los dos costados u orillas.

La mayoría de conducciones se realizan por medio de canales naturales, tubería de PVC, tubería de gres, mangueras, entre otras.

### **2.11.5. Análisis y caracterización de vertimientos:**

#### ***Vertimiento de la planta de tratamiento del municipio de Teruel.***

***Proyección a 10 años:*** en el río pedernal se incrementará el grado de contaminación por el vertimiento de aguas servidas provenientes principalmente del casco urbano superando los 22 lts/seg, lo que sumado a la contaminación por fungicidas de las arroceras aumentará los casos de morbilidad en el municipio de Yaguará.

**Vertimiento Matadero público:** Por su ubicación en zona residencial trae malos olores y aspecto deprimente al sector, por la propagación de zopilotes y moscas. La infraestructura se halla en regular estado. La producción de sólido residuales es de 250 Kilogramos por semana, cuya disposición final al igual que los excrementos van sin ningún tratamiento al Río Pedernal por tubería de 8”.

| Municipio | KG/AÑO DBO5 | KG/AÑO SST | TOTAL   | %DBO  | %SST  |
|-----------|-------------|------------|---------|-------|-------|
| Teruel    | 509.940     | 475.912    | 985.852 | 1.16% | 1.30% |
| Yaguará   | 486.180     | 408.392    | 894.572 | 1.11% | 1.11% |

**Tabla 36. Carga Contaminante de los Municipio de Teruel y Yaguará**  
Fuente: RES\_0801\_2007

| CONTAMINACIÓN POR RESIDUOS DEL MATADERO |   |
|---|---|
| Causas                                  | Consecuencia  |
| - Manejo deficiente de residuos sólidos | -Contaminación al río pedernal y al río Yaguará donde desemboca |
| - Falta de tratamiento a los residuos   | - aumenta las plagas  |
| - Infraestructura inadecuada            | - trae enfermedades infecciosas                                 |

**Tabla 37. Contaminación por residuos del Matadero**

Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial y Plan de Ordenamiento Territorial para el municipio de Teruel (POT - EOT, 2000)

### Cobertura de servicios municipio de Teruel.

| Servicio       | Cobertura actual | Cobertura de acuerdo con el RAS 2000  |
|----------------|------------------|---|
| Acueducto      | 93,11%           | 90% (cobertura mínima de agua potable para nivel de complejidad medio, al cual pertenece el municipio de Teruel)                    |
| Alcantarillado | 95,40%           | 80% (cobertura mínima de alcantarillado para nivel de complejidad medio, al cual pertenece el municipio de Teruel)                  |
| Aseo           | 100%             | 85% (cobertura mínima de recolección de desechos sólidos para nivel de complejidad medio, al cual pertenece el municipio de Teruel) |

**Tabla 38. Cobertura de acuerdo al RAS 2000.**

Fuente: RES\_0801\_2007.

Las características del sistema de alcantarillado son:

- Tipo de alcantarillado: alcantarillado combinado (aguas residuales más aguas lluvias)
- Tipo de material: tubería en gress: 9.279 m

## 2.12. Definición de tramos o sectores de análisis

Para la ejecución de este punto se tuvieron en cuenta los segmentos homogéneos o de análisis del área de estudio para el cauce principal del Río Pedernal, los cuales se definieron de acuerdo a las recomendaciones descritas en la guía técnica para el desarrollo del PORH y las actividades realizadas en campo.

Para la realización de dichos tramos se tomó como apoyo la cartografía base implementada para este proyecto, pero para el estudio se consideraron solo aquellos afluentes que durante su curso actúan también como colectores de aguas residuales servidas (tratadas o no tratadas) de centros poblados e industrias que generan un aporte significativo de caudal o carga contaminante, también los que reciben las descargas producto de actividades de riego (descoles) y finalmente aquellos afluentes que son usados como fuente de suministro de agua para algunas poblaciones.

### Descripción de cada uno de los tramos definidos a lo largo del cauce hídrico Río Pedernal.

Una vez definidos los tributarios de interés que serán objeto de estudio, adicional al trabajo de campo se revisó toda la información bibliográfica y de referencia que dispuso la autoridad ambiental y los entes con jurisdicción en la zona de influencia del proyecto; posteriormente se analizó, evaluó y clasifico por temáticas la información disponible.

Una vez identificados todos los puntos de interés sobre el cauce hídrico usando la metodología descrita en la “Guía técnica para la formulación de PORH” y señaladas las entradas y salidas de caudal con base en criterios de cantidad – calidad, se establecieron tramos consideradas como homogéneas, que representan el cambio de calidad del agua por sectores a lo largo de la corriente hídrica y se consolidó la propuesta de diseño de la red de seguimiento y monitoreo de la fase de diagnóstico, la cual se describen en la Marco conceptual.

| TRAMOS  | DESCRIPCIÓN  |
|---------|--|
| TRAMO 1 | Esta zona está comprendida desde el nacimiento del Río Pedernal en el límite veredal de “Corrales- La Armenia”, hasta antes de la bocatoma del acueducto del municipio de Teruel.<br>Longitud del rio <b>4,24 Km</b> |

| TRAMOS  | DESCRIPCIÓN   |
|---------|---|
| TRAMO 2 | Desde antes de la bocatoma del acueducto del municipio de Teruel hasta antes de la desembocadura de la Qda. El Cedral.<br>Longitud del río <b>3.60 km</b>   |
| TRAMO 3 | Desde antes de la desembocadura de la Qda. El Cedral al Río Pedernal hasta antes de la desembocadura de la quebrada la María al río Pedernal.<br>Longitud del río <b>7.14 km</b>  |
| TRAMO 4 | Desde antes de antes de la desembocadura de la quebrada la María al río Pedernal hasta antes de la desembocadura de la quebrada del Pueblo (Las Mollas) al río Pedernal.<br>Longitud del río <b>2.46 km</b>   |
| TRAMO 5 | Desde antes de la desembocadura de la quebrada del Pueblo (Las Mollas) al río Pedernal hasta antes de la desembocadura del vertimiento de las aguas residuales de la Pequeña Central Hidroeléctrica - PCH (Trasvase de Río Iquirá a Río Pedernal).<br>Longitud del río <b>3.34 km</b> |
| TRAMO 6 | Desde antes de la desembocadura del vertimiento de las aguas residuales de la Pequeña Central Hidroeléctrica - PCH (Trasvase de Río Iquirá a Río Pedernal) hasta antes de la captación Canal Llanos de Yaguará.<br>Longitud del río <b>4.83 km</b>                                    |
| TRAMO 7 | Desde antes de la captación Canal Llanos de Yaguará hasta antes de la embocadura del Río Pedernal al río Yaguará.<br>Longitud del río <b>6.16km</b>   |

**Tabla 39. Descripción de Zonas Homogéneas.**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### 2.13. Definición de la estructura conceptual para la modelación de la calidad del agua

La implementación de modelos de calidad del agua en el Río Pedernal permitirá determinar la capacidad asimilativa de sustancias biodegradables o acumulativas y la capacidad de dilución de sustancias no biodegradables en la corriente. Esto tendrá como fin evaluar el estado actual del río en términos de calidad del agua, y predecir la respuesta de la corriente ante el planteamiento de escenarios futuros en

los cuales se tienen en cuenta aspectos ambientales, sociales, culturales y económicos.

La calibración y confirmación del modelo de calidad del agua brindará una herramienta fundamental para el correcto ordenamiento y planificación del recurso hídrico, ya que apoyará la determinación de los usos potenciales del río, el establecimiento de los objetivos de calidad a alcanzar en el corto, mediano y largo plazo, el establecimiento de las metas quinquenales de reducción de cargas contaminantes, así como servirá para apoyar y validar cualquier actividad u obra a implementar sobre la corriente.

### 2.13.1. Estructura conceptual

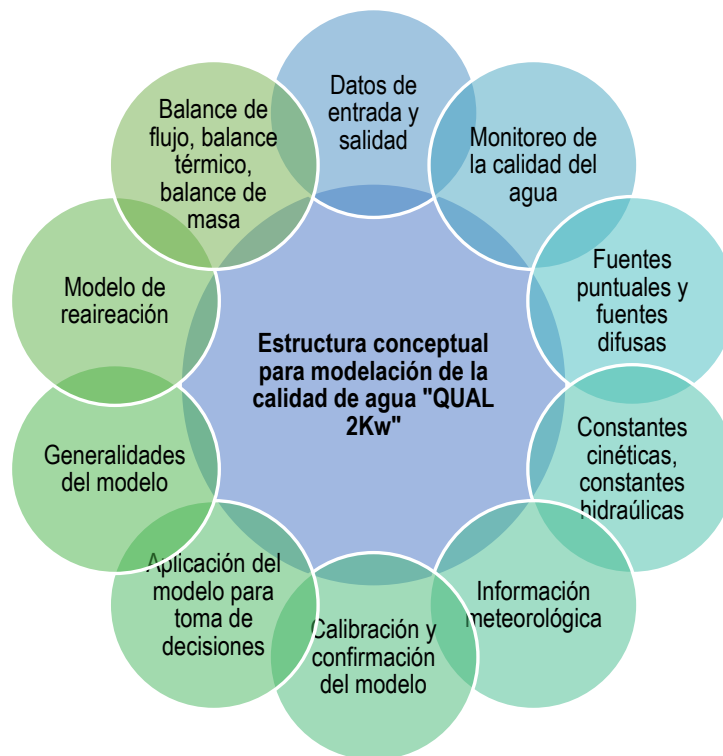


Figura 14. Estructura conceptual – Modelación de la calidad del agua.  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

#### 2.13.1.1. Modelación de la calidad del agua

El comportamiento de los contaminantes en el agua es esencialmente dinámico, pues los contaminantes están en permanente movimiento, ya sea por efecto del propio movimiento del agua, o por la movilidad natural de las moléculas y partículas coloidales. Los fenómenos de transporte de contaminantes en cuerpos de agua han sido ampliamente estudiados y han dado origen a numerosas formulaciones matemáticas que describen su comportamiento (Castillo G., 2008). En la actualidad existe un sin número de modelos matemáticos, desarrollados con la finalidad de

estudiar el comportamiento de un determinado contaminante o un grupo de éstos a lo largo de una corriente natural (García Q., 2008).

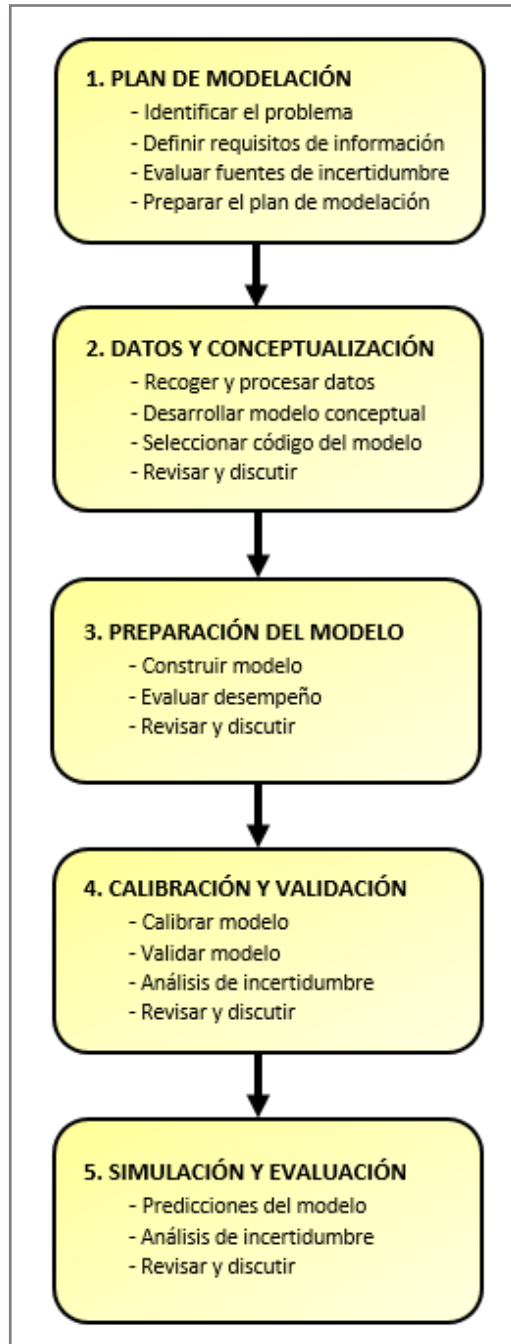


Figura 15. Proceso de simulación de una corriente hídrica superficial.  
Fuente: Modificado de Refsgaard et al., 2007.

### 2.13.1.2. Descripción del QUAL2Kw

El modelo de calidad del agua QUAL2K fue desarrollado para la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos por Chapra y Pelletier en el año 2003, posteriormente fue mejorado en el año 2008 y recibió por nombre QUAL2Kw. La nueva versión del modelo tiene la capacidad de simular una corriente principal y tres corrientes secundarias, las cuales pueden ser manejadas de manera independiente o integrarse a la corriente principal dependiendo de las necesidades del usuario. Algunas de las características más representativas del modelo se describen a continuación (Chapra et.al., 2008):

- **Tipo de software e interface gráfica:** El modelo se ejecuta en ambiente Windows mediante el lenguaje Visual Basic. La interface gráfica funciona bajo el software Excel, lo que hace el modelo muy amigable y de fácil uso.
- **Segmentación del modelo:** El modelo no presenta limitaciones en la especificación del número y longitud de tramos que se pueden modelar, por lo cual se pueden incluir múltiples fuentes puntuales o dispersas en cualquier tramo.
- **Dimensionalidad:** El QUAL2Kw es un modelo unidimensional en la dirección del flujo, esto es debido a que en la mayoría de los ríos las dimensiones de la longitud son mucho mayores a las profundidades y anchos. Adicionalmente se asume que el río o canal se encuentra bien mezclado tanto vertical como horizontalmente.
- **Hidrodinámica:** El flujo de agua se simula en condiciones hidráulicas estables, esto quiere decir en condiciones de flujo permanente, simulando periodos de caudal y cargas constantes en el tiempo.
- **Modelación de sistemas hídricos de tipo dendrítico:** El modelo permite realizar simulaciones en casos donde la simulación se extiende no solo a la corriente principal, sino también a tributarios. El modelo tiene capacidad de simular en total cuatro (4) corrientes superficiales de manera independiente o integrada al ramal principal dependiendo de las necesidades del usuario.
- **Variación diurna del calor:** El calor del volumen de agua y la temperatura son simulados como función de aspectos meteorológicos en una escala de variación diurna.
- **Cinética diurna de la calidad del agua:** Todas las variables de la calidad del agua son simuladas en escala de tiempo diurna, aunque el modelo funciona en flujo permanente, tiene la opción de trabajo en la modalidad de un modelo cuasi-dinámico.
- **Entradas de masa y calor al sistema:** Se simulan vertimientos y extracciones tanto puntuales como dispersas.

- **Parámetros modelados:** Conductividad, sólidos suspendidos inorgánicos, oxígeno disuelto, DBO rápida, DBO lenta, nitrógeno orgánico disuelto, nitrógeno amoniacal, nitratos, fósforo orgánico disuelto, fósforo inorgánico, fitoplancton, detritus, patógenos, alcalinidad, carbono orgánico total, algas de fondo, temperatura y caudal.
- **Especies de DBO carbonácea:** El modelo QUAL2Kw usa dos formas de DBO carbonácea para representar el carbono orgánico. Estas formas son: la DBO de rápida oxidación (DBO fast) y la DBO de lenta oxidación (DBO slow). Adicionalmente, se simula la materia orgánica particulada (Detritus), este material de detritus está compuesto por partículas de carbón, nitrógeno y fósforo en una estequiometría fija.
- **Patógenos:** Se modela un patógeno genérico (coliformes fecales o coliformes totales). La remoción de patógenos está determinada como función de la temperatura, la luz y la sedimentación.
- **Algas en el fondo (periphyton o plantas radiculadas fijas):** El modelo tiene un módulo completo de modelación de crecimiento de phytoplankton (plantas flotantes) y de periphyton y macrófitas (plantas radiculadas fijas) y simula explícitamente las formaciones de algas en el fondo. Los modelos de crecimiento son función de la disponibilidad de nutrientes (fósforo y nitrógeno), de la temperatura, y de la intensidad de luz que penetra en el cuerpo de agua. Esta última a su vez es función de la radiación solar incidente y de la turbidez del agua.
- **Interacciones agua-sedimento.** Los flujos en la interfase agua-sedimento de OD y nutrientes se simulan internamente en el modelo. De esta forma el flujo de demanda béntica (SOD) y de nutrientes es simulado como función de la sedimentación de materia orgánica particulada, reacciones dentro de los sedimentos, y de concentraciones de las formas solubles en la columna de agua.

El QUAL2Kw permite definir una gran cantidad de variables cinéticas para describir todas las reacciones que tienen lugar en la dispersión y la dilución de los contaminantes en una corriente de agua, sin embargo, aunque todas las variables se tienen en cuenta en la aplicación del modelo, es elección del usuario cuáles de estas variables desea calibrar. En la **Tabla 4040** se presentan las constantes cinéticas que permite calibrar el QUAL2Kw, la descripción de cada una de ellas y el rango de valores de calibración encontrados en la bibliografía a través de múltiples ensayos para cada constante (Chapra, 1997; Kannel et.al., 2007; Pelletier et.al., 2003). Los valores iniciales de las constantes cinéticas a calibrar pueden ser definidos por el usuario de acuerdo a experiencias en la región o lo puede asignar arbitrariamente siempre y cuando estén entre los rangos establecidos.

| Parámetro de Calibración   | Abreviación                               | Unidades     | Rango de Calibración |
|--|---|--------------|----------------------|
| Velocidad de sedimentación de sólidos suspendidos inorgánico                             | VS - SSI                                  | m/d          | 0 – 2                |
| Tasa de Reaireación, descrita por la ecuación de Reaireación                             | Ka  | 1/d          | Auto-selección       |
| Tasa de hidrólisis de la materia orgánica de lenta descomposición                        | Tasa hidrólisis DBO slow                  | 1/d          | 0 – 4.2              |
| Tasa de oxidación de la materia orgánica de lenta descomposición                         | Tasa oxidación DBO- DBO slow              | 1/d          | 0 – 4.2              |
| Tasa de oxidación de la materia orgánica de rápida degradación                           | T. Oxidación DBO fast                     | 1/d          | 0 – 5                |
| Hidrólisis de nitrógeno orgánico   | Hidrólisis NO                             | 1/d          | 0 – 5                |
| Velocidad de sedimentación de nitrógeno orgánico   | VS-NO                                     | m/d          | 0.001 – 0.1          |
| Tasa de nitrificación de amonio  | Tasa nitrificación                        | 1/d          | 0 – 10               |
| Tasa de desnitrificación de nitratos (importante cuando existen condiciones anaeróbicas) | Tasa Desnitrificación                     | 1/d          | 0 – 2                |
| Coefficiente de transferencia por desnitrificación de sedimentos                         | CT-Desnitrificación Sed.                  | m/d          | 0 – 1                |
| Hidrólisis del Fósforo Orgánico  | Hidrólisis PO                             | m/d          | 0.001 – 0.7          |
| Velocidad de sedimentación del Fósforo Orgánico  | VS - PO                                   | 1/d          | 0 – 2                |
| Velocidad de sedimentación del Fósforo Inorgánico  | VS - PI                                   | m/d          | 0 – 2                |
| Hidrólisis de la materia orgánica particulada (Detritus (POM))                           | Hidrólisis POM                            | m/d          | 0 – 5                |
| Velocidad de sedimentación de la materia orgánica particulada (Detritus (POM))           | Vel. Sedimentación POM                    | 1/d          | 1/d                  |
| Tasa de decaimiento de los patógenos   | Tasa Decaimiento Patógenos                | 1/d          | 0 – 2                |
| Velocidad de sedimentación de los patógenos  | VS - Patógenos                            | m/d          | 0 – 2                |
| constante $\alpha$ para mortalidad de los patógenos por luz solar                        | Constante $\alpha$ Mortalidad - Patógenos | 1/d per y/hr | 0 – 1                |

**Tabla 40. Constantes cinéticas para calibración.**  
Fuente: Chapra, 1997; Kannel et.al., 2007; Pelletier et.al., 2003.

### 2.13.1.2.1. Calibración del Modelo

La calibración es un proceso iterativo encaminado a llevar a un margen de error mínimo la diferencia entre los datos simulados por el modelo y los valores medidos en campo para el mismo. En un modelo de calidad del agua se deben especificar las tasas de reacción o transformación de los determinantes de calidad del agua y

tasas de transferencia de masa hacia o desde la superficie del agua y el fondo del canal. La cinética de las reacciones son particulares para cada tipo de río en las condiciones específicas que se presentan en el sistema físico modelado y las tasas de transferencia dependen en gran parte de la turbulencia de la corriente (Camacho et.al., 2003).

Las técnicas empleadas para encontrar las soluciones óptimas que permitan un error mínimo pueden basarse en algoritmos de optimización matemática integrados al modelo y a los resultados de sus corridas. Dentro de las técnicas de optimización matemática se pueden mencionar algunos procedimientos: amoeba, recocido simulado, algoritmos genéticos y colonia de hormigas, cada uno con un proceso de convergencia, costo y eficiencia computacional diferente (Vera, 2007). En general, el algoritmo seleccionado debe permitir disminuir el error secuencialmente para que el modelo converja hacia soluciones admisibles para el mismo.

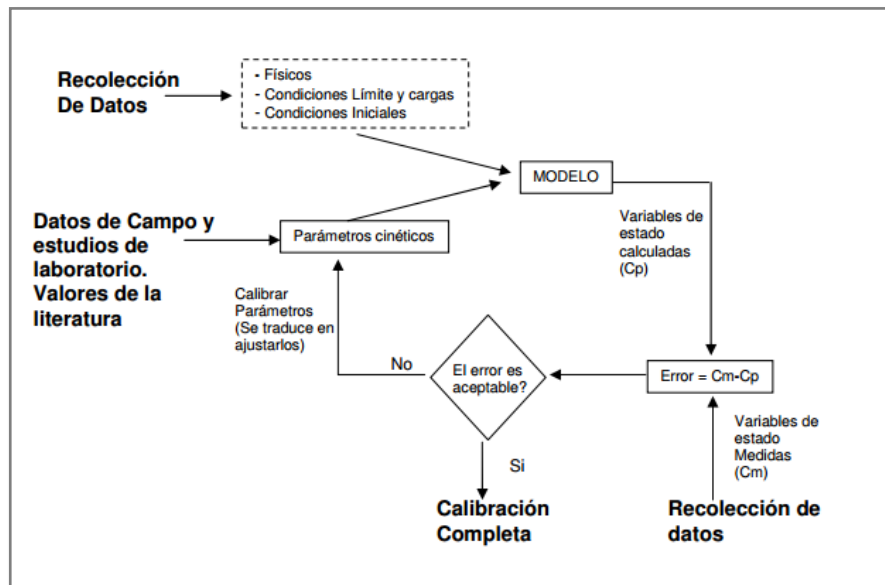


Figura 16. Esquema del proceso de calibración.

Fuente: (Pelletier et.al., 2005).

El modelo QUAL2Kw realiza la calibración automática de los parámetros cinéticos mediante el AG-PIKAIA, el cual es un algoritmo genético (AG) que funciona como un sistema de búsqueda a través de un espacio de decisión, usando un proceso análogo al de la “selección natural de las especies” de Darwin, que busca la supervivencia, en mayor número, de los individuos más aptos. De esta forma, el QUAL2Kw determina los valores óptimos de los parámetros cinéticos entre máximos y mínimos especificados para cada parámetro, buscando maximizar la bondad de ajuste con respecto a los datos de campo (Arroyave et.al., 2012).

### 2.13.1.2.2. Aplicación del modelo para toma de decisiones

El uso de modelos de calidad del agua ha ido ganando importancia como herramienta para contribuir a la planificación integral de los recursos hídricos, puesto que al contar con un modelo confiable calibrado y confirmado, éste puede ser usado para representar esquemas de gestión e intervención directa. De esta forma, se convierte en una herramienta útil de planeación que puede soportar la toma de decisiones en problemas específicos que se quieran solucionar y estén afectando la calidad del agua de una corriente específica (Vera, 2007).

Una vez calibrado y confirmado el modelo de calidad QUAL2Kw, se cuenta con una herramienta capaz de predecir la respuesta de la corriente ante distintos escenarios de intervención, para esto, se deben formular los escenarios de posibles soluciones, por ejemplo la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, la implementación de sistemas individuales de saneamiento o la implementación de las áreas de retiro que permitan mejorar la calidad del agua de la corriente afectada. Una vez se formulan los escenarios, se deben definir los valores de calidad de entrada del modelo y se modela nuevamente con estos valores.

### 2.13.1.2.3. Modelo de transporte de solutos

Dada la necesidad de predecir, caracterizar y controlar el comportamiento de los eventos de contaminación hídrica, se hace relevante establecer una relación entre la hidráulica de los cauces y el transporte de solutos que sea aplicable a los modelos de calidad de agua.

Para ello, se requiere conocer el proceso de transporte en los cauces, afectado principalmente por tres fenómenos a saber: Advección, difusión y dispersión. A continuación se describen dichos conceptos (Fernández, 2011):

- **Advección:** Es el fenómeno de transporte impuesto por la velocidad y está asociado principalmente a con el flujo de corrientes naturales. Son generados por la gravedad o fuerzas de presión y se conciben como movimientos horizontales.
- **Difusión:** Es el movimiento de masa producido por movimientos aleatorios del agua, los cuales provocan que la masa del soluto se diluya y se esparza.
- **Dispersión:** Se debe al movimiento aleatorio del fluido en el cual las partículas se esparcen inducidas por el esfuerzo de corte generado por el perfil de velocidad del cauce y la difusión.

Así, los mecanismos de dispersión de un cauce influyen de manera directa en la forma en la que una corriente asimila solutos mientras estos son arrastrados aguas abajo, mientras que el transporte de dichas sustancias está definido por los

mecanismos de advección y difusión turbulenta. (Fischer, 1973; Young & Wallis, 1993; Camacho, 2000, en (Estrada Quiroz & Gutiérrez Cifuentes, 2013)).

Según diversos autores, la ecuación conservativa elemental de balance de masa debe representar apropiadamente el transporte dispersivo y advectivo en un flujo natural. En ella  $C$  es la concentración promedio en la sección transversal,  $U$  es la velocidad media del flujo y  $E$  es el Coeficiente Longitudinal de Dispersión.

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} = E \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$

Dicha ecuación es la llamada relación básica de Taylor para la Advección – Dispersión (ADE) de un trazador conservativo. Esta considera explícitamente independientes los términos de advección (dependiente del movimiento macroscópico del flujo) y de dispersión (dependiente de las fluctuaciones). La solución es la función de Fick que describe el comportamiento de la concentración promedio en el plano móvil asociado al centro de masa de la pluma, donde  $A$  es el área de la sección transversal del flujo y  $M$  es la masa del trazador vertida (Aragón, 2012).

$$C(x, t) = \frac{M}{A\sqrt{4\pi tE}} e^{-\frac{(X-Ut)^2}{4Et}}$$

Las dos expresiones del transporte de masa anteriormente mencionadas, no solo requieren que el trazador llene uniformemente la sección transversal sino además que el Coeficiente Longitudinal de Dispersión  $E$ , sea constante para que el transporte dispersivo por fluctuaciones no dependa sino del gradiente de concentración, lo cual lleva a imponer la condición adicional de flujo uniforme, para el cual  $E$  es constante.

A partir de la ecuación de Fick, la cual ha sido sometida a modificaciones (Constaín Aragón, Carvajal Ruiz, Carvajal Ruiz, & Lemos Ruiz, 2006), se desarrolla el modelo de transporte de solutos.

$$C(x, y, t) = \frac{M}{Q * \Phi * t * \sqrt{2\pi\beta}} e^{-\frac{(X-Ut)^2}{2\beta\Phi^2U^2t^2}}$$

Dónde:

$C$  = Concentración del trazador

$M$  = Masa del trazador vertida súbitamente

$X$  = Longitud a partir del vertimiento hacia aguas abajo

$U$  = Velocidad media del flujo

$t$  = Tiempo de recorrido del trazador

$\Phi$  = Coeficiente de asimetría

Siendo el caudal  $Q$ :

$$Q = \frac{M}{Cp * \phi * t * \sqrt{2\pi\beta}}$$

En las ecuaciones anteriores,  $\beta$  es la relación constante entre el tiempo característico de la difusión (relacionado con el avance del trazador referido al punto de inflexión de la curva Gaussiana y el tiempo general (variable independiente)), y  $\Phi$ , un coeficiente de transporte en función del tiempo que describe el comportamiento termodinámico de la pluma del trazador, relacionando la velocidad dispersiva del soluto  $V_{disp}$  y la velocidad media advectiva del flujo  $U$ .

$$\Phi(t) = \frac{V_{disp}}{U}$$

De esta forma, la velocidad de dispersión se dirige a la pérdida de grados de libertad hasta extinguirse en el equilibrio termodinámico. Aceptando una naturaleza Gaussiana para el desplazamiento monodimensional de las partículas, se tiene:

$$V_{disp} = \frac{\Delta}{\tau} = \sqrt{\frac{2E}{\tau}}$$

Siendo  $\Delta$  y  $\tau$  la distancia y el tiempo característicos de la dispersión estimados a partir del punto de inflexión de la curva Gaussiana, y  $E$ , el coeficiente longitudinal de dispersión. De acuerdo a esto, se expresa la siguiente ecuación, en la que el coeficiente longitudinal de dispersión se encuentra en función del tiempo.

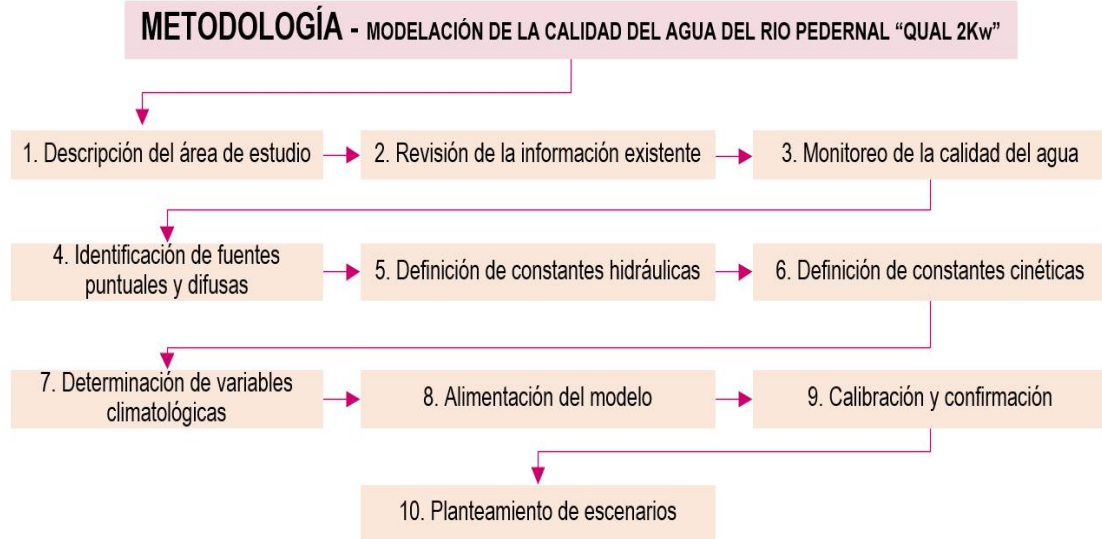
$$U = \frac{1}{\phi(t)} \sqrt{\frac{2E(t)}{\tau}}$$

Si se despeja el coeficiente longitudinal de dispersión  $E$ , se tiene:

$$E = \frac{U_x^2 \phi^2 \beta t_o}{2}$$

De acuerdo a lo anterior, se tiene que  $\Phi(t)$  es una función de estado y establece la evolución termodinámica del soluto, describiendo su comportamiento hasta alcanzar la condición de mezcla completa, en la que la difusión transversal de soluto crea la dispersión longitudinal debido a la presencia de un campo de velocidades distribuidas en el fluido; como después de la mezcla completa, en la que la difusión transversal desaparece y la transmisión de calor genera la dispersión longitudinal (Constaín Aragón, Villa, & Bastidas, Nuevo método para determinar la longitud de mezcla en flujos turbulentos, 2013)

### 2.13.1.3. Metodología de Modelación



**Figura 17. Esquematación de la metodología para la modelación de calidad de agua.**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### 2.14. Diseño y ejecución del plan de monitoreo – Río Pedernal.

Para determinar las condiciones actuales de calidad y cantidad en el cuerpo de agua objeto de ordenamiento y sus principales afluentes se tendrá en cuenta lo siguiente de acuerdo los lineamientos establecidos por la Guía Nacional para la elaboración de planes ordenamiento del Recurso Hídrico:

- Caracterizar la variación espacial y temporal de la velocidad y profundidad del agua y de las principales propiedades geométricas de cada tramo o sector de análisis.
- Realizar campaña de caracterización detallada en un número "x" de vertimientos representativos, con el fin de disponer de información actualizada sobre las características físicas, químicas y biológicas de las Aguas Residuales que se descargan al cuerpo de agua.
- Realizar mediciones en mínimo dos campañas: caudal, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos y recursos hidrobiológicos.

Así para caracterizar la variación espacial y temporal de la velocidad y profundidad del agua se realizaron ensayos con trazadores en los 7 tramos en los que fue dividido el río. El río se dividió en los siete tramos teniendo en cuenta características propias de geomorfología, usos y vertimientos existentes.

### Ensayos con trazadores

Los ensayos con trazadores se realizaron en sitios representativos para el plan de monitoreo de calidad de agua. Así, sobre el río Pedernal se realizaron 4 ensayos. La localización de cada uno de ellos se presenta en la

| ENSAYO | DESCRIPCIÓN   | COORDENADAS |        | VEREDA      |
|--------|---|-------------|--------|-------------|
|        |   | X           | Y      |             |
| 1      | Río Pedernal antes de todo uso y vertimiento  | 1166910     | 797439 | Corrales    |
| 2      | Río Pedernal después de la desembocadura de la Qda. El Cedro  | 1164010     | 804141 | Pedernal    |
| 3      | Río Pedernal antes de la desembocadura de la quebrada Del Pueblo (Las Mollas)                           | 1167778     | 794147 | Almorzadero |
| 4      | Río Pedernal después del vertimiento de las aguas residuales de la Pequeña Central Hidroeléctrica - PCH | 1167688     | 791816 | Almorzadero |

**Tabla 4141.**

| ENSAYO | DESCRIPCIÓN   | COORDENADAS |        | VEREDA      |
|--------|---|-------------|--------|-------------|
|        |   | X           | Y      |             |
| 1      | Río Pedernal antes de todo uso y vertimiento  | 1166910     | 797439 | Corrales    |
| 2      | Río Pedernal después de la desembocadura de la Qda. El Cedro  | 1164010     | 804141 | Pedernal    |
| 3      | Río Pedernal antes de la desembocadura de la quebrada Del Pueblo (Las Mollas)                           | 1167778     | 794147 | Almorzadero |
| 4      | Río Pedernal después del vertimiento de las aguas residuales de la Pequeña Central Hidroeléctrica - PCH | 1167688     | 791816 | Almorzadero |

**Tabla 41. Localización de ensayos con trazadores.**

**Fuente:** FUNDISPROS, 2016.

En campo la solución se realizó mezclando de manera homogénea una masa conocida de sal con un volumen conocido de agua del cauce. Esta se inyectó de

manera puntual y a partir de este momento empezó la toma de datos en dos sitios aguas abajo (A y B), durante intervalos de tiempo tal que se evidenciara los cambios presentados; y terminó cuando se volvía a registrar la conductividad base de la corriente, es decir, cuando ya había pasado la nube del trazador

En la **Tabla 4242** se presentan los datos registrados en campo y en la **Tabla 4343** los resultados de la aplicación del método de transporte de solutos.

| ENSAYO | Punto | Distancia (m) | Masa (gr) | Tiempo de arribo (s) | Tiempo al pico (s) | Tiempo al centroide (s) | Concentración Pico (mg/l) |
|--------|-------|---------------|-----------|----------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|
| 1      | A     | 35            | 1500      | 37                   | 67                 | 81.6                    | 88.91                     |
|        | B     | 55            |           | 83                   | 120                | 138.2                   | 82.13                     |
| 2      | A     | 20            | 1500      | 12                   | 18                 | 84.9                    | 166.70                    |
|        | B     | 40            |           | 35                   | 43                 | 112.8                   | 125.93                    |
| 3      | A     | 30            | 2000      | 47                   | 64                 | 74.1                    | 120.46                    |
|        | B     | 50            |           | 79                   | 107                | 128.2                   | 61.12                     |
| 4      | A     | 30            | 2000      | 29                   | 45                 | 52.7                    | 94.47                     |
|        | B     | 50            |           | 49                   | 67                 | 77.8                    | 71.18                     |

**Tabla 42. Datos registrados en campo durante los ensayos con trazadores**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

| ENSAYO | Punto | Velocidad estimada (m/s) | Caudal estimado (l/sg) | Caudal promedio (l/sg) | SSG  |
|--------|-------|--------------------------|------------------------|------------------------|------|
| 1      | A     | 0.353                    | 321.4                  | 307.7                  | 1.09 |
|        | B     |                          | 293.9                  |                        |      |
| 2      | A     | 0.742                    | 570.7                  | 559.3                  | 1.04 |
|        | B     |                          | 547.9                  |                        |      |
| 3      | A     | 0.370                    | 524.8                  | 541.9                  | 0.94 |
|        | B     |                          | 558.9                  |                        |      |
| 4      | A     | 0.795                    | 902.1                  | 891.1                  | 1.03 |
|        | B     |                          | 880.2                  |                        |      |

**Tabla 43. Resultados aplicación del método de transporte de solutos**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### Tiempos de viaje

A partir de los ensayos de trazadores y la velocidad calculada para cada tramo de estudio en el río Pedernal, se estimaron los tiempos de viaje para la red de monitoreo propuesta. Los resultados se detallan a continuación:

| PUNTO S DE MONITOREO | LONGITUD (m) | VELOCIDAD (m/s) | TIEMPO DE VIAJE (s) | TIEMPO DE VIAJE ACUMULADO (s) | TIEMPO DE VIAJE (Min) | TIEMPO DE VIAJE ACUMULADO (Min) | TIEMPO DE VIAJE (Hrs) | TIEMPO DE VIAJE ACUMULADO (Hrs) |
|----------------------|--------------|-----------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| C01-C02              | 483.4        | 0.3534          | 1368                | 1368                          | 23                    | 23                              | 0.38                  | 0.38                            |
| C02-C03              | 3617.2       | 0.3534          | 10236               | 11604                         | 171                   | 193                             | 2.84                  | 3.22                            |
| C03-C04              | 7133.8       | 0.7418          | 9617                | 21221                         | 160                   | 354                             | 2.67                  | 5.89                            |
| C04-C05              | 2462.0       | 0.7418          | 3319                | 24539                         | 55                    | 409                             | 0.92                  | 6.82                            |
| C05-C06              | 3439.6       | 0.3697          | 9303                | 47077                         | 155                   | 785                             | 2.58                  | 13.08                           |
|                      | 10519.3      | 0.7948          | 13235               |                               | 221                   |                                 | 3.68                  |                                 |

**Tabla 44. Tiempos de viaje para la red de monitoreo del Río Pedernal**

Fuente: Fundispros, 2016

### 2.14.1. Resultados de Calidad de Agua

En busca de unas óptimas condiciones para el cumplimiento de las etapas que se deben llevar a cabo en la realización del presente proyecto se debe realizar un minucioso estudio de la calidad del agua en la cuenca hidrográfica del Río Pedernal, ubicado en los municipios de Teruel y Yaguará.

#### 2.14.1.1 Determinación de parámetros In Situ

Los parámetros In-Situ son medidos de forma puntual y determinan el estado inmediato del cuerpo de agua en los sitios en donde se realizó la medición, estos parámetros se miden directamente en el sitio debido a que sufren variaciones considerables durante los procesos de transporte y almacenamiento. Los parámetros medidos son: Caudal Promedio, pH, Conductividad Eléctrica, Temperatura del Agua y Oxígeno Disuelto, esta labor fue realizada por personal capacitado de FUNDISPROS.

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CORRIENTE  
RÍO PEDERNAL Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS  
MUNICIPIO DE TERUEL - DEPARTAMENTO DEL HUILA.  
Contrato de consultoría 0350 de 2015

| RESULTADOS IN-SITU "CAMPAÑA 1" |                 |                       |                          |         |         |         |          |         |         |         |
|--------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| PUNTOS DE MUESTREO             |                 |                       | C01                      | C02     | C06     | A01     | A03      | A05     | V02     | V03     |
| FECHA                          |                 |                       | 24 de Septiembre de 2016 |         |         |         |          |         |         |         |
| PARÁMETRO                      | UNIDADES        | TECNICA ANALITICA     |                          |         |         |         |          |         |         |         |
| Hora                           | H               | -----                 | 6:50 am                  | 7:13 am | 7:55 pm | 8:30 am | 12:50 pm | 2:00 pm | 7:00 am | 7:00 am |
| Temperatura de la muestra      | °C              | Termométrico          | 15.7                     | 16.1    | 26.2    | 19.6    | 21.6     | 24.4    | 25.6    | 24.3    |
| Oxígeno Disuelto               | mg/l            | Electrodo de membrana | 8.1                      | 7.95    | 7.04    | 7.74    | 8.09     | 3.52    | 2.36    | 6.96    |
|                                | % de Saturación |                       | 100.5                    | 98.4    | 93.2    | 99.2    | 101.9    | 46.2    | 31.90   | 91.27   |
| pH                             | Unidades de pH  | Electrométrico        | 7.21                     | 7.05    | 7.01    | 7.13    | 7.59     | 7.15    | 8.43    | 6.96    |
| Conductividad Eléctrica        | µs/cm           | Conductímetro         | 50.6                     | 51.2    | 172.8   | 77.3    | 138.1    | 478     | 541     | 199     |
| Sólidos Disueltos Totales      | mg/l            | Electrométrico        | 24.8                     | 25.2    | 82.80   | 38.00   | 67.00    | 242     | 257     | 95.9    |
| IN-SITU ADICIONALES            |                 |                       |                          |         |         |         |          |         |         |         |
| Caudal                         | L/s             | Protocolo Ideam       | 110.22                   | 146.70  | 258.03  | 33.43   | 173.63   | 12.5    | 2.84    | 6.85    |
| Coordenada X                   |                 |                       | 1164129                  | 1163975 | 1170192 | 1166373 | 1168170  | 1167612 | 1167553 | 1167567 |
| Coordenada Y                   | Planas          | GPS                   | 803975                   | 803563  | 784571  | 801794  | 796268   | 794054  | 794443  | 793789  |

**Tabla 45. Resultados Parámetros In Situ– Río Pedernal Campaña N° 1**  
Fuente. FUNDISPROS, 2016

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CORRIENTE  
RÍO PEDERNAL Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS  
MUNICIPIO DE TERUEL - DEPARTAMENTO DEL HUILA.  
Contrato de consultoría 0350 de 2015

| RESULTADOS IN-SITU "CAMPAÑA 2" |                 |                       |                       |         |         |         |          |         |         |         |
|--------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| PUNTOS DE MUESTREO             |                 |                       | C01                   | C02     | C06     | A01     | A03      | A05     | V02     | V03     |
| FECHA                          |                 |                       | 28 de Octubre de 2016 |         |         |         |          |         |         |         |
| PARÁMETRO                      | UNIDADES        | TECNICA ANALITICA     |                       |         |         |         |          |         |         |         |
| Hora                           | H               | -----                 | 6:50 am               | 7:13 am | 7:55 pm | 8:30 am | 12:50 pm | 2:00 pm | 7:00 am | 7:00 am |
| Temperatura de la muestra      | °C              | Termométrico          | 16.7                  | 16.8    | 19.8    | 23.5    | 25.4     | 26.2    | 25.1    | 24.3    |
| Oxígeno Disuelto               | mg/l            | Electrodo de membrana | 8.04                  | 8.03    | 7.89    | 7.85    | 5.91     | 7.29    | 5.60    | 6.90    |
|                                | % de Saturación |                       | 101.8                 | 101.3   | 101.1   | 103.1   | 79.5     | 96.9    | 75.0    | 90.50   |
| pH                             | Unidades de pH  | Electrométrico        | 7.87                  | 7.96    | 7.57    | 7.97    | 7.60     | 7.74    | 7.44    | 7.32    |
| Conductividad Eléctrica        | µs/cm           | Conductímetro         | 23.2                  | 17.35   | 29.8    | 53.8    | 117      | 66.0    | 477     | 192     |
| Sólidos Disueltos Totales      | mg/l            | Electrométrico        | 10.84                 | 9.21    | 14.6    | 25.3    | 53.9     | 29.7    | 227     | 88.4    |
| IN-SITU ADICIONALES            |                 |                       |                       |         |         |         |          |         |         |         |
| Caudal                         | L/s             | Protocolo Ideam       | 143.96                | 215.08  | 54.53   | 156.92  | 26.37    | 649.97  | 1.94    | 10.4    |
| Coordenada X                   | Planas          | GPS                   | 1164129               | 1163975 | 1170192 | 1166373 | 1168170  | 1167612 | 1167553 | 1167567 |
| Coordenada Y                   |                 |                       | 803975                | 803563  | 784571  | 801794  | 796268   | 794054  | 794443  | 793789  |

**Tabla 46. Resultados Parámetros In Situ– Río Pedernal Campaña N° 2.**  
Fuente. FUNDISPROS, 2016.

### 2.14.1.2. Determinación de parámetros en Laboratorio

Estos Parámetros corresponden a la serie de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que son medidos en el laboratorio y determina el estado detallado del cuerpo de agua sobre el cual se realizó la medición.

El monitoreo realizado en los ocho sitios propuestos por FUNDISPROS para el análisis del comportamiento de la calidad del agua a lo largo del río para el presente estudio, fue subcontratado por el equipo consultor con el Laboratorio CHEMICAL LABORATORY – CHEMILAB S.A.S, debido a que está acreditado por el IDEAM, mediante las resoluciones N° 2016 del 8 de agosto de 2014 y la N° 1226 del 14 de Junio de 2016.

Por otro lado los parámetros contratados y analizados corresponden a los requeridos para determinar si el agua de la fuente hídrica estudiada tiene la calidad adecuada para cada uno de los usos identificados durante la recolección de información en campo o si se requiere realizar restricciones de uso y/o vertimiento, lo anterior siguiendo los lineamientos contenidos en el Decreto 1594/84 y demás normas vigentes.

El laboratorio se encargó de realizar el reporte de resultados de los parámetros determinados los cuales son relacionados en las siguientes tablas.

**FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CORRIENTE  
RIO PEDERNAL Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS  
MUNICIPIO DE TERUEL - DEPARTAMENTO DEL HUILA.  
Contrato de consultoría 0350 de 2015**

| N° | PARAMETROS RESPONSABLE DEL MONITOREO<br>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA<br>SITIO DE MUESTREO<br>FECHA | RESULTADOS DE LABORATORIO                       |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 | UNIDAD       | METODO   |
|----|--|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--|
|    |  | FUNDISPROS Y CHEMICAL LABORATORY SAS - CHEMILAB |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |              |  |
|    |  | MN 26681<br>C01                                 | MN 26682<br>C02 | MN 26683<br>C06 | MN 26684<br>A01 | MN 26685<br>A03 | MN 26686<br>A05 | MD 26687<br>V02 | MD 26688<br>V03 |              |  |
|    |  | 24 SEPTIEMBRE 2016                              |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |              |  |
| 1  | Alcalinidad Total  | 16,6  | 10,4            | 72,6            | 15,5            | 19,9            | 163             | 183             | 55,7            | mg/L CaCO3   | SM 2320 B  |
| 2  | Dureza Total   | < 4,60  | < 4,60          | 45,8            | 5,97            | 41,8            | 77,6            | N.A             | N.A             | mg/L CaCO3   | SM 2340  |
| 3  | DBO5 Total   | < 5,00  | < 5,00          | < 5,00          | < 5,00          | < 5,00          | < 5,00          | 42,1            | 155             | mg/L O2      | SM 5210 B SM 4500-O<br>G/2/mg/L O2                   |
| 4  | DBO Filtrada   | < 5,00  | < 5,00          | < 5,00          | < 5,00          | < 5,00          | < 5,00          | 31,8            | 127             | mg/L O2      | Filtración - SM 5210 B,<br>ASTM D 888-09<br>METODO C |
| 5  | DQO Total  | 18,50   | 14,00           | 13,00           | 16,60           | 14,00           | 10,4            | 100             | 578             | mg/L O2      | SM 5220 C/7/mg/L O2                                  |
| 6  | Sólidos Suspendidos Totales  | < 10,0  | < 10,0          | < 10,0          | < 10,0          | < 10,0          | < 10,0          | 133             | 103             | mg/L         | SM 2540 D  |
| 7  | Sólidos suspendidos Volátiles  | < 10,0  | < 10,0          | < 10,0          | < 10,0          | < 10,0          | < 10,0          | 167             | 148             | mg/L         | SM 2540 E  |
| 8  | Sólidos Disueltos Totales  | 24,8  | 25,2            | 82,80           | 38,00           | 67,00           | 242             | 257             | 95,9            | mg/L         | SM 2510 B  |
| 9  | Turbiedad  | 3,94  | < 1,00          | 5,65            | 5,93            | < 1,00          | 3,57            | 7,98            | 60,5            | NTU          | SM 2130 B  |
| 10 | Nitrógeno Total  | < 3,00  | < 3,00          | 9,63            | < 3,00          | < 3,00          | 11,00           | 14,2            | 20,5            | mg/L N       | SM 4500-Norg C SM<br>4500-NH3 C                      |
| 11 | Nitrógeno Amoniacal  | 0,064   | 0,062           | 0,061           | 0,067           | 0,064           | 8,26            | 10,4            | 15,2            | mg/L N-NH3   | SM 4500-NH3 B SM<br>4500-NH3 C                       |
| 12 | Nitritos   | < 0,020   | < 0,020         | < 0,020         | 0,033           | 0,071           | 0,702           | 0,033           | 0,041           | mg/L N-NO2   | SM 4500-NO2-B  |
| 13 | Nitratos   | 1,52  | 1,11            | 1,62            | 1,90            | 1,40            | 3,72            | 2,11            | 1,82            | mg/L N-NO3   | SM 4500-NO3- B                                       |
| 14 | Fosforo Total  | <0,070  | <0,070          | <0,070          | <0,070          | 0,103           | 3,18            | 3,95            | 3,60            | mg/L P       | SM 4500-PE   |
| 15 | Ortofosfatos   | < 0,210   | < 0,210         | 0,339           | < 0,210         | 0,26            | 4,83            | 3,44            | 6,44            | mg/L P-PO4-3 | SM 4500-P E  |
| 16 | Sólidos Sedimentables  | 0,2   | 0,1             | 0,1             | 0,2             | < 0,1           | 0,5             | N.A             | N.A             | mL/L - h     | SM 2540 F  |
| 17 | Grasas y Aceites   | < 0,002   | < 0,002         | < 0,002         | < 0,200         | < 0,200         | < 0,200         | 16,0            | 3,83            | mg/L         | S.M. 5520-C  |
| 18 | SAAM   | < 0,500   | < 0,500         | < 0,500         | < 0,500         | < 0,500         | < 0,500         | 0,517           | 3,50            | mg/L         | SM 5540 C  |
| 19 | Fenoles  | < 0,100   | < 0,100         | < 0,100         | < 0,100         | < 0,100         | < 0,100         | 0,117           | <0,100          | mg/L         | SM 5530 B SM 5530C                                   |
| 20 | Hidrocarburos totales del petróleo   | < 0,002   | < 0,002         | < 0,002         | < 0,002         | < 0,002         | < 0,002         | 2,58            | 0,372           | mg/L         | EPA 3510C, 8015D                                     |
| 21 | Clorofila  | < 0,200   | < 0,200         | < 0,200         | < 0,200         | < 0,200         | < 0,200         | N.A             | N.A             | mg/m3        | SM 10200 H<br>TRICROMÁTICO                           |
| 22 | Compuestos Organoclorados  | < 0,00004                                       | < 0,00004       | < 0,00004       | < 0,00004       | < 0,00004       | < 0,00004       | N.A             | N.A             | mg/L         | EPA 8081B, SM 6630 C                                 |
| 23 | Compuestos Organofosforados  | < 0,0004  | < 0,0004        | < 0,0004        | < 0,0004        | < 0,0004        | < 0,0004        | N.A             | N.A             | mg/L         | EPA 3510 C,<br>EPA 8141 B                            |
| 24 | Arsénico (As)  | < 0,0025  | < 0,0025        | < 0,0025        | < 0,0025        | < 0,0025        | < 0,0025        | < 0,0025        | < 0,0025        | mg/L         | SM 3030 E, SM 3113B                                  |
| 25 | Bario (Ba)   | < 0,500   | < 0,500         | < 0,500         | < 0,500         | < 0,500         | < 0,500         | < 0,500         | < 0,500         | mg/L         | SM 3030 E, SM 3111 D                                 |
| 26 | Cadmio (Cd)  | < 0,010   | < 0,010         | < 0,010         | < 0,010         | < 0,010         | < 0,010         | < 0,010         | < 0,010         | mg/L         | SM 3030 E, SM 3111B                                  |
| 27 | Zinc (Zn)  | 0,066   | 0,069           | < 0,066         | 0,066           | 0,054           | 0,074           | 0,094           | 0,170           | mg/L         | SM 3030 E, SM 3111B                                  |
| 28 | Cobre (Cu)   | < 0,100   | < 0,100         | < 0,100         | < 0,100         | < 0,100         | < 0,100         | < 0,100         | < 0,100         | mg/L         | SM 3030 E, SM 3111B                                  |

Fundación Desarrollo de las Ingenierías y Ciencias de la Salud para la Proyección Social "FUNDISPROS"  
Av. 26 # 27 - 94 Oficina 108 Neiva - Huila  
Teléfono: 0988744048 Celular: 3132365441  
Email: Fundispros@gmail.com



**FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CORRIENTE  
RIO PEDERNAL Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS  
MUNICIPIO DE TERUEL - DEPARTAMENTO DEL HUILA.  
Contrato de consultoría 0350 de 2015**

| N° | PARAMETROS<br>RESPONSABLE DEL<br>MONITOREO<br>IDENTIFICACIÓN DE LA<br>MUESTRA<br>SITIO DE MUESTREO<br>FECHA | RESULTADOS DE LABORATORIO                       |                 |                    |                    |                    |                    |                    |                | UNIDAD     | METODO                                  |
|----|---|---|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|------------|---|
|    |   | FUNDISPROS Y CHEMICAL LABORATORY SAS - CHEMILAB |                 |                    |                    |                    |                    |                    |                |            |   |
|    |   | MN 26681<br>C01                                 | MN 26682<br>C02 | MN<br>26683<br>C06 | MN<br>26684<br>A01 | MN<br>26685<br>A03 | MN<br>26686<br>A05 | MD<br>26687<br>V02 | MD 2668<br>V03 |            |   |
|    |   | 24 SEPTIEMBRE 2016                              |                 |                    |                    |                    |                    |                    |                |            |   |
|    | 29 Cromo Total (Cr)   | < 0,100   | < 0,100         | < 0,100            | < 0,100            | < 0,100            | < 0,100            | < 0,100            | < 0,100        | mg/L       | SM 3030 E, SM 3111D                     |
|    | 30 Hierro (Fe)  | 0,88  | < 0,200         | 0,645              | 0,93               | 0,251              | 0,621              | 0,208              | 0,877          | mg/L       | SM 3112 B                               |
|    | 31 Mercurio (Hg)  | < 0,001   | < 0,001         | < 0,001            | < 0,001            | < 0,001            | < 0,001            | < 0,001            | < 0,001        | mg/L       | SM 3030 E, SM 3111B                     |
|    | 32 Níquel (Ni)  | < 0,200   | < 0,200         | < 0,200            | < 0,200            | < 0,200            | < 0,200            | < 0,200            | < 0,200        | mg/L       | SM 3030 E, SM 3111B                     |
|    | 33 Plomo (Pb)   | < 0,100   | -               | < 0,100            | < 0,100            | < 0,100            | < 0,100            | < 0,100            | < 0,100        | mg/L       | SM 3030 E, SM 3111B                     |
|    | 34 Selenio (Se)   | < 0,0025  | < 0,0025        | < 0,0025           | < 0,0025           | < 0,0025           | < 0,0025           | < 0,0025           | < 0,0025       | mg/L       | SM 3030 E, SM 3113B                     |
|    | 35 Vanadio (Va)   | < 2,00  | < 2,00          | < 2,00             | < 2,00             | < 2,00             | < 2,00             | < 2,00             | < 2,00         | mg/L       | SM 3030 E, SM 3111D                     |
|    | 36 Cianuros   | 0,02  | < 0,011         | 0,047              | < 0,011            | 0,053              | 0,029              | 0,025              | 0,053          | mg/L CN    | SM 4500 CN- B, C,E                      |
|    | 37 Cloruros   | < 9,90  | < 9,90          | < 9,90             | < 9,90             | < 9,90             | 27,3               | 18,4               | 43,5           | mg/L CL-   | SM 4500-Cl- B                           |
|    | 38 Sulfatos   | 9,47  | 11,7            | 312                | 5,32               | 18,0               | 32,1               | 7,20               | 38,9           | mg/L SO4-2 | SM 4500-SO42-E                          |
|    | 39 Calcio   | 1,65  | 1,59            | 12,8               | 1,57               | 9,75               | 13,5               | N.A                | N.A            | mg/L       | SM 3111 D                               |
|    | 40 Manganeso  | < 0,100   | < 0,100         | < 0,100            | < 0,100            | < 0,100            | 0,152              | N.A                | N.A            | mg Mn/L    | Digestión- AA - Llama<br>Aire Acetileno |
|    | 41 Sodio  | 1,77  | 17,7            | 5,06               | 2,3                | 3,61               | 16,20              | N.A                | N.A            | mg/L       | SM 3111 B                               |
|    | 42 Coliformes totales   | 1986  | > 241966        | >> 2420            | >2420              | 2420               | >24196             | >2420              | >24196         | NMP/100 mL | SM 9223B                                |
|    | 43 Coliformes Fecales   | 78,00   | 71,70           | >2419              | 1996               | 29,4               | >24196             | 1986               | >2419          | NMP/100 mL | SM 9221E                                |
|    | 44 E. Coli  | 51,2  | 15,80           | 18,3               | 120                | 27,5               | >24196             | 1011               | 8164           | NMP/100 mL | SM 9223B                                |

**Tabla 47. Resultados Parámetros medidos en Laboratorio “Cauce principal, Afluente y Vertimientos” –Río Pedernal Campaña N° 1.**

**Fuente: FUNDISPROS, 2016.**

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CORRIENTE  
RIO PEDERNAL Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS  
MUNICIPIO DE TERUEL - DEPARTAMENTO DEL HUILA.  
Contrato de consultoría 0350 de 2015

| N°                     | PARAMETROS RESPONSABLE DEL MONITOREO IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA SITIO DE MUESTREO FECHA | RESULTADOS DE LABORATORIO                       |              |              |              |                                 |              |               |               | UNIDAD | METODO       |   |
|------------------------|---|---|--------------|--------------|--------------|---------------------------------|--------------|---------------|---------------|--------|--------------|---|
|                        |   | FUNDISPROS Y CHEMICAL LABORATORY SAS - CHEMILAB |              |              |              |                                 |              |               |               |        |              |   |
|                        |   | MN 29462 C01                                    | MN 29463 C02 | MN 29467 C06 | MN 29464 A01 | MN 29465 A03<br>28 OCTUBRE 2016 | MN 29466 A05 | MnD 29468 V02 | MnD 29469 V04 |        |              |   |
| FISICOQUIMICOS BÁSICOS | 1   | Alcalinidad Total                               | 24,9         | 28,4         | 55,4         | 31,8                            | 71           | 89,5          | 179           | 69,6   | mg/L CaCO3   | SM 2320 B   |
|                        | 2   | Dureza Total                                    | 20,8         | 47,3         | 97,8         | 11,9                            | 37,8         | 47,3          | N.A           | N.A    | mg/L CaCO3   | SM 2340   |
|                        | 3   | DBO5 Total                                      | <5,00        | <5,00        | <5,00        | <5,00                           | <5,00        | 12,9          | 90,0          | 53,3   | mg/L O2      | SM 5210 B SM 4500-O<br>G/2/mg/L O2                |
|                        | 4   | DBO Filtrada                                    | <5,00        | <5,00        | <5,00        | <5,00                           | <5,00        | 10,4          | 71,0          | 45,9   | mg/L O2      | Filtración - SM 5210 B,<br>ASTM D 888-09 METODO C |
|                        | 5   | DQO Total                                       | 36,5         | 52,8         | 45,6         | 56,7                            | 53,5         | 65,2          | 343           | 301    | mg/L O2      | SM 5220 C/7/mg/L O2                               |
|                        | 6   | Sólidos Suspendidos Totales                     | <10,0        | <10,0        | 66,2         | <10,0                           | 18           | 14            | 34,5          | 44,5   | mg/L         | SM 2540 D   |
|                        | 7   | Sólidos suspendidos Volátiles                   | <10,0        | <10,0        | 45,8         | <10,0                           | 14,5         | 10            | 16,8          | 25,0   | mg/L         | SM 2540 E   |
|                        | 8   | Sólidos Disueltos Totales                       | 21,8         | 22,2         | 75,8         | 31,8                            | 64,9         | 148           | 227           | 55,4   | mg/L         | SM 2510 B   |
|                        | 9   | Turbiedad                                       | 1,61         | 1,28         | 111          | 14,6                            | 16,8         | 8,32          | 41,3          | 50,2   | NTU          | SM 2130 B   |
|                        | 10  | Nitrógeno Total                                 | <3,00        | <3,00        | <3,00        | <3,00                           | <3,00        | 5,09          | 25,3          | 6,16   | mg/L N       | SM 4500-Norg C SM 4500-NH3 C                      |
|                        | 11  | Nitrógeno Amoniacal                             | 0,845        | 1,04         | 1,08         | 1,63                            | 1,7          | 3,56          | 20,3          | 4,55   | mg/L N-NH3   | SM 4500-NH3 B SM 4500-NH3 C                       |
|                        | 12  | Nitritos  | <0,020       | <0,020       | 0,127        | 0,032                           | 0,031        | 0,396         | <0,020        | 0,041  | mg/L N-NO2   | SM 4500-NO2-B                                     |
|                        | 13  | Nitratos  | 5,36         | 2,57         | 5,63         | 1,01                            | 1,2          | 3,06          | 23,0          | 5,54   | mg/L N-NO3   | SM 4500-NO3- B                                    |
|                        | 14  | Fosforo Total                                   | 0,481        | 0,462        | 0,494        | 0,332                           | 0,592        | 0,491         | 2,04          | 1,01   | mg/L P       | SM 4500-PE  |
|                        | 15  | Ortofosfatos                                    | <0,210       | 0,594        | 0,656        | 0,308                           | 0,448        | 0,646         | 1,11          | 1,33   | mg/L P-PO4-3 | SM 4500-P E                                       |
|                        | 16  | Sólidos Sedimentables                           | <0,1         | <0,1         | 0,2          | <0,100                          | <0,100       | <0,100        | N.A           | N.A    | mL/L - h     | SM 2540 F   |
|                        | 17  | Grasas y Aceites                                | <0,200       | <0,200       | <0,200       | <0,200                          | <0,200       | <0,200        | 1,41          | 0,466  | mg/L         | S.M. 5520-C                                       |

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CORRIENTE  
RIO PEDERNAL Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS  
MUNICIPIO DE TERUEL - DEPARTAMENTO DEL HUILA.  
Contrato de consultoría 0350 de 2015

| N° | PARAMETROS RESPONSABLE DEL MONITOREO IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA SITIO DE MUESTREO FECHA | RESULTADOS DE LABORATORIO                       |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  | UNIDAD     | METODO                  |
|----|---|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------|-------------------------|
|    |   | FUNDISPROS Y CHEMICAL LABORATORY SAS - CHEMILAB |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |            |                         |
|    |   | MN 29462<br>C01                                 | MN 29463<br>C02 | MN 29467<br>C06 | MN 29464<br>A01 | MN 29465<br>A03 | MN 29466<br>A05 | MnD 29468<br>V02 | MnD 29469<br>V04 |            |                         |
| 18 | SAAM  | <0,500  | <0,500          | <0,500          | <0,500          | <0,500          | <0,500          | 1,35             | 1,36             | mg/L       | SM 5540 C               |
| 19 | Fenoles   | <0,100  | <0,100          | <0,100          | <0,100          | <0,100          | <0,100          | 0,191            | <0,247           | mg/L       | SM 5530 B SM 5530C      |
| 20 | Hidrocarburos totales del petróleo  | <0,200  | <0,200          | <0,200          | <0,200          | <0,200          | <0,200          | 0,550            | 0,390            | mg/L       | EPA 3510C, 8015D        |
| 21 | Clorofila   | 3,17  | <0,200          | <0,200          | <0,200          | <0,200          | <0,200          | N.A              | N.A              | mg/m3      | SM 10200 H TRICROMÁTICO |
| 22 | Compuestos Organoclorados   | <0,00004  | <0,00004        | <0,00004        | <0,00004        | <0,00004        | <0,00004        | N.A              | N.A              | mg/L       | EPA 8081B, SM 6630 C    |
| 23 | Compuestos Organofosforados   | <0,0004   | <0,0004         | <0,0004         | <0,0004         | <0,0004         | <0,0004         | N.A              | N.A              | mg/L       | EPA 3510 C, EPA 8141 B  |
| 24 | Arsénico (As)   | <0,0025   | <0,0025         | <0,0025         | <0,0025         | <0,0025         | <0,0025         | < 0,0025         | < 0,0025         | mg/L       | SM 3030 E, SM 3113B     |
| 25 | Bario (Ba)  | <0,500  | <0,500          | <0,500          | <0,500          | <0,500          | <0,500          | < 0,500          | < 0,500          | mg/L       | SM 3030 E, SM 3111 D    |
| 26 | Cadmio (Cd)   | <0,010  | <0,010          | <0,010          | <0,010          | <0,010          | <0,010          | < 0,010          | < 0,010          | mg/L       | SM 3030 E, SM 3111B     |
| 27 | Zinc (Zn)   | <0,050  | <0,050          | <0,050          | <0,050          | <0,050          | <0,050          | < 0,050          | 0,073            | mg/L       | SM 3030 E, SM 3111B     |
| 28 | Cobre (Cu)  | <0,100  | <0,100          | <0,100          | <0,100          | <0,100          | <0,100          | < 0,100          | < 0,100          | mg/L       | SM 3030 E, SM 3111B     |
| 29 | Cromo Total (Cr)  | <0,100  | <0,100          | <0,100          | <0,100          | <0,100          | <0,100          | < 0,100          | < 0,100          | mg/L       | SM 3030 E, SM 3111D     |
| 30 | Hierro (Fe)   | <0,200  | <0,200          | <0,200          | 0,543           | <0,200          | 0,408           | 0,326            | < 0,200          | mg/L       | SM 3112 B               |
| 31 | Mercurio (Hg)   | <0,100  | <0,100          | <0,100          | <0,100          | <0,100          | <0,100          | 0,003            | <0,001           | mg/L       | SM 3030 E, SM 3111B     |
| 32 | Níquel (Ni)   | <0,200  | <0,200          | <0,200          | <0,200          | <0,200          | <0,200          | < 0,200          | < 0,200          | mg/L       | SM 3030 E, SM 3111B     |
| 33 | Plomo (Pb)  | <0,100  | <0,100          | <0,100          | <0,100          | <0,100          | <0,100          | < 0,100          | < 0,100          | mg/L       | SM 3030 E, SM 3111B     |
| 34 | Selenio (Se)  | <0,0025   | <0,0025         | <0,0025         | <0,0025         | <0,0025         | <0,0025         | < 0,0025         | < 0,0025         | mg/L       | SM 3030 E, SM 3113B     |
| 35 | Vanadio (Va)  | <2,00   | <2,00           | <2,00           | <2,00           | <2,00           | <2,00           | < 2,00           | < 2,00           | mg/L       | SM 3030 E, SM 3111D     |
| 36 | Cianuros  | <0,011  | <0,011          | <0,011          | <0,011          | <0,011          | <0,011          | <0,011           | <0,011           | mg/L CN    | SM 4500 CN- B, C,E      |
| 37 | Cloruros  | <9,90   | <9,90           | 11,4            | <9,90           | <9,90           | 10,5            | 35,5             | 22,3             | mg/L CL-   | SM 4500-Cl- B           |
| 38 | Sulfatos  | <5,00   | <5,00           | 5,06            | <5,00           | <5,00           | 31,2            | 57,5             | 25,3             | mg/L SO4-2 | SM 4500-SO42-E          |
| 39 | Calcio  | 3,45  | 3,34            | 26,6            | 2,81            | 15              | 27,4            | N.A              | N.A              | mg/L       | SM 3111 D               |

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CORRIENTE  
RÍO PEDERNAL Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS  
MUNICIPIO DE TERUEL - DEPARTAMENTO DEL HUILA.  
Contrato de consultoría 0350 de 2015

| N° | PARAMETROS<br>RESPONSABLE DEL<br>MONITOREO<br>IDENTIFICACIÓN DE LA<br>MUESTRA<br>SITIO DE MUESTREO<br>FECHA | RESULTADOS DE LABORATORIO                       |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  | UNIDAD        | METODO                                     |
|----|---|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|---------------|--|
|    |   | FUNDISPROS Y CHEMICAL LABORATORY SAS - CHEMILAB |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |               |  |
|    |   | MN 29462<br>C01                                 | MN 29463<br>C02 | MN 29467<br>C06 | MN 29464<br>A01 | MN 29465<br>A03 | MN 29466<br>A05 | MnD 29468<br>V02 | MnD 29469<br>V04 |               |  |
| 40 | Manganeso   | 0,107   | 0,107           | 0,146           | 0,121           | 0,123           | 0,161           | N.A              | N.A              | mg Mn/L       | Digestión- AA -<br>Llama<br>Aire Acetileno |
| 41 | Sodio   | 3,28  | 2,97            | 8,93            | 2,03            | 7,17            | 23,1            | N.A              | N.A              | mg/L          | SM 3111 B                                  |
| 42 | Coliformes totales  | 441   | 364             | 13200           | 8010            | 15520           | 111990          | 2603000          | 1046200          | NMP/100<br>mL | SM 9223B                                   |
| 43 | Coliformes Fecales  | 10  | 41              | 633             | 101             | 730             | 19360           | 1664000          | 313000           | NMP/100<br>mL | SM 9221E                                   |
| 44 | E. Coli   | <1,00   | <1,00           | 437             | 38,6            | 2               | 13370           | 987000           | 147000           | NMP/100<br>mL | SM 9223B                                   |

**Tabla 48. Resultados Parámetros medidos en Laboratorio “Cauce principal, Afluente y Vertimientos” –Río Pedernal Campaña N° 2.**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

## 2.15. Determinación de Cargas Contaminantes

En la actualidad las descargas de las aguas residuales domésticas, efluentes industriales, y las escorrentías por uso del suelo en los asentamientos poblacionales, se han convertido en uno de los problemas ambientales más crecientes y de mayor preocupación, también tenemos las aguas negras las cuales han demostrado que poseen bacterias patógenas presentes en las heces humanas, las cuales están relacionadas con enfermedades respiratorias, y portadores de enfermedades a la población infantil. Los residuos industriales como los metales pesados, químicos, sales, grasas y sólidos suspendidos, ayudan a ampliar la brecha de contaminación en los diferentes afluentes.

La determinación de cargas contaminantes es una herramienta de gran utilidad que permite identificar los tramos que presentan gran cantidad de cargas contaminantes en los afluentes; por ende, se debe tener en cuenta los tramos que se van a monitorear.

### 2.15.1. Definición de Vertimientos Representativos

El decreto 3930 de 2010 establece las normas de vertimientos y tramites ambientales aplicables a todo el territorio nacional que deben ser cumplidas por los usuarios; es decir por cualquier persona natural o jurídica que utilice el recurso hídrico además cualquier vertimiento que pueda causar deterioro a un cuerpo de agua o sistema de alcantarillado.

Se caracterización 2 vertimientos representativos, el primero corresponde a la PTAR del casco urbano del municipio de Teruel a la quebrada el Pueblo (Las Mollas) y el segundo corresponde a las aguas residuales del barrio divino niño en el cauce principal del Río Pedernal

### 2.4.2.2. Carga contaminantes en Vertimientos

Dentro del contrato de apoyo interinstitucional N°0350 de 2015, formulación del plan de ordenamiento del recurso hídrico del Río Pedernal, establecen que la determinación de las cargas contaminantes se deben realizar para los parámetros básicos definidos en el Decreto 2667 de 2012. Por lo anterior, las determinación de cargas contaminantes se realizará para los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y sólidos suspendidos totales (SST), establecidos previamente en la resolución 0273 del 1 de Abril de 1997 expedida por el Ministerio de ambiente.

#### Carga contaminantes para DBO5 y SST:

De acuerdo a lo anterior, en la **Tabla 4949** se presentan los resultados de los parámetros fisicoquímicos DBO5 y SST y caudal para los vertimientos monitoreados.

| VERTIMIENTOS | PARAMETROS FISICOQUÍMICOS Y CAUDAL |         |                |         |                     |         |
|--------------|------------------------------------|---------|----------------|---------|---------------------|---------|
|              | DBO5 (mg/L O2)                     |         | SST (mg/L SST) |         | Caudal Promedio L/s |         |
|              | Camp. 1                            | Camp. 2 | Camp. 1        | Camp. 2 | Camp. 1             | Camp. 2 |
| <b>V02</b>   | 31.80                              | 90      | 133            | 34.5    | 2.84                | 1.94    |
| <b>V03</b>   | 127                                | 53.3    | 103            | 44.5    | 6.85                | 10.4    |

**Tabla 49. Resultados de DBO5, SST y Caudal para la determinación de cargas contaminantes en Vertimientos “Campaña 1 y 2”**

Fuente: FUNDISPROS, 2016

Con base en la concentración de los parámetros evaluados y el valor del caudal promedio, se calcula la carga contaminante (Kg/día), de acuerdo con la expresión relacionada a continuación:

$$Cc = Q_p * C_i * 0,086 * \frac{t}{24}$$

Donde:

Cc: Carga contaminante (Kg/día)

Qp: Caudal promedio (L/s)

t: tiempo de vertimiento (h)

Ci: Concentración del parámetro analizado (mg/L)

0,0864: factor de conversión

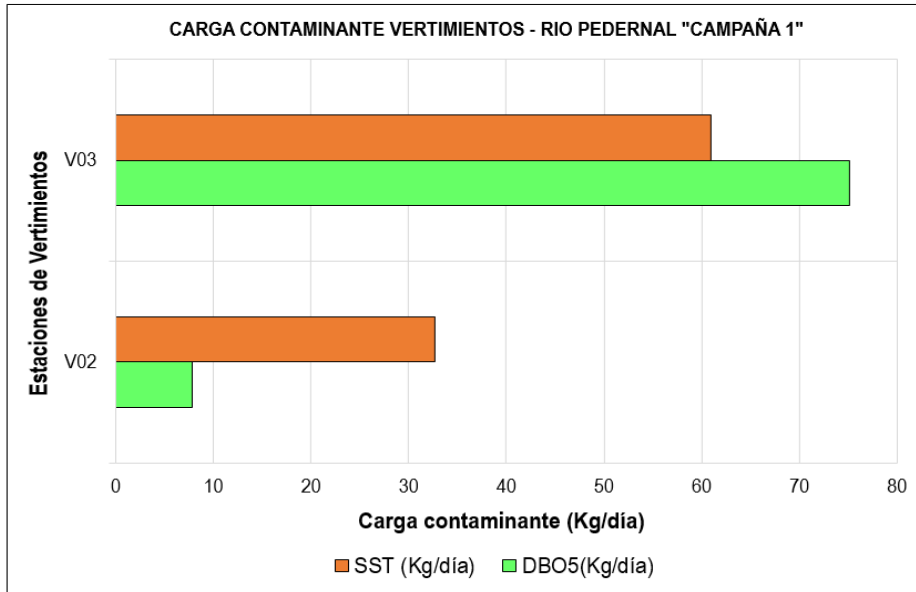
De acuerdo con lo anterior, se presentan los resultados de carga contaminante (objeto de cobro de tasa retributiva) aportada por cada uno de los vertimientos monitoreados.

| VERTIMIENTOS | CARGAS CONTAMINANTES (VALOR OBTENIDO) |         |              |         |
|--------------|---------------------------------------|---------|--------------|---------|
|              | DBO5 (Kg/día)                         |         | SST (Kg/día) |         |
|              | Camp. 1                               | Camp. 2 | Camp. 1      | Camp. 2 |
| <b>V02</b>   | 7.80                                  | 15.08   | 32.64        | 5.78    |
| <b>V03</b>   | 75.16                                 | 47.89   | 60.96        | 39.99   |

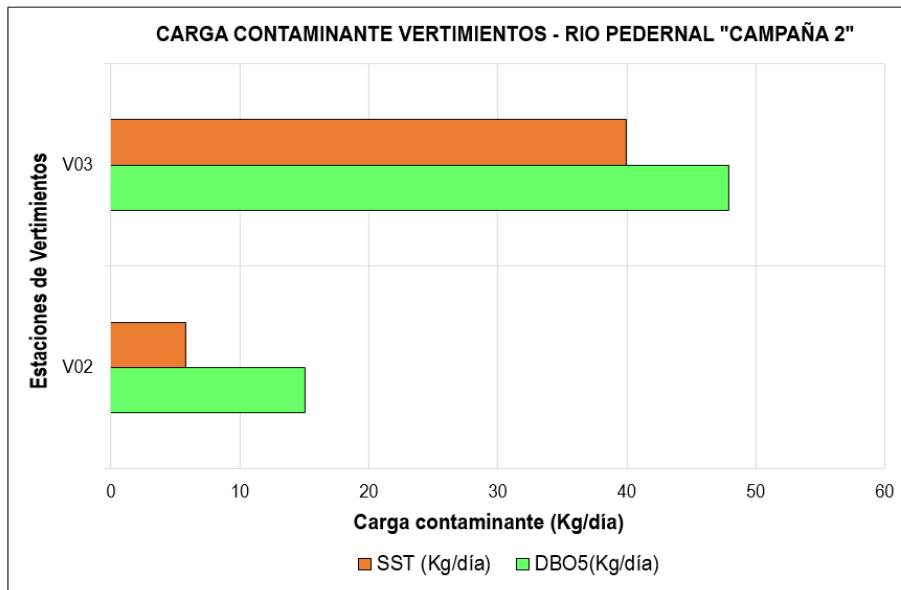
**Tabla 50. Carga Contaminante de vertimientos – Río Pedernal “Campaña 1 y campaña 2”**

Fuente: FUNDISPROS, 2016

Las tablas muestran el comportamiento de la carga contaminante determinada de las dos campañas realizadas para los 2 vertimientos representativos sobre El Río Pedernal y que fueron caracterizados en el presente plan de ordenamiento; la carga determinada para sólidos suspendidos totales y demanda bioquímica de oxígeno presentan un comportamiento similar en cada punto; siendo la mayor carga contaminante la reportada en el vertimiento V03, correspondiente a las aguas de la PTAR del municipio de Teruel, y la menor carga reportada por el vertimiento V02, correspondiente a las aguas residuales del barrio el Divino Niño en el Municipio de Teruel.



**Gráfica 1. Carga contaminante Vertimientos (DBO5 y SST) – Campaña 1.**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.



**Gráfica 2. Carga contaminante Vertimientos (DBO5 y SST) – Campaña 2.**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### 2.15.1.1. Carga contaminante en el cauce principal

A continuación se presenta la carga contaminante para DBO5 y SST determinada en los puntos de monitoreos ubicados sobre el cauce principal del Río Pedernal y sus afluentes Qda. El Cedro, Qda. La María y Qda. Del Pueblo.

| PUNTOS | PARAMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y CAUDAL |         |                |         |                     |         |
|--------|------------------------------------|---------|----------------|---------|---------------------|---------|
|        | DBO5 (mg/L O2)                     |         | SST (mg/L SST) |         | Caudal Promedio L/s |         |
|        | Camp. 1                            | Camp. 2 | Camp. 1        | Camp. 2 | Camp. 1             | Camp. 2 |
| C01    | 5                                  | 5       | 10             | 10      | 110.22              | 143.96  |
| C02    | 5                                  | 5       | 10             | 10      | 146.7               | 215.08  |
| C06    | 5                                  | 5       | 10             | 66.2    | 258.03              | 54.53   |
| A01    | 5                                  | 5       | 10             | 10      | 33.43               | 156.92  |
| A03    | 5                                  | 5       | 10             | 18      | 173.63              | 26.37   |
| A05    | 5                                  | 12.9    | 10             | 14      | 12.5                | 649.97  |

**Tabla 51. Resultados de DBO5, SST y Caudal para la determinación de cargas contaminantes Río Pedernal- "Campaña 1 y 2".**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

| PUNTOS | CARGAS CONTAMINANTES (VALOR OBTENIDO) |         |              |         |
|--------|---------------------------------------|---------|--------------|---------|
|        | DBO5 (Kg/día)                         |         | SST (Kg/día) |         |
|        | Camp. 1                               | Camp. 2 | Camp. 1      | Camp. 2 |
| C01    | 47.62                                 | 62.19   | 95.23        | 124.38  |
| C02    | 63.37                                 | 92.91   | 126.75       | 185.83  |
| C06    | 111.47                                | 23.56   | 222.94       | 311.89  |
| A01    | 14.44                                 | 67.79   | 28.88        | 135.58  |
| A03    | 75.01                                 | 11.39   | 150.02       | 41.01   |
| A05    | 5.40                                  | 724.43  | 10.80        | 786.20  |

**Tabla 52. Carga Contaminante – Río pedernal "Campaña 1 y 2"**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

En la primera campaña de monitoreo; la menor carga contaminante se encuentra en los puntos C01 y C02, correspondientes al Río Pedernal antes de todo uso y vertimiento y al Río Pedernal antes de la Bocatoma del Municipio de Teruel, respectivamente. La mayor carga contaminante se encontró el punto C06, correspondientes al Río Pedernal antes de la desembocadura al Río Yaguará; esto se debe a la carga contaminante significativa aportada por la Qda. La María, Qda. El Pueblo y los vertimientos de las aguas residuales del casco urbano del municipio de Teruel y el barrio el Divino Niño.

En la segunda campaña, la carga contaminante en la desembocadura (C06), disminuyó considerablemente, debido a que la carga genera en el vertimiento del casco urbano de Teruel, también disminuyó, de acuerdo a los datos tomados en el día del monitoreo.

## 2.16. Elaboración de perfiles de calidad del cuerpo de agua

Los perfiles de calidad sobre el cauce principal del Río Pedernal permitirán observar y analizar el comportamiento del Río en los puntos monitoreados y los cambios largo de su trayecto desde el inicio en el Cerro Pan de azúcar, hasta su desembocadura en el Río Yaguará.

Mediante estos perfiles se identifica y evalúa el comportamiento de la fuente hídrica como receptora de vertimientos, la asimilación y depuración de esta fuente hídrica a lo largo de su trayecto.

### **2.16.1. Perfiles de calidad actual y análisis de resultados**

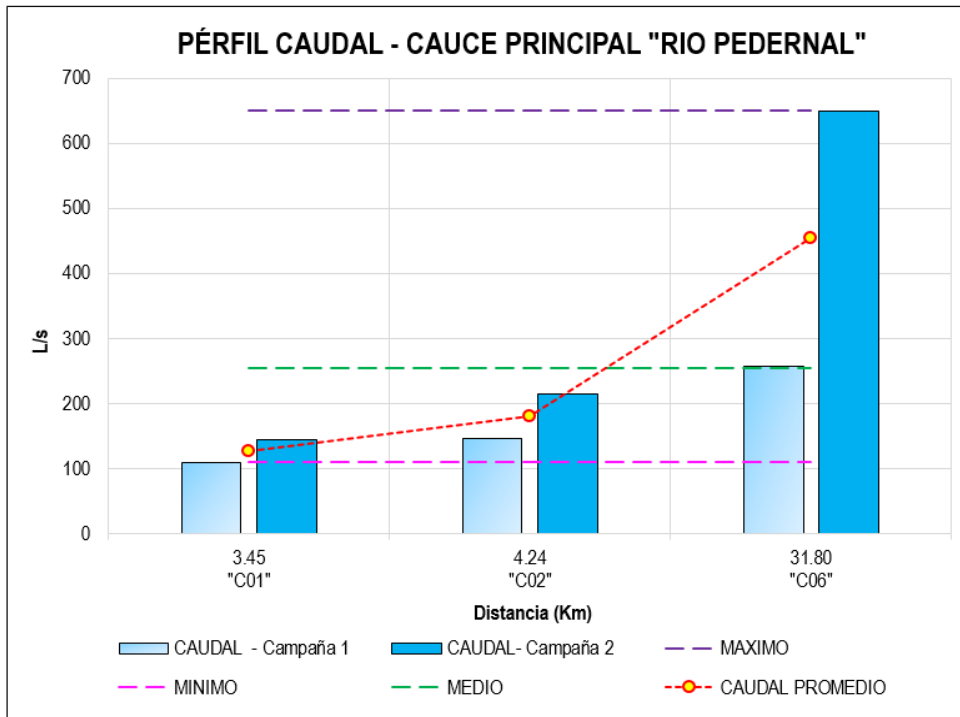
Las aguas superficiales naturales, al entrar en unión con diversos medios como el aire, el suelo, la vegetación y el subsuelo, pueden incorporar parte de los mismos por solución o arrastre, o también, por intercambio en el caso de los gases. Además de estos factores se debe tener en cuenta la actividad de los seres vivos inherentes del medio acuático; que interrelacionan con el mismo a través de múltiples procesos biológicos en los que se eliminan y producen diversas sustancias. Del mismo modo, la composición fisicoquímica natural de las aguas puede verse alterada también por las actividades humanas: agrícolas, ganaderas e industriales, principalmente. Según esto, las aguas superficiales presentan compuestos diversos en función de su procedencia y aportes de sustancias por escorrentía e infiltración; por tal razón, para evaluar la calidad del cuerpo de agua superficial es necesario tener en cuenta ciertos parámetros físicos, químicos y orgánicos.

#### **2.16.1.1. Parámetros In Situ**

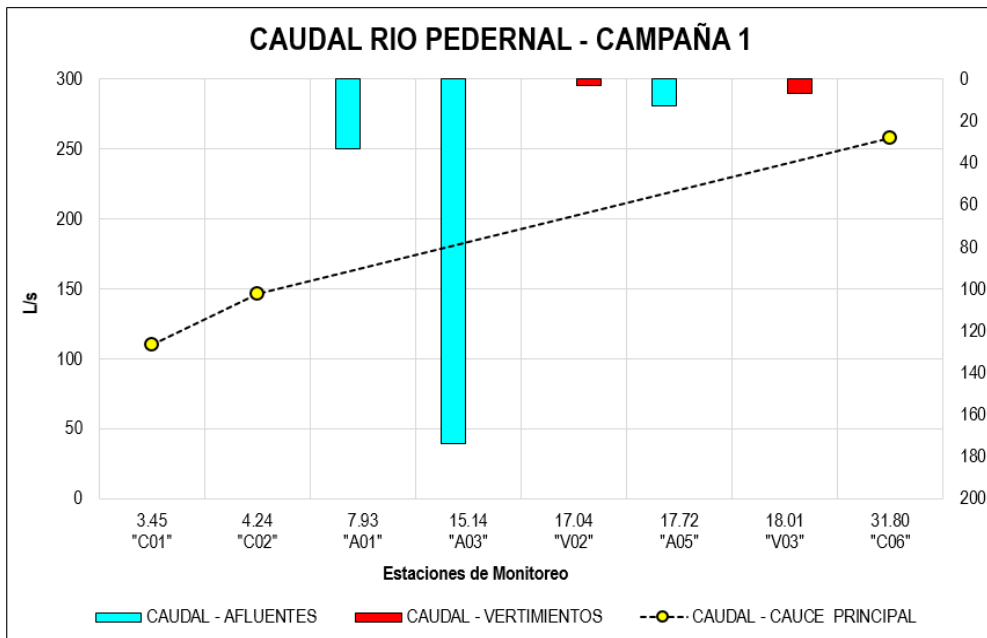
##### **Caudal**

Corresponde a la cantidad de agua en litros por segundo contenida en el cauce principal del Río Pedernal y sus afluentes, en el momento en el que se efectuó la primera campaña de monitoreo.

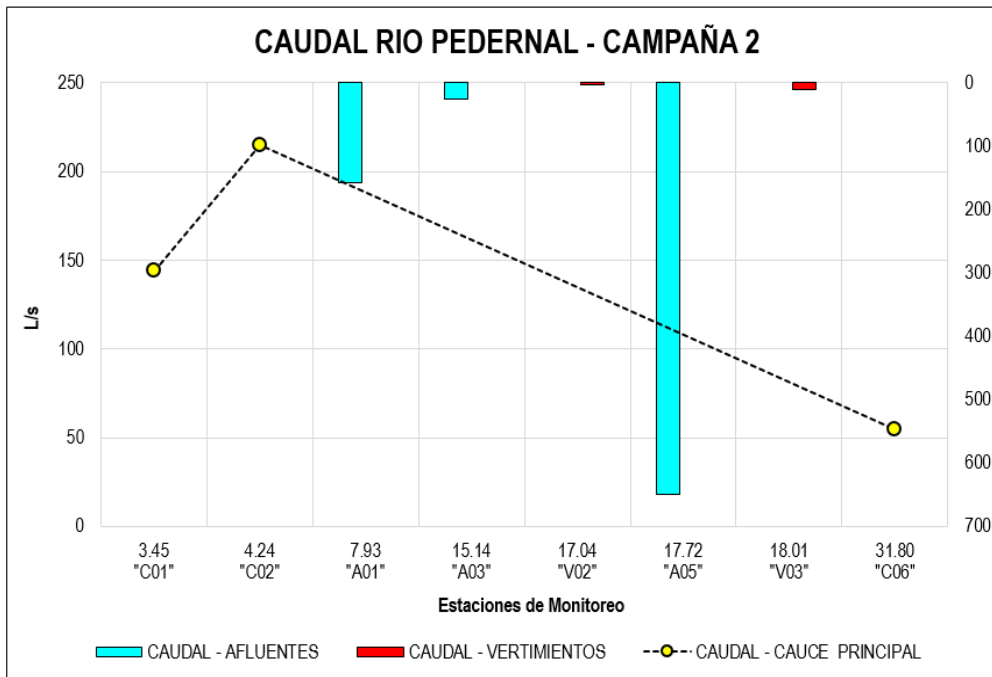
Las siguientes gráficas muestran el comportamiento del caudal a lo largo del Río Pedernal, sus afluentes principales y sus vertimientos representativos; los datos corresponden a la primera y segunda campaña de monitoreo, realizada en el mes de septiembre de año 2016 (época de verano) y octubre del año 2016 (época de invierno); el mayor caudal se reportó en la estación C06, correspondiente a antes de la desembocadura del Río pedernal al Río Yaguará. En los puntos ubicados sobre el cauce principal el caudal es creciente, esto debido al aporte significativo de sus tributarios.



**Gráfica 3. Perfil de Caudal – Cauce principal Río Pedernal**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.



**Gráfica 4. Perfil de Caudal Río Pedernal "Campaña 1"**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.



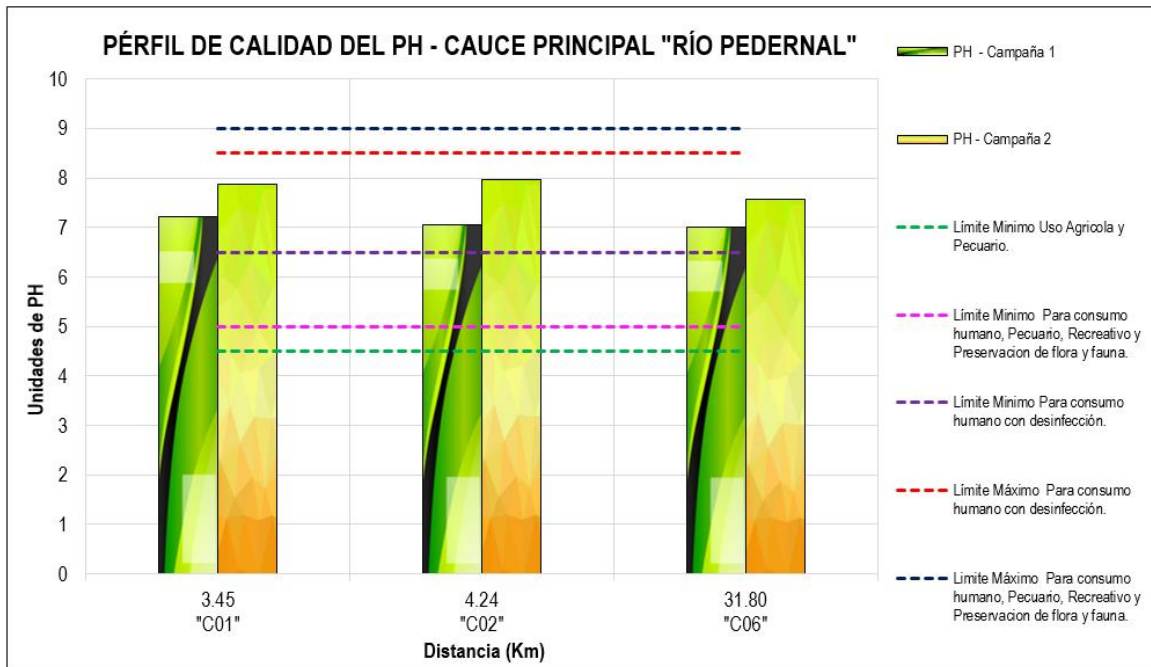
**Gráfica 5. Perfil de Caudal Río Pedernal “Campaña 2”**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

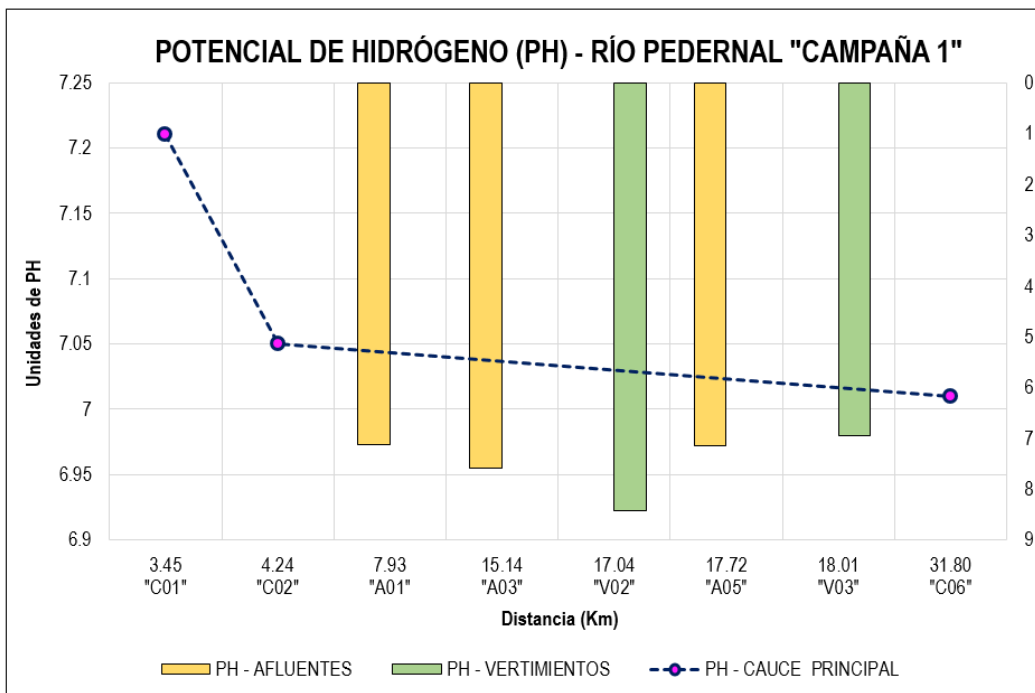
## Potencial de Hidrogeno – Ph

La tendencia central del Ph es uniforme en todos los puntos monitoreados sobre el cauce principal los afluentes del Río Pedernal, pues estos mantienen un Ph básico en todo el trayecto de la corriente; en cuanto a calidad el pH de la corriente se encuentra dentro de los rangos permisibles por el decreto 1594 de 1984, para consumo humano (Art 38 y 39), uso agrícola (art 409, uso pecuario (art41), uso recreativo mediante contacto primario (art 42) y secundario (art 43) y preservación de flora y fauna (art 45).

El comportamiento del pH en la dos campañas de monitoreo fue ideal, pues cumple con los límites permisibles para los diferentes usos descritos en el decreto 1594 de 1984.



**Gráfica 6. Perfil de Calidad del PH – Cauce principal Río Pedernal**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.

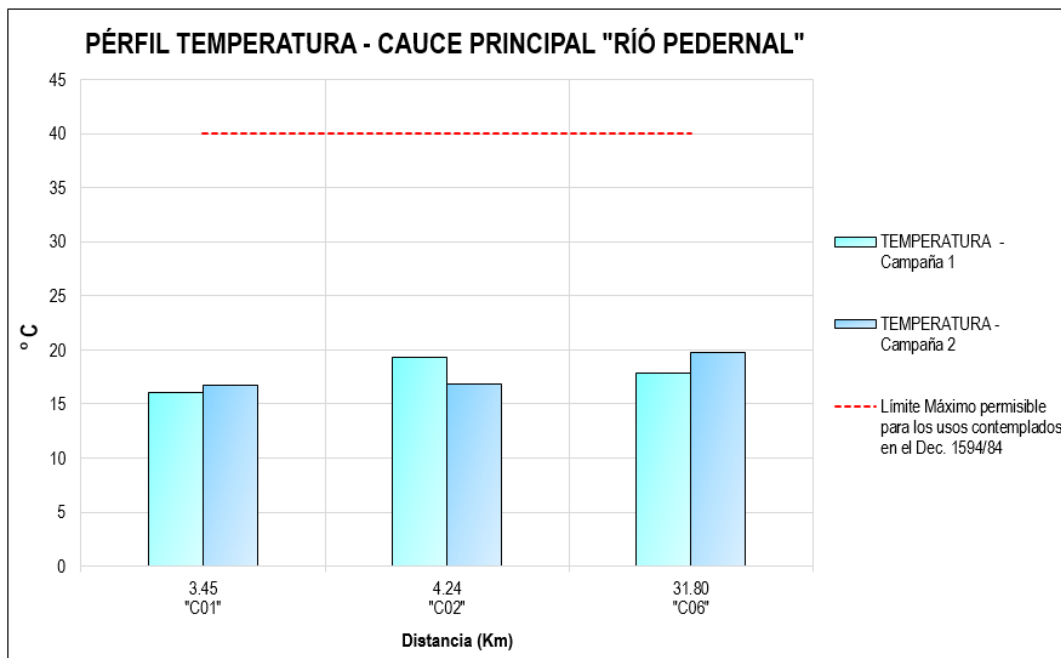


**Gráfica 7. Comportamiento del PH Río Pedernal “Campaña 1”**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.

## Temperatura

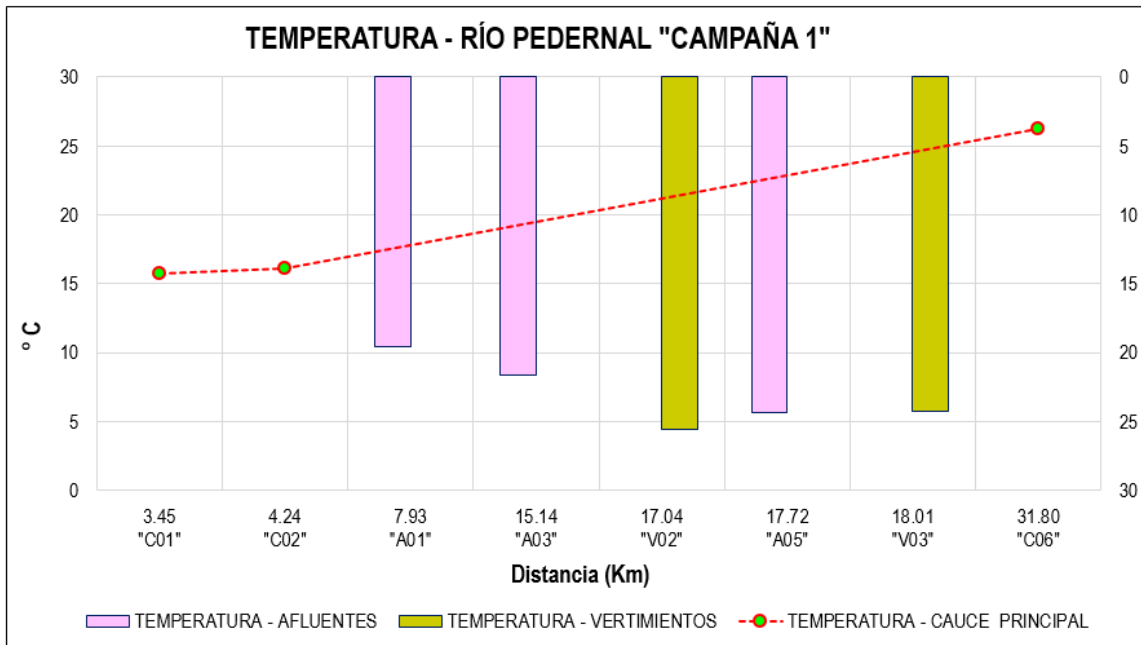
La temperatura del agua se comportó de manera homogénea, oscilando entre 15.7 y 26.2 °C en el mes de septiembre. El comportamiento de este parámetro respondió claramente a la hora del día que fue monitoreado.

Todos los puntos que se evaluaron se encuentran por debajo del límite máximo permisible de temperatura (40°C), es decir que cumplen con todos los usos registrados en el decreto 1594 de 1984, consumo humano (Art 38 y 39), uso agrícola (art 40), uso pecuario (art 41), uso recreativo mediante contacto primario (art 42) y secundario (art 43) y preservación de flora y fauna (art 45). Por tanto no existirán restricciones de uso con respecto a este parámetro.

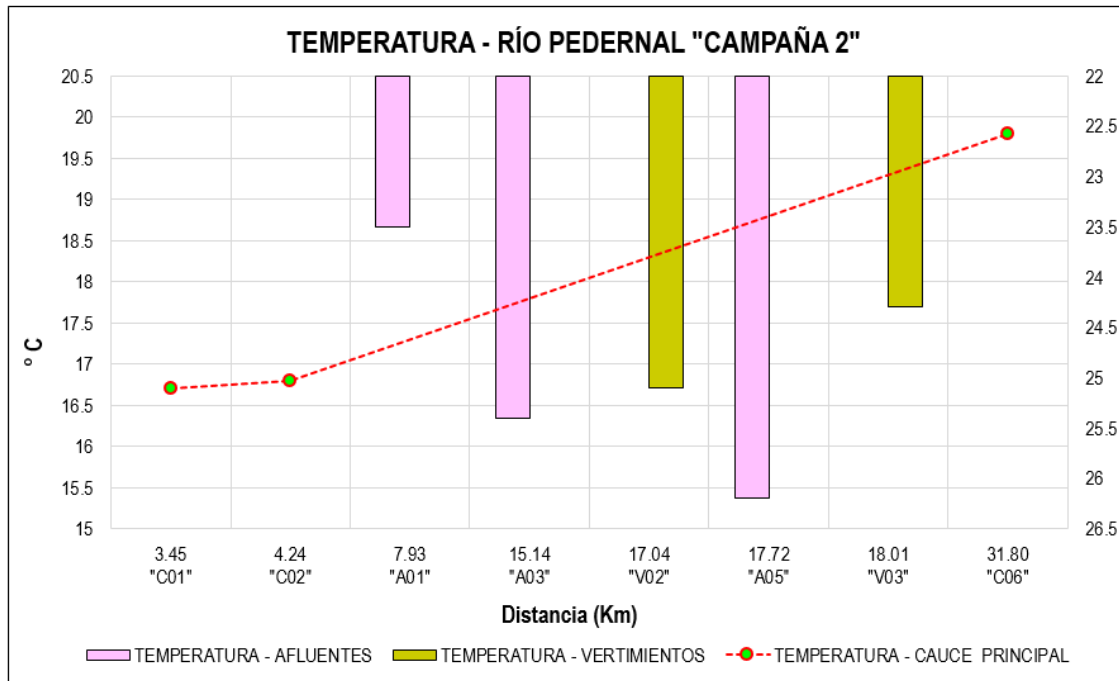


**Gráfica 8. Perfil de Calidad de la Temperatura – Cauce principal Río Pedernal.**

**Fuente:** FUNDISPROS, 2016.



**Gráfica 9. Comportamiento de la Temperatura Río Pedernal "Campaña 1".**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.



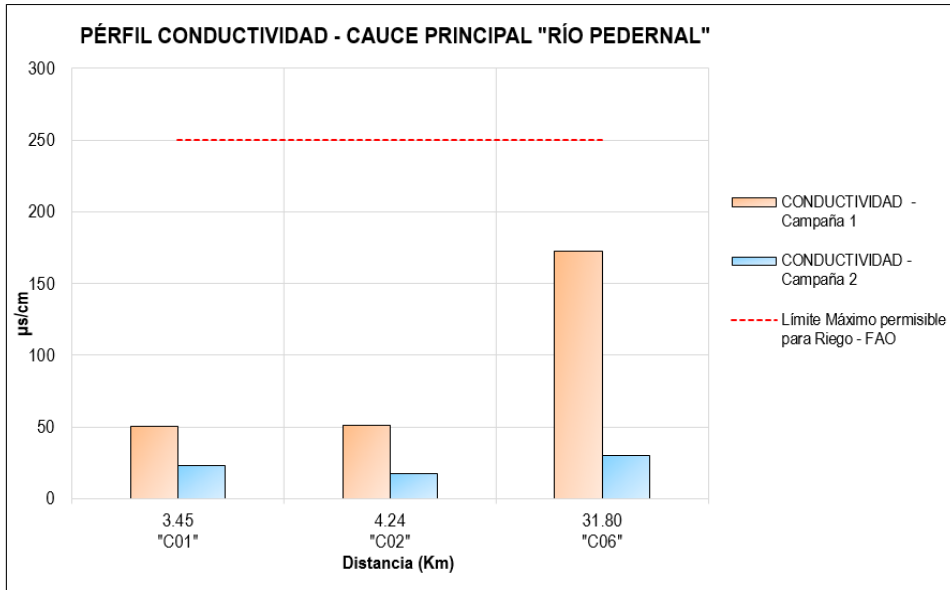
**Gráfica 10. Comportamiento de la Temperatura Río Pedernal "Campaña 2".**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.

## Conductividad Eléctrica

La conductividad específica es una medida importante de la calidad del agua, ya que indica la cantidad de materia disuelta en la misma.

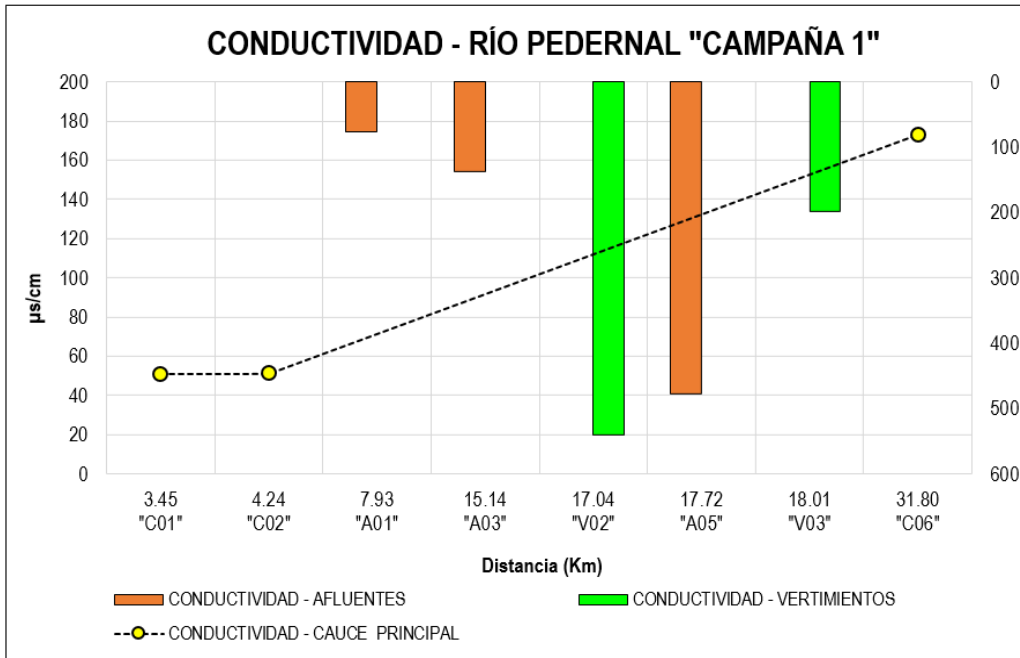
Según la

11 y de acuerdo a la clasificación propuesta por el U.S. Salinity laboratory y a los resultados de conductividad eléctrica obtenidos en los sitios de muestreo sobre el cauce principal se deduce que el agua es de baja salinidad.

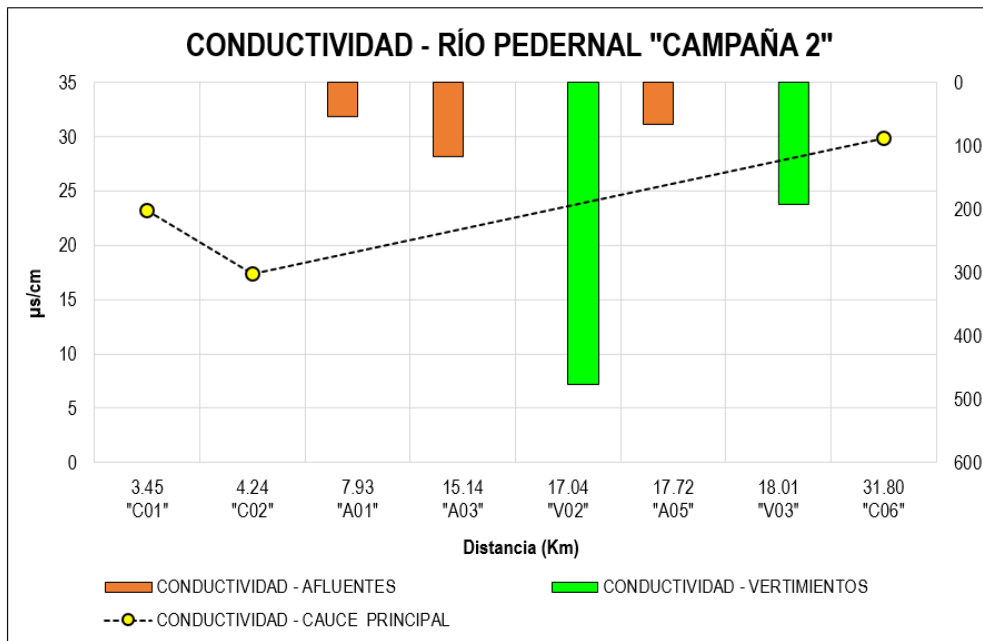


Gráfica 11. Perfil de Calidad de la conductividad – Cauce principal Río Pedernal.

Fuente: FUNDISPROS, 2016.



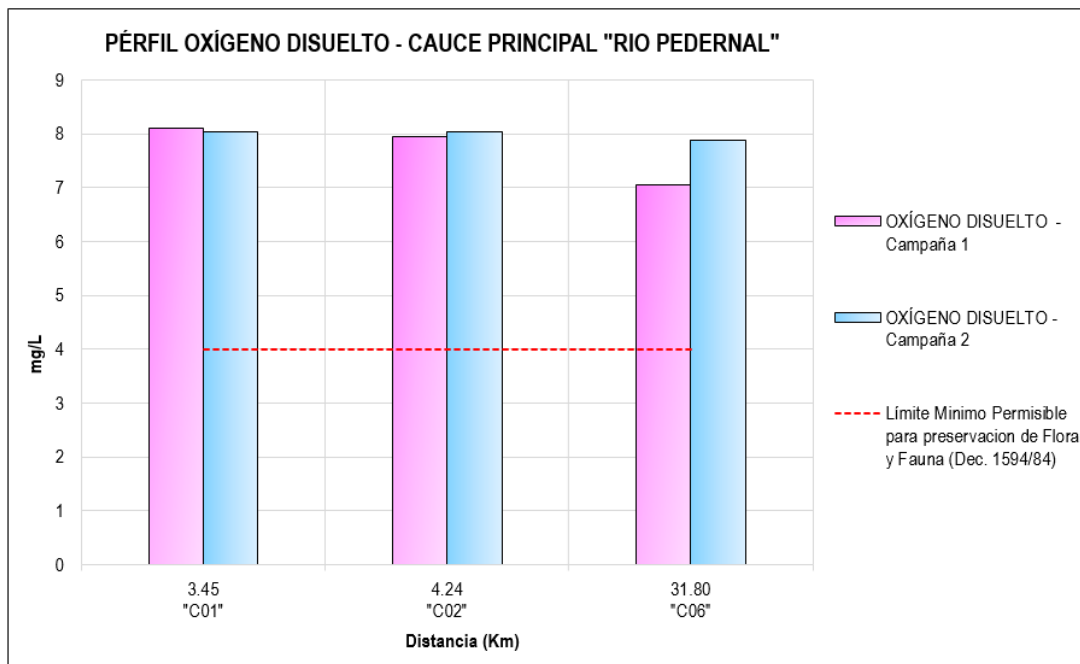
**Gráfica 12. Comportamiento de la conductividad Río Pedernal "Campaña 1".**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.



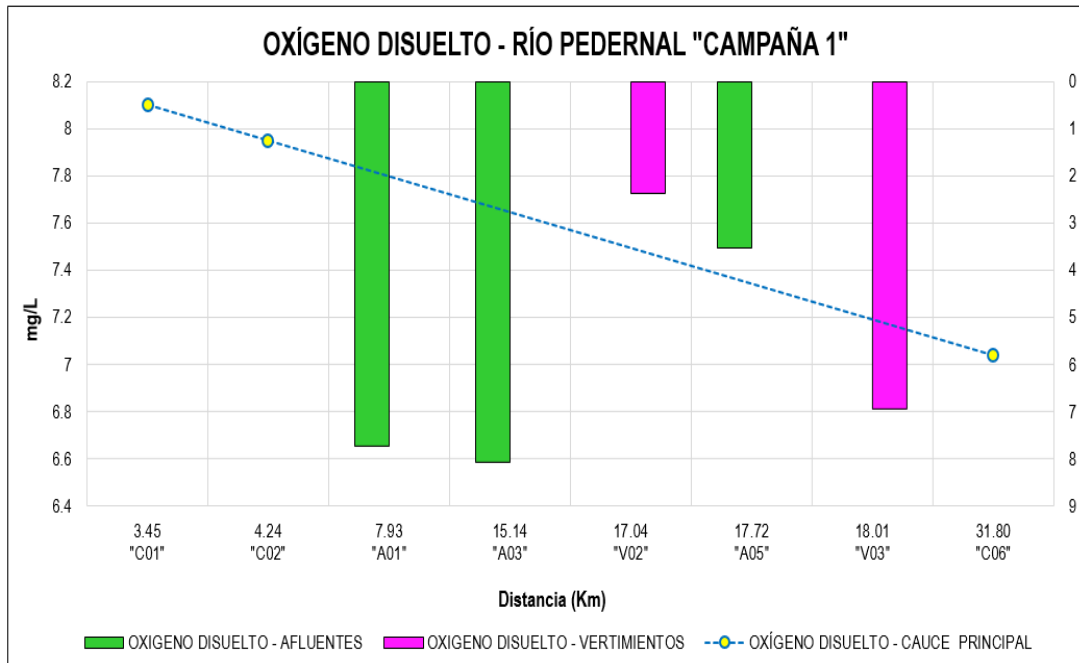
**Gráfica 13. Comportamiento de la conductividad Río Pedernal "Campaña 2".**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.

## Oxígeno Disuelto

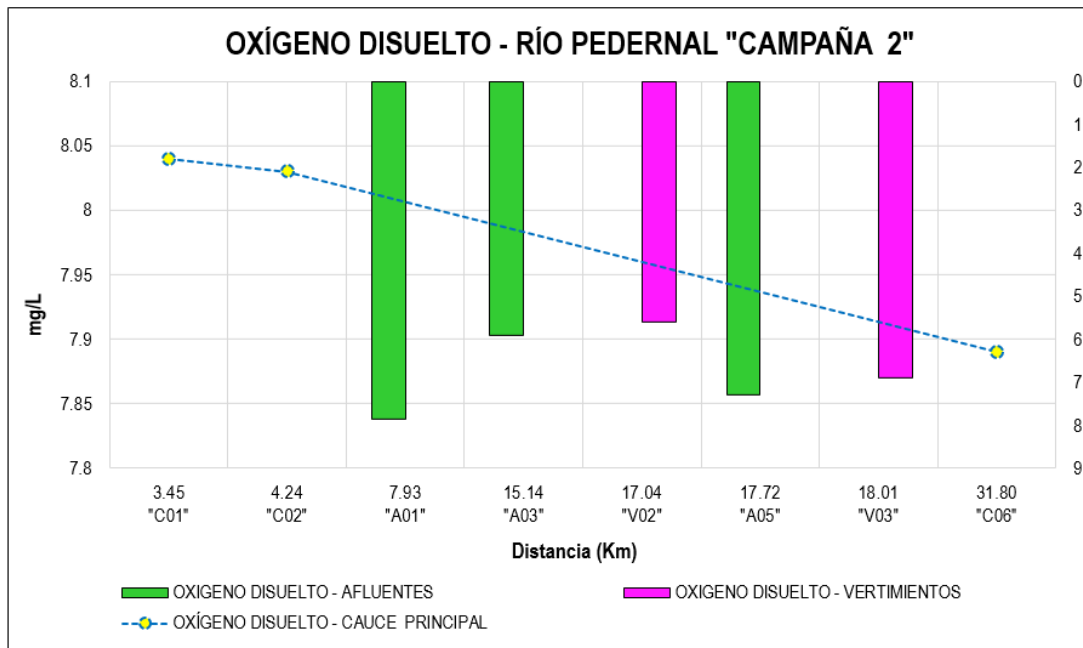
El oxígeno disuelto en el Río Pedernal es aceptable sobre cauce principal de la corriente, es decir que cumple con lo requerido para la preservación de flora y fauna, esto se debe a entrada de diversos tributarios que permiten una buena oxigenación y aireación para aumentar la capacidad de asimilación y depuración de la corriente. En la estación A05 correspondiente a la Quebrada del Pueblo (Las Mollas) antes de desembocar al Río Pedernal, se presenta un déficit de oxigenación debido al vertimiento de las aguas residuales de la PTAR del municipio de Teruel el cual cae a la quebrada el pueblo.



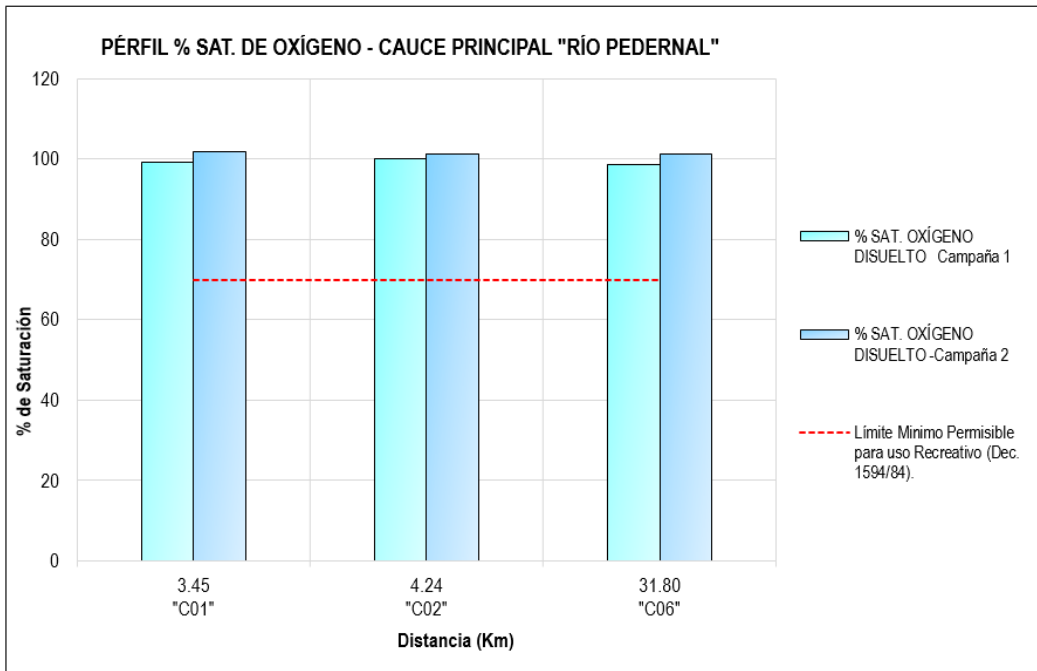
**Gráfica 14. Perfil de Calidad del Oxígeno disuelto – Cauce Ppal. Río Pedernal**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.



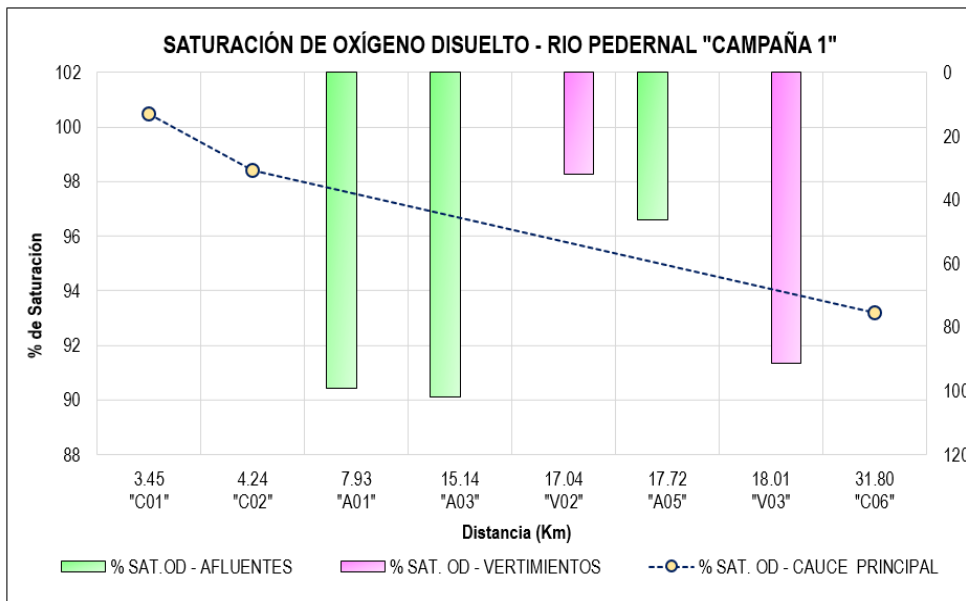
**Gráfica 15. Comportamiento del Oxígeno disuelto Río Pedernal "Campaña 1"**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.



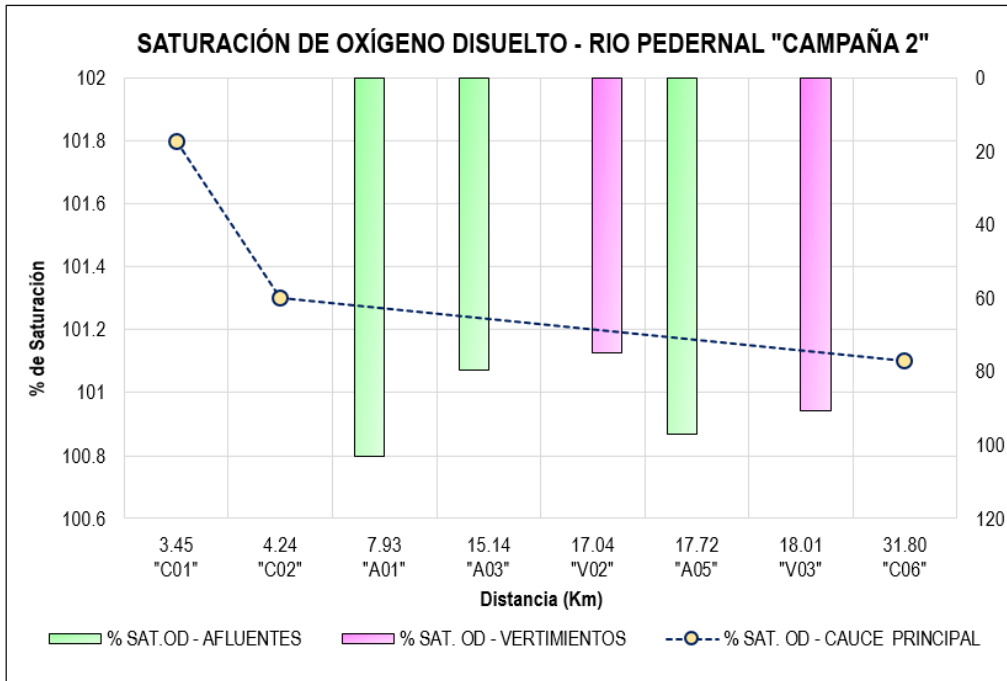
**Gráfica 16. Comportamiento del Oxígeno disuelto Río Pedernal "Campaña 2"**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.



**Gráfica 17. Perfil de Calidad de la saturación de oxígeno – Cauce Ppal. Río Pedernal.**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.



**Gráfica 18. Comportamiento del % sat. De Oxígeno Disuelto Río Pedernal "Campaña 1"**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.



**Gráfica 19. Comportamiento del % sat. De Oxígeno Disuelto Río Pedernal "Campaña 2".**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### 2.16.1.2. Parámetros evaluados en el laboratorio

A continuación se presentan el análisis de los resultados de las variables fisicoquímicas medidas en el laboratorio de las estaciones de monitoreo sobre el Río Pedernal y sus principales afluentes, de acuerdo con las muestras recolectadas durante las campañas de monitoreo realizadas en Septiembre y Octubre de 2016. La determinación de los parámetros en el laboratorio fue realizado por CHEMICAL LABORATORY – CHEMILAB S.A.S.

### **Demanda Biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

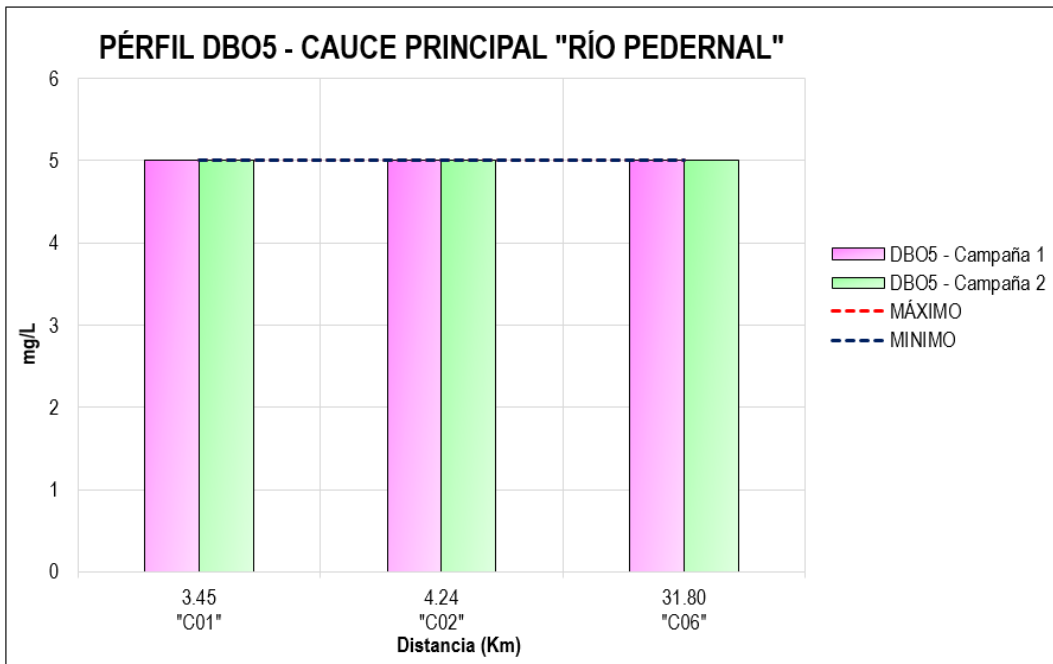
Con respecto al presente monitoreo, se encontró que en todos los puntos ubicados sobre el cauce principal se reportaron concentraciones no detectables al método analítico. El comportamiento de estos parámetros señala que las aguas superficiales monitoreadas presentan un contenido poco relevante de materia orgánica biodegradable, que denotan una calidad aceptable e indican que este cuerpo hídrico posee capacidades de autodepuración.

Por el contrario en los puntos ubicados en los vertimientos caracterizados se encontraron concentraciones entre 42.1 mg/L y 155 mg/L, se denota que corresponden a aguas fuertemente contaminadas.

| DBO5                                       | CRITERIO                | DESCRIPCIÓN  |
|--|-------------------------|--|
| Menor o igual a 3 mg/L                     | Excelente               | No Contaminada   |
| Mayor a 3 mg/L y menor o igual a 6 mg/L    | Buena calidad           | Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable |
| Mayor a 6 mg/L y menor o igual a 30 mg/L   | Aceptable               | Aguas superficiales con capacidades de autodepuración                    |
| Mayor a 30 mg/L y menor o igual a 120 mg/L | Contaminada             | Aguas superficiales con descargas de aguas residuales                    |
| Mayor a 120 mg/L                           | Fuertemente contaminada | Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales. |

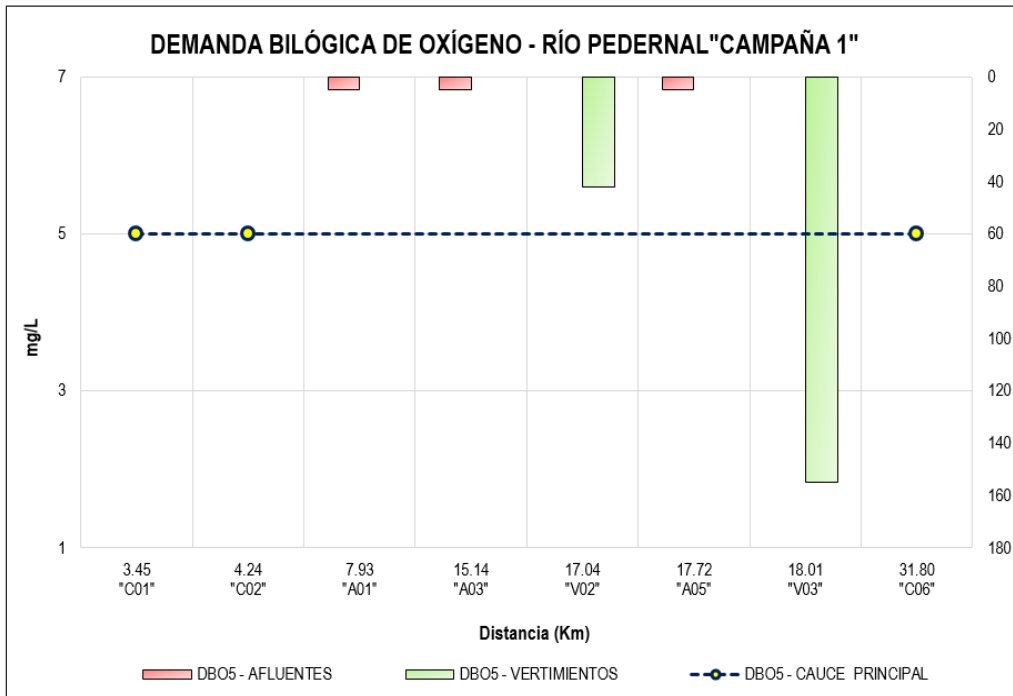
**Tabla 53. Escala de calificación de calidad de agua, con base en la DBO.**

Fuente. Sánchez, 2007

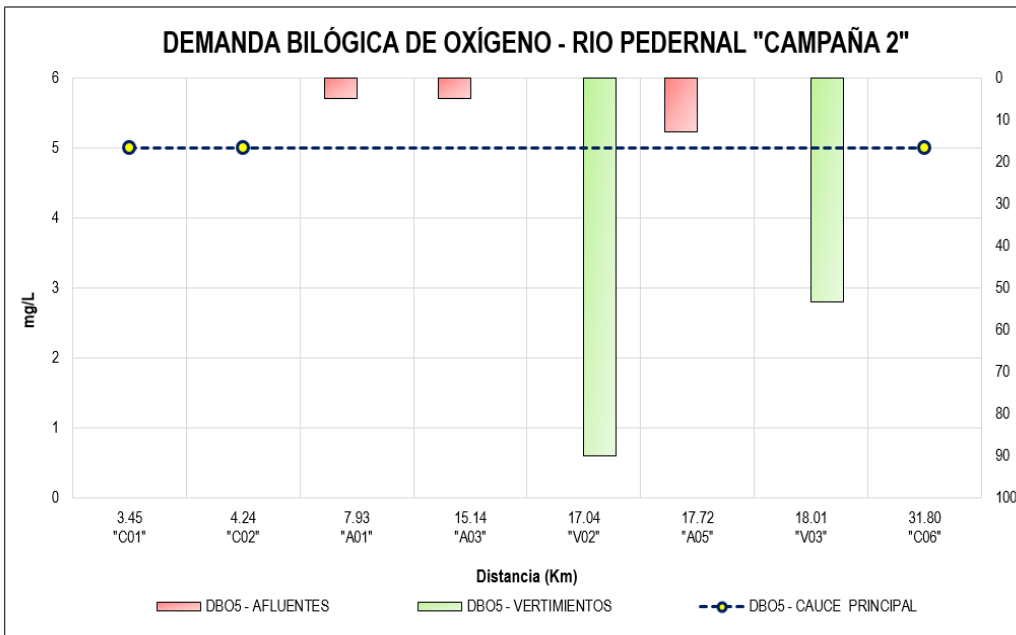


**Gráfica 20. Perfil de Calidad de la DBO5 – Cauce principal Río Pedernal**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.



**Gráfica 21 Comportamiento de la DBO5 Río Pedernal "Campaña 1"**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.



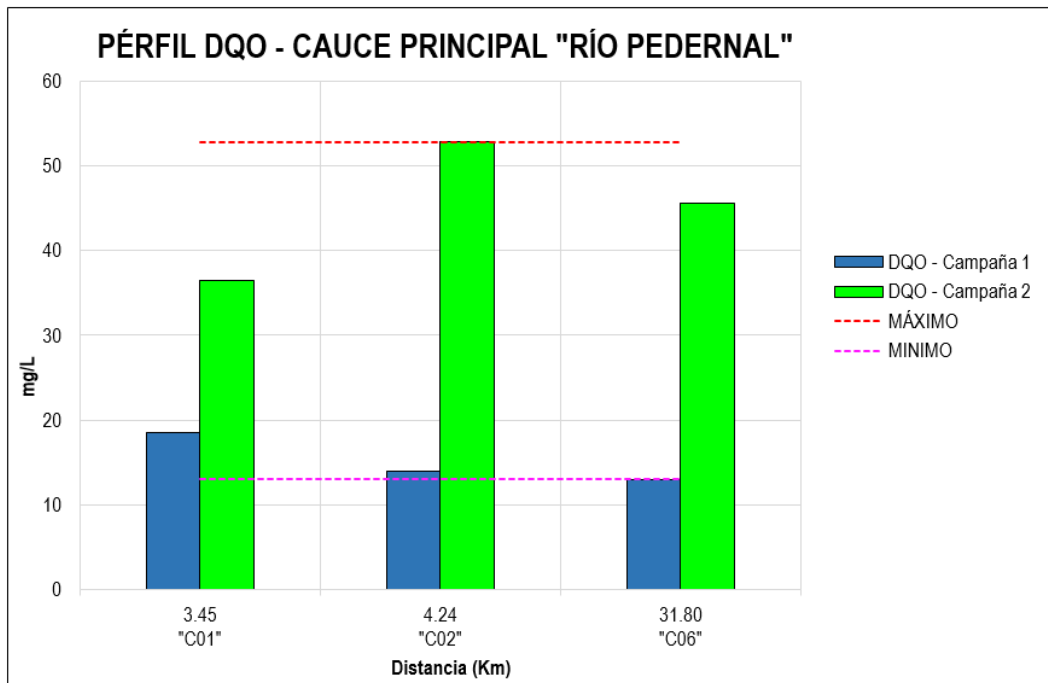
**Gráfica 22 Comportamiento de la DBO5 Río Pedernal "Campaña 2".**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.

## Demanda química de oxígeno (DQO)

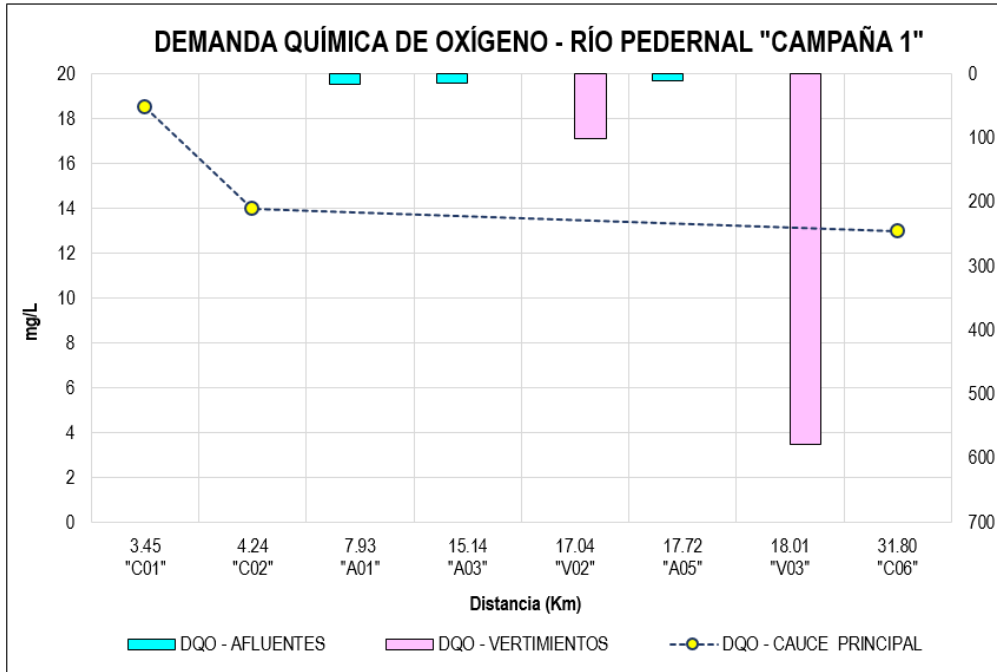
La DQO registró durante la primera campaña concentraciones que oscilaron entre 13 mg/L y 18.50 mg/L, lo que indica que no existe una concentración relevante de materia orgánica susceptible de ser degradada por este medio.

Durante la segunda campaña se registraron concentraciones entre 36.5 mg/L y 52.8 mg/L.

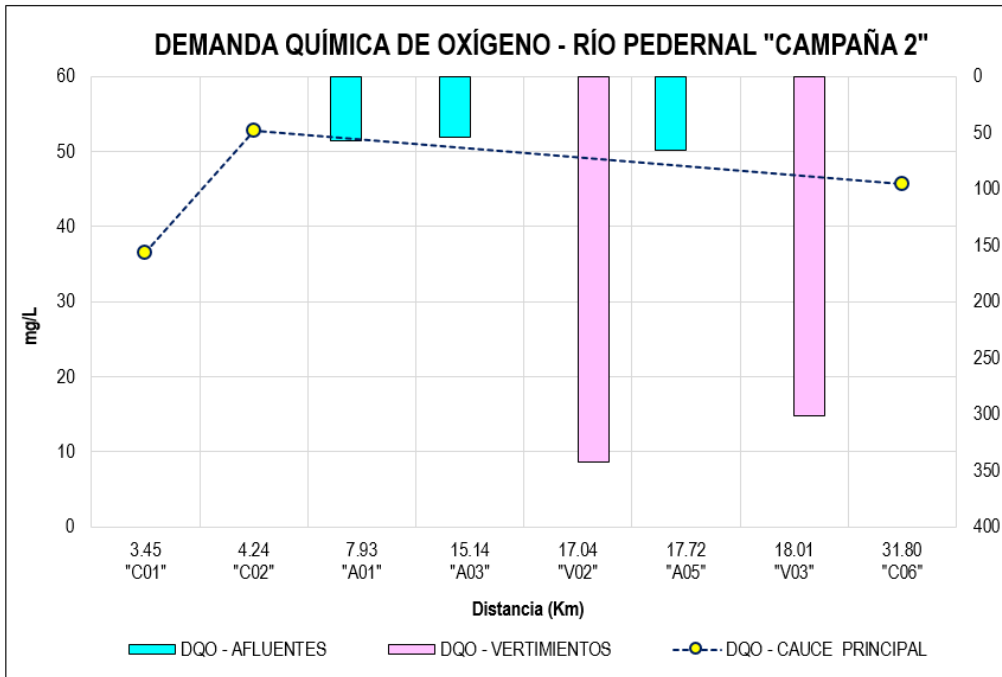
Por el contrario los resultados de los vertimientos caracterizados presentaron valores relevantes en cuanto a la demanda química de oxígeno.



**Gráfica 23. Perfil de Calidad de la DQO – Cauce principal Río Pedernal**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.



**Gráfica 24. Comportamiento de la DQO Río Pedernal "Campaña 1"**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016



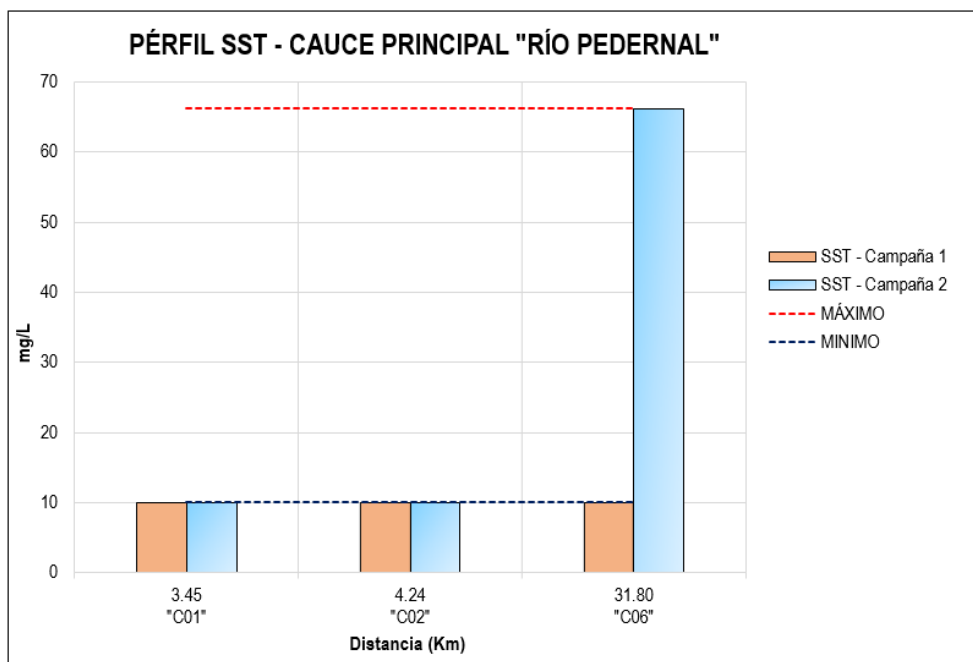
**Gráfica 25. Comportamiento de la DQO Río Pedernal "Campaña 2".**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### Los sólidos suspendidos totales

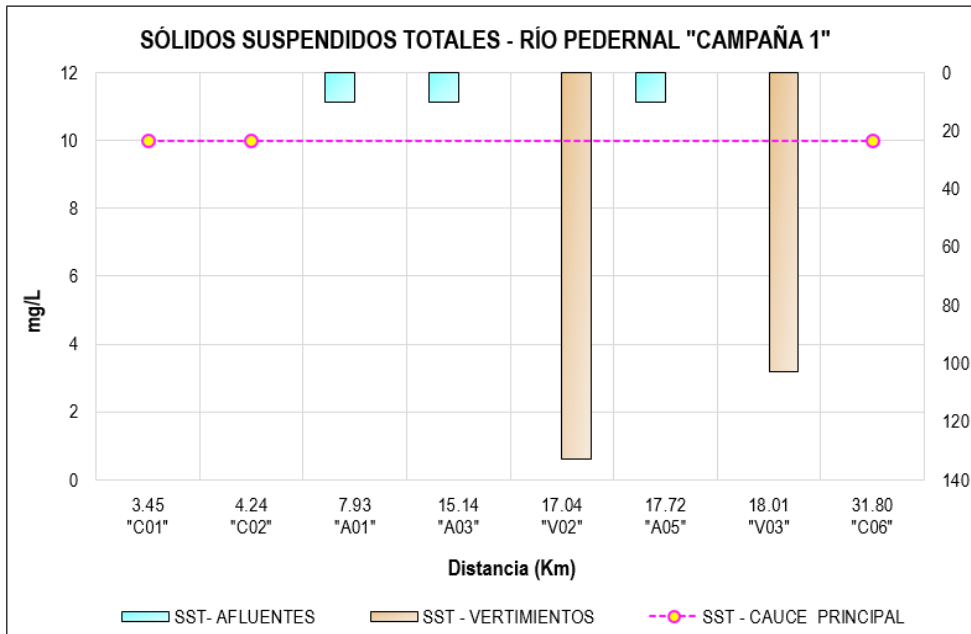
Registraron concentraciones inferiores al límite del método analítico empleado por el laboratorio en los puntos C01, C02 y C06, en la primera campaña.

Durante la segunda campaña se presentó un cambio significativo en la estación C06, correspondiente a la desembocadura del Río Pedernal al Río Yaguará con un valor de 66.2 mg/L, esto debido al arrastre de partículas acelerado en época de invierno.

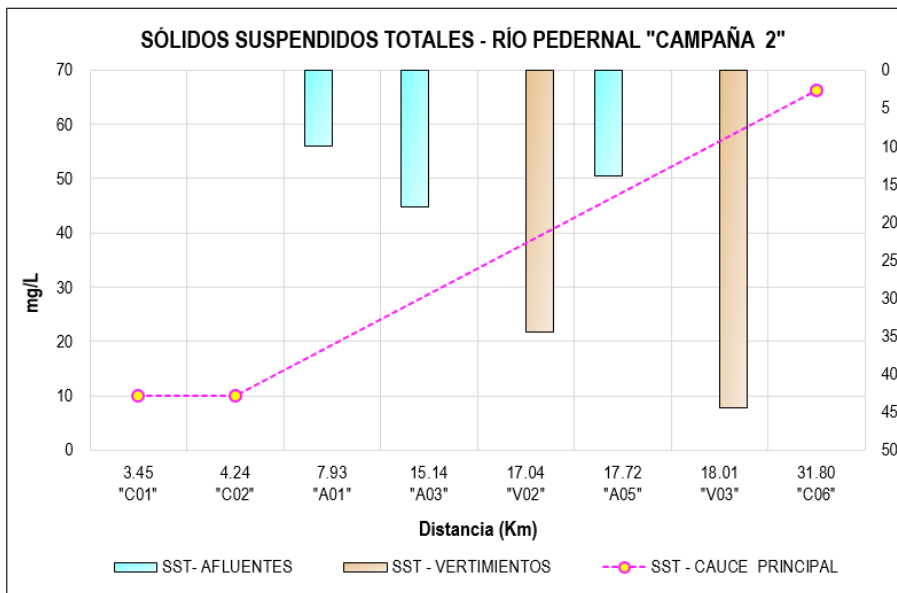
Por el contrario los resultados de los vertimientos caracterizados presentaron valores relevantes, lo que resulta coherente con el reflejado por la turbiedad, denotando la correlación entre estos parámetros.



**Gráfica 26. Perfil de Calidad de SST – Cauce principal Río Pedernal.**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.



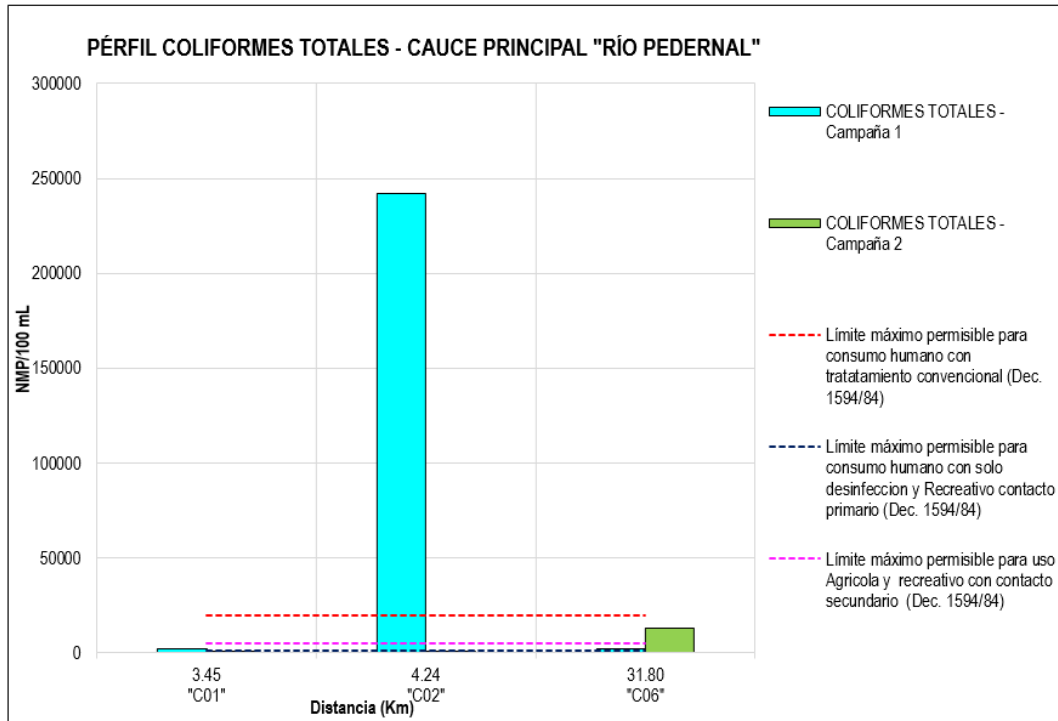
**Gráfica 27. Comportamiento de SST Río pedernal "Campaña 1".**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.



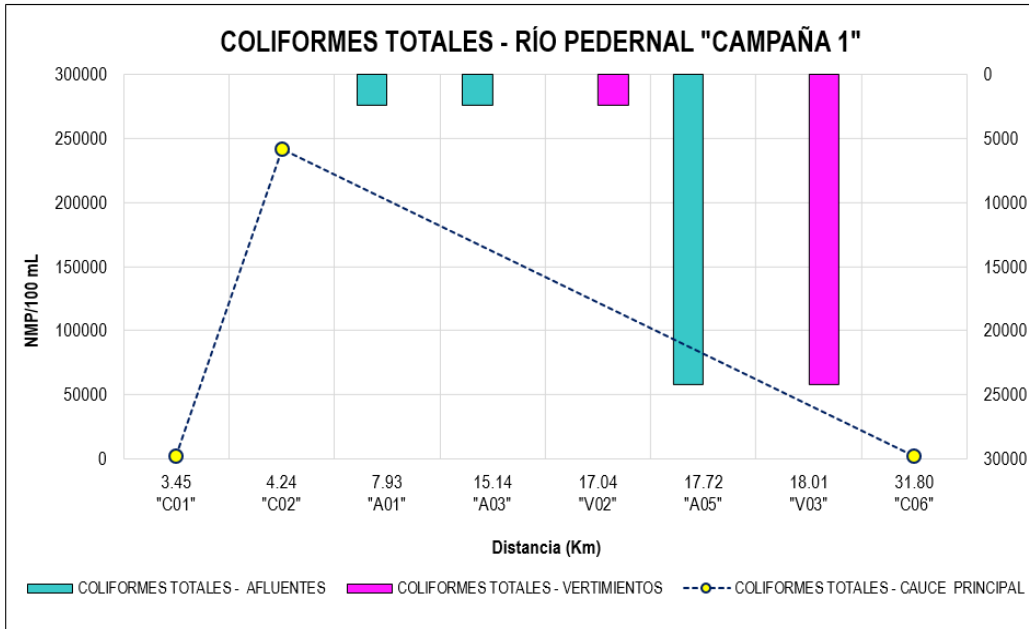
**Gráfica 28. Comportamiento de SST Río pedernal "Campaña 2".**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.

## Los Coliformes Totales

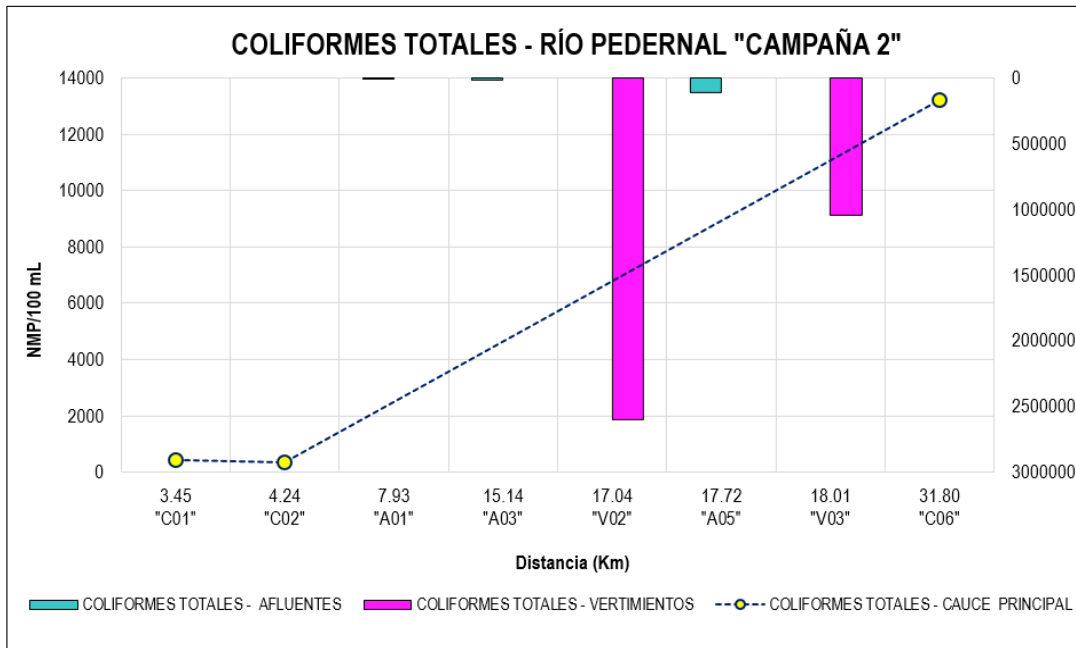
Registraron poblaciones entre 1996 NMP/100mL (Punto C01) y 2411966 NMP/100mL (Punto C02). Los resultados obtenidos reflejan el cumplimiento de lo contemplado en el artículo 39 del Decreto 1594 de 1984, excepto en el punto C03 y C08; excepto en la estación C02, lo q indica que la corriente presenta fuertes problemas de contaminación por materia orgánica desde la parte alta de la corriente.



**Gráfica 29. Perfil de Calidad de los coliformes totales – Cauce Ppal. Río Pedernal**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.



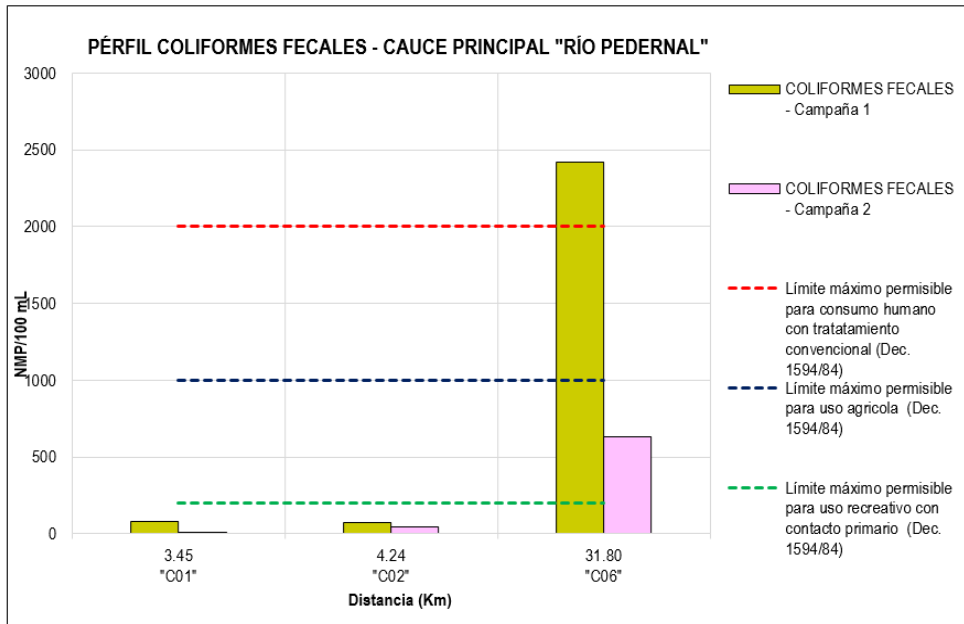
**Gráfica 30. Comportamiento de Los coliformes totales Río pedernal Campaña 1**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.



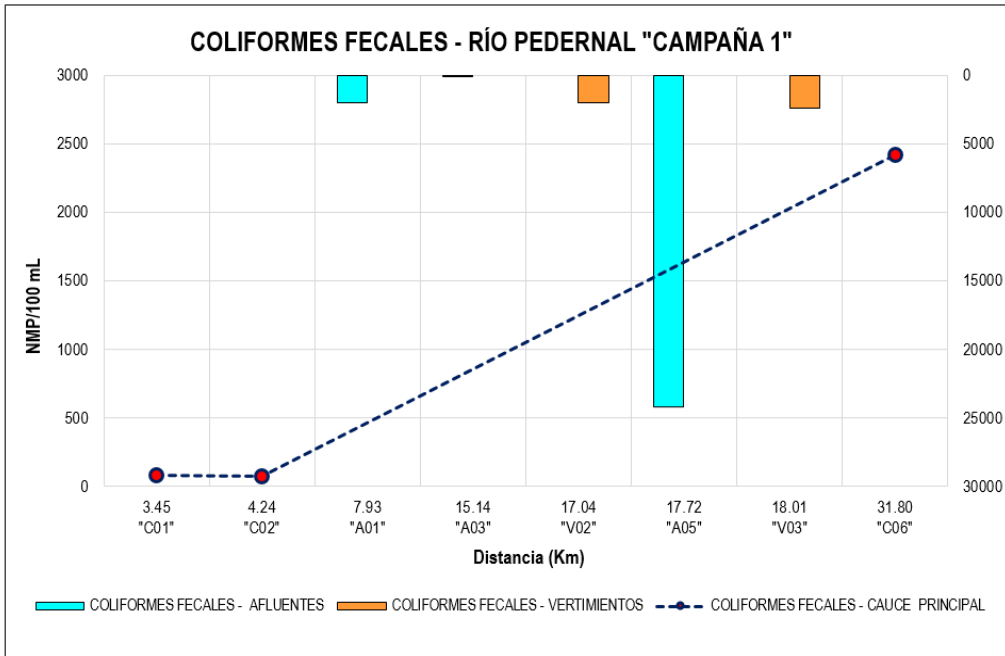
**Gráfica 31. Comportamiento de Los coliformes totales Río pedernal Campaña 2**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.

## Los Coliformes Fecales

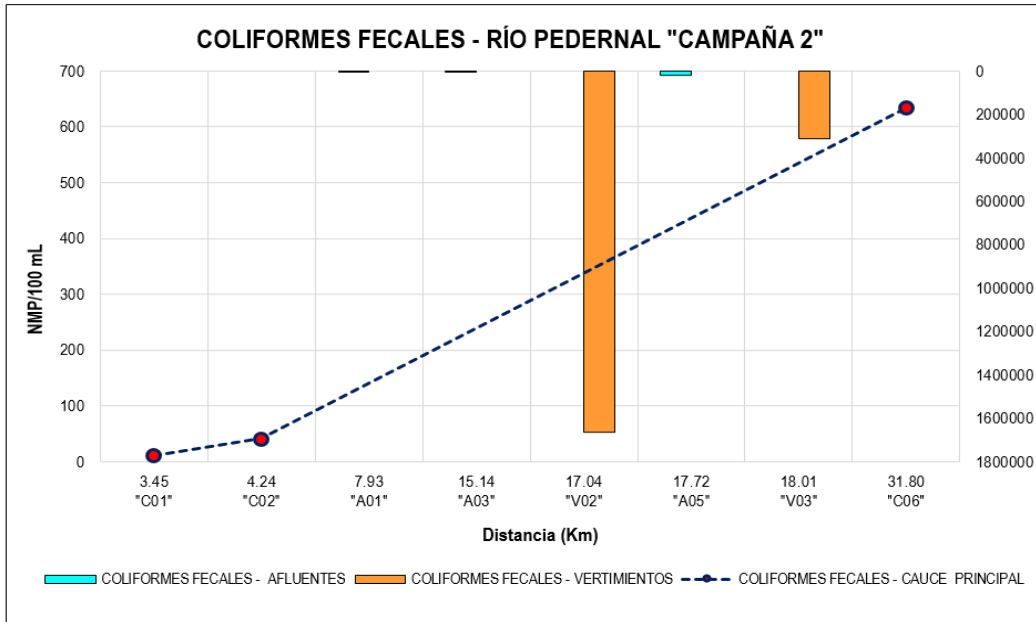
Registraron poblaciones entre 78 NMP/100mL (Punto C01) y 2419 NMP/100mL (Punto C06), las cuales resultaron inferiores al límite estipulado en el Decreto 1594 de 1984, salvo en el punto C06 que donde se reporta que el agua de este punto no es apta para ningún uso según lo reportada en el decreto.



Gráfica 32. Perfil de Calidad de los coliformes fecales – Cauce Ppal. Río Pedernal  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.



**Gráfica 33. Comportamiento de Los coliformes fecales Río Pedernal Campaña 1**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.



**Gráfica 34. Comportamiento de Los coliformes fecales Río Pedernal Campaña 2**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.

## 2.17. Cálculo de los índices de calidad de agua

Los índices ambientales de calidad son una herramienta diseñada para simplificar el análisis de gran cantidad de información, interrelacionando los elementos o parámetros involucrados en dicho análisis, sin necesidad de estudiar el comportamiento de estos en forma individual, permitiendo el entendimiento y la comparación de la calidad de un ambiente específico. (CVC, 2002)

En este sentido se deduce que un índice de calidad de agua consiste básicamente, en una simple expresión de combinación más o menos compleja de un número determinado de parámetros, el cual refleja una expresión de calidad de agua.

### 2.17.1. Índice de calidad de agua (ICA) por la metodología propuesta por el Estudio Nacional de Agua (ENA, 2014)

Según el estudio nacional del agua del año 2014, el índice de calidad del agua es una expresión agregada y simplificada, sumatoria aritmética equiponderada de cinco o seis parámetros fisicoquímicos básicos, medidos sistemáticamente en la red de referencia del agua superficial del Ideam. La ponderación de las variables físicas, químicas y microbiológicas pueden variar, en función de la relevancia, para análisis específicos de condiciones de calidad de agua. (ENA, 2014)

#### 2.17.1.1. Índice de calidad de Agua (ICA) – Cauce principal Río Pedernal

A continuación, se presenta los subíndices y el índice de calidad de agua determinado sobre cada punto monitoreado sobre el cauce principal del Río Pedernal:

| ICA - METODOLOGÍA DEL ENA 2014 |          |           |               |           |               |
|--------------------------------|----------|-----------|---------------|-----------|---------------|
| TRAMOS                         | ESTACIÓN | CAMPAÑA 1 |               | CAMPAÑA 2 |               |
|                                |          | ICA - NFS | CLASIFICACION | ICA - NFS | CLASIFICACION |
| Tramo 1                        | C01      | 0.90      | Aceptable     | 0.87      | Aceptable     |
|                                | C02      | 0.91      | Buena         | 0.84      | Aceptable     |
| Tramo 2                        | A01      | 0.88      | Aceptable     | 0.84      | Aceptable     |
| Tramo 4                        | A03      | 0.87      | Aceptable     | 0.83      | Aceptable     |
|                                | V02      | 0.45      | Mala          | 0.36      | Mala          |
| Tramo 5                        | A05      | 0.61      | Regular       | 0.64      | Regular       |
|                                | V03      | 0.65      | Regular       | 0.51      | Regular       |
| Tramo 7                        | C06      | 0.87      | Aceptable     | 0.74      | Aceptable     |

**Tabla 54. Índice de calidad de aguas – ICA “Río Pedernal” Campaña 1 y 2**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### 2.17.1.3. Índice de calidad de Agua (ICA) – Vertimientos del Río Pedernal

Dentro del análisis de la calidad del agua del Río Pedernal, se monitorearon los principales vertimientos, a estos se les determinara su calidad.

| CAMPAÑA 1            |                |                         |      |       |      |       |       |      |      |
|----------------------|----------------|-------------------------|------|-------|------|-------|-------|------|------|
| PRAMETRO             | UNIDAD         | RESULTADOS - PARAMETROS |      |       |      |       |       |      |      |
|                      |                | C01                     | C02  | C06   | A01  | A03   | A05   | V02  | V03  |
| oxígeno disuelto O.D | % Saturación   | 100.5                   | 98.4 | 93.2  | 99.2 | 101.9 | 46.2  | 2.36 | 6.96 |
| E. Coli              | NMP/100 mL     | 51.2                    | 15.8 | 18.3  | 120  | 27.5  | 24196 | 1011 | 8164 |
| SST                  | mg/L           | 10                      | 10   | 10    | 10   | 10    | 10    | 133  | 103  |
| DBO5                 | mg/L           | 5                       | 5    | 5     | 5    | 5     | 5     | 42.1 | 155  |
| DQO                  | mg/L           | 18.5                    | 14   | 13    | 16.6 | 14    | 10.4  | 100  | 578  |
| Conductividad CE     | µS/cm          | 50.6                    | 51.2 | 172.8 | 77.3 | 138.1 | 478   | 541  | 199  |
| PH                   | Unidades de pH | 7.21                    | 7.05 | 7.01  | 7.13 | 7.59  | 7.15  | 8.43 | 7.31 |

**Tabla 55. Parámetros utilizados para determinar – ICA “Río Pedernal” – Campaña 1.**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

| CAMPAÑA 2            |                |                         |       |      |       |       |       |        |        |
|----------------------|----------------|-------------------------|-------|------|-------|-------|-------|--------|--------|
| PRAMETRO             | UNIDAD         | RESULTADOS - PARAMETROS |       |      |       |       |       |        |        |
|                      |                | C01                     | C02   | C06  | A01   | A03   | A05   | V02    | V03    |
| oxígeno disuelto O.D | % Saturación   | 101.8                   | 101.3 | 96.9 | 101.1 | 103.1 | 79.5  | 75     | 90.5   |
| E. Coli              | NMP/100 mL     | 1                       | 1     | 437  | 38.6  | 2     | 13370 | 987000 | 147000 |
| SST                  | mg/L           | 10                      | 10    | 66.2 | 10    | 18    | 14    | 34.5   | 44.5   |
| DBO5                 | mg/L           | 5                       | 5     | 5    | 5     | 5     | 12.9  | 90     | 53.3   |
| DQO                  | mg/L           | 36.5                    | 52.8  | 45.6 | 56.7  | 53.5  | 65.2  | 343    | 301    |
| Conductividad CE     | µS/cm          | 23.2                    | 17.35 | 66   | 29.8  | 53.8  | 117   | 477    | 192    |
| PH                   | Unidades de pH | 7.81                    | 7.96  | 7.29 | 7.57  | 7.97  | 7.95  | 7.44   | 7.32   |

**Tabla 56. Parámetros utilizados para determinar – ICA “Río Pedernal” – Campaña 2.**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

| CAMPAÑA 1            |                |        |                         |     |     |     |     |      |      |     |
|----------------------|----------------|--------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|
| PARAMETRO            | UNIDAD         | % FIJO | RESULTADOS – SUBINDICES |     |     |     |     |      |      |     |
|                      |                |        | C01                     | C02 | C06 | A01 | A03 | A05  | V02  | V03 |
| oxígeno disuelto O.D | % Saturación   | 0.20   | 1.0                     | 1.0 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.5  | 2.0  | 1.9 |
| E. Coli              | NMP/100 mL     | 0.18   | 1.0                     | 1.0 | 1.0 | 0.9 | 1.0 | 0.1  | 0.4  | 0.1 |
| SST                  | mg/L           | 0.15   | 1.0                     | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  | 0.6  | 0.7 |
| DBO5                 | mg/L           | 0.15   | 0.6                     | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6  | 0.0  | 0.0 |
| DQO                  | mg/L           | 0.12   | 0.9                     | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9  | 0.0  | 0.1 |
| Conductividad CE     | µS/cm          | 0.12   | 0.9                     | 0.9 | 0.5 | 0.8 | 0.6 | -1.1 | -1.5 | 0.3 |
| PH                   | Unidades de pH | 0.08   | 1.0                     | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  | 0.9  | 1.0 |

**Tabla 57. Cálculo de los Subíndices para determinar el ICA “Río Pedernal”**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

| CAMPAÑA 2               |                |        |                         |     |     |     |     |     |      |     |
|-------------------------|----------------|--------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| PARAMETRO               | UNIDAD         | % FIJO | RESULTADOS – SUBINDICES |     |     |     |     |     |      |     |
|                         |                |        | C01                     | C02 | C06 | A01 | A03 | A05 | V02  | V03 |
| oxígeno disuelto<br>O.D | % Saturación   | 0.20   | 1.0                     | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.2 | 1.3  | 1.1 |
| E. Coli                 | NMP/100 mL     | 0.18   | 1.0                     | 1.0 | 0.7 | 1.0 | 1.0 | 0.1 | 0.1  | 0.1 |
| SST                     | mg/L           | 0.15   | 1.0                     | 1.0 | 0.8 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.9  | 0.9 |
| DBO5                    | mg/L           | 0.15   | 0.6                     | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.3 | 0.0  | 0.0 |
| DQO                     | mg/L           | 0.12   | 0.5                     | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.1  | 0.1 |
| Conductividad CE        | µS/cm          | 0.12   | 1.0                     | 1.0 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 0.7 | -1.1 | 0.4 |
| PH                      | Unidades de pH | 0.08   | 1.0                     | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  | 1.0 |

**Tabla 58. Cálculo de los Subíndices para determinar el ICA “Río Pedernal”**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### 2.17.2. Índice de contaminación de materia orgánica (ICOMO)

Representa variables de contaminación como nitrógeno amoniacal, nitritos, fósforo, oxígeno, DBO<sub>5</sub>, DQO, Coliformes fecales y totales. El índice se definió en función de la demanda bioquímica de oxígeno y Coliformes totales, ya que estas reflejan diferentes fuentes de contaminación orgánica, así como el porcentaje de saturación de oxígeno que indica la respuesta o capacidad ambiental del ecosistema ante este tipo de polución.

| CAMPAÑA 1 |       |            |            |       |              |
|-----------|-------|------------|------------|-------|--------------|
| MONITOREO | I DBO | I COLIF T. | I %SAT. OD | ICOMO | CALIFICACIÓN |
| C01       | 0.44  | 0.41       | 0.00       | 0.28  | Bajo         |
| C02       | 0.44  | 1.00       | 0.02       | 0.49  | Medio        |
| C06       | 0.44  | 0.45       | 0.07       | 0.32  | Bajo         |
| A01       | 0.44  | 0.45       | 0.00       | 0.30  | Bajo         |
| A03       | 0.44  | 0.45       | 0.02       | 0.30  | Bajo         |
| A05       | 0.44  | 1.00       | 0.07       | 0.50  | Medio        |
| V02       | 1.00  | 0.45       | 0.68       | 0.71  | Alto         |
| V03       | 1.00  | 1.00       | 0.09       | 0.70  | Alto         |

**Tabla 59. Determinación del ICOMO – Río Pedernal “Campaña 1”**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

| CAMPAÑA 2 |       |            |            |       |              |
|-----------|-------|------------|------------|-------|--------------|
| MONITOREO | I DBO | I COLIF T. | I %SAT. OD | ICOMO | CALIFICACIÓN |
| C01       | 0.44  | 0.00       | 0.00       | 0.15  | Ninguno      |
| C02       | 0.44  | 0.00       | 0.00       | 0.15  | Ninguno      |
| C06       | 0.44  | 0.87       | 0.00       | 0.44  | Medio        |
| A01       | 0.44  | 0.75       | 0.00       | 0.40  | Bajo         |
| A03       | 0.44  | 0.75       | 0.00       | 0.40  | Bajo         |

|     |      |      |      |      |       |
|-----|------|------|------|------|-------|
| A05 | 0.73 | 1.00 | 0.03 | 0.59 | Medio |
| V02 | 1.00 | 1.00 | 0.25 | 0.75 | Alto  |
| V03 | 1.00 | 1.00 | 0.10 | 0.70 | Alto  |

**Tabla 60. Determinación del ICOMO – Río Pedernal “Campaña 2”.**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### 2.17.3. Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS)

Los sólidos suspendidos reflejan una condición distinta a los sólidos disueltos y no denotan relación con alguna variable propia de mineralización. Su principal causa la constituye los procesos erosivos y extractivos; su principal efecto es la disminución de la penetración de la luz. La turbiedad es otra forma de expresión de esta variable, mas no una medida directa.

| CAMPAÑA 1 |                             |        |              |
|-----------|-----------------------------|--------|--------------|
| MONITOREO | SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES | ICOSUS | CALIFICACIÓN |
| C01       | 10                          | 0.01   | Ninguno      |
| C02       | 10                          | 0.01   | Ninguno      |
| C06       | 10                          | 0.01   | Ninguno      |
| A01       | 10                          | 0.01   | Ninguno      |
| A03       | 10                          | 0.01   | Ninguno      |
| A05       | 10                          | 0.01   | Ninguno      |
| V02       | 133                         | 0.38   | Bajo         |
| V03       | 103                         | 0.29   | Bajo         |

**Tabla 61. Determinación del ICOSUS Cauce principal, Afluentes y Vertimientos representativos – Río Pedernal “Campaña 1”**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

| CAMPAÑA 2 |                             |        |              |
|-----------|-----------------------------|--------|--------------|
| MONITOREO | SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES | ICOSUS | CALIFICACIÓN |
| C01       | 10                          | 0.01   | Ninguno      |
| C02       | 10                          | 0.01   | Ninguno      |
| C06       | 66.2                        | 0.18   | Ninguno      |
| A01       | 10                          | 0.01   | Ninguno      |
| A03       | 18                          | 0.03   | Ninguno      |
| A05       | 14                          | 0.02   | Ninguno      |
| V02       | 34.5                        | 0.08   | Ninguno      |
| V03       | 44.5                        | 0.11   | Ninguno      |

**Tabla 62. Determinación del ICOSUS Cauce principal, Afluentes y Vertimientos representativos – Río Pedernal “Campaña 2”**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

## 2.17.4. Indicadores de calidad Hidrobiológica

### 2.17.4.1. Algas perifíticas

La comunidad de algas perifíticas ha sido empleada como indicador biológico para la evaluación de la calidad del agua, por lo que existen abundantes estudios sobre su capacidad bioindicadora. Esto se encuentra asociado al hecho que las algas perifíticas son sensibles a cambios ambientales en cortos períodos de tiempo y su grado de tolerancia en algunas especies permite deducir o asociar niveles de contaminación, donde su abundancia y composición reflejan las condiciones ambientales del pasado reciente ya que este tipo de comunidad permanece unida al sustrato, siendo testigo confiable de los procesos ocurridos en el sistema (Masseret et al., 1998), adicionalmente, las mediciones periódicas de esta comunidad en combinación con la determinación de parámetros fisicoquímicos aumentan su valor informativo. De esta manera los métodos biológicos complementan los fisicoquímicos, constituyendo la base para una correcta evaluación de la calidad de aguas corrientes (Lobo et al., 2002). Finalmente, la integración de medidas biológicas en este caso la composición y estructura de la comunidad perifítica, proporciona un conocimiento más relevante acerca de la ecología de un ambiente acuático.

### Aspectos generales: Composición y Densidad

En la **Tabla 6363** se presenta el listado de los taxa de algas perifíticas encontrados en las 6 estaciones y dos campañas de muestreo en el Río Pedernal. Fueron determinados 36 morfotipos distribuidos en las divisiones algales de la siguiente manera: 3 representantes de las cianobacterias, 9 clorofíceas o algas verdes, dos euglenophytas y la división con mayor número de representantes corresponde a la división Bacillariophyta o “Diatomeas” con 22 representantes, de los cuales la mayoría corresponden a hábito perifítico de nivel de organización unicelular.

| DIVISIÓN/PHYLUM | ORDEN         | FAMILIA          | MORFOTIPO             |
|-----------------|---------------|------------------|-----------------------|
| Bacillariophyta | Eunotiales    | Eunotiaceae      | <i>Eunotia</i> sp1    |
|                 | Achnanthes    | Cocconeidaceae   | <i>Cocconeis</i> sp1  |
|                 | Melosirales   | Melosiraceae     | <i>Melosira</i> sp1   |
|                 | Naviculales   | Naviculaceae     | <i>Navicula</i> sp1   |
|                 | Naviculales   | Naviculaceae     | <i>Navicula</i> sp2   |
|                 | Naviculales   | Pinnulariaceae   | <i>Pinnularia</i> sp1 |
|                 | Naviculales   | Pinnulariaceae   | <i>Pinnularia</i> sp2 |
|                 | Cymbellales   | Gomphonemataceae | <i>Gomphonema</i> sp1 |
|                 | Cymbellales   | Gomphonemataceae | <i>Gomphonema</i> sp2 |
|                 | Fragilariales | Fragilariaceae   | <i>Synedra</i> sp1    |
|                 | Fragilariales | Fragilariaceae   | <i>Synedra</i> sp3    |

| DIVISIÓN/PHYLUM      | ORDEN             | FAMILIA           | MORFOTIPO                 |
|----------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|
|                      | Fragilariales     | Fragilariaceae    | <i>Synedra</i> Sp4        |
|                      | Fragilariales     | Fragilariaceae    | <i>Fragilaria</i> sp 1    |
|                      | Cymbellales       | Cymbellaceae      | <i>Cymbella</i> sp 1      |
|                      | Naviculales       | Pleurosigmataceae | <i>Gyrosigma</i> sp 1     |
|                      | Coscinodiscales   | Coscinodiscaceae  | <i>Coscinodiscus</i> sp 1 |
|                      | Surirellales      | Surirellaceae     | <i>Surirella</i> sp 1     |
|                      | Naviculales       | Amphipleuraceae   | <i>Frustulia</i> sp 1     |
|                      | Fragilariales     | Fragilariaceae    | <i>Diatoma</i> sp 1       |
|                      | Tabellariales     | Tabellariaceae    | <i>Tabellaria</i> sp 1    |
|                      | Bacillariales     | Bacillariaceae    | <i>Nitzschia</i> sp 1     |
|                      | Thalassiophysales | Catenulaceae      | <i>Amphora</i> sp2        |
|                      | Zygnematales      | Zygnemataceae     | <i>Spirogyra</i> sp 1     |
|                      | Microsporales     | Microsporaceae    | <i>Microspora</i> sp 1    |
|                      | Sphaeropleales    | Scenedesmaceae    | <i>Scenedesmus</i> sp2    |
|                      | Sphaeropleales    | Selenastraceae    | <i>kirchneriella</i> sp 1 |
| <b>Chlorophyta</b>   | Desmidiiales      | Desmidiaceae      | <i>Cosmarium</i> sp4      |
|                      | Chlorellales      | Oocystaceae       | <i>Chlorella</i> sp 1     |
|                      | Chaetophorales    | Chaetophoraceae   | <i>Chaetophora</i> sp 1   |
|                      | Desmidiiales      | Closteriaceae     | <i>Closterium</i> sp2     |
|                      | Zygnematales      | Zygnemataceae     | <i>Mougeotia</i> sp 1     |
|                      | Nostocales        | Oscillatoriaceae  | <i>Phormidium</i> sp 1    |
| <b>Cyanobacteria</b> | Nostocales        | Oscillatoriaceae  | <i>Oscillatoria</i> sp 1  |
|                      | Nostocales        | Nostocaceae       | <i>Anabaena</i> sp 1      |
|                      | Euglenales        | Euglenaceae       | <i>Trachelomonas</i> sp 1 |
| <b>Euglenophyta</b>  | Euglenales        | Euglenaceae       | <i>Phacus</i> sp 1        |

**Tabla 63. Listado de las algas perifíticas identificadas en las seis estaciones durante las dos campañas de muestreo en el Río Pedernal (septiembre y octubre del año 2016).**

**Fuente.** FUNDISPROS, 2016.

El hecho de que la mayoría de las algas encontradas pertenezcan a la división Bacillariophyta, comúnmente conocidas como “diatomeas” se debe a que este grupo corresponde a células que se encuentran incluidas en una pared celular rodeada de silicio, lo que les confiere más peso y en consecuencia adaptación para colonizar sustratos firmes inmersos en las corrientes expuestas a la velocidad. Como organismos pertenecientes al primer nivel de la cadena trófica alimenticia en el medio acuático de un sistema lótico y por su frecuente presencia, las diatomeas son un componente fundamental como grupo productor y fotosintetizador en el sistema (Bold y Wynne, 1985).

Las comunidades de algas reflejan en alto grado la calidad del medio en el que se desarrollan. El estudio de las algas como indicadores de la calidad del agua ha

involucrado el tipo de hábitat, nivel de organización celular y hábito de vida, su categorización incluye la denominación de algas de aguas limpias y algas de aguas contaminadas, así como también son referenciadas cualidades organolépticas como algas que causan sabor y de algas que producen olor en el agua (Ramírez y Roldan, 2008). Diferentes estudios sobre la relación del perifiton y la calidad física y química del agua de los ríos concluyen que, al igual que otras comunidades, algunas algas perifíticas se desenvuelven mejor en medios oligotróficos y otras en medios eutróficos (Ramírez y Roldan, 2008).

Al observar el perfil porcentual general de abundancias que contiene la información de las dos campañas de muestreo se observa que la distribución del género *Navicula* sp. predomina en la comunidad durante la primera campaña mientras durante el segundo monitoreo corresponde a *Nitzschia* sp, ambos morfotipos son bacillariophytas o diatomeas y aunque existe una buena representación o nivel de ocurrencia de varias especies, en ambas campañas existen claras tendencias al registro de varios morfotipos con mayor frecuencia y abundancia con respecto a otros, esto demuestra que la diversidad general del sistema esta sopesada en morfotipos que son de baja frecuencia o accidentales y que la comunidad genera rasgos de dominio por un bajo número de identidades.

### Índice de Calidad Ecológico

El índice de calidad ecológica se encuentra formulado con base en análisis multivariados, tomando como referencia los métodos descritos por Haase & Nolte (2008), Chalar et al., (2011) y Forero (2012). El método incluye un sistema en el que la calidad ecológica se determina por un gradiente ambiental a través de un análisis de relación directa (RDA o ACC), la identificación para cada taxón de rangos de tolerancia y valores óptimos en función de ese gradiente ambiental y ponderaciones de calidad para cada estación (Forero et al., 2012).

El índice fue ejecutado para cada campaña y comunidad; hoy en día estas pruebas se encuentran dispuestas a la socialización con el fin de analizar sus potencialidades, alcances, pertinencia, validez, deficiencias y aspectos a mejorar. Es por esta razón que este proyecto aporta interesantes pruebas y resultados de comparación para apoyar el uso de este índice como estrategia de diagnóstico en aguas con objeto de ordenación por parte de las autoridades ambientales.

A continuación se presentan los resultados del índice para cada estación y muestreo, tal como se orientó desde el reescalamiento los valores oscilan desde 1 hasta 10, siendo los menores valores asociados a una condición crítica en la calidad ecológica para el desarrollo de las algas perifíticas registradas en la red de monitoreo mientras los mayores valores corresponden a una buena calidad ecológica (**Tabla 6464**).

| Estación | Índice de calidad ecológico |           |
|----------|-----------------------------|-----------|
|          | Campaña 1                   | Campaña 2 |
| C01      | 8,04                        | 5,87      |
| C02      | 8,80                        | 4,12      |
| C06      | 8,20                        | 6,04      |
| A01      | 7,98                        | 6,10      |
| A03      | 8,16                        | 6,54      |
| A05      | 5,81                        | 7,56      |

**Tabla 64. Valores del Índice de Calidad Ecológico basado en las algas perifíticas en la red de monitoreo del Río Pedernal, valores por estación y campaña. Los códigos de las estaciones corresponden C: Puntos Cauce principal, A: Puntos Afluentes.**

Fuente. FUNDISPROS, 2016.

#### 2.17.4.2. Macroinvertebrados

Los ecosistemas lóticos se refieren a las aguas corrientes tales como quebradas, riachuelos y ríos. Las principales comunidades bióticas que habitan las aguas corrientes son las macrófitas, el perifiton, los macroinvertebrados y la ictiofauna. Los macroinvertebrados son aquellos invertebrados que se pueden observar a simple vista y están constituidos principalmente por larvas de insectos.

Se registraron 35 morfotipos entre las 6 estaciones a través de la metodología cuantitativa, el género de ocurrencia común en la mayoría de las estaciones corresponde a organismos de hábito detrítico o asociad a la presencia de materia orgánica

Al analizar el perfil total de densidades y número de taxa por estación y monitoreo se observan claras diferencias en ambos indicadores, al respecto las densidades tienden a ser mayores durante la primera campaña a excepción de la estación A05 (Quebrada del Pueblo (Las Mollas) antes de desembocar al río Pedernal) la cual registró una densidad considerablemente alta con respecto a los demás puntos la cual fue mayor durante el monitoreo de octubre.

En general las estaciones asociadas al cauce principal tienden a generar la presencia de un mayor número de taxa diferentes en relación a las estaciones ubicadas en los afluentes, de esta forma se destaca la estación C01 (Río Pedernal antes de todo uso y vertimiento) la cual generó la mayor cantidad de taxa durante el estudio. A pesar de esto el parámetro asociado a la densidad de organismos tiende a ser menor en las estaciones ubicadas en el cauce principal con respecto a las ubicadas en los afluentes.

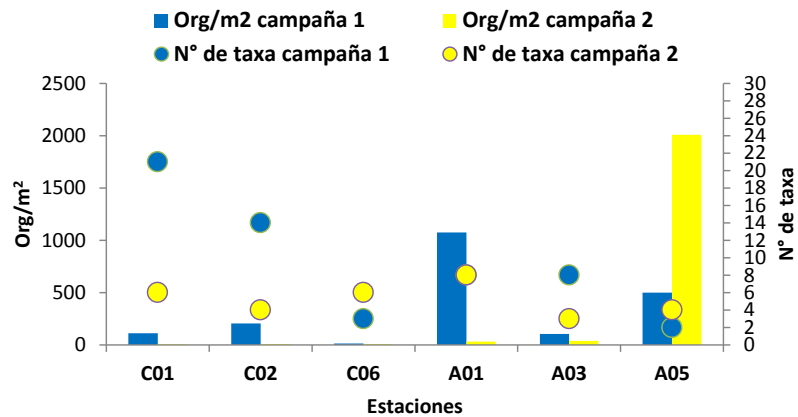


Figura 18. Densidad Total (Org/m2) y Número de morfortipos de macroinvertebrados benticos en las 6 estaciones durante las dos campañas de monitoreo de septiembre y octubre de 2016. Los códigos de las estaciones corresponden C: Puntos Cauce principal, A: Puntos Afluentes.

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### Índice BMWP

La información derivada del análisis de calidad según el índice BMWP (Tabla 6565) arrojó un puntaje que osciló entre 9-101 en septiembre y 12-20 en octubre, estos valores corresponden a la clasificación de aguas desde “aguas limpias” a “fuertemente contaminadas”. La mayoría de los sitios fueron clasificado como “aguas muy contaminadas” y desde este punto de vista la calidad del agua está comprometida desde un nivel moderado a crítico.

| MUESTREO   | ESTACION | BMWP/COL | CALIDAD     | SIGNIFICADO                    | COLOR   |
|------------|----------|----------|-------------|--------------------------------|---------|
| Septiembre | C01      | 101      | Buena       | Aguas muy limpias              | Azul    |
|            | C02      | 78       | Aceptable   | Aguas ligeramente contaminadas | Verde   |
|            | C06      | 10       | Muy critica | Aguas fuertemente contaminadas | Rojo    |
|            | A01      | 30       | Critica     | Aguas Muy Contaminadas         | Naranja |
|            | A03      | 32       | Critica     | Aguas Muy Contaminadas         | Naranja |
|            | A05      | 9        | Muy critica | Aguas fuertemente contaminadas | Rojo    |
| Octubre    | C01      | 19       | Critica     | Aguas Muy Contaminadas         | Naranja |
|            | C02      | 19       | Critica     | Aguas Muy Contaminadas         | Naranja |
|            | C06      | 20       | Critica     | Aguas Muy Contaminadas         | Naranja |
|            | A01      | 19       | Critica     | Aguas Muy Contaminadas         | Naranja |
|            | A03      | 19       | Critica     | Aguas Muy Contaminadas         | Naranja |

| MUESTREO | ESTACION | BMWP/COL | CALIDAD     | SIGNIFICADO                    | COLOR |
|----------|----------|----------|-------------|--------------------------------|-------|
|          | A05      | 12       | Muy critica | Aguas fuertemente contaminadas |       |

**Tabla 65. Resultados del índice BMWP registrado en las 6 estaciones durante las campañas de septiembre y octubre de 2016. Los códigos de las estaciones corresponden C: Puntos Cauce principal, A: Puntos Afluentes.**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

| CLASE | CALIDAD     | BMWP/Col        | SIGNIFICADA                              | COLOR |
|-------|-------------|-----------------|--|-------|
| I     | Buena       | >150, 101 - 120 | Aguas muy limpias                        |       |
| II    | Aceptable   | 61 - 100        | Se evidencia efectos de la contaminación |       |
| III   | Dudosa      | 36 - 60         | Aguas moderadamente contaminadas         |       |
| IV    | Crítica     | 16 - 35         | Aguas muy contaminadas                   |       |
| V     | Muy critica | <16             | Aguas fuertemente contaminante           |       |

**Tabla 66. Interpretación de la calificación.**  
Fuente: ROLDAN, 2003.

## 2.18. Clasificación de los usos actuales

Para la clasificación de los usos actuales del agua del cauce principal del rio Pedernal y sus principales afluentes se tomo como insumo base las reglamentaciones de usos y aprovechamientos del recurso hídrico suministrados por la autoridad ambiental, además de la información recolectada mediante procesos de inspección en campo.

La siguiente tabla relaciona los usos por tramos o zonas homogéneas definidas

| CAUCE PPAL   | TRAMO | USO SEGÚN RESOLUCIÓN 312/26/99    | USO NO REGLAMENTADO            | AFLUENTE                        | USO ACTUAL                         |
|--------------|-------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| RIO PEDERNAL | 1     | Protección                        | Agrícola Pecuario<br>Domestico | Cauce Principal<br>Rio Pedernal | Agrícola<br>Domestico<br>Pecuario  |
|              | 2     | Agrícola                          | Domestico                      | Qda. El Cedral                  | Domestico<br>Agrícola              |
|              | 3     | Agrícola<br>Pecuario<br>Domestico | Industrial                     | Qda. El Gualpi                  | Agrícola<br>Domestico              |
|              |       |                                   |                                | Rio La María                    | Agrícola<br>Domestico<br>Pecuario  |
|              |       |                                   |                                | Cauce Principal<br>Rio Pedernal | Agrícola<br>Pecuario<br>Industrial |
|              | 4     | Agrícola<br>Pecuario              | Industrial                     | Qda. El Pueblo                  | Industrial                         |
|              | 5     | Agrícola<br>Pecuario              | Industrial                     | Qda. Beberrecio                 | Ninguno                            |
|              |       |                                   |                                | Qda. La Cañada                  | Ninguno                            |

|   |                      | Cauce Principal<br>Río Pedernal | Agrícola<br>Pecuario<br>Industrial |
|---|----------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| 6 | Agrícola             | Qda. El Papayal                 | Ninguno                            |
|   |                      | Cauce Principal<br>Río Pedernal | Agrícola                           |
| 7 | Agrícola<br>Pecuario | Domestico                       | Cauce Principal<br>Río Pedernal    |
|   |                      |                                 | Agrícola<br>Domestico<br>Pecuario  |

**Tabla 67. Clasificación de usos por tramos.**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

## 2.19. Análisis de los conflictos actuales de uso, por calidad

Dentro del análisis de la situación ambiental actual del recurso hídrico, se ha tenido en cuenta la identificación y análisis de los conflictos actuales de uso del recurso por calidad para ellos se ha tenido en cuenta información histórica registrada y recorridos de campo sobre el cauce principal del Río Pedernal.

### Conflictos identificados en campo – Río Pedernal

La determinación de los conflictos por usos del recurso hídrico se evidencia mediante la ampliación de las actividades agropecuarias que registran en la zona de estudio y que son objeto de estudio mediante el trabajo de campo realizado. A continuación se presentan los conflictos identificados en los recorridos de campo realizados sobre la corriente hídrica del Río Pedernal:

- Deforestación
- Inadecuada Disposición de Residuos sólidos
- Construcción de lagos para la producción piscícola
- Pérdida de la cobertura vegetal
- Contaminación por Residuos sólidos
- Contaminación del agua por Residuos Líquidos
- Procesos erosivos
- Contaminación del Agua por Cultivos de Café en época de cosecha
- Riego para uso agrícola con agua residual domestica

Después de identificar los conflictos a nivel ambiental, social y económico presentados durante los recorridos de campo realizados por parte del grupo consultor, se expone a continuación una síntesis de los problemas referenciados como conflictos y sus respectivas causas, con el propósito de tenerlas en cuenta en el momento de emitir los programas y proyectos dentro del ordenamiento como parte de la estructuración de las líneas de acción a tener en cuenta.

| PROBLEMAS Y/O CONFLICTOS  | CAUSAS  |
|---|---|
| <b>Descoles de lagos para uso piscícola</b>                                       | Actividades pecuarias                                   |
|   | Poca conciencia y compromiso ambiental                  |
|   | Fallas en control ambiental                             |
|   | Fallas en la gestión institucional                      |
| <b>Vertimiento del proceso de beneficio del café</b>                              | Poca conciencia y compromiso ambiental                  |
|   | Fallas en control ambiental                             |
|   | Falta de implementar de sistemas de tratamiento de agua |
| <b>Vertimiento de aguas residuales domésticas</b>                                 | Lavado del mucilago del café                            |
|   | Ineficiencia en la PTAR                                 |
| <b>Explotación minera</b>   | Casas sin cobertura de alcantarillado                   |
|   | Actividades industriales                                |
| <b>Trasvases de aguas</b>   | Yacimiento de minerales                                 |
|   | Generación de energía                                   |
| <b>Usos en jurisdicción del Parque Regional Natural Cerro Banderas Ojo Blanco</b> | Piscícola   |
|   | Actividades agrícolas                                   |
|   | Abastecimiento para acueductos                          |
|   | Ganadería   |

**Tabla 68. Causas y Problemas ambientales.**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

## 2.20. Identificación de zona de recarga y descarga del acuífero

### 2.20.1. Aspectos generales

El área de estudio es la cuenca del Río Pedernal, comprendida entre los municipios de Teruel y Yaguará Huila. El cauce hídrico Río Pedernal, nace sobre los 2.900 msnm en las coordenadas (75°37'37,2"W' – 02°50'24"N") dentro del sistema montañoso Pan de Azúcar, su cauce desemboca en la cuenca del Río Yaguará a los 600 msnm. La longitud del cauce es de 35.6 Km y la superficie total es de 15.123.80 Ha

Los principales afluentes del Río Pedernal y que fueron considerados para el desarrollo del estudio son las quebradas la María, el Pueblo, Beberrecio, la Cañada, ubicados sobre la margen derecha aguas abajo. Sobre la otra margen se encuentran las quebradas El Cedral y el Papayal. Los afluentes secundarios de esta fuente son: San Emigdo, Gualpí, el Minche, el Encanto, las Pavas, las Varas, la Honda, ubicados sobre la margen derecha aguas abajo. Sobre la otra margen se encuentran las quebradas el Horis, las Nubes, San Luis, la Virginia, el Carmen, el Sapo, agua negra, entre otras.

### 2.20.2. Geología

El área de la cuenca del Río Pedernal no cuenta información Hidrogeológica que permita identificar las zonas de recarga y descarga del acuífero, por tanto a continuación se describen las unidades geológicas presentes en la zona que de

acuerdo a sus propiedades y porosidad, algunas de estas unidades geológicas se pueden clasificar como posibles zonas de recarga.

| SIMBOLO     | DESCRIPCIÓN   | Área (Ha) | %      |
|-------------|---|-----------|--------|
| <b>Ktg</b>  | Formación Guaduas. Arcillolitas abigarradas interestratificadas con niveles de areniscas cuazosas de matriz arcillosa.  | 216.43    | 1.58   |
| <b>Ji</b>   | Rocas intrusivas. Plutónicas intermedias a ácidas, principalmente granodioritas, cuarzomonzonitas, tonalitas y granitos.  | 5732.97   | 41.75  |
| <b>Qac</b>  | Depósitos aluviales y coluviales. Constituido por acumulaciones de gravas, arenas y arcillas; los abanicos están presentan gravas de distinta composición, ígneo, volcánico y metamórfico, en matriz arenosa; en los valles intramontanos acumulaciones | 223.65    | 1.63   |
| <b>Ji</b>   | Rocas intrusivas. Plutónicas intermedias a ácidas, principalmente granodioritas, cuarzomonzonitas, tonalitas y granitos.  | 292.94    | 2.13   |
| <b>Tgy</b>  | Grupo Gualanday. Bancos potentes de conglomerados cuarzosos y polimígticos con intercalaciones de areniscas en la parte inferior y superior, arcillolitas en el sector medio color rojizo dominante.  | 1043.17   | 7.60   |
| <b>K</b>    | Formación Guadalupe, Villeta y Caballos. Sedimentos marinos, areniscas ferruginosas, lutitas y calizas fosilíferas, limolitas silíceas y areniscas cuarzosas.   | 638.62    | 4.65   |
| <b>JRsv</b> | Formación Saldaña. Secuencia volcano-sedimentaria. Lavas andesíticas, dacíticas y riolíticas, ocasionalmente basálticas. Ignimbritas, aglomerados, areniscas y lutitas arcósicas. Localmente calizas  | 3040.53   | 22.14  |
| <b>Ktg</b>  | Formación Guaduas. Arcillolitas abigarradas interestratificadas con niveles de areniscas cuazosas de matriz arcillosa.  | 2213.85   | 16.12  |
| <b>K</b>    | Formación Guadalupe, Villeta y Caballos. Sedimentos marinos, areniscas ferruginosas, lutitas y calizas fosilíferas, limolitas silíceas y areniscas cuarzosas.   | 331.09    | 2.41   |
|             |   | 13733.23  | 100.00 |

**Tabla 69. Unidades Geologica**

Fuente: Fundispros 2016

## 2.21. Estimación de la oferta hídrica total y disponible e indicadores de estado.

### 2.21.1. Análisis climático.

En el numeral 2.4.1. *Revisión de redes meteorológicas*, se estableció que las estaciones útiles en la caracterización de las condiciones climáticas de la cuenca hidrográfica del río Pedernal, son las que se relacionan en la Tabla 7069

| N°. | CÓDIGO CATÁLOGO | NOMBRE              | CATEGORÍA | CORRIENTE   | DPTO  | MUNICIPIO |
|-----|-----------------|---------------------|-----------|-------------|-------|-----------|
| 1   | 21120100        | EL VOLCÁN           | PM        | BACHE       | HUILA | PALERMO   |
| 2   | 21080080        | LA MINA             | PG        | PEDERNAL    | HUILA | TERUEL    |
| 3   | 21080100        | LAS HERRERAS        | PM        | SANTA MARÍA | HUILA | TERUEL    |
| 4   | 21085030        | SAN RAFAEL          | CO        | PEDERNAL    | HUILA | TERUEL    |
| 5   | 21080030        | YAGUARÁ             | PM        | YAGUARÁ     | HUILA | YAGUARÁ   |
| 6   | 21080070        | HACIENDA SANTA ROSA | PM        | YAGUARÁ     | HUILA | YAGUARÁ   |

**Tabla 70. Estaciones seleccionadas para el desarrollo del análisis climático de la cuenca hidrográfica del río Pedernal**  
Fuente: IDEAM, 2014

### 2.21.1.1. Caracterización de la precipitación.

A continuación se presentan los valores medios mensuales de precipitación de las estaciones seleccionadas.

| ESTACIÓN            | ENE    | FEB    | MAR    | ABR    | MAY    | JUN   | JUL   | AGO   | SEP    | OCT    | NOV    | DIC    | VR ANUAL |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|----------|
| El Volcán           | 200.22 | 234.75 | 262.40 | 256.80 | 208.53 | 96.44 | 61.17 | 56.03 | 114.37 | 252.81 | 290.82 | 248.83 | 2283.18  |
| La Mina             | 122.80 | 145.95 | 190.51 | 183.24 | 143.55 | 74.49 | 60.33 | 56.14 | 107.84 | 188.65 | 178.60 | 135.18 | 1587.29  |
| Las Herreras        | 179.78 | 213.33 | 226.93 | 234.59 | 176.80 | 98.62 | 82.70 | 52.52 | 118.16 | 217.22 | 250.66 | 226.07 | 2077.40  |
| San Rafael          | 200.84 | 211.05 | 251.74 | 225.05 | 171.01 | 70.95 | 50.47 | 41.79 | 85.83  | 234.15 | 286.38 | 258.13 | 2087.41  |
| Yaguará             | 160.93 | 157.56 | 212.04 | 166.43 | 121.52 | 42.17 | 34.51 | 18.42 | 46.45  | 193.12 | 268.91 | 211.50 | 1633.57  |
| Hacienda Santa Rosa | 207.67 | 167.52 | 220.12 | 202.82 | 143.13 | 46.96 | 33.08 | 19.44 | 68.79  | 213.74 | 305.93 | 291.72 | 1920.91  |

**Tabla 71. Datos de precipitación mensual y anual multianual de las estaciones con dominio sobre la cuenca hidrográfica del río Pedernal**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016 – IDEAM, 2015.

De acuerdo a los datos climáticos el comportamiento intra-anual de la precipitación, se tienen que el régimen predominante en la cuenca hidrográfica del río Pedernal es de tipo bimodal, es decir, se diferencian dos periodos secos y dos húmedos a lo largo del año.

El primer periodo húmedo es registrado durante los meses de marzo y abril y en el segundo semestre el periodo de alta pluviosidad es registrado para los meses de octubre, noviembre y diciembre. Noviembre fue el mes con el mayor registro medio mensual multianual reportado por las estaciones El Volcán, Las Herreras, San Rafael, Yaguará y Hacienda Santa Rosa. En la estación La Mina, el mayor valor de precipitación media mensual multianual se registró en el mes de marzo.

Con relación a los periodos secos, el primero del año se registró durante los meses de diciembre, enero y febrero, el segundo periodo más extenso y con los menores registros de precipitación media mensual multianual se reportó en los meses comprendidos entre mayo y septiembre, siendo el mes más seco del año el mes de agosto.

| UNIDAD DE ESTUDIO                   | PRECIPITACION MEDIA |
|-------------------------------------|---------------------|
| <b>MICROCUCENCAS</b>                |                     |
| RIO PEDERNAL ALTO                   | 1657.87             |
| QDA LA MARIA                        | 1807.68             |
| QDA BEBERRECIO                      | 2250.88             |
| QDA LA CAÑADA                       | 2250.84             |
| QDA PAPAYALA                        | 1868.53             |
| RIO PEDERNAL BAJO                   | 1954.49             |
| RIO PEDERNAL                        |                     |
| <b>PUNTOS RIO PEDERNAL</b>          |                     |
| C01                                 | 1075.28             |
| C02                                 | 1089.36             |
| C03                                 | 1301.18             |
| C04                                 | 1469.31             |
| C05                                 | 1638.17             |
| C06                                 | 1869.02             |
| <b>PUNTOS AFLUENTES PRINCIPALES</b> |                     |
| A01                                 | 1340.04             |
| A02                                 | 1797.17             |
| A03                                 | 1807.68             |
| A04                                 | 2099.28             |
| A05                                 | 2082.02             |

**Tabla 72. Precipitación media estimada para las unidades de estudio de la cuenca hidrográfica del río Pedernal**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### 2.21.1.2. Caracterización de la temperatura.

La variación de la temperatura en la cuenca hidrográfica del río Pedernal es inversa al régimen de lluvias presente en la zona, es decir, en los meses en los cuales las precipitaciones son altas (mayo – octubre), las temperaturas son bajas y viceversa. La temperatura media anual multianual es de 23.3°C, la máxima media es de 25.2°C estimada para el mes de febrero y la mínima es de 22.1°C, estimada para el mes de noviembre.

Teniendo en cuenta los registros de temperatura, se tiene que los meses más fríos del año son marzo y noviembre mientras que los más cálidos son enero y septiembre. Durante estos últimos meses (los cálidos) y debido a que el incremento

en la temperatura ocasiona un aumento en la evapotranspiración y las precipitaciones en estos periodos disminuyen, se espera que los caudales que discurren por el río Pedernal y sus principales afluentes se reduzcan de manera considerable.

### 2.21.1.3. Caracterización de la humedad relativa

Para caracterizar el comportamiento de esta variable en la cuenca hidrográfica del río Pedernal se consideraron los registros medios mensuales multianuales de la estación San Rafael para un periodo de tiempo comprendido entre 2010 a 2014. Estos valores se relacionan en la siguiente tabla:

| AÑO       | ENE  | FEB | MAR  | ABR  | MAY  | JUN  | JUL | AGO  | SEP  | OCT | NOV  | DIC  |
|-----------|------|-----|------|------|------|------|-----|------|------|-----|------|------|
| V. MEDIOS | 76.6 | 80  | 82.4 | 82.4 | 82.2 | 77.6 | 74  | 69.4 | 70.8 | 78  | 86.6 | 85.4 |

Tabla 73. Valores medios mensuales multianuales de humedad relativa de la estación San Rafael

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

La humedad relativa en la cuenca es estudio presenta un comportamiento bimodal idéntico al de la precipitación, para los periodos lluviosos del año la humedad relativa sobrepasa al 80% mientras que en los periodos secos esta puede llegar a ser menor del 70%.

### 2.21.1.4. Caracterización del brillo solar

El brillo solar en la cuenca hidrográfica del río Pedernal presenta un variación similar a la temperatura, pero inversa a la precipitación y a la humedad relativa. Lo anterior es evidente debido a que cuando se presentan lluvias en una zona, la nubosidad y la humedad relativa aumentan obstaculizando el paso de la luz solar, ocasionándose con ello no solo la disminución en las horas de luz registradas en el día, sino también el descenso en la temperatura de la zona.

De esta manera se tienen entonces que los días con mayor registro de brillo solar se presentaron en los meses de enero y diciembre, mientras que los días más oscuros se registraron durante los meses de marzo y abril. El valor medio anual multianual de brillo solar es de 1379 horas que en promedio equivale a 3.8 horas de brillo solar por día.

### 2.21.1.5. Caracterización de la nubosidad.

Los mayores valores medios mensuales multianuales de nubosidad se registran en los meses de marzo y noviembre. Durante el resto del año, el valor medio mensual multianual registrado es de 4 octas.

### 2.21.1.6. Caracterización de la evaporación

De acuerdo con lo registrado por la estación San Rafael se tiene que la evaporación presenta una variación inversa a la de la precipitación pero similar a la de la temperatura. Los meses con mayores registros medios mensuales multianuales son enero para el primer semestre y agosto y septiembre para el segundo semestre; los meses con los menores registros son marzo, abril, noviembre y diciembre. El valor más alto se registró durante el mes de septiembre con 134.7 mm que indica una evaporación diaria de aproximadamente 4.5 mm; en los meses húmedos la evaporación diaria fue de aproximadamente 3.3 mm. La evaporación media anual multianual es de 1336 mm.

### 2.21.1.7. Estimación de la evapotranspiración

#### Evapotranspiración potencial (ETP)

La evapotranspiración potencial presenta una variación similar a las variables temperatura y evaporación, pero inversa a la variable precipitación. Los meses con los mayores valores de ETP son enero y agosto, mientras que los meses con un menor valor estimado son febrero y noviembre. La ETP media anual multianual estimada es de 1156.8 que equivale a aproximadamente 3.2 mm de evapotranspiración potencial diaria.

De la variación espacial de la ETP, se tiene que en la cuenca hidrográfica del río Pedernal, esta aumenta en la medida que se desciende altitudinalmente. Los menores valores se presentan en la zona de la cuenca en la que se localiza el cerro Pan de Azúcar y los mayores valores estimados, por el orden de los 1725 mm al año se presentan en la zona asociada con la desembocadura del río Pedernal en el río Yaguará

#### Evapotranspiración real (ETR)

La evapotranspiración real estimada presenta una variación anual similar a la precipitación e inversa a la temperatura y la evapotranspiración potencial. Este comportamiento se debe a que en periodos de alta pluviosidad, la cantidad de agua disponible en el suelo aumenta y con ello la ETR tiende a ser similar a la ETP, sin embargo en los periodos secos del año en los cuales la temperaturas son altas y las precipitaciones son bajas, la ETP es mayor a la ETR debido a que no existe reserva de agua en el suelo que pueda ser evapotranspirada. De esta manera los mayores valores estimados de ETR se presentan en los meses de enero y octubre, mientras los valores más bajos se estimaron para el mes de agosto. La ETR media anual multianual en el sitio en el que se localiza la estación San Rafael es de 880.43 m.

De la variabilidad espacial de la ETR en la cuenca hidrográfica del río Pedernal se tiene que ésta es menor en la zona de la cuenca hidrográfica asociada con el cerro

Pan de Azúcar con valores que oscilan entre los 200 y 300 mm anuales, y mayor en la región cercana a la desembocadura del Río Pedernal en la margen derecha del río Yaguará con valores cercanos a los 1170 mm anuales

### 2.21.2. Balance hidrológico de largo plazo.

Para validar el balance hidrológico del largo plazo, se consideró el caudal medio mensual multianual registrado por la estación Hidroeléctrica y se comparó con el caudal medio estimado mediante la aplicación del balance en el punto en el que se localiza dicha estación.

|                                    | Caudal medio (m <sup>3</sup> /seg) |
|------------------------------------|------------------------------------|
| Estación Hidroeléctrica            | <b>3.975</b>                       |
| Balance hidrológico de largo plazo | <b>3.531</b>                       |
| Error                              | <b>11.17%</b>                      |

**Tabla 74. Validación del balance hidrológico de largo plazo**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

El error producto de la validación del balance hidrológico es del 11.17%; dicho error puede ser ocasionado por la calidad, la cantidad y la distribución de la información disponible de las variables precipitación y temperatura en la cuenca hidrográfica del río Pedernal.

#### 2.21.3.1. Calibración del modelo

La simulación hidrológica del modelo agregado de tanques se desarrolla en base a información de una cuenca hidrográfica instrumentada. De esta manera la aplicación del modelo requiere inicialmente la calibración del mismo, actividad en la que se comparan los caudales reales registrados por la estación hidrométrica, con los caudales simulados por el modelo luego de variar sistemáticamente los parámetros que lo componen dentro de los rangos ya establecidos; dichos parámetros se relacionan en la siguiente tabla.

| PARÁMETROS                                       | MÍNIMO SUGERIDO | MÁXIMO SUGERIDO |
|--|-----------------|-----------------|
| Almacenamiento máximo capilar                    | 20              | 600             |
| Conductividad Capa Sup (mm/día)                  | 1               | 100             |
| Conductividad Capa Inf (mm/día)                  | 0.01            | 10              |
| Perdidas Subterráneas (mm)                       | 0               | 10              |
| Tiempo de Residencia Flujo Superficial (días)    | 1               | 10              |
| Tiempo de Residencia Flujo Subsuperficial (días) | 1               | 10              |
| Tiempo de Residencia Flujo Base (días)           | 50              | 200             |
| Exponente Infiltración                           | 2               | 2               |

| PARÁMETROS            | MÍNIMO SUGERIDO | MÁXIMO SUGERIDO |
|-----------------------|-----------------|-----------------|
| Exponente Evaporación | 0.7             | 0.7             |

**Tabla 75. Parámetros y rangos sugeridos de calibración del modelo agregado de tanques.**  
Fuente: VELEZ, 2001.

### 2.21.3.2. Validación del modelo

#### Validación temporal

Una vez el modelo ha sido calibrado, es necesario validar su ajuste; para tal fin se evalúa una serie de tiempo diferente a la que fue considerada en el proceso de calibración, pero sin modificar los parámetros ya graduados en la calibración

| PARÁMETRO   | VALOR GRADUADO |
|---|----------------|
| Almacenamiento máximo capilar                       | 600            |
| Conductividad capa sup (mm/día)                     | 50             |
| Conductividad capa Inf (mm/día)                     | 4              |
| Pérdidas subterráneas (mm)                          | 0              |
| Tiempo de residencia flujo superficial (días)       | 6              |
| Tiempo de residencia de flujo subsuperficial (días) | 5              |
| Tiempo de residencia flujo base (días)              | 50             |
| Almacenamiento Capilar                              | 100.00         |
| Almacenamiento Agua Superficial                     | 0.00           |
| Almacenamiento Gravitacional Z Sup                  | 30.00          |
| Almacenamiento Gravitacional Z Inf (acuífero)       | 200.00         |

**Tabla 76. Parámetros graduados en la calibración del modelo agregado de Tanques para la cuenca hidrográfica del río Pedernal**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

Para la validación del modelo se considera entonces las precipitaciones y los caudales registrados por las mismas estaciones utilizadas en la calibración, pero esta vez el periodo de tiempo está comprendido entre los años 2010 y 2013.

De la validación se obtiene un error porcentual en el balance de 3.53 y con relación a la curva de duración de caudales, el caudal simulado es similar al caudal observado.

#### Validación espacial

Como en la cuenca hidrográfica del río Pedernal solo se tiene una estación hidrométrica, no es posible realizar una validación espacial del modelo agregado de tanques.

### 2.21.3.3. Análisis de caudales mínimos

Los caudales mínimos asociados a un periodo de retorno de 10 años para cada unidad de estudio de la cuenca hidrográfica del río Pedernal se relacionan en la **Tabla 7776**.

| UNIDAD DE ESTUDIO | ÁREA (Km) | Qmin TR=10 años |
|-------------------|-----------|-----------------|
| A01               | 4.72      | 0.013           |
| A03               | 29.91     | 0.081           |
| A05               | 3.03      | 0.006           |
| C01               | 9.70      | 0.034           |
| C02               | 10.18     | 0.035           |
| C06               | 137.57    | 0.313           |
| Qda Beberrecio    | 8.95      | 0.020           |
| Qda La Cañada     | 19.32     | 0.037           |
| Qda La María      | 29.91     | 0.081           |
| Qda Papayal       | 11.05     | 0.014           |
| Río Pedernal Bajo | 18.44     | 0.014           |
| Río Pedernal Alto | 49.90     | 0.144           |

Tabla 77. Caudales mínimos asociados a un periodo de retorno de 10 años, estimados en cada una de las unidades de estudio de la cuenca hidrográfica del río Pedernal.

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### 2.21.3.4. Estimación de la oferta hídrica total

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CORRIENTE  
RIO PEDERNAL Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS  
MUNICIPIO DE TERUEL - DEPARTAMENTO DEL HUILA.  
Contrato de consultoría 0350 de 2015

| UNIDAD DE ESTUDIO          | ENE   | FEB   | MAR   | ABL   | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | SEP   | OCT   | NOV   | DBE   | ANUAL |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>UNIDADES DE ESTUDIO</b> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| A01                        | 0.195 | 0.229 | 0.261 | 0.264 | 0.211 | 0.130 | 0.077 | 0.050 | 0.053 | 0.090 | 0.199 | 0.242 | 0.167 |
| A02                        | 0.817 | 0.892 | 1.082 | 1.134 | 0.855 | 0.594 | 0.377 | 0.269 | 0.244 | 0.438 | 0.771 | 0.925 | 0.700 |
| A03                        | 0.870 | 0.945 | 1.144 | 1.193 | 0.900 | 0.621 | 0.394 | 0.279 | 0.250 | 0.450 | 0.806 | 0.982 | 0.736 |
| A05                        | 0.120 | 0.122 | 0.142 | 0.137 | 0.102 | 0.056 | 0.034 | 0.020 | 0.016 | 0.036 | 0.095 | 0.138 | 0.085 |
| C01                        | 0.278 | 0.317 | 0.384 | 0.362 | 0.323 | 0.220 | 0.139 | 0.112 | 0.095 | 0.171 | 0.274 | 0.301 | 0.248 |
| C02                        | 0.278 | 0.309 | 0.382 | 0.408 | 0.333 | 0.235 | 0.146 | 0.108 | 0.104 | 0.167 | 0.285 | 0.307 | 0.255 |
| C03                        | 0.557 | 0.612 | 0.751 | 0.804 | 0.643 | 0.463 | 0.296 | 0.215 | 0.185 | 0.312 | 0.561 | 0.632 | 0.503 |
| C04                        | 1.185 | 1.272 | 1.507 | 1.560 | 1.234 | 0.832 | 0.527 | 0.356 | 0.289 | 0.508 | 1.102 | 1.391 | 0.980 |
| C05                        | 2.200 | 2.352 | 2.799 | 2.912 | 2.256 | 1.548 | 0.990 | 0.679 | 0.548 | 0.990 | 2.035 | 2.559 | 1.822 |
| C05,1                      | 3.530 | 3.703 | 4.383 | 4.431 | 3.404 | 2.179 | 1.390 | 0.926 | 0.760 | 1.348 | 2.919 | 3.960 | 2.744 |
| C05,2                      | 4.319 | 4.410 | 5.203 | 5.217 | 3.991 | 2.500 | 1.595 | 1.033 | 0.816 | 1.421 | 3.345 | 4.792 | 3.220 |
| C06                        | 4.916 | 4.867 | 5.854 | 5.731 | 4.206 | 2.599 | 1.614 | 1.065 | 0.827 | 1.435 | 3.328 | 4.932 | 3.448 |

**Tabla 78. Oferta hídrica total año hidrológico medio**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

| UNIDAD DE ESTUDIO | ENE    | FEB    | MAR    | ABL    | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | SEP   | OCT   | NOV    | DBE    | ANUAL  |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| A01               | 0.342  | 0.657  | 0.547  | 0.738  | 0.666 | 0.315 | 0.200 | 0.120 | 0.172 | 0.201 | 0.419  | 0.463  | 0.738  |
| A02               | 2.115  | 2.464  | 3.646  | 3.388  | 1.806 | 1.138 | 0.684 | 0.737 | 0.889 | 2.605 | 3.039  | 3.774  | 3.774  |
| A03               | 2.253  | 2.616  | 3.792  | 3.539  | 1.894 | 1.180 | 0.725 | 0.756 | 0.877 | 2.671 | 3.138  | 3.998  | 3.998  |
| A05               | 0.330  | 0.332  | 0.363  | 0.350  | 0.223 | 0.132 | 0.094 | 0.043 | 0.034 | 0.176 | 0.242  | 0.506  | 0.506  |
| C01               | 0.553  | 1.018  | 1.413  | 0.738  | 0.620 | 0.348 | 0.383 | 0.495 | 0.243 | 0.580 | 0.558  | 0.742  | 1.413  |
| C02               | 0.543  | 0.865  | 1.061  | 1.495  | 0.641 | 0.414 | 0.401 | 0.524 | 0.355 | 0.613 | 0.568  | 0.780  | 1.495  |
| C03               | 1.152  | 1.689  | 1.984  | 2.627  | 1.210 | 0.695 | 0.667 | 0.895 | 0.576 | 1.534 | 1.410  | 1.814  | 2.627  |
| C04               | 2.438  | 3.376  | 3.655  | 3.549  | 2.613 | 1.410 | 1.183 | 1.116 | 0.739 | 2.492 | 2.694  | 4.021  | 4.021  |
| C05               | 4.883  | 6.368  | 7.998  | 7.346  | 4.644 | 2.423 | 1.993 | 1.998 | 1.608 | 5.656 | 6.169  | 8.541  | 8.541  |
| C05,1             | 8.814  | 10.335 | 12.018 | 11.225 | 7.390 | 3.689 | 2.905 | 2.233 | 1.742 | 6.900 | 9.045  | 14.197 | 14.197 |
| C05,2             | 11.212 | 12.217 | 13.130 | 13.113 | 8.745 | 4.362 | 3.513 | 2.389 | 1.727 | 6.953 | 10.364 | 17.500 | 17.500 |
| C06               | 12.114 | 12.851 | 13.322 | 13.975 | 9.328 | 4.686 | 2.897 | 2.530 | 1.779 | 7.019 | 10.960 | 18.781 | 18.781 |

**Tabla 79. Oferta hídrica total año hidrológico húmedo**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CORRIENTE  
RÍO PEDERNAL Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS  
MUNICIPIO DE TERUEL - DEPARTAMENTO DEL HUILA.  
Contrato de consultoría 0350 de 2015

| UNIDAD DE ESTUDIO | ENE    | FEB    | MAR    | ABL    | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | SEP   | OCT   | NOV    | DBE    | ANUAL  |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| A01               | 0.044  | 0.051  | 0.052  | 0.055  | 0.084 | 0.048 | 0.027 | 0.017 | 0.010 | 0.010 | 0.015  | 0.061  | 0.010  |
| A02               | 0.143  | 0.124  | 0.142  | 0.230  | 0.234 | 0.223 | 0.155 | 0.106 | 0.073 | 0.074 | 0.159  | 0.156  | 0.073  |
| A03               | 0.156  | 0.138  | 0.158  | 0.264  | 0.258 | 0.242 | 0.162 | 0.113 | 0.077 | 0.078 | 0.169  | 0.169  | 0.077  |
| A05               | 0.029  | 0.025  | 0.028  | 0.027  | 0.028 | 0.021 | 0.014 | 0.009 | 0.006 | 0.008 | 0.016  | 0.021  | 0.006  |
| C01               | 0.066  | 0.065  | 0.115  | 0.132  | 0.114 | 0.095 | 0.065 | 0.042 | 0.031 | 0.037 | 0.060  | 0.081  | 0.031  |
| C02               | 0.067  | 0.064  | 0.118  | 0.137  | 0.115 | 0.096 | 0.066 | 0.043 | 0.032 | 0.038 | 0.062  | 0.082  | 0.032  |
| C03               | 1.152  | 1.689  | 1.984  | 2.627  | 1.210 | 0.695 | 0.667 | 0.895 | 0.576 | 1.534 | 1.410  | 1.814  | 2.627  |
| C04               | 2.438  | 3.376  | 3.655  | 3.549  | 2.613 | 1.410 | 1.183 | 1.116 | 0.739 | 2.492 | 2.694  | 4.021  | 4.021  |
| C05               | 4.883  | 6.368  | 7.998  | 7.346  | 4.644 | 2.423 | 1.993 | 1.998 | 1.608 | 5.656 | 6.169  | 8.541  | 8.541  |
| C05,1             | 8.814  | 10.335 | 12.018 | 11.225 | 7.390 | 3.689 | 2.905 | 2.233 | 1.742 | 6.900 | 9.045  | 14.197 | 14.197 |
| C05,2             | 11.212 | 12.217 | 13.130 | 13.113 | 8.745 | 4.362 | 3.513 | 2.389 | 1.727 | 6.953 | 10.364 | 17.500 | 17.500 |
| C06               | 0.863  | 0.751  | 0.902  | 0.974  | 1.008 | 0.832 | 0.518 | 0.338 | 0.277 | 0.225 | 0.405  | 0.888  | 0.225  |

**Tabla 80. Oferta hídrica total año hidrológico seco**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### 2.21.3.5. Indicadores del régimen hídrico

#### Índice de Aridez

A continuación, se presenta el índice de aridez estimado para cada una de las unidades de estudio.

| UNIDAD DE ESTUDIO | ÁREA (Km <sup>2</sup> ) | ÍNDICE DE ARIDEZ |
|-------------------|-------------------------|------------------|
| A01               | 4.72                    | 0.13             |
| A02               | 28.6                    | 0.11             |
| A03               | 29.91                   | 0.11             |
| A05               | 3.03                    | 0.20             |
| C01               | 9.70                    | 0.09             |
| C02               | 10.18                   | 0.09             |
| C03               | 19.24                   | 0.11             |
| C04               | 33.95                   | 0.13             |
| C05               | 65.8                    | 0.13             |
| C05_1             | 104.1                   | 0.14             |
| C05_2             | 127.15                  | 0.17             |
| C06               | 137.57                  | 0.19             |
| Qda Beberrecio    | 8.95                    | 0.14             |
| Qda La Cañada     | 19.32                   | 0.18             |
| Qda La María      | 29.91                   | 0.11             |
| Qda Papayal       | 11.05                   | 0.31             |
| Río Pedernal bajo | 18.44                   | 0.32             |
| Río Pedernal alto | 49.90                   | 0.16             |

**Tabla 81. Índice de aridez calculado para cada una de las unidades de estudio**

Fuente: IDEAM, 2010.

En la siguiente tabla se presentan los valores obtenidos del Índice de retención y regulación hídrica (IRH) en las microcuencas que conforman la cuenca hidrográfica del río Pedernal.

| No | UNIDADES DE ESTUDIO | IRH  | DESCRIPCIÓN                             |
|----|---------------------|------|---|
|    | Qda Beberrecio      | 0.63 | Baja retención y regulación de humedad  |
|    | Qda La Cañada       | 0.62 |   |
|    | Qda La María        | 0.66 | Media retención y regulación de humedad |
|    | Qda Papayal         | 0.58 | Baja retención y regulación de humedad  |
|    | Río Pedernal bajo   | 0.57 |   |
|    | Río Pedernal alto   | 0.67 | Media retención y regulación de humedad |

**Tabla 82. Índice de retención y regulación hídrica estimada para cada unidad de estudio**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### 2.21.3.6. Estimación del caudal ambiental

| UNIDAD DE ESTUDIO | Q MEDIO (m³/seg) | PROPUESTA DE CAUDALES AMBIENTALES AÑO MEDIO (m³/seg) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------|------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   |                  | ENE  | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN   | JUL   | AGOS  | SEP   | OCT   | NOV   | DIC   |
| A01               | 0.167            | 0.048  | 0.057 | 0.049 | 0.061 | 0.065 | 0.049 | 0.029 | 0.018 | 0.014 | 0.013 | 0.040 | 0.057 |
| A02               | 0.700            | 0.143  | 0.177 | 0.219 | 0.244 | 0.234 | 0.185 | 0.118 | 0.096 | 0.090 | 0.132 | 0.161 | 0.146 |
| A03               | 0.736            | 0.166  | 0.155 | 0.180 | 0.261 | 0.282 | 0.235 | 0.165 | 0.113 | 0.092 | 0.109 | 0.168 | 0.190 |
| A05               | 0.085            | 0.023  | 0.023 | 0.026 | 0.033 | 0.027 | 0.023 | 0.015 | 0.009 | 0.006 | 0.006 | 0.015 | 0.023 |
| C01               | 0.248            | 0.073  | 0.093 | 0.100 | 0.122 | 0.126 | 0.107 | 0.070 | 0.049 | 0.036 | 0.037 | 0.064 | 0.081 |
| C02               | 0.255            | 0.075  | 0.093 | 0.104 | 0.126 | 0.131 | 0.111 | 0.072 | 0.051 | 0.037 | 0.038 | 0.065 | 0.085 |
| C03               | 0.503            | 0.187  | 0.236 | 0.227 | 0.250 | 0.216 | 0.128 | 0.086 | 0.069 | 0.080 | 0.152 | 0.165 | 0.170 |
| C04               | 0.980            | 0.389  | 0.452 | 0.470 | 0.500 | 0.403 | 0.273 | 0.159 | 0.121 | 0.157 | 0.241 | 0.373 | 0.311 |
| C05               | 1.822            | 0.554  | 0.753 | 0.829 | 0.879 | 0.666 | 0.492 | 0.303 | 0.231 | 0.287 | 0.439 | 0.613 | 0.533 |
| C05,1             | 2.744            | 0.826  | 1.043 | 1.125 | 1.172 | 0.949 | 0.717 | 0.436 | 0.335 | 0.319 | 0.489 | 0.729 | 0.723 |
| C05,2             | 3.220            | 0.955  | 1.183 | 1.286 | 1.408 | 1.065 | 0.803 | 0.476 | 0.369 | 0.325 | 0.490 | 0.859 | 0.862 |
| C06               | 3.448            | 1.077  | 1.011 | 1.149 | 1.527 | 1.275 | 1.201 | 0.765 | 0.489 | 0.336 | 0.380 | 0.713 | 1.177 |

**Tabla 83. Propuesta de caudales ambientales año hidrológico medio cuenca hidrográfica del río Pedernal**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### 2.21.3.7. Oferta hídrica superficial disponible

Se estima la oferta hídrica superficial disponible en cada una de las unidades de estudio, a partir de la propuesta de caudales ambientales.

| UNIDAD DE ESTUDIO | OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL DISPONIBLE AÑO MEDIO |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN   | JUL   | AGOS  | SEP   | OCT   | NOV   | DIC   |
| A01               | 0.147   | 0.172 | 0.212 | 0.203 | 0.146 | 0.081 | 0.048 | 0.032 | 0.039 | 0.077 | 0.159 | 0.185 |
| A03               | 0.704   | 0.790 | 0.964 | 0.932 | 0.618 | 0.386 | 0.229 | 0.166 | 0.158 | 0.341 | 0.638 | 0.792 |
| A05               | 0.097   | 0.099 | 0.116 | 0.104 | 0.075 | 0.033 | 0.019 | 0.011 | 0.010 | 0.030 | 0.080 | 0.115 |
| C01               | 0.205   | 0.224 | 0.284 | 0.240 | 0.197 | 0.113 | 0.069 | 0.063 | 0.059 | 0.134 | 0.210 | 0.220 |
| C02               | 0.203   | 0.216 | 0.278 | 0.282 | 0.202 | 0.124 | 0.074 | 0.057 | 0.067 | 0.129 | 0.220 | 0.222 |
| C03               | 0.370   | 0.376 | 0.524 | 0.554 | 0.427 | 0.335 | 0.210 | 0.146 | 0.105 | 0.160 | 0.396 | 0.462 |
| C04               | 0.796   | 0.820 | 1.037 | 1.059 | 0.831 | 0.559 | 0.368 | 0.235 | 0.132 | 0.267 | 0.729 | 1.081 |
| C05               | 1.646   | 1.599 | 1.970 | 2.033 | 1.590 | 1.056 | 0.687 | 0.448 | 0.261 | 0.551 | 1.422 | 2.025 |
| C05,1             | 2.703   | 2.660 | 3.257 | 3.259 | 2.455 | 1.462 | 0.954 | 0.590 | 0.442 | 0.859 | 2.190 | 3.237 |
| C05,2             | 3.363   | 3.227 | 3.917 | 3.810 | 2.926 | 1.696 | 1.118 | 0.664 | 0.491 | 0.932 | 2.486 | 3.930 |
| C06               | 3.839   | 3.856 | 4.705 | 4.204 | 2.931 | 1.398 | 0.849 | 0.576 | 0.491 | 1.055 | 2.615 | 3.755 |

**Tabla 84. Oferta hídrica superficial disponible año hidrológico medio**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

| UNIDAD DE ESTUDIO | OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL DISPONIBLE AÑO SECO |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   | ENE  | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN   | JUL   | AGOS  | SEP   | OCT   | NOV   | DIC   |
| A01               | 0.031  | 0.034 | 0.037 | 0.035 | 0.051 | 0.034 | 0.022 | 0.015 | 0.009 | 0.009 | 0.012 | 0.040 |
| A02               | 0.114  | 0.092 | 0.097 | 0.150 | 0.156 | 0.164 | 0.129 | 0.091 | 0.064 | 0.060 | 0.122 | 0.124 |
| A03               | 0.121  | 0.109 | 0.119 | 0.170 | 0.159 | 0.165 | 0.126 | 0.096 | 0.067 | 0.066 | 0.130 | 0.125 |
| A05               | 0.021  | 0.018 | 0.019 | 0.017 | 0.019 | 0.016 | 0.011 | 0.008 | 0.006 | 0.008 | 0.013 | 0.016 |
| C01               | 0.047  | 0.041 | 0.069 | 0.067 | 0.056 | 0.054 | 0.047 | 0.034 | 0.027 | 0.032 | 0.044 | 0.054 |
| C02               | 0.047  | 0.041 | 0.070 | 0.069 | 0.056 | 0.054 | 0.047 | 0.034 | 0.028 | 0.032 | 0.046 | 0.055 |
| C03               | 0.083  | 0.064 | 0.116 | 0.112 | 0.139 | 0.134 | 0.097 | 0.062 | 0.052 | 0.050 | 0.083 | 0.114 |
| C04               | 0.187  | 0.151 | 0.238 | 0.261 | 0.295 | 0.319 | 0.227 | 0.143 | 0.090 | 0.101 | 0.176 | 0.265 |
| C05               | 0.385  | 0.284 | 0.358 | 0.448 | 0.585 | 0.552 | 0.397 | 0.249 | 0.171 | 0.165 | 0.377 | 0.462 |
| C05,1             | 0.578  | 0.437 | 0.587 | 0.525 | 0.800 | 0.651 | 0.498 | 0.354 | 0.266 | 0.268 | 0.535 | 0.612 |
| C05,2             | 0.705  | 0.515 | 0.644 | 0.592 | 0.828 | 0.714 | 0.537 | 0.368 | 0.275 | 0.281 | 0.586 | 0.719 |
| C06               | 0.720  | 0.589 | 0.717 | 0.618 | 0.798 | 0.643 | 0.508 | 0.366 | 0.279 | 0.294 | 0.664 | 0.676 |

**Tabla 85. Oferta hídrica superficial disponible año hidrológico seco**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

## 2.22. Estudio de la demanda de agua e indicador de presión sobre el recurso hídrico superficial.

### 2.22.1. Demanda hídrica

#### 2.22.1.1. Demanda Actual

La determinación de la demanda actual del recurso hídrico del río Pedernal y sus principales afluentes, consideró diferentes fuentes información ligadas directamente a encuestas, registros, datos, resoluciones de concesión de agua y reglamentaciones de usos y aprovechamientos de agua.

Teniendo en cuenta lo anterior, la demanda hídrica actual está dada por los sectores socioeconómicos relacionados a continuación.

| UNIDAD DE ESTUDIO | SECTOR SOCIOECONÓMICO | DEMANDA TOTAL (l/s) |
|-------------------|-----------------------|---------------------|
| Río Pedernal      | Agrícola              | 1824.8              |
|                   | Humano o doméstico    | 70.3                |
|                   | Pecuario              | 17.2                |
| Qda La María      | Agrícola              | 81.42               |
|                   | Humano o doméstico    | 2.37                |

**Tabla 86. Demanda actual clasificada por sectores socioeconómicos**

Fuente: FUNDISPROS, 2016

#### 2.22.1.2. Índice de uso del agua (IUA)

Para las unidades de estudio del río Pedernal se estimó el índice de uso del agua a partir de la demanda hídrica ya relacionada en este documento y la oferta hídrica superficial disponible para año hidrológico de condiciones normales y secas.

De esta manera, los índices estimados junto con su categorización para año hidrológico normal se presentan en la **Tabla 8786**

| TRAMO   | UNIDAD DE ESTUDIO | OHT   | Q AMBIENTAL | OHN   | Dh    | IUA (%) | CATEGORÍA |
|---------|-------------------|-------|-------------|-------|-------|---------|-----------|
|         | A01               | 0.167 | 0.065       | 0.102 | 0.000 | 0.00    | Muy bajo  |
|         | A02               | 0.700 | 0.244       | 0.456 | 0.000 | 0.00    | Muy bajo  |
|         | A03               | 0.736 | 0.282       | 0.454 | 0.052 | 11.54   | Moderado  |
|         | A05               | 0.085 | 0.033       | 0.052 | 0.000 | 0.00    | Muy bajo  |
| Tramo 1 | C01               | 0.248 | 0.126       | 0.122 | 0.000 | 0.00    | Muy bajo  |
| Tramo 2 | C02               | 0.255 | 0.131       | 0.124 | 0.015 | 12.08   | Moderado  |
| Tramo 3 | C03               | 0.503 | 0.250       | 0.253 | 0.247 | 97.86   | Muy alto  |
| Tramo 4 | C04               | 0.980 | 0.500       | 0.480 | 0.000 | 0.00    | Muy bajo  |
| Tramo 5 | C05               | 1.822 | 0.879       | 0.943 | 0.000 | 0.00    | Muy bajo  |
| Tramo 6 | C05,1             | 2.744 | 1.172       | 1.572 | 0.053 | 3.36    | Bajo      |
| Tramo 7 | C05,2             | 3.220 | 1.408       | 1.813 | 1.516 | 83.64   | Muy alto  |

Tabla 87. Índice de uso del agua (IUA) año hidrológico normal

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

De acuerdo con lo relacionado en la tabla anterior, se tienen que en A01, A02 y A05 que hacen referencia a la quebrada El Cedro, la quebrada La María antes de cualquier uso y la quebrada el Pueblo respectivamente, el IUA es **muy bajo** debido a que según las Autoridad competente (CAM) no se registran usos de agua legalizados.

Por otra parte, para A03, que se refiere a la quebrada La María luego del primer usuario, se tiene que el IUA **es moderado**.

Para el cauce del río Pedernal, analizado por tramos desde el uno (1) hasta el siete (7), se tiene que para el tramo 1, 4 y 5, el IUA es **muy bajo** debido a que no se registran usos; para el tramo 6 el IUA es **bajo**; para el tramo 2 el IUA es **moderado** y para los tramos 3 y 7, el IUA es muy **alto**, indicando que la demanda en estos tramos es casi igual a la oferta hídrica superficial disponible.

Para año hidrológico seco, los índices estimados junto con su categorización para año hidrológico normal se presentan en la **Tabla 88**.

| TRAMO   | UNIDAD DE ESTUDIO | OHT  | Q AMBIENTAL | OHN   | Dh    | IUA (%) | CATEGORÍA |
|---------|-------------------|------|-------------|-------|-------|---------|-----------|
|         | A01               | 0.04 | 0.012055959 | 0.027 | 0.000 | 0.00    | Muy bajo  |
|         | A02               | 0.15 | 0.037977961 | 0.114 | 0.000 | 0.00    | Muy bajo  |
|         | A03               | 0.17 | 0.044094049 | 0.121 | 0.052 | 43.27   | Alto      |
|         | A05               | 0.02 | 0.005131375 | 0.014 | 0.000 | 0.00    | Muy bajo  |
| Tramo 1 | C01               | 0.08 | 0.02777765  | 0.048 | 0.000 | 0.00    | Muy bajo  |
| Tramo 2 | C02               | 0.08 | 0.028355827 | 0.048 | 0.015 | 31.05   | Alto      |
| Tramo 3 | C03               | 0.14 | 0.051966799 | 0.092 | 0.247 | 267.88  | Crítico   |
| Tramo 4 | C04               | 0.32 | 0.118245633 | 0.205 | 0.000 | 0.00    | Muy bajo  |
| Tramo 5 | C05               | 0.55 | 0.183882314 | 0.369 | 0.000 | 0.00    | Muy bajo  |
| Tramo 6 | C05,1             | 0.73 | 0.218203894 | 0.509 | 0.053 | 10.37   | Moderado  |
| Tramo 7 | C05,2             | 0.8  | 0.235741808 | 0.564 | 1.516 | 268.99  | Crítico   |

Tabla 88. Índice de uso del agua (IUA) año hidrológico seco

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

En el año hidrológico seco, el IUA se mantiene **muy bajo** en las unidades de estudio A01, A02 y A05, puesto que aunque la oferta hídrica superficial neta disminuye, la demanda hídrica no presenta cambios. Sin embargo para A03 el IUA pasa de moderado a **alto**.

Para el cauce del río Pedernal, el tramo 1, 4 y 5, el IUA es muy bajo debido a que no se registran usos; para el tramo 6 el IUA pasa de bajo a **moderado**; para el tramo 2 el IUA aumenta de moderado a **alto** y para los tramos 3 y 7, el IUA es **crítico**, es decir, supera la presión de la demanda a la oferta disponible en estas unidades de estudio

### 2.22.1.3. Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH)

El índice de vulnerabilidad hídrica (IVH) para las unidades de estudio de la cuenca hidrográfica del río Pedernal, se estima teniendo en cuenta el índice de retención y regulación hídrica (IRH) y el índice de uso del agua (IUA), aplicando la metodología propuesta por el IDEAM, 2015. Adicional, el IVH se estima para condición hidrológica normal y la seca y los resultados se presentan en las tablas 88 y 89, respectivamente

| TRAMO          | UNIDAD DE ESTUDIO | IUA (%) | CATEGORIA | IRH (%) | DESCRIPCION | IVH   |
|----------------|-------------------|---------|-----------|---------|-------------|-------|
|                | A01               | 0.00    | Muy bajo  | 0.65    | Baja        | Medio |
|                | A02               | 0.00    | Muy bajo  | 0.66    | Moderado    | Bajo  |
|                | A03               | 11.54   | Moderado  | 0.66    | Moderado    | Medio |
|                | A05               | 0.00    | Muy bajo  | 0.60    | Baja        | Medio |
| <b>Tramo 1</b> | C01               | 0.00    | Muy bajo  | 0.71    | Moderado    | Bajo  |
| <b>Tramo 2</b> | C02               | 12.08   | Moderado  | 0.71    | Moderado    | Medio |
| <b>Tramo 3</b> | C03               | 97.86   | Muy alto  | 0.71    | Moderado    | Alto  |
| <b>Tramo 4</b> | C04               | 0.00    | Muy bajo  | 0.70    | Moderado    | Bajo  |
| <b>Tramo 5</b> | C05               | 0.00    | Muy bajo  | 0.69    | Moderado    | Bajo  |
| <b>Tramo 6</b> | C05,1             | 3.36    | Bajo      | 0.67    | Moderado    | Bajo  |
| <b>Tramo 7</b> | C05,2             | 83.64   | Muy alto  | 0.66    | Moderado    | Alto  |

**Tabla 89. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH), para una condición hidrológica normal.**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

| TRAMO          | UNIDAD DE ESTUDIO | IUA (%) | CATEGORIA | IRH (%) | DESCRIPCION | IVH      |
|----------------|-------------------|---------|-----------|---------|-------------|----------|
|                | A01               | 0.00    | Muy bajo  | 0.65    | Baja        | Medio    |
|                | A02               | 0.00    | Muy bajo  | 0.66    | Moderado    | Medio    |
|                | A03               | 43.27   | Alto      | 0.66    | Moderado    | Alto     |
|                | A05               | 0.00    | Muy bajo  | 0.60    | Baja        | Medio    |
| <b>Tramo 1</b> | C01               | 0.00    | Muy bajo  | 0.71    | Moderado    | Bajo     |
| <b>Tramo 2</b> | C02               | 31.05   | Alto      | 0.71    | Moderado    | Alto     |
| <b>Tramo 3</b> | C03               | 267.88  | Crítico   | 0.71    | Moderado    | Muy alto |
| <b>Tramo 4</b> | C04               | 0.00    | Muy bajo  | 0.70    | Moderado    | Bajo     |

|         |       |        |          |      |          |          |
|---------|-------|--------|----------|------|----------|----------|
| Tramo 5 | C05   | 0.00   | Muy bajo | 0.69 | Moderado | Bajo     |
| Tramo 6 | C05,1 | 10.37  | Moderado | 0.67 | Moderado | Medio    |
| Tramo 7 | C05,2 | 268.99 | Crítico  | 0.66 | Moderado | Muy alto |

Tabla 90. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH), para una condición hidrológica seca.

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

## 2.23. Determinación de riesgos asociados a la reducción de la oferta y disponibilidad del recurso hídrico.

### 2.23.1. Riesgos asociados a la reducción de la oferta

El riesgo asociado a la reducción de la oferta para cada una de las unidades de estudio de la cuenca hidrográfica del río Pedernal

| UNIDA DE ESTUDIO | AMENAZA | VULNERABILIDAD | RIESGO |
|------------------|---------|----------------|--------|
| A01              | Media   | Media          | Medio  |
| A02              | Baja    | Baja           | Bajo   |
| A03              | Media   | Alta           | Alto   |
| A05              | Media   | Media          | Medio  |
| C01              | Baja    | Baja           | Bajo   |
| C02              | Media   | Alta           | Alto   |
| C03              | Media   | Media          | Medio  |
| C04              | Baja    | Baja           | Bajo   |
| C05              | Baja    | Baja           | Bajo   |
| C05,1            | Baja    | Baja           | Bajo   |
| C05,2            | Media   | Alta           | Alto   |

Tabla 91. Riesgo asociado a la reducción de la oferta para las unidades de estudio del río Pedernal.

Fuente: FUNDISPROS, 2016

El riesgo asociado a la reducción de la oferta se categoriza como bajo antes de cualquier uso en la quebrada la María (A02) y en el río Pedernal en el tramo C01. Adicional se tiene el mismo riesgo en el tramo C04, C05 y C05, 1, debido a que en estas zonas sobre el río Pedernal no se presentan usos y si los hay, estos derivan caudales bajos.

Por otra parte, para la desembocadura de la quebrada La María (A03), el riesgo es alto debido a que aunque el caudal derivado es bajo, la vulnerabilidad no lo es, puesto que de esta afluente se deriva agua para el beneficio de un acueducto veredal. El mismo caso se presenta en el río Pedernal en el punto C02 y C05, 2.

### 2.23.2. Riesgos asociados a la disponibilidad del recurso hídrico.

| TRAMOS  | ESTACIÓN | INDICADORES | ICA  |           | BMWP - COLOMBIA |          |         |
|---------|----------|-------------|------|-----------|-----------------|----------|---------|
|         |          |             | ICA  | CALIDAD   | TOTAL BMWP/COL  | CLASE    | CALIDAD |
| Tramo 1 | C01      | Campaña 1   | 0.90 | Aceptable | 101             | Clase I  | Buena   |
|         |          | Campaña 2   | 0.87 | Aceptable | 19              | Clase IV | Crítica |

|                |  |           |      |           |    |          |             |
|----------------|--|-----------|------|-----------|----|----------|-------------|
|                | C02  | Campaña 1 | 0.91 | Buena     | 78 | Clase II | Aceptable   |
|                |  | Campaña 2 | 0.84 | Aceptable | 19 | Clase IV | Crítica     |
| <b>Tramo 2</b> | A01  | Campaña 1 | 0.88 | Aceptable | 30 | Clase IV | Crítica     |
|                |  | Campaña 2 | 0.84 | Aceptable | 19 | Clase IV | Crítica     |
| <b>Tramo 3</b> | No existen puntos de monitoreo en este Tramo |           |      |           |    |          |             |
| <b>Tramo 4</b> | A03  | Campaña 1 | 0.87 | Aceptable | 32 | Clase IV | Crítica     |
|                |  | Campaña 2 | 0.83 | Aceptable | 19 | Clase IV | Crítica     |
| <b>Tramo 5</b> | A05  | Campaña 1 | 0.61 | Regular   | 9  | Clase V  | Muy Crítica |
|                |  | Campaña 2 | 0.64 | Regular   | 12 | Clase V  | Muy Crítica |
| <b>Tramo 6</b> | No existen puntos de monitoreo en este Tramo |           |      |           |    |          |             |
| <b>Tramo 7</b> | C06  | Campaña 1 | 0.87 | Aceptable | 10 | Clase IV | Crítica     |
|                |  | Campaña 2 | 0.74 | Aceptable | 20 | Clase IV | Crítica     |

**Tabla 92. Consolidado ICA y BMWP – Colombia “Río Pedernal”**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### 3. IDENTIFICACIÓN DE USOS POTENCIALES DEL RECURSO HIDRICO

#### 3.1. Proyección de la demanda de agua

##### 3.1.1. Demanda hídrica

El IDEAM, 2010 define la demanda de agua como “la extracción hídrica (eliminación de agua de cualquier fuente, ya sea permanentemente o de forma temporal) del sistema natural destinada para suplir las necesidades o requerimientos del consumo humano, la producción sectorial y las demandas esenciales de los ecosistemas no antrópicos” siendo esta última la destinada como caudal ecológico y ambiental.

##### 3.1.2. Demanda Proyectada

Para el cálculo de la demanda proyectada del recurso hídrico se utilizaron diferentes fuentes para el tratamiento de la información, dicha información está ligada directamente a encuestas, registros, datos y coeficientes que permitan generalizar su estimación.

##### 3.1.2.1. Demanda proyectada del sector humano o domestico

La estimación de la demanda proyectada para el sector humano o doméstico se realiza efectuando una proyección demográfica, estimando así la población futura presente en las cabeceras municipales de Yaguará y Teruel, quienes hacen uso del agua que discurre por el río Pedernal para el abastecimiento de sus acueductos urbanos.

##### 3.1.2.1.1. Caudal concesionado

Del río Pedernal, de acuerdo con información consignada en la resolución 312 de 1999, se otorga caudal para el abastecimiento del acueducto del municipio de Yaguará. Así mismo, mediante resolución 735 del 2008 se concede concesión de

agua para el acueducto del municipio de Teruel. Los caudales concesionados se relacionan en la tabla 92

| CUENCA<br>HIDROGRÁFICA | MUNICIPIO | DOTACIÓN NETA<br>CONSUMO HUMANO<br>(l/s) |
|------------------------|-----------|--|
| RÍO PEDERNAL           | YAGUARÁ   | 25                                       |
|                        | TERUEL    | 45.3                                     |

**Tabla 93. Caudales concesionados al sector humano o doméstico.**

Fuente: CAM, 1999, 2008.

### 3.1.2.1.2. Proyección de demanda.

Se presentan los caudales proyectados para los diferentes periodos en los acueductos urbanos de los municipios de Teruel y Yaguará.

| PERIODOS    | AÑO  | ACUEDUCTOS ZONA URBANA |              |               |              |
|-------------|------|------------------------|--------------|---------------|--------------|
|             |      | TERUEL                 |              | YAGUARÁ       |              |
|             |      | No Habitantes          | Caudal (l/s) | No Habitantes | Caudal (l/s) |
| 0 - 2 años  | 2017 | 5371                   | 11.40        | 8795          | 18.66        |
|             | 2018 | 5485                   | 11.64        | 9005          | 19.11        |
|             | 2019 | 5601                   | 11.88        | 9219          | 19.56        |
| 2 - 5 años  | 2020 | 5719                   | 12.14        | 9439          | 20.03        |
|             | 2021 | 5840                   | 12.39        | 9664          | 20.51        |
|             | 2022 | 5963                   | 12.65        | 9894          | 20.99        |
| 5 - 10 años | 2023 | 6089                   | 12.92        | 10129         | 21.49        |
|             | 2024 | 6218                   | 13.19        | 10370         | 22.00        |
|             | 2025 | 6349                   | 13.47        | 10617         | 22.53        |
|             | 2026 | 6483                   | 13.76        | 10870         | 23.07        |

**Tabla 94. Proyección de la demanda para el sector consumo humano o uso doméstico**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### 3.1.2.2. Demanda del sector pecuario

La metodología empleada para la proyección de la demanda agrícola y pecuaria se basó en la recopilación de información de áreas sembradas y cabezas de animales en años anteriores, tal que reflejara el comportamiento creciente o decreciente a través de los años de cada uno de los sectores analizados, se estimó un factor de proyección para cada cultivo y especie.

#### Bovino

|            | AÑO  | CABEZAS<br>PROYECTADAS | DEMANDA<br>TOTAL (l/s) | DEMANDA<br>ANUAL<br>(m3) |
|------------|------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| 0 - 2 años | 2017 | 4576.4                 | 2.65                   | 83520.19                 |
|            | 2018 | 4353.5                 | 2.52                   | 79452.22                 |

|             |      |        |      |          |
|-------------|------|--------|------|----------|
| 2 - 5 años  | 2019 | 4141.5 | 2.40 | 75582.39 |
|             | 2020 | 3939.8 | 2.28 | 71901.04 |
|             | 2021 | 3747.9 | 2.17 | 68398.99 |
| 5 - 10 años | 2022 | 3565.3 | 2.06 | 65067.52 |
|             | 2023 | 3391.7 | 1.96 | 61898.31 |
|             | 2024 | 3226.5 | 1.87 | 58883.46 |
|             | 2025 | 3069.3 | 1.78 | 56015.46 |
|             | 2026 | 2919.8 | 1.69 | 53287.15 |

**Tabla 95. Demanda proyectada subsector bovino municipio de Teruel**  
 Fuente: FUNDISPROS 2016.

|             | AÑO  | CABEZAS<br>PROYECTADAS | DEMANDA<br>TOTAL (l/s) | DEMANDA<br>ANUAL (m3) |
|-------------|------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| 0 - 2 años  | 2017 | 15347.8                | 8.88                   | 280097.84             |
|             | 2018 | 15280.7                | 8.84                   | 278872.66             |
| 2 - 5 años  | 2019 | 15213.9                | 8.80                   | 277652.85             |
|             | 2020 | 15147.3                | 8.77                   | 276438.37             |
|             | 2021 | 15081.1                | 8.73                   | 275229.20             |
| 5 - 10 años | 2022 | 15015.1                | 8.69                   | 274025.32             |
|             | 2023 | 14949.4                | 8.65                   | 272826.71             |
|             | 2024 | 14884.0                | 8.61                   | 271633.34             |
|             | 2025 | 14818.9                | 8.58                   | 270445.19             |
|             | 2026 | 14754.1                | 8.54                   | 269262.24             |

**Tabla 96. Demanda proyectada subsector bovino municipio de Yaguará**  
 Fuente: FUNDISPROS 2016.

|             | AÑO  | AVES<br>PROYECTADAS | DEMANDA<br>TOTAL (l/s) | DEMANDA<br>ANUAL (m3) |
|-------------|------|---------------------|------------------------|-----------------------|
| 0 - 2 años  | 2017 | 6486.1              | 0.18017071             | 5681.86               |
|             | 2018 | 5815.2              | 0.1615346              | 5094.16               |
| 2 - 5 años  | 2019 | 5213.7              | 0.14482614             | 4567.24               |
|             | 2020 | 4674.5              | 0.12984593             | 4094.82               |
|             | 2021 | 4190.9              | 0.11641522             | 3671.27               |
| 5 - 10 años | 2022 | 3757.5              | 0.10437371             | 3291.53               |
|             | 2023 | 3368.8              | 0.09357773             | 2951.07               |
|             | 2024 | 3020.3              | 0.08389845             | 2645.82               |
|             | 2025 | 2707.9              | 0.07522034             | 2372.15               |
|             | 2026 | 2427.8              | 0.06743987             | 2126.78               |

**Tabla 97. Demanda proyectada subsector avícola para el municipio de Teruel**  
 Fuente: FUNDISPROS 2016.

## Avícola

|            | AÑO  | AVES<br>PROYECTADAS | DEMANDA<br>TOTAL (l/s) | DEMANDA<br>ANUAL (m3) |
|------------|------|---------------------|------------------------|-----------------------|
| 0 - 2 años | 2017 | 16097.0             | 0.44713825             | 14100.95              |
|            | 2018 | 16062.8             | 0.44618839             | 14071.00              |
| 2 - 5 años | 2019 | 16028.7             | 0.44524054             | 14041.11              |
|            | 2020 | 15994.6             | 0.44429471             | 14011.28              |
|            | 2021 | 15960.6             | 0.44335088             | 13981.51              |

|             |      |         |            |          |
|-------------|------|---------|------------|----------|
| 5 - 10 años | 2022 | 15926.7 | 0.44240906 | 13951.81 |
|             | 2023 | 15892.9 | 0.44146924 | 13922.17 |
|             | 2024 | 15859.1 | 0.44053142 | 13892.60 |
|             | 2025 | 15825.4 | 0.43959559 | 13863.09 |
|             | 2026 | 15791.8 | 0.43866175 | 13833.64 |

**Tabla 98. Demanda proyectada subsector avícola para el municipio de Yaguará**  
Fuente: FUNDISPROS 2016.

## Porcino

|             | AÑO  | PORCINOS PROYECTADOS | DEMANDA TOTAL (l/s) | DEMANDA ANUAL (m3) |
|-------------|------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 0 - 2 años  | 2017 | 280.0                | 0.06                | 1839.28            |
|             | 2018 | 250.0                | 0.05                | 1642.64            |
|             | 2019 | 223.3                | 0.05                | 1467.03            |
| 2 - 5 años  | 2020 | 199.4                | 0.04                | 1310.19            |
|             | 2021 | 178.1                | 0.04                | 1170.12            |
| 5 - 10 años | 2022 | 159.1                | 0.03                | 1045.03            |
|             | 2023 | 142.1                | 0.03                | 933.31             |
|             | 2024 | 126.9                | 0.03                | 833.53             |
|             | 2025 | 113.3                | 0.02                | 744.42             |
|             | 2026 | 101.2                | 0.02                | 664.83             |

**Tabla 99. Demanda proyectada subsector porcícola para el municipio de Teruel**  
Fuente: FUNDISPROS 2016.

|             | AÑO  | PORCINOS PROYECTADOS | DEMANDA TOTAL (l/s) | DEMANDA ANUAL (m3) |
|-------------|------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 0 - 2 años  | 2017 | 956.7                | 0.20                | 6285.83            |
|             | 2018 | 962.4                | 0.20                | 6322.94            |
| 2 - 5 años  | 2019 | 968.1                | 0.20                | 6360.27            |
|             | 2020 | 973.8                | 0.20                | 6397.82            |
|             | 2021 | 979.5                | 0.20                | 6435.59            |
| 5 - 10 años | 2022 | 985.3                | 0.21                | 6473.59            |
|             | 2023 | 991.1                | 0.21                | 6511.81            |
|             | 2024 | 997.0                | 0.21                | 6550.25            |
|             | 2025 | 1002.9               | 0.21                | 6588.92            |
|             | 2026 | 1008.8               | 0.21                | 6627.83            |

**Tabla 100. Demanda proyectada subsector porcícola para el municipio de Yaguará**  
Fuente: FUNDISPROS 2016.

## Piscícola

|            | AÑO  | ÁREA DE ESPEJO DE AGUA PROYECTADA | DEMANDA TOTAL (l/s) | DEMANDA ANUAL (m3) |
|------------|------|-----------------------------------|---------------------|--------------------|
| 0 - 2 años | 2015 | 1895.2                            | 0.66                | 20919.01           |
|            | 2016 | 1842.0                            | 0.64                | 20331.66           |
| 2 - 5 años | 2017 | 1790.3                            | 0.63                | 19760.81           |
|            | 2018 | 1740.1                            | 0.61                | 19205.98           |
|            | 2019 | 1691.2                            | 0.59                | 18666.73           |

|             |      |        |      |          |
|-------------|------|--------|------|----------|
|             | 2020 | 1643.7 | 0.58 | 18142.62 |
|             | 2021 | 1597.6 | 0.56 | 17633.23 |
| 5 - 10 años | 2022 | 1552.7 | 0.54 | 17138.14 |
|             | 2023 | 1509.1 | 0.53 | 16656.95 |
|             | 2024 | 1466.7 | 0.51 | 16189.27 |
|             | 2025 | 1425.6 | 0.50 | 15734.72 |
|             | 2026 | 1385.5 | 0.48 | 15292.94 |

**Tabla 101. Demanda proyectada subsector piscícola para el municipio de Teruel**  
Fuente: FUNDISPROS 2016.

|             | AÑO  | ÁREA DE<br>ESPEJO DE<br>AGUA<br>PROYECTADA | DEMANDA<br>TOTAL (l/s) | DEMANDA<br>ANUAL (m3) |
|-------------|------|--|------------------------|-----------------------|
|             | 2015 | 43828.1                                    | 15.34                  | 483757.23             |
|             | 2016 | 48022.6                                    | 16.81                  | 530054.22             |
| 0 - 2 años  | 2017 | 52618.5                                    | 18.42                  | 580781.96             |
|             | 2018 | 57654.2                                    | 20.18                  | 636364.50             |
| 2 - 5 años  | 2019 | 63171.9                                    | 22.11                  | 697266.46             |
|             | 2020 | 69217.7                                    | 24.23                  | 763996.91             |
|             | 2021 | 75842.0                                    | 26.54                  | 837113.65             |
| 5 - 10 años | 2022 | 83100.3                                    | 29.09                  | 917227.89             |
|             | 2023 | 91053.2                                    | 31.87                  | 1005009.29            |
|             | 2024 | 99767.3                                    | 34.92                  | 1101191.64            |
|             | 2025 | 109315.3                                   | 38.26                  | 1206578.91            |
|             | 2026 | 119777.1                                   | 41.92                  | 1322052.06            |

**Tabla 102. Demanda proyectada subsector piscícola en el municipio de Yaguará**  
Fuente: FUNDISPROS 2016

### 3.1.2.3. Demanda del sector agrícola

La proyección de la demanda del sector agrícola, se establece de igual forma a partir de la información obtenida de los Anuarios Estadísticos Agropecuarios del Huila y de las bases de datos de SIR-Huila (2016), obteniendo el factor de proyección para cada cultivo, las unidades de observación que se tuvieron en cuenta para su determinación por tener mayor presencia en la zona, son los siguientes:

- Cultivo arroz
- Cultivo pastos
- Cultivo cacao
- Cultivos transitorios (frutales, tabaco, algodón, maíz, sorgo, caña, yuca, vivero, pancoger)

#### Arroz

|  | AÑO | AREA<br>PROYECTADA | DEMANDA TOTAL<br>(l/s) | DEMANDA ANUAL<br>(m3) |
|--|-----|--------------------|------------------------|-----------------------|
|--|-----|--------------------|------------------------|-----------------------|

|             |      |      |       |            |
|-------------|------|------|-------|------------|
| 0 - 2 años  | 2017 | 16.0 | 33.54 | 1057735.60 |
|             | 2018 | 14.8 | 31.12 | 981335.55  |
|             | 2019 | 13.7 | 28.87 | 910453.86  |
| 2 - 5 años  | 2020 | 12.8 | 26.79 | 844691.94  |
|             | 2021 | 11.8 | 24.85 | 783679.99  |
|             | 2022 | 11.0 | 23.06 | 727074.92  |
| 5 - 10 años | 2023 | 10.2 | 21.39 | 674558.43  |
|             | 2024 | 9.5  | 19.85 | 625835.19  |
|             | 2025 | 8.8  | 18.41 | 580631.23  |
|             | 2026 | 8.1  | 17.08 | 538692.34  |

**Tabla 103. Demanda proyectada cultivo de arroz en el municipio de Teruel**  
 Fuente: FUNDISPROS 2016.

|             | AÑO  | AREA PROYECTADA | DEMANDA TOTAL (l/s) | DEMANDA ANUAL (m3) |
|-------------|------|-----------------|---------------------|--------------------|
| 0 - 2 años  | 2017 | 406.6           | 935.21              | 29492720.69        |
|             | 2018 | 377.0           | 867.18              | 27347538.61        |
|             | 2019 | 349.6           | 804.11              | 25358388.46        |
| 2 - 5 años  | 2020 | 324.2           | 745.62              | 23513921.11        |
|             | 2021 | 300.6           | 691.39              | 21803612.90        |
|             | 2022 | 278.7           | 641.10              | 20217705.65        |
| 5 - 10 años | 2023 | 258.5           | 594.47              | 18747150.92        |
|             | 2024 | 239.7           | 551.23              | 17383558.44        |
|             | 2025 | 222.2           | 511.13              | 16119148.20        |
|             | 2026 | 206.1           | 473.96              | 14946706.08        |

**Tabla 104. Demanda proyectada cultivo de arroz en el municipio de Yaguará**  
 Fuente: FUNDISPROS 2016.

## Cacao

|             | AÑO  | AREA PROYECTADA | DEMANDA TOTAL (l/s) | DEMANDA ANUAL (m3) |
|-------------|------|-----------------|---------------------|--------------------|
| 0 - 2 años  | 2017 | 167.9           | 147.78              | 4660244.96         |
|             | 2018 | 171.7           | 151.13              | 4765941.23         |
|             | 2019 | 175.6           | 154.55              | 4874034.75         |
| 2 - 5 años  | 2020 | 179.6           | 158.06              | 4984579.86         |
|             | 2021 | 183.7           | 161.64              | 5097632.19         |
|             | 2022 | 187.9           | 165.31              | 5213248.59         |
| 5 - 10 años | 2023 | 192.1           | 169.06              | 5331487.22         |
|             | 2024 | 196.5           | 172.89              | 5452407.55         |
|             | 2025 | 200.9           | 176.82              | 5576070.40         |
|             | 2026 | 205.5           | 180.83              | 5702537.98         |

**Tabla 105. Demanda proyectada para el cultivo de cacao en el municipio de Teruel**  
 Fuente: FUNDISPROS, 2016.

|             | AÑO  | AREA PROYECTADA | DEMANDA TOTAL (l/s) | DEMANDA ANUAL (m3) |
|-------------|------|-----------------|---------------------|--------------------|
| 0 - 2 años  | 2017 | 69.9            | 61.50               | 1939344.25         |
|             | 2018 | 71.3            | 62.71               | 1977666.62         |
|             | 2019 | 72.7            | 63.95               | 2016746.26         |
| 2 - 5 años  | 2020 | 74.1            | 65.21               | 2056598.13         |
|             | 2021 | 75.6            | 66.50               | 2097237.49         |
|             | 2022 | 77.1            | 67.82               | 2138679.91         |
| 5 - 10 años | 2023 | 78.6            | 69.16               | 2180941.25         |
|             | 2024 | 80.1            | 70.52               | 2224037.69         |

|  | AÑO  | AREA<br>PROYECTADA | DEMANDA TOTAL<br>(l/s) | DEMANDA ANUAL<br>(m3) |
|--|------|--------------------|------------------------|-----------------------|
|  | 2025 | 81.7               | 71.92                  | 2267985.74            |
|  | 2026 | 83.3               | 73.34                  | 2312802.23            |

**Tabla 106. Demanda proyectada para el cultivo de cacao en el municipio de Yaguará**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### Pastos de Corte

|             | AÑO  | AREA<br>PROYECTADA | DEMANDA TOTAL<br>(l/s) | DEMANDA ANUAL<br>(m3) |
|-------------|------|--------------------|------------------------|-----------------------|
| 0 - 2 años  | 2017 | 53.0               | 30.2                   | 952415.28             |
|             | 2018 | 60.8               | 34.7                   | 1093583.55            |
|             | 2019 | 69.9               | 39.8                   | 1255675.97            |
| 2 - 5 años  | 2020 | 80.2               | 45.7                   | 1441793.95            |
|             | 2021 | 92.1               | 52.5                   | 1655498.59            |
|             | 2022 | 105.7              | 60.3                   | 1900878.82            |
| 5 - 10 años | 2023 | 121.4              | 69.2                   | 2182629.63            |
|             | 2024 | 139.4              | 79.5                   | 2506141.93            |
|             | 2025 | 160.1              | 91.2                   | 2877605.65            |
|             | 2026 | 183.8              | 104.8                  | 3304128.23            |

**Tabla 107. Demanda proyectada cultivo de pastos de corte en el municipio de Teruel**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

En el municipio de Yaguará no se tienen registros de área cultivada en pastos de corte, por lo tanto para este cultivo en este municipio no se presenta demanda proyectada.

### Potreros

|             | AÑO  | AREA<br>PROYECTADA | DEMANDA TOTAL<br>(l/s) | DEMANDA ANUAL<br>(m3) |
|-------------|------|--------------------|------------------------|-----------------------|
| 0 - 2 años  | 2017 | 22720.2            | 8406.48                | 265106797.28          |
|             | 2018 | 26092.7            | 9654.31                | 304458395.36          |
|             | 2019 | 29965.9            | 11087.37               | 349651217.75          |
| 2 - 5 años  | 2020 | 34413.9            | 12733.14               | 401552316.96          |
|             | 2021 | 39522.2            | 14623.21               | 461157447.97          |
|             | 2022 | 45388.7            | 16793.83               | 529610172.41          |
| 5 - 10 años | 2023 | 52126.1            | 19286.65               | 608223798.53          |
|             | 2024 | 59863.5            | 22149.50               | 698506577.79          |
|             | 2025 | 68749.5            | 25437.30               | 802190641.66          |
|             | 2026 | 78954.4            | 29213.13               | 921265233.61          |

**Tabla 108. Demanda proyectada para los potreros en el municipio de Teruel**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016

|            | AÑO  | AREA<br>PROYECTADA | DEMANDA TOTAL<br>(l/s) | DEMANDA ANUAL<br>(m3) |
|------------|------|--------------------|------------------------|-----------------------|
| 0 - 2 años | 2017 | 34227.1            | 12664.01               | 399372304.05          |

|             | AÑO  | AREA<br>PROYECTADA | DEMANDA TOTAL<br>(l/s) | DEMANDA ANUAL<br>(m3) |
|-------------|------|--------------------|------------------------|-----------------------|
| 2 - 5 años  | 2018 | 39659.9            | 14674.17               | 462764733.27          |
|             | 2019 | 45955.2            | 17003.41               | 536219452.83          |
|             | 2020 | 53249.6            | 19702.36               | 621333651.70          |
|             | 2021 | 61701.9            | 22829.72               | 719958040.86          |
| 5 - 10 años | 2022 | 71495.9            | 26453.48               | 834237094.96          |
|             | 2023 | 82844.5            | 30652.45               | 966655681.46          |
|             | 2024 | 95994.4            | 35517.92               | 1120093091.22         |
|             | 2025 | 111231.6           | 41155.68               | 1297885645.38         |
|             | 2026 | 128887.4           | 47688.33               | 1503899239.88         |

**Tabla 109. Demanda proyectada potrero para el municipio de Yaguará**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016

### Caña

|             | AÑO  | AREA<br>PROYECTADA | DEMANDA TOTAL<br>(l/s) | DEMANDA ANUAL<br>(m3) |
|-------------|------|--------------------|------------------------|-----------------------|
| 0 - 2 años  | 2017 | 96.4               | 54.92                  | 1732079.16            |
|             | 2018 | 103.4              | 58.93                  | 1858510.24            |
|             | 2019 | 110.9              | 63.23                  | 1994170.02            |
| 2 - 5 años  | 2020 | 119.0              | 67.85                  | 2139732.12            |
|             | 2021 | 127.7              | 72.80                  | 2295919.36            |
|             | 2022 | 137.0              | 78.12                  | 2463507.30            |
| 5 - 10 años | 2023 | 147.1              | 83.82                  | 2643328.13            |
|             | 2024 | 157.8              | 89.94                  | 2836274.76            |
|             | 2025 | 169.3              | 96.50                  | 3043305.31            |
|             | 2026 | 181.7              | 103.55                 | 3265447.81            |

**Tabla 110. Demanda proyectada para el cultivo de caña en el municipio de Teruel**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

En el municipio de Yaguará no se tienen registros de área cultivada en caña, por lo tanto para este cultivo en este municipio no se presenta demanda proyectada.

### Café

|             | AÑO  | AREA<br>PROYECTADA | DEMANDA TOTAL<br>(l/s) | DEMANDA ANUAL<br>(m3) |
|-------------|------|--------------------|------------------------|-----------------------|
| 0 - 2 años  | 2017 | 3111.0             | 2488.76                | 78485536.94           |
|             | 2018 | 3194.1             | 2555.30                | 80583906.80           |
|             | 2019 | 3279.5             | 2623.62                | 82738378.16           |
| 2 - 5 años  | 2020 | 3367.2             | 2693.76                | 84950450.93           |
|             | 2021 | 3457.2             | 2765.78                | 87221665.13           |
|             | 2022 | 3549.7             | 2839.73                | 89553601.95           |
| 5 - 10 años | 2023 | 3644.6             | 2915.65                | 91947884.85           |
|             | 2024 | 3742.0             | 2993.60                | 94406180.71           |
|             | 2025 | 3842.0             | 3073.64                | 96930200.96           |
|             | 2026 | 3944.8             | 3155.81                | 99521702.78           |

**Tabla 111. Demanda proyectada cultivo de café en el municipio de Teruel**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

En el municipio de Yaguará no se tienen registros de área cultivada en café, por lo tanto para este cultivo en este municipio no se presenta demanda proyectada.

## 3.2. Modelación de la calidad del agua

### 3.2.1. Metodología - Modelación Río Pedernal

En el capítulo 2.13 correspondiente a la estructura conceptual de modelación se estableció la metodología de modelación de calidad de agua del Río Pedernal (Ver Capítulo 2.13). A continuación se detallan algunos puntos de la metodología.

#### 3.2.1.1. Monitoreo de la calidad del agua

La longitud total de la corriente es de 31.8 Km desde su nacimiento hasta la desembocadura en el río Yaguará, la distancia acumulada que se presenta en la tabla anterior hace referencia a la ubicación de cada punto de monitoreo desde la cabecera de la corriente, siendo el kilómetro 0 la cabecera y el kilómetro 31.8 la desembocadura del río Pedernal en el Yaguará. Para efectos de la implementación del modelo se asume que los datos de monitoreo del punto C01 corresponden a la cabecera de la corriente.

En las campañas de monitoreo realizadas para la calibración y la confirmación del modelo llevadas a cabo en septiembre y octubre de 2016 respectivamente, se evaluaron constituyentes fisicoquímicos y microbiológicos tanto en el cauce principal, como en los principales tributarios y el vertimiento.

Para efectos de realizar la calibración, confirmación y evaluación de escenarios en el Río Pedernal, FUNDISPROS realizó dos monitoreos de cantidad y calidad del agua en diferentes puntos de monitoreo. A continuación se detallan los puntos de monitoreo ubicados sobre el cauce del Río Pedernal, los puntos de monitoreo restantes se describirán en el ítem de fuentes puntuales.

| ID  | Descripción   | Coordenadas |           | Elevación | Distancia acumulada (Km) |
|-----|---|-------------|-----------|-----------|--------------------------|
|     |   | X           | Y         |           |                          |
| C01 | Río Pedernal antes de todo uso y vertimiento          | 1164129.36  | 803974.70 | 1262      | 3.76                     |
| C02 | Río Pedernal antes de la Bocatoma municipal de Teruel | 1163975.09  | 803562.99 | 701       | 4.24                     |
| C06 | Río Pedernal antes de desembocar al río Yaguará       | 1170191.56  | 784570.54 | 469       | 31.41                    |

**Tabla 112.** Puntos de monitoreo en el cauce del Río Pedernal.  
**Fuente.** FUNDISPROS, 2016.

Se resalta que se monitorearon adicionalmente otros constituyentes como metales pesados, sin embargo, a continuación se presenta solamente la información utilizada en el modelo de calidad del agua.

| Constituyentes / Estaciones   | Cauce principal                       |                    |         | Unidades |                 |            |
|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------|---------|----------|-----------------|------------|
|                               | C01                                   | C02                | C06     |          |                 |            |
| <b>In situ</b>                | Caudal aforado                        | 110.22             | 146.70  | 258.03   | L/s             |            |
|                               | pH                                    | 7.21               | 7.05    | 7.01     | Unidades de pH  |            |
|                               | Temperatura                           | 15.7               | 16.1    | 26.2     | °C              |            |
|                               | Conductividad eléctrica               | 50.6               | 51.2    | 172.8    | µs/cm           |            |
|                               | Oxígeno disuelto                      | 8.1                | 7.95    | 7.04     | mg/l            |            |
|                               | % de saturación                       | 100.5              | 98.4    | 93.2     | % de Saturación |            |
| <b>Fisicoquímicos básicos</b> | Alcalinidad total                     | 16.6               | 10.4    | 72.6     | mg/L CaCO3      |            |
|                               | DQO total                             | 18.50              | 14.00   | 13.00    | mg/L O2         |            |
|                               | DBO <sub>5</sub> total                | < 5.00             | < 5.00  | < 5.00   | mg/L O2         |            |
|                               | DBO <sub>5</sub> filtrada             | < 5.00             | < 5.00  | < 5.00   | mg/L O2         |            |
|                               | DBO rápida                            | 7.31               | 7.31    | 7.31     | mg/L O2         |            |
|                               | DBO lenta                             | 0                  | 0       | 0        | mg/L O2         |            |
|                               | Solidos suspendidos totales (SST)     | < 10.0             | < 10.0  | < 10.0   | mg/L            |            |
|                               | Solidos suspendidos volátiles (SSV)   | < 10.0             | < 10.0  | < 10.0   | mg/L            |            |
|                               | Solidos suspendidos inorgánicos (SSI) | 1.67               | 1.67    | 1.67     | mgD/L           |            |
|                               | Solidos disueltos totales (SDT)       | 24.8               | 25.2    | 82.80    | mg/L            |            |
|                               | Detritos                              | 8.31               | 8.31    | 8.31     | mgD/L           |            |
|                               | Nitrógeno total                       | < 3000             | < 3000  | <3000    | µg/L N          |            |
|                               | Nitrógeno amoniacal                   | 64                 | 62      | 61       | µg/L N-NH3      |            |
|                               | Nitritos                              | <6.08              | <6.08   | <6.08    | µg/L N-NO2      |            |
|                               | Nitratos                              | 343.52             | 250.86  | 366.12   | µg/L N-NO3      |            |
|                               | Fosforo total                         | <70                | <70     | 110.57   | µg/L P          |            |
|                               | Ortofosfatos                          | < 68.50            | < 68.50 | 70       | µg/L P-PO4-3    |            |
|                               | Clorofila a                           | < 0.200            | < 0.200 | < 0.200  | mg/m3           |            |
|                               | <b>Microbiológicos</b>                | Coliformes totales | 1986    | 24196    | > 2420          | NMP/100 mL |
|                               |                                       | Coliformes Fecales | 78.00   | 71.70    | >2419           | NMP/100 mL |
| E. Coli                       |                                       | 51.2               | 15.80   | 18.3     | NMP/100 mL      |            |

**Tabla 113. Aforo y caracterización fisicoquímica en el cauce principal– Campaña de monitoreo septiembre 2016**  
Fuente. FUNDISPROS, 2016.

| Constituyentes / Estaciones   | Cauce principal                       |                    |         | Unidades |                 |            |
|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------|---------|----------|-----------------|------------|
|                               | C01                                   | C02                | C06     |          |                 |            |
| <b>In situ</b>                | Caudal aforado                        | 143.96             | 215.08  | 649.97   | L/s             |            |
|                               | pH                                    | 7.81               | 7.96    | 7.29     | Unidades de pH  |            |
|                               | Temperatura                           | 16.7               | 16.8    | 26.2     | °C              |            |
|                               | Conductividad eléctrica               | 23.2               | 17.35   | 66       | µs/cm           |            |
|                               | Oxígeno disuelto                      | 8.04               | 8.03    | 7.29     | mg/l            |            |
|                               | % de Saturación                       | 101.8              | 101.3   | 96.9     | % de Saturación |            |
| <b>Fisicoquímicos básicos</b> | Alcalinidad total                     | 24.9               | 28.4    | 55.4     | mg/L CaCO3      |            |
|                               | DQO Total                             | 36.5               | 52.8    | 45.6     | mg/L O2         |            |
|                               | DBO <sub>5</sub> total                | < 5.00             | < 5.00  | < 5.00   | mg/L O2         |            |
|                               | DBO filtrada                          | < 5.00             | < 5.00  | < 5.00   | mg/L O2         |            |
|                               | DBO lenta                             | 0                  | 0       | 0        | mg/L O2         |            |
|                               | DBO rápida                            | 7.31               | 7.31    | 7.31     | mg/L O2         |            |
|                               | Sólidos suspendidos totales (SST)     | < 10.0             | < 10.0  | < 10.0   | mg/L            |            |
|                               | Sólidos suspendidos volátiles (SSV)   | < 10.0             | < 10.0  | < 10.0   | mg/L            |            |
|                               | Sólidos suspendidos inorgánicos (SSI) | 1.67               | 1.67    | 20.40    | mgD/L           |            |
|                               | Sólidos disueltos totales (SDT)       | 21.8               | 22.2    | 75.8     | mg/L            |            |
|                               | Detritos                              | 8.31               | 8.31    | 49.28    | mgD/L           |            |
|                               | Nitrógeno total                       | < 3000             | < 3000  | < 3000   | µg/L N          |            |
|                               | Nitrógeno amoniacal                   | 845                | 1040    | 1080     | µg/L N-NH3      |            |
|                               | Nitritos                              | < 6.08             | < 6.08  | 38.61    | µg/L N-NO2      |            |
|                               | Nitratos                              | 1211.36            | 580.82  | 1272.38  | µg/L N-NO3      |            |
|                               | Fósforo total                         | 481                | 462     | 494      | µg/L P          |            |
|                               | Ortofosfatos                          | < 68.50            | 193     | 214      | µg/L P-PO4-3    |            |
|                               | Clorofila a                           | 3.17               | < 0.200 | < 0.200  | mg/m3           |            |
|                               | <b>Microbiológicos</b>                | Coliformes totales | 441     | 364      | 13200           | NMP/100 mL |
|                               |                                       | Coliformes Fecales | 10      | 41       | 633             | NMP/100 mL |
| E. Coli                       |                                       | < 1.00             | < 1.00  | 437      | NMP/100 mL      |            |

**Tabla 114. Aforo y caracterización fisicoquímica en el cauce principal– Campaña de monitoreo octubre 2016**

Fuente. FUNDISPROS, 2016.

De los resultados del laboratorio para las dos campañas de monitoreo es relevante mencionar que parámetros como la DBO5 total, la DBO5 filtrada, los sólidos suspendidos volátiles (SSV), los sólidos suspendidos totales (SST), el nitrógeno total (NT), los nitritos (NO2), el fósforo total (PT) y los ortofosfatos, se encontraron en la mayoría de los puntos de monitoreo por debajo del límite de detección del laboratorio para cada constituyente, por lo cual representan una incertidumbre en la implementación del modelo.

### 3.2.1.2. Revisión de la información existente

Mediante Resolución No.312 del 26 de abril de 1999, la Oficina Jurídica de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena - CAM, reglamentó el uso y aprovechamiento de las aguas de la corriente Río Pedernal. Adicionalmente, mediante Resolución No. 0735 de 2003 se otorga una concesión de aguas superficiales de las corrientes del río Pedernal para beneficio del proyecto denominado “Reubicación obras de captación, aducción, desarenador del sistema de acueducto de Teruel”.

Por otra parte, se cuenta con monitoreos de cantidad y calidad de las aguas realizadas a la entrada y salida de la PTAR del municipio de Teruel, adicionalmente se monitorea la fuente receptora, la quebrada el Pueblo (Las Mollas), siendo este uno de los principales afluentes del río Pedernal. Estas caracterizaciones han sido realizadas por la Empresas de Servicios Públicos EMPTERUEL para el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV, 2013).

| Sitio de muestreo                | Coordenadas  |               |
|----------------------------------|--------------|---------------|
|                                  | X            | Y             |
| Entrada PTAR municipio de Teruel | 2° 44' 2.3"  | 5° 34' 13.0"  |
| Salida PTAR municipio de Teruel  | 2° 44' 8.5"  | 75° 34' 14.9  |
| Aguas arriba Portachuelo         | 2° 44' 15.2" | 75° 34' 15.2  |
| Aguas abajo puente Íquira        | 2° 44' 13.5" | 75° 34' 24.6" |
| Entrada PTAR barrio las Brisas   | 2° 44' 41.8" | 75° 31' 9.4"  |
| Salida PTAR barrio las Brisas    | 2° 44' 41.5" | 75° 31' 9.4"  |
| Aguas arriba Río Pedernal        | 2° 44' 46.5" | 75° 34' 8.5"  |
| Aguas abajo Río Pedernal         | 2° 44' 38.7" | 75° 34' 9.4"  |

**Tabla 115. Puntos de monitoreo históricos**

Fuente. (PSMV, 2013).

La información recopilada es fundamental para entender la dinámica de la corriente y servirá como base para la implementación del modelo de calidad del agua.

### 3.2.1.4. Identificación de fuentes puntuales y difusas

En el recorrido de 31.8 Km que realiza el río Pedernal desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Yaguará, se identificaron tres (3) tributarios importantes, sobre los cuales se ubicaron puntos de monitoreo antes de su desembocadura en la corriente principal (A01, A03 y A05). En el caso de los vertimientos, se identificaron diez (10) vertimientos representativos sobre el cauce principal del río Pedernal.

| ID  | Descripción  | Coordenadas |           | Elevación | Distancia acumulada (Km) |
|-----|--|-------------|-----------|-----------|--------------------------|
|     |  | X           | Y         |           |                          |
| A01 | Qda. El Cedro antes de la desembocar al río Pedernal | 1166372.66  | 801793.86 | 1372      | 14.11                    |

|            |  |            |           |     |       |
|------------|--|------------|-----------|-----|-------|
| <b>A02</b> | Qda. La María antes de desembocar a Río Pedernal                     | 1168170.23 | 796267.76 | 929 | 21.95 |
| <b>A05</b> | Quebrada del Pueblo (Las Mollas) antes de desembocar al río Pedernal | 1167612.06 | 794054.26 | 786 | 29.17 |

**Tabla 116. Puntos de monitoreo en afluentes del río Pedernal.**  
Fuente. FUNDISPROS, 2016.

| ID   | Descripción                                  | Coordenadas |        | Elevación<br>(m.s.n.m.) | Distancia acumulada<br>(Km) |
|------|--|-------------|--------|-------------------------|-----------------------------|
|      |  | X           | Y      |                         |                             |
| VE01 | Vertimiento Lagos                            | 1164100     | 803932 | 1791                    | 3.81                        |
| VE02 | Vertimiento Casas – Beneficiadero de café    | 1164360     | 802964 | 1610                    | 5.05                        |
| VE03 | Vertimiento Casas – Beneficiadero de café    | 1164960     | 802856 | 1553                    | 5.70                        |
| VE04 | Vertimiento Casas – Beneficiadero de café    | 1166780     | 801363 | 1372                    | 8.43                        |
| VE05 | Vertimiento Casas – Beneficiadero de café    | 1166780     | 801363 | 1304                    | 8.43                        |
| VE06 | Vertimiento Casas – Beneficiadero de café    | 1167040     | 801213 | 1292                    | 8.76                        |
| V01  | Vertimiento de la PTAR del Barrio Las Brisas | 1168070     | 795060 | 872                     | 16.40                       |
| VE07 | Vertimiento Matadero Clandestino             | 1167540     | 793816 | 774                     | 17.96                       |
| VE08 | Vertimiento PCH Río Iquira                   | 1167760     | 791755 | 709                     | 20.92                       |
| V03  | Vertimiento de las AR del Barrio Divino Niño | 1167566     | 793789 | 775                     | 17.97                       |
| V02  | Vertimiento PTAR Municipio de Teruel         | 1167553     | 794443 |                         |                             |

**Tabla 117. Puntos de monitoreo en vertimientos al río Pedernal**  
Fuente. FUNDISPROS, 2016.

| Constituyentes / Estaciones     | Afluentes               |       |        | Vertimiento | Unidades |                 |
|---------------------------------|-------------------------|-------|--------|-------------|----------|-----------------|
|                                 | A01                     | A03   | A05    | V03         |          |                 |
| <b>In situ</b>                  | Caudal aforado          | 33.43 | 173.63 | 12.5        | 6.85     | L/s             |
|                                 | pH                      | 7.13  | 7.59   | 7.15        | 6.96     | Unidades de pH  |
|                                 | Temperatura             | 19.6  | 21.6   | 24.4        | 24.3     | °C              |
|                                 | Conductividad eléctrica | 77.3  | 138.1  | 478         | 199      | µs/cm           |
|                                 | Oxígeno disuelto        | 7.74  | 8.09   | 3.52        | 6.96     | mg/l            |
|                                 | % de Saturación         | 99.2  | 101.9  | 46.2        | 91.27    | % de Saturación |
| <b>Físicos químicos básicos</b> | Alcalinidad total       | 15.5  | 19.9   | 163         | 55.7     | mg/L CaCO3      |
|                                 | DQO total               | 16.60 | 14.00  | 10.4        | 578      | mg/L O2         |

|                                       |                    |            |            |            |                           |            |
|---------------------------------------|--------------------|------------|------------|------------|---------------------------|------------|
| DBO <sub>5</sub> total                | <<br>5.00          | < 5.00     | < 5.00     | 155        | mg/L O <sub>2</sub>       |            |
| DBO <sub>5</sub> filtrada             | <<br>5.00          | < 5.00     | < 5.00     | 127        | mg/L O <sub>2</sub>       |            |
| DBO rápida                            | 7.31               | 7.31       | 7.31       | 185.8      | mg/L O <sub>2</sub>       |            |
| DBO lenta                             | 0                  | 0          | 0          | 0          | mg/L O <sub>2</sub>       |            |
| Sólidos suspendidos totales (SST)     | <<br>10.0          | < 10.0     | < 10.0     | 103        | mg/L                      |            |
| Sólidos suspendidos volátiles (SSV)   | <<br>10.0          | < 10.0     | < 10.0     | 145        | mg/L                      |            |
| Sólidos suspendidos inorgánicos (SSI) | 1.7                | 1.7        | 1.7        | 45         | mgD/L                     |            |
| Sólidos disueltos totales (SDT)       | 38.00              | 67.00      | 242        | 95.9       | mg/L                      |            |
| Detritos                              | 8.31               | 8.31       | 8.31       | 103        | mgD/L                     |            |
| Nitrógeno total                       | <<br>3000          | <<br>3000  | 11000      | 20500      | µg/L N                    |            |
| Nitrógeno amoniacal                   | 67                 | 64         | 8260       | 15200      | µg/L N-NH <sub>3</sub>    |            |
| Nitritos                              | 10.03              | 21.58      | 213.40     | 12.46      | µg/L N-NO <sub>2</sub>    |            |
| Nitratos                              | 429.4              | 316.4      | 840.72     | 411.32     | µg/L N-NO <sub>3</sub>    |            |
| Fósforo total                         | <70                | 103        | 3180       | 3600       | µg/L P                    |            |
| Ortofosfatos                          | <<br>68.5          | 84.8       | 1575.5     | 6.44       | µg/L P-PO <sub>4</sub> -3 |            |
| Clorofila a                           | <<br>0,200         | <<br>0,200 | <<br>0,200 |            | mg/m <sup>3</sup>         |            |
| <b>Microbiológicos</b>                | Coliformes totales | >242<br>0  | 2420       | >2419<br>6 | >24196                    | NMP/100 mL |
|                                       | Coliformes fecales | 1996       | 29.4       | >2419<br>6 | >24196                    | NMP/100 mL |
|                                       | E. Coli            | 120        | 27.5       | >2419<br>6 | 8164                      | NMP/100 mL |

**Tabla 118. Aforo y caracterización fisicoquímica en las fuentes puntuales – Campaña de monitoreo septiembre 2016**

Fuente. FUNDISPROS, 2016.

| Constituyentes / Estaciones | Afluentes               |            |           | Vertimientos | Unidades |                |
|-----------------------------|-------------------------|------------|-----------|--------------|----------|----------------|
|                             | A01                     | A03        | A05       | V03          |          |                |
| Caudal aforado              | 54.53                   | 156.9<br>2 | 26.3<br>7 | 10.4         | L/s      |                |
| <b>In situ</b>              | pH                      | 7.57       | 7.97      | 7.95         | 6.96     | Unidades de pH |
|                             | Temperatura             | 19.8       | 23.5      | 25.4         | 24.3     | °C             |
|                             | Conductividad Eléctrica | 29.8       | 53.8      | 117          | 192      | µs/cm          |
|                             | Oxígeno disuelto        | 7.89       | 7.85      | 5.91         | 6.96     | mg/l           |

|                               | % de Saturación                       | 101.1       | 103.1   | 79.5    | 91.27   | % de Saturación           |
|-------------------------------|---------------------------------------|-------------|---------|---------|---------|---------------------------|
| <b>Fisicoquímicos básicos</b> | Alcalinidad total                     | 31.8        | 71      | 89.5    | 55.7    | mg/L CaCO <sub>3</sub>    |
|                               | DQO total                             | 56.7        | 53.5    | 65.2    | 301     | mg/L O <sub>2</sub>       |
|                               | DBO <sub>5</sub> total                | < 5.00      | < 5.00  | 12.9    | 53.3    | mg/L O <sub>2</sub>       |
|                               | DBO <sub>5</sub> filtrada             | < 5.00      | < 5.00  | 10.4    | 48.9    | mg/L O <sub>2</sub>       |
|                               | DBO rápida                            | 7.31        | 7.31    | 15.2    | 67.1    | mg/L O <sub>2</sub>       |
|                               | DBO lenta                             | 0           | 0       | 0       | 0       | mg/L O <sub>2</sub>       |
|                               | Sólidos suspendidos totales (SST)     | < 10.0      | 18      | 14      | 44.5    | mg/L                      |
|                               | Sólidos suspendidos volátiles (SSV)   | < 10.0      | 14.5    | 10      | 25.0    | mg/L                      |
|                               | Sólidos suspendidos inorgánicos (SSI) | 5           | 3.5     | 4       | 19.5    | mgD/L                     |
|                               | Sólidos disueltos totales (SDT)       | 31.8        | 64.9    | 148     | 88.4    | mg/L                      |
|                               | Detritos                              | 4.98        | 14.48   | 9.98    | 25      | mgD/L                     |
|                               | Nitrógeno total                       | < 3000      | < 3000  | 5090    | 6160    | µg/L N                    |
|                               | Nitrógeno amoniacal                   | 1630        | 1700    | 3560    | 4550    | µg/L N-NH <sub>3</sub>    |
|                               | Nitritos                              | 9.72        | 9.42    | 120.38  | 12.46   | µg/L N-NO <sub>2</sub>    |
|                               | Nitratos                              | 228.26      | 271.2   | 691.56  | 1252.04 | µg/L N-NO <sub>3</sub>    |
|                               | Fósforo total                         | 332         | 592     | 491     | 1010    | µg/L P                    |
|                               | Ortofosfatos                          | 101         | 146     | 211     | 434     | µg/L P-PO <sub>4</sub> -3 |
|                               | <b>Microbiológicos</b>                | Clorofila a | < 0.200 | < 0.200 | < 0.200 |                           |
| Coliformes totales            |                                       | 8010        | 15520   | 111990  | 1046200 | NMP/100 mL                |
| Coliformes fecales            |                                       | 101         | 730     | 19360   | 313000  | NMP/100 mL                |
| E. Coli                       |                                       | 38.6        | 2       | 13370   | 147000  | NMP/100 mL                |

**Tabla 119. Aforo y caracterización fisicoquímica en las fuentes puntuales – Campaña de monitoreo octubre 2016**  
 Fuente. FUNDISPROS, 2016.

En la **Tabla 120119** se detallan los caudales de las 16 concesiones de agua otorgadas mediante Resolución No. 312 de 1999 de la CAM. Debido a los caudales bajos de la temporada en la cual se realizaron los monitoreos y a que no se estaba generando el vertimiento de la PCH Iquirá, la totalidad del caudal otorgado en la corriente excede los caudales medidos en las dos campañas de monitoreo realizadas, por lo cual fue necesario ingresar las captaciones al 50% de caudal concedido para todas las derivaciones exceptuando la derivación del Canal Llanos de Yaguará, pues este canal se abastece principalmente de la descarga del vertimiento de la PCH, por lo cual se ingresó la concesión al 30%.

| ID  | Descripción                                       | Distancia acumulada (Km) | Caudal concedido (L/s) | Caudal ingresado (L/s) |
|-----|---|--------------------------|------------------------|------------------------|
| D1  | Primera derivación – Bocatoma Acueducto de Teruel | 4.28                     | 45.0                   | 22.5                   |
| D2  | Segunda derivación – El Porvenir                  | 8.73                     | 2.6                    | 1.3                    |
| D3  | Tercera derivación – Villanora                    | 9.32                     | 1.6                    | 0.8                    |
| D4  | Cuarta derivación – Gerardo Martínez              | 9.43                     | 0.24                   | 0.1                    |
| D5  | Quinta derivación – Rubiela Celis                 | 9.53                     | 3.5                    | 1.8                    |
| D6  | Sexta derivación – Sinaí                          | 9.63                     | 1.85                   | 0.9                    |
| D7  | Séptima derivación – San Isidro                   | 14.64                    | 17.0                   | 8.5                    |
| D8  | Octava derivación – Manga Vieja y Paraiso         | 16.52                    | 16.0                   | 8.0                    |
| D9  | Novena derivación – Llanos del Retiro             | 16.88                    | 54.95                  | 27.5                   |
| D10 | Decima derivación – Santander                     | 17.50                    | 21.98                  | 11.0                   |
| D11 | Decima primera derivación – Gericó                | 18.37                    | 63.0                   | 31.5                   |
| D12 | Decima segunda derivación - Carabaño              | 19.25                    | 62.8                   | 31.4                   |
| D13 | Décima tercera derivación – La Manguita           | 21.59                    | 9.6                    | 4.8                    |
| D14 | Décima cuarta derivación – Brasilia               | 22.77                    | 19.2                   | 9.6                    |
| D15 | Décima quinta derivación – Los dos Bahos          | 23.35                    | 24.0                   | 12.0                   |
| D16 | Décima sexta derivación – Canal Llanos de Yaguará | 25.67                    | 1410.6                 | 423.2                  |

**Tabla 120. Captaciones sobre el río Pedernal**  
Fuente. FUNDISPROS, 2016.

Finalmente, los datos correspondientes a fuentes difusas corresponden a vertimientos o fuentes distribuidas difíciles de identificar y caracterizar, por lo cual se determinó que las principales fuentes difusas corresponden a tributarios no monitoreados. El aporte de fuentes difusas se determinó a partir del balance de caudales y cargas entre los puntos de monitoreo sobre la corriente.

### 3.2.1.5. Planteamiento de escenarios

Una de las mayores utilidades de los modelos matemáticos de simulación está determinada por su capacidad predictiva, siendo esta la capacidad del modelo de describir otras series de tiempo sin que se requiera el ajuste de alguno de los parámetros calibrados. Por este motivo, una vez calibrado y confirmado el modelo de calidad QUAL2Kw, se cuenta con una herramienta capaz de predecir la respuesta de la corriente ante distintos escenarios de intervención.

De acuerdo a los lineamientos de la Guía para la Formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH), se deben simular diversos escenarios con el objetivo de ser utilizados como herramientas para establecer los usos potenciales del agua, fijar objetivos de calidad y determinar las cargas máximas permisibles. Los escenarios simulados corresponden a los descritos en la **Tabla 121120**.

| Escenarios                         | Corriente principal   |                      | Tributarios   |         | Vertimientos  |  |
|------------------------------------|---|----------------------|---|---------|---|--|
|                                    | Caudal  | Calidad              | Caudal  | Calidad | Caudal  | Calidad  |
| <b>Escenario Base</b>              |   |                      |   |         | Condiciones actuales                                | Condiciones actuales   |
| <b>E1: Corto plazo (2 años)</b>    |   |                      |   |         | Con medidas o acciones planificadas a corto plazo   | Máximo proyectado al corto plazo<br>Concentraciones máximas proyectadas al corto plazo                         |
| <b>E2: Mediano plazo (5 años)</b>  | Caudal característico de condiciones mínimas: Caudal mínimo para un periodo de retorno de 10 años | Condiciones actuales | Caudal característico de condiciones mínimas: Caudal mínimo para un periodo de retorno de 10 años |         | Con medidas o acciones planificadas a mediano plazo | Máximo proyectado al mediano plazo<br>Concentraciones máximas proyectadas al mediano plazo                     |
| <b>E3: Largo plazo (10 años)</b>   |   |                      |   |         | Con medidas o acciones planificadas a largo plazo   | Máximo proyectado al largo plazo<br>Concentraciones máximas proyectadas al largo plazo<br>Elementos            |
| <b>E4: Carga máxima permisible</b> |   |                      |   |         | Condiciones de escenario(s) crítico(s) definidos    | Proceso iterativo de verificación para determinar las cargas máximas permisibles para cada vertimiento puntual |

**Tabla 121. Escenarios de Modelación.**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

La evaluación de los escenarios E1, E2 y E3 tiene en cuenta tanto las situaciones críticas que puedan presentarse para la corriente, sus afluentes y vertimientos principales en cada uno de los plazos establecidos, así como tiene en cuenta las acciones de saneamiento previstas en los diferentes instrumentos de planificación y gestión del recurso hídrico. Todos estos escenarios se analizan teniendo el referente del escenario base, el cual representa las condiciones actuales de la corriente. Por otra parte, el escenario E4 corresponde a la situación que se presenta bajo condiciones de carga máxima permisible en cada uno de los plazos (corto, mediano y largo).

|                    | Fuentes Puntuales   | Acciones planificadas         | Caudal   | Calidad                                 |
|--------------------|---|-------------------------------|--|---|
| <b>Tributarios</b> | A01: Quebrada El Cedro<br>A03: Quebrada La María<br>A05: Quebrada El Pueblo | No hay acciones planificadas. | Caudal característico de condiciones mínimas:<br>Caudal mínimo para un periodo de retorno de 10 años | Concentraciones de condiciones actuales |

|                          |                               |  |                            |  |
|--------------------------|-------------------------------|--|----------------------------|--|
| <b>Vertimien<br/>tos</b> | V01: PTAR Barrio Las Brisas   | No hay acciones planificadas   | Caudal proyectado a 2 años | Concentraciones máximas proyectadas a 2 años |
|                          | V03: ARD Barrio Divino Niño   | Acciones planificadas en el PSMV del municipio de Teruel.<br>Canalizar vertimiento a la PTAR del municipio | Vertimiento eliminado      | Vertimiento eliminado                        |
|                          | VE01: Lagos Aspatru           | No hay acciones planificadas   | Caudal actual              | Concentraciones de condiciones actuales      |
|                          | VE02: Casas Beneficio de Café |  |                            |  |
|                          | VE03: Casas Beneficio de Café |  |                            |  |
|                          | VE04: Casas Beneficio de Café |  |                            |  |
|                          | VE05: Casas Beneficio de Café |  |                            |  |
|                          | VE06: Casas Beneficio de Café |  |                            |  |
|                          | VE07: Matadero Clandestino    |  |                            |  |
| VE08: PCH Rio Iquira     |                               |  |                            |  |

**Tabla 122. Escenario E1: Corto Plazo.**  
 Fuente. FUNDISPROS, 2016.

|                          | <b>Fuentes Puntuales</b>    | <b>Acciones planificadas</b>   | <b>Caudal</b>   | <b>Calidad</b>  |
|--------------------------|-----------------------------|--|---|---|
| <b>Tributarios</b>       | A01: Quebrada El cedro      | No hay acciones planificadas.<br>Se recomienda la implementación de sistemas de tratamiento para aguas residuales cafeteras que vierten a la corriente | Caudal característico de condiciones mínimas: Caudal mínimo para un periodo de retorno de 10 años | Concentraciones reducidas en un 20% respecto a las condiciones actuales |
|                          | A03: Quebrada La María      | No hay acciones planificadas   | Caudal característico de condiciones mínimas: Caudal mínimo para un periodo de retorno de 10 años | Concentraciones de condiciones actuales                                 |
|                          | A05: Quebrada El Pueblo     |  |   |   |
| <b>Vertimien<br/>tos</b> | V01: PTAR Barrio Las Brisas | No hay acciones planificadas   | Caudal proyectado a 5 años  | Concentraciones máximas   |

|                               |   |                       |  |
|-------------------------------|---|-----------------------|--|
|                               |   |                       | proyectadas a 5 años   |
| V03: ARD Barrio Divino Niño   | Acciones planificadas en el PSMV del municipio de Teruel. Vertimiento canalizado a la PTAR del municipio en el corto plazo  | Vertimiento eliminado | Vertimiento eliminado  |
| VE01: Lagos Aspatru           |   |                       |  |
| VE02: Casas Beneficio de Café |   |                       |  |
| VE03: Casas Beneficio de Café | No hay acciones planificadas. Se recomienda implementar sistemas de saneamiento para el tratamiento de las aguas residuales | Caudal actual         | Concentraciones máximas permisibles para vertimientos de aguas residuales (Res. 631 de 2015) |
| VE04: Casas Beneficio de Café |   |                       |  |
| VE05: Casas Beneficio de Café |   |                       |  |
| VE06: Casas Beneficio de Café |   |                       |  |
| VE07: Matadero Clandestino    |   |                       |  |
| VE08: PCH Rio Iquira          |   |                       |  |

**Tabla 123. Escenario E2: Mediano Plazo.**  
Fuente. FUNDISPROS, 2016.

|                     | Fuentes Puntuales                       | Acciones planificadas  | Caudal  | Calidad   |
|---------------------|---|--|---|---|
| <b>Tributarios</b>  | A01: Quebrada El cedro                  | No hay acciones planificadas. Implementación de sistemas de tratamiento para aguas residuales cafeteras que vierten a la corriente en el mediano plazo | Caudal característico de condiciones mínimas: Caudal mínimo para un periodo de retorno de 10 años | Concentraciones reducidas en un 20% respecto a las condiciones actuales   |
|                     | A03: Quebrada La María                  | No hay acciones planificadas   |   | Concentraciones de condiciones actuales                                   |
|                     | A05: Quebrada El pueblo (Las Mollas)    | Acciones planificadas en el PSMV del municipio de Teruel. Optimización de la PTAR del municipio de Teruel que vierte a la corriente                    |   | Concentraciones reducidas en un 30% respecto a las condiciones actuales   |
| <b>Vertimientos</b> | V01: Vertimiento PTAR Barrio Las Brisas | Acciones planificadas en el PSMV del municipio de Teruel. Optimización de la PTAR  | Caudal proyectado a 10 años   | Concentraciones máximas permisibles para vertimientos de aguas residuales |

(Res. 631 de 2015)

|                               |   |                       |   |
|-------------------------------|---|-----------------------|---|
| V03: ARD Barrio Divino Niño   | Acciones planificadas en el PSMV del municipio de Teruel. Vertimiento canalizado a la PTAR del municipio en el corto plazo  | Vertimiento eliminado | Vertimiento eliminado                               |
| VE01: Lagos Aspatru           |   |                       |   |
| VE02: Casas Beneficio de Café |   |                       |   |
| VE03: Casas Beneficio de Café |   |                       | Concentraciones máximas permisibles para            |
| VE04: Casas Beneficio de Café | No hay acciones planificadas. Se recomienda implementar sistemas de saneamiento para el tratamiento de las aguas residuales | Caudal actual         | vertimientos de aguas residuales (Res. 631 de 2015) |
| VE05: Casas Beneficio de Café |   |                       |   |
| VE06: Casas Beneficio de Café |   |                       |   |
| VE07: Matadero Clandestino    |   |                       |   |
| VE08: PCH Rio Iquira          |   |                       |   |

**Tabla 124. Escenario E3: Largo Plazo.**  
**Fuente. FUNDISPROS, 2016.**

Las proyecciones de cantidad y calidad de agua de los vertimientos son obtenidas del análisis de los PSMV, del Plan de Acueducto y Alcantarillado del Municipio de Teruel, el Plan Departamental para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento, el Plan Departamental de Acueducto del departamento de Huila y de las demandas proyectadas.

Como puede observarse, solo para algunos vertimientos identificados hay acciones planificadas en los instrumentos de planificación, tal es el caso del vertimiento de ARD del Barrio Divino Niño, el cual se plantea en el corto plazo ser eliminado y dirigir su caudal a la PTAR del casco urbano de Teruel. Así mismo, se encuentra planteada en el largo plazo la optimización de la PTAR del Barrio Las Brisas y la optimización de la PTAR del municipio de Teruel, lo cual permitirá efluentes de mejor calidad y se disminuirá el impacto causado en la corriente. Por otra parte, existen otros vertimientos de aguas residuales domésticas y aguas residuales cafeteras que no cuentan con acciones planificadas, sin embargo, se recomienda para ellos la implementación de sistemas de tratamiento en el mediano plazo, de tal forma que se dé cumplimiento a los límites máximos permisibles de contaminantes en vertimientos que trata la Resolución 631 de 2015.

En el caso de los tributarios, no se encontraron acciones de saneamiento planificadas como tal, sin embargo, la optimización de la PTAR de Teruel tendrá un impacto positivo en la calidad del agua de la quebrada El pueblo, ya que esta corriente es la fuente receptora del vertimiento. Para la quebrada El Cedro se recomendó la implementación de sistemas de tratamiento para las aguas residuales

cafeteras que vierten a la corriente, esto teniendo en cuenta que se encontró que el cuerpo de agua se ve impactado por esta actividad.

Adicionalmente, se recomiendan las siguientes medidas tanto en el río Pedernal como en sus tributarios, de tal forma que se eviten los conflictos por usos y el deterioro de la calidad de las corrientes:

- Implementación de buenas prácticas agrícolas para disminuir los aportes de carga contaminante por fuentes difusas.
- Adecuación de estructuras de aforo en las derivaciones y bocatomas existentes.
- Dar cumplimiento a las determinantes ambientales para el manejo de áreas forestales protectoras de corrientes, de tal forma que se realice la demarcación de las áreas de retiro de los cultivos y los asentamientos humanos

### 3.2.2. Resultados y análisis

En forma general se encontró que los caudales medidos en la campaña utilizada para la calibración son menores que los caudales medidos en la campaña utilizada para la confirmación, en ambos casos se ingresaron los caudales de la corriente y de las fuentes puntuales, y posteriormente se realizaron balances de flujo entre los puntos de monitoreo para determinar el aporte por fuentes difusas no monitoreadas que permitieran el ajuste del modelo en la calibración y la confirmación.

En la calibración del caudal va aumentando a lo largo de su recorrido hasta alcanzar gracias al aporte de tributarios importantes como la quebrada El Cedro (A01) y la quebrada La María (A03). Por otra parte, a partir del kilómetro 4.3 y hasta el kilómetro 25.7, se encuentran ubicadas las 16 captaciones existentes, abarcando la totalidad de los tramos 2, 3, 4, 5 y 6. Siendo la captación del Canal Llanos del Yaguará (D16) la más importante. Este caudal captado es posible gracias al vertimiento generado por la Pequeña Central Hidroeléctrica Iquirá (VE08), permitiendo abastecer completamente el Canal Llanos del Yaguará que se ubica aguas abajo. Como se había mencionado anteriormente, el caudal del vertimiento generado por la PCH no se tuvo en cuenta para la calibración y confirmación del modelo de calidad del agua, esto debido a que cuando se realizaron las campañas de monitoreo en el mes de septiembre y octubre la Central presentaba fallas técnicas y estaba fuera de funcionamiento. Por este motivo y debido a las condiciones de bajo caudal que presentaba la corriente, la demanda del recurso superaba la oferta disponible, por lo tanto para la calibración y la confirmación se ingresaron las captaciones al 50% del caudal otorgado para todas las derivaciones, exceptuando la captación del Canal Llanos del Yaguará que se ingresó con un 30% del caudal concesionado.

El tiempo de viaje determinado por el modelo fue de 15 horas en la calibración y de 13.4 horas en la confirmación, lo cual está muy cerca del tiempo determinado a partir del estudio de trazadores, en el cual se obtuvo un tiempo de viaje de 13 horas. En el caso de la profundidad y la velocidad, se obtuvo una buena correlación entre los resultados del modelo y los datos medidos en campo, esto permite concluir que

las constantes hidráulicas determinadas por el método de Manning ofrecen una adecuada representación de las secciones de la corriente.

Para la reaereación, en general el río Pedernal presenta una buena reaereación especialmente en la parte alta y la parte baja (kilómetro 25 al kilómetro 30), esto se debe principalmente a que se trata de un río poco profundo con turbulencias que permiten la fácil transferencia del oxígeno de la atmósfera al agua, lo cual le confiere al cuerpo de agua una buena capacidad de autodepuración.

Los resultados para la calibración y la confirmación de la temperatura presenta un buen ajuste tanto para la calibración como para la confirmación, en la parte alta donde se ubica el punto de monitoreo C01 (nacimiento del río) la temperatura del río es de 15.7°C aproximadamente. Posteriormente conforme el río avanza en su recorrido, la temperatura va aumentando progresivamente debido a la transferencia de calor de los elementos adyacentes, de la transferencia de calor entre los sedimentos, el agua y la atmósfera, y de las entradas y salidas externas al sistema (Chapra et.al., 2008). De esta forma, el río Pedernal desemboca en el río Yaguará con una temperatura de 26.2°C aproximadamente. Se resalta que la calibración de la temperatura se realiza de forma manual, esto para garantizar el ajuste correcto del parámetro que gobierna todas las reacciones químicas involucradas.

En cuanto a la conductividad, este parámetro representa no solamente la capacidad del agua de conducir la corriente eléctrica, sino que está directamente relacionada con los sólidos disueltos, puesto que cuanto mayor sea la cantidad de sales disueltas en el agua, mayor será el valor de la conductividad eléctrica. Para el río Pedernal, se encontró un buen ajuste para la calibración y la confirmación de la conductividad durante todo el recorrido de la corriente, aunque para la confirmación, las concentraciones de la conductividad son menores comparadas con las concentraciones reportadas en la calibración, aun así, el modelo presenta un buen ajuste. Con respecto a la conductividad del río va aumentando progresivamente hasta su desembocadura debido a los vertimientos de aguas residuales domésticas y del beneficio del café.

En la modelación del oxígeno disuelto, este componente se incrementa debido al proceso de fotosíntesis de las plantas, la biomasa de las algas de fondo y el fitoplancton. Así mismo, la concentración del oxígeno decrece debido al proceso de oxidación de la DBO rápida, por la respiración de las plantas y por los procesos de nitrificación. Los resultados de la calibración y confirmación del modelo para el oxígeno disuelto, permiten observar que en ambos casos el modelo reproduce de manera similar el comportamiento del oxígeno disuelto comparado con los datos medidos en campo, donde se observa que el río Pedernal presenta altas concentraciones de oxígeno disuelto muy cercanas al oxígeno de saturación en la mayor parte de su recorrido y no se ve afectado en gran medida por las características de los vertimientos que llegan al río. Lo mismo sucede con el pH,

donde los resultados de la calibración y confirmación se ajustan correctamente a los valores reportados en campo, se puede observar que el pH de la corriente se mantiene en valores neutros y cercanos a los valores de saturación.

En cuanto a los constituyentes que miden la materia orgánica, los sólidos y los nutrientes, se encontró un buen ajuste en la calibración y confirmación teniendo en cuenta que la mayoría de estos constituyentes estuvieron por debajo del límite de detección del laboratorio, pues puede observarse que el modelo sigue una correcta tendencia al comportamiento de los puntos monitoreados a lo largo de la corriente del río Pedernal.

De manera general, se presenta un incremento en la concentración de la DBO rápida, los sólidos suspendidos totales el nitrógeno amoniacal y orgánico y el fósforo total.

Finalmente la calibración y confirmación de los patógenos medidos como coliformes fecales, se observa un comportamiento similar al de los nutrientes, viendo un pico máximo en el kilómetro 8.35 después de la desembocadura de la quebrada el Cedro (A05) y la suma de los vertimientos de aguas residuales domésticas y del beneficio de café.

Es importante resaltar que calibrar las constantes cinéticas de una corriente superficial requiere de varias campañas de monitoreo, por lo cual los resultados encontrados son fundamentales para establecer una línea base que permita seguir ajustando las constantes hidráulicas y cinéticas encontradas.

### 3.2.3. Análisis de escenarios futuros

En general, se encontró que al ingresar la información correspondiente a cada escenario y correr el modelo con las constantes calibradas, el QUAL2Kw predijo que el Escenario 3 (Largo Plazo: 10 años), en el cual se contemplan tanto las acciones del corto y mediano plazo, como las acciones propias del largo plazo (optimización de la PTAR del municipio de Teruel y optimización de la PTAR del Barrio las Brisas), es el escenario que ofrecerá una mejor calidad del agua en el río Pedernal para los constituyentes analizados en cada uno de los escenarios. En forma general, se puede observar que el Escenario 3 permitirá concentraciones de DBO<sub>5</sub> menores de 5 mg/L en todos los tramos de la corriente, así mismo se conseguirán concentraciones de SST menores a 10 mg/L y se disminuirá notablemente las concentraciones de nitrógeno amoniacal y fósforo total.

Por otra parte, es también evidente que después del tramo 6 las condiciones se ven similares para todos los escenarios evaluados, ya que a partir del kilómetro 21 (donde inicia el tramo 6) se produce el vertimiento de la Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH) con unas condiciones aceptables de calidad del agua y un alto

caudal, permitiendo que a partir de ese tramo las características fisicoquímicas del río Pedernal sean aceptables.

Adicionalmente, se observa que el Escenario 1 (Corto Plazo: 2 años) es muy similar al escenario base (condiciones actuales), ya que en el corto plazo sólo se contempla la eliminación del vertimiento de aguas residuales del Barrio Divino Niño. Así mismo, se observa que el Escenario 2 (Mediano Plazo: 5 años) y el Escenario 3 (Largo Plazo: 10 años) ofrecen resultados similares en la mayor parte de sus tramos, sin embargo, las optimización de las PTAR permite que en el largo plazo la calidad del agua sea mejor en la corriente.

Los escenarios de modelación planteados permitieron predecir la asimilación y/o degradación de los parámetros fisicoquímicos en la corriente ante distintas situaciones futuras en el corto, mediano y largo plazo, de acuerdo a las acciones de saneamiento previstas en los instrumentos de planificación, así como a las acciones necesarias para garantizar los usos actuales y potenciales del recurso sin conflictos. Con respecto al cumplimiento de los objetivos de calidad, se aprecia que para todos los tramos y bajo cualquiera de los escenarios simulados, se cumplen los objetivos de calidad para los parámetros de DBO<sub>5</sub>, OD, SST, coliformes fecales, nitrógeno amoniacal y fósforo total planteados de acuerdo a los usos potenciales y la categoría de calidad del agua en la corriente que se desea alcanzar en el corto, mediano y largo plazo.

El cálculo de la carga máxima permisible corresponde a los resultados del Escenario 4, en el cual mediante un proceso iterativo se fueron incrementando las concentraciones de los tributarios y vertimientos hasta que se incumpliera el objetivo de calidad más restrictivo para cada uno de los plazos en los 7 tramos del río Pedernal. En la **Tabla 125** se presentan los resultados de las cargas máximas permisibles por tramos para la corriente para los parámetros que son objeto de cobro de tasa retributiva (DBO<sub>5</sub> y SST).

| Tramo | Cargas máximas permisibles (Kg/día) |                  |        |                  |        |                  |
|-------|-------------------------------------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|
|       | SST                                 | DBO <sub>5</sub> | SST    | DBO <sub>5</sub> | SST    | DBO <sub>5</sub> |
| 1.0   | 13.5                                | 13.5             | 9.4    | 9.4              | 9.4    | 9.4              |
| 2.0   | 21.5                                | 21.5             | 15.0   | 15.0             | 15.0   | 15.0             |
| 3.0   | 86.7                                | 81.1             | 61.8   | 57.3             | 61.8   | 57.3             |
| 4.0   | 70.2                                | 35.9             | 70.2   | 35.9             | 66.5   | 35.5             |
| 5.0   | 24.2                                | 21.6             | 18.5   | 15.9             | 16.9   | 15.1             |
| 6.0   | 1383.8                              | 691.2            | 1383.8 | 691.2            | 1383.8 | 691.2            |
| 7.0   | 0.0                                 | 0.0              | 0.0    | 0.0              | 0.0    | 0.0              |

**Tabla 125. Cargas máximas permisibles Río Pedernal**  
Fuente. FUNDISPROS, 2016.

### 3.3. Identificación de usos potenciales

#### 3.3.1. Usos actuales

Con base en la zonificación por tramos sobre la cuenca del Río Pedernal, presentado en el informe de diagnóstico, se definieron siete tramos sobre los cuales se resaltaron los usos actuales recopilados de la información recolectada y de las observaciones de campo, tal como se presenta en la siguiente tabla:

| CAUCE PPAL   | TRAMO | CORRIENTE HÍDRICA            | USO ACTUAL                       |
|--------------|-------|------------------------------|----------------------------------|
| RÍO PEDERNAL | 1     | Cauce Principal Río Pedernal | Agrícola, Doméstico, Pecuario.   |
|              | 2     | Qda. El Cedral               | Doméstico y Agrícola.            |
|              | 3     | Qda. El Gualpí               | Agrícola y Domestico.            |
|              |       | Qda. La María                | Agrícola, Domestico y Pecuario.  |
|              |       | Cauce Principal Río Pedernal | Agrícola, Pecuario e Industrial. |
|              | 4     | Qda. El Pueblo               | Industrial                       |
|              | 5     | Qda. Beberrecio              | Ninguno                          |
|              |       | Qda. La Cañada               | Ninguno                          |
|              |       | Cauce Principal Río Pedernal | Agrícola, Pecuario e Industrial  |
|              | 6     | Qda. El Papayal              | Ninguno                          |
|              |       | Cauce Principal Río Pedernal | Agrícola                         |
|              | 7     | Cauce Principal Río Pedernal | Agrícola, Domestico y Pecuario   |

**Tabla 126. Usos actuales – Río Pedernal y sus afluentes principales.**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

#### 3.3.2. Línea base del diagnóstico – Calidad de agua

Se evaluaron los criterios de calidad de la normatividad vigente con los resultados obtenidos en las dos campañas de monitoreo del cauce principal del Río Pedernal y sus afluentes Qda. La María, Qda. El Cedral y Qda. El Pueblo, para la destinación del recurso hídrico, utilizando la siguiente abreviación para los usos: H (humano y

doméstico con requerimiento de tratamiento convencional), h (humano y doméstico con requerimiento de desinfección), P (pecuario), R (recreación mediante contacto primario), r (recreación mediante contacto secundario), F (preservación de fauna y flora), en las siguientes tablas se muestran los resultados en cada punto de monitoreo.

| USOS CON CUMPLIMIENTO DEL DECRETO 1076/2015 – CAMPAÑA 1 |       |       |            |          |            |
|---|-------|-------|------------|----------|------------|
| CAUCE<br>PPAL   | ZONA  |       | USOS       | AFLUENTE | USOS       |
|   | TRAMO | PUNTO |            |          |            |
| RÍO<br>PEDERNAL   | 1     | C01   | H, A, P, r | -        | -          |
|   |       | C02   | P          | -        | -          |
|   | 2     | -     | -          | A01      | H, P, r    |
|   | 4     | -     | -          | A03      | H, A, P, r |
|   | 5     | -     | -          | A05      | P          |
|   | 7     | C06   | P, r       | -        | -          |

**CONVENCIONES:** H (humano y doméstico tratamiento convencional), h (humano y doméstico tratamiento desinfección), P (pecuario), R (recreación contacto primario), r (recreación contacto secundario), F (preservación de fauna y flora)

**Tabla 127. Usos que cumplen con el decreto 1076/2015 primera campaña, Cauce Principal y Afluentes de Río Pedernal.**

**Fuente:** FUNDISPROS, 2016.

| USOS CON CUMPLIMIENTO DEL DECRETO 1076/2015 – CAMPAÑA 2 |       |       |                  |          |      |
|---|-------|-------|------------------|----------|------|
| CAUCE<br>PPAL   | ZONA  |       | USOS             | AFLUENTE | USOS |
|   | TRAMO | PUNTO |                  |          |      |
| RÍO<br>PEDERNAL   | 1     | C01   | H, h, A, P, R, r | -        | -    |
|   |       | C02   | A, P, R, r       | -        | -    |
|   | 2     | -     | -                | A01      | P    |
|   | 4     | -     | -                | A03      | P    |
|   | 5     | -     | -                | A05      | P    |
|   | 7     | C06   | P                | -        | -    |

**CONVENCIONES:** H (humano y doméstico tratamiento convencional), h (humano y doméstico tratamiento desinfección), P (pecuario), R (recreación contacto primario), r (recreación contacto secundario), F (preservación de fauna y flora)

**Tabla 128. Usos que cumplen con el decreto 1076/2015 segunda campaña, Cauce Principal y Afluentes de Río Pedernal.**

**Fuente:** FUNDISPROS, 2016.

En este contexto y al cruzar los diferentes planos de información, la cuenca del río Pedernal, presenta una vocación de uso doméstico, pecuario y agrícola, este último con mayor intensidad en los tramos 6 y 7.

Actualmente el uso doméstico para un tratamiento de solo desinfección presenta conflictos por la calidad físicoquímica del agua; por otro lado, sobre el cauce principal el punto C01 (antes de todo uso y vertimiento) y sobre los afluentes el A01

(Qda. El Cedro) y A03 (Qda. La María), son aptos para el uso doméstico con requerimientos de tratamiento convencional, ya que los valores se encuentran dentro de los rangos máximos permitidos en el decreto.

Cabe mencionar que el punto A05 (Quebrada del Pueblo) es la estación de monitoreo con mayor intervención e impacto negativo, lo anterior teniendo en cuenta los resultados de los parámetros oxígeno disuelto, saturación de oxígeno, nitrógeno amoniacal, coliformes totales y fecales entre otros, hecho que genera que este tramo solo cumpla para uso pecuario según el decreto 1076 de 2015.

El uso agrícola se encuentra presente como uso actual del suelo en los tramos uno, dos, tres, cinco, seis y siete del cauce principal; sin embargo, este presenta conflictos en algunos puntos, debido a que la calidad del agua no cumple con los requerimientos necesarios para esto, especialmente en el punto A05 (Qda. Del Pueblo) por presentar niveles de coliformes fecales y totales por fuera del rango máximo permitido, caso similar al punto C02 (antes de la bocatoma municipal de Teruel) para coliformes totales y C06 (antes de desembocar al río Magdalena) para coliformes fecales.

Para el uso pecuario el decreto 1076 de 2015, establece límites para los parámetros temperatura de la muestra, nitritos, nitratos, arsénico, cadmio, zinc, cobre y mercurio, excluyendo rangos de clasificación de coliformes totales y fecales, lo que origina que la restricción sea menor al compararlo con otros, de allí que para la totalidad de los puntos de la red de monitoreo este uso sea permitido.

El presente plan de ordenamiento del recurso hídrico, ha definido los tramos a lo largo del sistema lotico de acuerdo a los lineamientos establecidos por la guía nacional para la elaboración de planes de ordenamiento del recurso hídrico, de esta manera para el río Pedernal y sus principales afluentes se obtuvieron siete, de los cuales en cinco de ellos el proyecto cuenta con estación de monitoreo, razón por la cual la Tabla 129128, evalúa el conflicto por calidad del fluido en esta cantidad de tramos o sectores.

| CAUCE<br>PRINCIPAL | TRAMO | ESTACION   | USO ACTUAL | CONFLICTO   | AFLUENTE | USO ACTUAL | CONFLICTO |
|--------------------|-------|------------|------------|---|----------|------------|-----------|
| RIO PEDERNAL       | 1     | C01<br>C02 | Doméstico  | El uso doméstico con un tratamiento convencional y de solo desinfección presenta conflictos por la calidad fisicoquímica del agua, dado que el parámetro coliformes totales excede el límite permitido, sin embargo en la | -<br>-   |            | -         |



FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CORRIENTE  
RÍO PEDERNAL Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS  
MUNICIPIO DE TERUEL - DEPARTAMENTO DEL HUILA.  
Contrato de consultoría 0350 de 2015

| CAUCE<br>PRINCIPAL | TRAMO | ESTACION | USO<br>ACTUAL | CONFLICTO  | AFLUENTE | USO<br>ACTUAL | CONFLICTO  |
|--------------------|-------|----------|---------------|--|----------|---------------|--|
|                    |       |          |               | estación de monitoreo C01 los niveles para ese parámetro se encuentran dentro del rango reglamentado.  |          |               |  |
|                    |       |          | Agrícola      | A pesar que en la estación C01 los resultados se encuentran dentro de los requerimientos de calidad, los niveles de coliformes totales en la estación de monitoreo C02 no son aptos, por tal motivo se encuentra en conflicto para este uso. |          |               |  |
|                    |       |          | Pecuario      | Ninguno  |          |               |  |
|                    | 2     | -        | -             | -  | A01      | Doméstico     | Presenta restricción para el uso con tratamiento de solo desinfección, principalmente por el parámetro coliformes totales, es decir que se debe realizar tratamiento convencional. |
|                    |       |          |               |  |          | Agrícola      | Los niveles de coliformes fecales no son aptos para este uso, por tal motivo se encuentra en conflicto.  |
|                    |       |          |               |  |          | Agrícola      | Ninguno  |
|                    | 3     | -        | -             | -  | A03      | Doméstico     | Presenta restricción para el uso con tratamiento de solo desinfección, principalmente por el parámetro coliformes totales, es decir que se debe realizar tratamiento convencional. |
|                    |       |          |               |  |          | Pecuario      | Ninguno  |

| CAUCE<br>E<br>PPAL | TRAMO | ESTACION | USO<br>ACTUAL | CONFLICTO  | AFLUENTE | USO<br>ACTUAL | CONFLICTO   |
|--------------------|-------|----------|---------------|--|----------|---------------|---|
|                    |       |          |               |  |          | Industrial    | Según el decreto 1594 de 1984, no se establecen criterios de calidad, ya que las actividades relacionadas no corresponden a explotación de cauces, playas y lechos. |
|                    | 4     | -        | -             | -  | A05      | Industrial    | Según el decreto 1594 de 1984, no se establecen criterios de calidad, ya que las actividades relacionadas no corresponden a explotación de cauces, playas y lechos. |
|                    | 7     | C<br>06  | Domestico     | El uso doméstico con un tratamiento convencional y de solo desinfección presenta conflictos por la calidad fisicoquímica del agua, dado que el parámetro coliformes totales excede el límite permitido | -        | -             | -   |
|                    |       |          | Agrícola      | Los niveles de coliformes fecales no son aptos para este uso, por tal motivo se encuentra en conflicto.  |          |               |   |
|                    |       |          | Pecuario      | Ninguno  |          |               |   |

**Tabla 129. Conflictos de uso del agua en el cauce Qda. El Hígado y su Afluente Qda. El Encanto.**

**Fuente:** FUNDISPROS, 2016.

### 3.3.3. Usos potenciales definidos en el corto, mediano y largo plazo

A continuación se presentan los usos potenciales definidos para el corto, mediano y largo plazo, como objetivo fundamental del presente plan de ordenamiento del recurso hídrico.

**CORTO PLAZO 0 – 2 AÑOS**

| TRAMO   | ESTACIÓN   | USOS ACTUALES                               | USOS POTENCIALES  |
|---------|------------|---|---|
| Tramo 1 | C01<br>C02 | Agrícola, doméstico y pecuario.             | Consumo humano con tratamiento convencional, Agrícola, pecuario, preservación de flora y fauna, estético. |
| Tramo 2 | A01        | Doméstico y agrícola                        | Consumo humano con tratamiento convencional, Agrícola, pecuario.  |
| Tramo 3 | A03        | Agrícola, doméstico, pecuario e industrial. | Consumo humano con tratamiento convencional, Agrícola, pecuario, industrial.                              |
| Tramo 4 | A05        | Industrial                                  | Agrícola, pecuario, industrial.   |
| Tramo 5 | *          | Agrícola, pecuario e industrial             | Agrícola, pecuario e industrial.  |
| Tramo 6 | *          | Agrícola                                    | Agrícola, pecuario.   |
| Tramo 7 | C06        | Agrícola, doméstico y pecuario.             | Consumo humano con tratamiento convencional, Agrícola, pecuario   |

**Tabla 130. Usos potenciales definidos para el corto plazo – Río Pedernal**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

**MEDIANO PLAZO 2 – 5 AÑOS**

| TRAMO   | ESTACIÓN   | USOS ACTUALES                               | USOS POTENCIALES  |
|---------|------------|---|---|
| Tramo 1 | C01<br>C02 | Agrícola, doméstico y pecuario.             | Consumo humano con tratamiento convencional, Agrícola, pecuario, preservación de flora y fauna, recreativo contacto secundario, estético. |
| Tramo 2 | A01        | Doméstico y agrícola                        | Consumo humano con tratamiento convencional, Agrícola, pecuario.  |
| Tramo 3 | A03        | Agrícola, doméstico, pecuario e industrial. | Consumo humano con tratamiento convencional, Agrícola, pecuario, industrial.  |
| Tramo 4 | A05        | Industrial                                  | Agrícola, pecuario, industrial.   |
| Tramo 5 | *          | Agrícola, pecuario e industrial             | Agrícola, pecuario e industrial, extracción de material de arrastre.  |
| Tramo 6 | *          | Agrícola                                    | Agrícola, pecuario.   |
| Tramo 7 | C06        | Agrícola, doméstico y pecuario.             | Consumo humano con tratamiento convencional, Agrícola, pecuario.  |

**Tabla 131. Usos potenciales definidos para el mediano plazo – Río Pedernal**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

**LARGO PLAZO 5 – 10 AÑOS**

| TRAMO   | ESTACIÓN   | USOS ACTUALES                   | USOS POTENCIALES   |
|---------|------------|---------------------------------|--|
| Tramo 1 | C01<br>C02 | Agrícola, doméstico y pecuario. | Consumo humano con tratamiento convencional, Agrícola, pecuario, |

|                |     |   |  |
|----------------|-----|---|--|
|                |     |   | preservación de flora y fauna, recreativo contacto primario y secundario, estético.                            |
| <b>Tramo 2</b> | A01 | Doméstico y agrícola                        | Consumo humano con tratamiento convencional, Agrícola, pecuario.   |
| <b>Tramo 3</b> | A03 | Agrícola, doméstico, pecuario e industrial. | Consumo humano con tratamiento convencional, Agrícola, pecuario, industrial, recreativo primario y secundario. |
| <b>Tramo 4</b> | A05 | Industrial                                  | Agrícola, pecuario, industrial.  |
| <b>Tramo 5</b> | *   | Agrícola, pecuario e industrial             | Agrícola, pecuario e industrial, Agrícola, pecuario e industrial, extracción de material de arrastre.          |
| <b>Tramo 6</b> | *   | Agrícola                                    | Agrícola, pecuario   |
| <b>Tramo 7</b> | C06 | Agrícola, doméstico y pecuario.             | Consumo humano con tratamiento convencional, Agrícola, pecuario.   |

**Tabla 132. Usos potenciales definidos para el largo plazo – Río Pedernal**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### 3.4. Desarrollo de la estrategia de participación.

La planificación estratégica se concreta en un Plan de actuación (plan estratégico) que se fundamenta en una representación crítica y colectiva de la realidad social, unas finalidades o metas individuales y colectivas, una previsión sobre las dinámicas que se van a generar, una secuencia de acciones y dinámicas comunicativas y un proceso integral y permanente de autocontrol y seguimiento del propio plan.

En este sentido, como contribución a la capacitación de la comunidad y demás actores sociales en la zona del Río Pedernal y su área de influencia, se desarrollaron reuniones de socialización con participación de diferentes actores sociales entre comunitarios, institucionales entre otros. Este evento además de involucrar a la comunidad en el análisis y reflexión de la problemática ambiental existente, logró despertar el interés de sus pobladores hacia el recurso hídrico de la cuenca.

#### 3.4.1. Metodología para abordar la estrategia de participación.

Con el desarrollo de los talleres se busca que todos los actores identificados en la cuenca del Río Pedernal sean conscientes de la importancia de tener una comunicación. Así mismo, se busca que tanto la información que se brinda a las personas, como los espacios de interlocución, sean de fácil comprensión para la comunidad, es decir, que el proceso de comunicación se lleve a cabo en lenguaje claro.

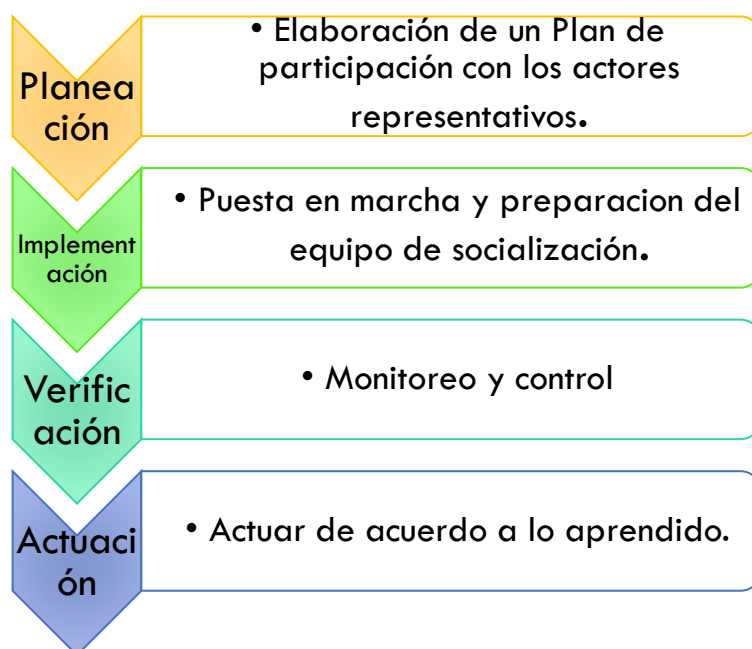


Figura 18. Ruta metodológica para la realización de los talleres de socialización de Usos Potenciales.  
 Fuente: FUNDISPROS, 2017.

### 3.4.1.1. Cronograma de socializaciones.

Para el desarrollo del proceso planteado y lograr un diagnóstico participativo efectivo con toda la comunidad de la cuenca del Rio Pedernal, se programaron 3 reuniones para poder iniciar con el propósito del proyecto, las cuales vincularon en primera instancia a los actores institucionales, seguido de la incorporación de demás usuarios con los que se trabajó de acuerdo a la metodología anteriormente expuesta y en base a las jornadas que se pueden evidenciar en la siguiente tabla.

| Fecha    | Hora    | Municipio | Lugar   | Actores               |
|----------|---------|-----------|---|-----------------------|
| 5/04/16  | 9:00 am | Teruel    | Casa de la Cultura.                           | Sociales (Zona media) |
| 15/04/16 | 3:00 pm | Yaguará   | Centro de recursos educativos municipal CREM. | Sociales (Zona baja)  |
| 10/08/16 | 9:00 am | Teruel    | Alcaldía Municipal                            | Institucionales       |
| 10/08/16 | 9:00 am | Yaguará   | Recinto del Concejo Mpal                      | Institucionales       |
| 27/08/16 | 9:00 am | Teruel    | Casa de la Cultura.                           | Sociales              |
| 16/09/16 | 2:00 pm | Teruel    | Caseta Comunal Vda. Pedernal                  | Sociales (Zona alta). |

Tabla 133. Cronograma de talleres de participación para PORH del Rio Pedernal  
 Fuente: FUNDISPROS, 2017.

### Realización de talleres

- Donde se busca Recopilar información valiosa para la identificación, caracterización y análisis situacional de la cuenca en su parte alta, media y baja.
- Priorizar e identificar sus problemáticas.

#### 3.4.1.2 Mecanismos de convocatoria.

**Convocatoria por medio de cartas por correo certificado y/o correo electrónico a cada una de las instituciones y actores representativos de la zona:** de forma escrita, con la información sobre lugar, fecha y hora de la reunión, incluyendo el orden del día o agenda la reunión, es decir, la relación de los temas que han de tratarse.

**Perifoneo público dentro de los municipios en ordenamiento:** con el lugar, hora y tema a tratar, se dispone de una persona para la divulgación de la reunión próxima a realizarse, con una anticipación mínima de 4 días, postergando este tipo de mensaje día de por medio hasta el día de realización para que los usuarios tengan mayor receptividad sobre la información.

**A través de llamadas telefónicas a los presidentes de juntas de acción comunal y funcionarios de las instituciones ubicados en las zonas establecidas para la reunión:** se dispone del equipo de socialización para realizar un sondeo de los presidentes de juntas que tengan acción directa sobre el PORH y se encuentren prestos a acudir a la reunión, ya que por medio de ellos, se divulgaría de forma indirecta a los respectivos usuarios que hacen parte de la junta de acción comunal citada.

**Fijación de avisos informativos dentro de los despachos municipales:** dentro de las cartas personalizadas a cada ente institucional público y privado, se anexará la circular PORH con la convocatoria, fecha, lugar y hora de la respectiva reunión, especificando que se desea, esta sea colgada en los murales informativos que por lo general las instituciones tienen en sus pasillos y oficinas.

**Divulgación de la información por medio radial y sobre los periódicos más leídos por los usuarios de estas zonas:** Se enviará la convocatoria resumida a cada uno de los periódicos que estén operando dentro del municipio en ordenamiento, la nación, el diario del Huila y los boletines informativos del Proyecto Ceibas; Por medio radial la emisora HJKK.

#### 3.4.1.1. Selección subgrupos dependiendo tipo de socialización.

El tipo de taller o socialización a implementar se estableció conforme al rol o nivel de impacto de cada actor sobre el cuerpo de agua objeto de ordenamiento; para esta selección se tomaron en cuenta los siguientes factores:

**Dependiendo de la ubicación sobre la cuenca:** En su gran mayoría, este grupo se conformará con usuarios de las partes más alejadas a la rivera del cauce, pero que influyen directamente sobre sus afluentes.

**Dependiendo del uso del suelo:** este grupo se conformará dependiendo el uso del suelo realizado por los usuarios o habitantes de la zona. (Explotaciones agrícolas intensivas o explotaciones agrícolas de poco impacto.

**Nivel cultural:** Dependiendo el nivel de escolaridad de las personas en la zona y su grado de disposición para la recepción de la información.

Dependiendo del mayor nivel de impacto sobre la demanda y calidad del río: este grupo se establecerá conforme al impacto causado por los usuarios. Identificados por ser los menos contaminantes, con una buena estructura de explotación agraria, garantizando la conservación de los recursos naturales en la zona y utilización adecuada de las aguas para riego (ahorro de agua).

#### 3.4.1.2. Diseño de los talleres para los actores representativos de la cuenca.

Se realizarán actividades planeadas basadas en necesidades reales y que se orientará hacia un cambio en conocimientos, habilidades y actitudes de los participantes.

Se propone trabajar en dos talleres en temas relacionados sobre el recurso hídrico y todo lo que pueda afectar en su aprovechamiento, calidad, cantidad y usos.

Los tipos de socialización propuestos fueron los siguientes:

| TALLER I          |   |
|-------------------|---|
| <b>OBJETIVO</b>   | Mejorar el conocimiento ambiental que se tiene con el tema de recurso hídrico, para contribuir a la prevención y reducción de problemas ambientales en la zona.   |
| <b>DURACION</b>   | Dos Horas   |
| <b>DESARROLLO</b> | Explicación de los procesos para adelantar un Plan de Ordenamiento de un recurso hídrico.<br>La cuenca, manejo e importancia del agua para la agricultura.<br>Índices de calidad del agua y umbrales críticos indicadores de la superación de límites de calidad en una fuente hídrica.<br>Que son los usos potenciales, a que conlleva y cuáles son sus prioridades en una cuenca. |

Medidas para controlar los riesgos ocasionados por la introducción de plaguicidas y fertilizantes agrícolas al agua.  
 Preservación de la flora y fauna en la zona.

**Tabla 134. Taller I a tratar - socialización PORH Rio Pedernal.**

Fuente: FUNDISPROS, 2017.

**TALLER II**

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>OBJETIVO</b>   | Proporcionar las bases de información y toma de conciencia que lleven a conductas activas del buen uso del recurso hídrico.  |
| <b>DURACION</b>   | Dos Horas  |
| <b>DESARROLLO</b> | Que son los usos potenciales, a que conlleva y cuáles son sus prioridades en una cuenca.<br>Fuentes de contaminación difusa y puntual. Enfermedades causadas por la contaminación de las aguas.<br>Clasificación de riesgos y medida de control detectados en el agua contaminada según su prioridad.<br>Buenas Prácticas Agrícolas. BPA´s<br>Plan de recuperación para la flora y fauna en la zona. |

**Tabla 135. Taller II a tratar - socialización PORH Rio Pedernal.**

Fuente: FUNDISPROS, 2017.

**3.4.1.2.1. Estructuración de talleres y socializaciones**

| Taller/Actividad   | Descripción  | Logística  | Responsable   |
|--|--|--|---|
| <b>1. INICIO</b>   | La representante del componente social, propicia la presentación de los asistentes –con sus expectativas- y hará un resumen de lo que se trabajará en este espacio                         | - Lugar, papelería, marcadores. Tabla de asistencia.                                     | Profesional Social  |
| <b>2. Socialización y análisis de los resultados hidrológicos y ambientales.</b> | Estudio detallado y conciso de los resultados obtenidos en las campañas de aforo y monitoreos a lo largo del rio Pedernal.   | Video beam, computador, marcadores, Papelógrafos.  | Departamento ambiental del proyecto                       |
| <b>3. Presentación socialización de usos potenciales propuestos.</b>             | Metodológicamente explicar el resultado del uso actual que tiene el suelo en esta zona y los respectivos usos potenciales que realmente se deben generar,                                  | Video beam, computador, marcadores, Papelógrafos.  | Departamento ambiental del proyecto                       |
| <b>4. Taller participativo. I parte</b>  | Se conformaran grupos de trabajo, donde se determina en conjunto con los actores:<br>- Los posibles usos potenciales que se quieran generar.<br>- Viabilización de los escenarios ideales. | Mapas topográficos, cámara fotográfica, lapiceros, marcadores, tacos de notas, papelería | Profesional social<br>Departamento ambiental del proyecto |
| <b>5. Taller participativo. II parte</b>   | - Identificar soluciones, donde se establezcan planes de control y mitigación para los   | Mapas topográficos, lapiceros,   | Profesional social  |

| Taller/Actividad                        | Descripción   | Logística   | Responsable  |
|---|---|---|--|
|   | diferentes actores, dependiendo de la zona, lugar y ubicación sobre la cuenca.<br>- Aplicación de Encuesta.   | marcadores, tacos de notas, papelería.                    | Departamento ambiental del proyecto                          |
| <b>6. Estrategias de asesoramiento.</b> | En conjunto con el ente ambiental, el equipo de socialización y los actores representativos, se asesorara a los actores sobre dudas, e inquietudes. | Papelógrafos, mapas topográficos, video beam, computador. | Departamento ambiental del proyecto<br>Profesional de la CAM |
| <b>7. Conclusiones</b>                  | Se elaborarán y presentarán las principales conclusiones del estudio para la cuenca.  | Presentación. cámara fotográfica,                         | Profesional Social   |
| <b>8. Evaluación</b>                    | Se escucharán de los participantes las apreciaciones sobre el taller  | Cámara fotográfica.                                       |  |

Tabla 136. Zonas de la cuenca - socialización PORH Rio Pedernal.

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

## 4. ELABORACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO – PORH (FASE DE FORMULACIÓN)

### 4.1. Clasificación de las aguas del cuerpo de agua en ordenamiento

El Decreto 1076 de 2015 que referencia el decreto 1541 de 1978 en su artículo 205 establece que, para la conservación y preservación de las aguas y cauces, se deberá considerar la clasificación indicada a continuación:

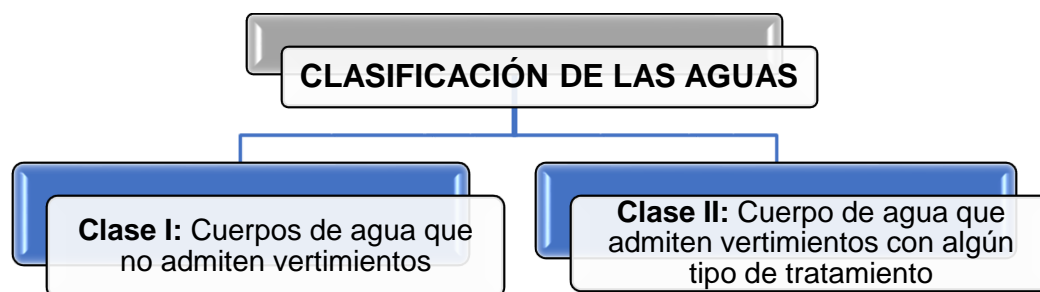


Figura 19. Clasificación de las Aguas en ordenamiento.

Fuente: Decreto 1541, 1978.

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CORRIENTE  
RIO PEDERNAL Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS  
MUNICIPIO DE TERUEL - DEPARTAMENTO DEL HUILA.  
Contrato de consultoría 0350 de 2015

| Cauce               | Municipio | Tramo General | Tramo Inicial                                    | Tramo Final                                      | Clase | X inicial  | Y inicial | X final    | Y final   |
|---------------------|-----------|---------------|--|--|-------|------------|-----------|------------|-----------|
| Rio Pedernal        | Teruel    | 1             | Nacimiento del Rio                               | Bocatoma del Acueducto Municipal de Teruel       | 1     | 1161264.72 | 805931.64 | 1163992.23 | 803540.23 |
| Rio Pedernal        | Teruel    | 2,3,4,5,6,7   | Bocatoma del Acueducto Municipal de Teruel       | Desembocadura del rio pedernal en el Rio Yaguará | 2     | 1163992.23 | 803540.23 | 1170186.23 | 784645.04 |
| Quebrada el Cedral  | Teruel    | 2             | nacimiento                                       | Bocatoma acueducto Regional El Cedral            | 1     | 1164962.17 | 806245.16 | 1166042.89 | 804935.10 |
| Quebrada el Cedral  | Teruel    | 2             | Bocatoma acueducto Regional El Cedral            | Desembocadura en el Rio Pedernal                 | 2     | 1166042.89 | 804935.10 | 1166384.99 | 801657.25 |
| Quebrada La María   | Teruel    | 3             | Nacimiento                                       | Limite Parque Regional Cerro Banderas Ojo Blanco | 1     | 1160751.89 | 804640.16 | 1161452.04 | 800991.37 |
| Quebrada La María   | Teruel    | 4             | Limite Parque Regional Cerro Banderas Ojo Blanco | Desembocadura en el Rio Pedernal                 | 2     | 1161452.04 | 800991.37 | 1168286.80 | 796205.70 |
| Quebrada el pueblo  | Teruel    | 4             | nacimiento                                       | Desembocadura en el Rio Pedernal                 | 2     | 1165628.00 | 796377.16 | 1167574.37 | 794007.82 |
| Quebrada Beberrecio | Teruel    | 5             | nacimiento                                       | Desembocadura en el Rio Pedernal                 | 2     | 1162316.00 | 796503.80 | 1166968.42 | 792806.19 |

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CORRIENTE  
 RIO PEDERNAL Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS  
 MUNICIPIO DE TERUEL - DEPARTAMENTO DEL HUILA.  
 Contrato de consultoría 0350 de 2015

| Cauce               | Municipio | Tramo General | Tramo Inicial | Tramo Final                      | Clase | X inicial  | Y inicial | X final    | Y final   |
|---------------------|-----------|---------------|---------------|----------------------------------|-------|------------|-----------|------------|-----------|
| Quebrada La Cañada  | Teruel    | 5             | nacimiento    | Desembocadura en el Rio Pedernal | 2     | 1164135.70 | 790934.68 | 1167493.41 | 790934.68 |
| Quebrada El Papayal | Teruel    | 6             | nacimiento    | Desembocadura en el Rio Pedernal | 2     | 1171566.09 | 794363.22 | 1166938.42 | 792806.19 |

**Tabla 137. Clasificación del Cuerpo de Agua en estudio; Rio Pedernal, Municipio de Teruel-Huila de acuerdo al decreto 1076 de 2015.**

**Fuente: FUNDISPROS, 2016**



## 4.2. Consolidación de la información de usuarios.

A medida que se hacia el recorrido sobre el cauce principal del Rio Pedernal y sus principales afluentes: Quebrada la María, Quebrada el Cedral y la Quebrada del Pueblo, se reconocieron nuevos usuarios con captaciones en manguera o por medio de obra de derivación artesanal, y vertimientos de tipo agrícola y domestico que caen directamente a las fuentes hídricas de la cuenca.

Debido a los nuevos cambios evidenciados y a la cantidad estimada de los mismos, fue de gran importancia el manejo de una base de datos de los usuarios encontrados según la resolución **312/26/99** y de las resoluciones posteriores a estas, para así tener la información verídica a cerca del estado legal de las captaciones encontradas.

En la **Tabla 138137** se muestran los cambios realizados después de la aprobación de la resolución 312 de 29 Abril del 1999 en donde se otorgan algunas nuevas concesiones y modificaciones de caudales a la resolución en mención (resoluciones posteriores).

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CORRIENTE  
RIO PEDERNAL Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS  
MUNICIPIO DE TERUEL - DEPARTAMENTO DEL HUILA.  
Contrato de consultoría 0350 de 2015

| # | Predio   | Fuente        | Cultivo/Uso                              | Producción Pecuaría   | Numero Lagos Dimensiones                     | Domestico | No Personas | Tramo   | Resolución Anterior |
|---|--|---------------|--|---|--|-----------|-------------|---------|---------------------|
| 1 | San Antonio - ASPATRU  | Rio Pedernal  |  |   | 2 Lagos De 6x1.20 M Y 3 Lagos De 18 X 1.50 M |           |             | Tramo 1 | 2978 Del 13-11-2009 |
| 2 | Acueducto Municipal  | Rio Pedernal  |  |   |  | Si        | 5460        | Tramo 2 | 735 Del 11-08-2003  |
| 3 | Acueducto veredal la mina y la maría del municipio de Teruel | Qda. La María | Acueducto veredal                        |   |  | Si        | 780         | Tramo 2 | 1306 Del 26-07-2006 |
| 4 | Asoalmorzadero   | Qda. La María | Potreros, Arroz, cacao y pastos de corte |   |  |           |             | Tramo 3 | 320 Del 02-03-2006  |
| 5 | El Bohío Ahora San Sebastián                                 | Qda. La María |  | Vacunas Paridas   | Reservorio: 70 M3                            |           |             | Tramo 3 | 1790 Del 05-08-2013 |
| 6 | Paraíso Y Manga Vieja  | Rio Pedernal  | Arroz                                    | Caballos, Mulas, Asnos, Vacunas Paridas, Vacunas Horras, Crías Hembras, Crías Machos, Aves            |  |           |             | Tramo 3 | 1305 Del 26-07-2006 |
| 7 | Lote   | Rio Pedernal  | Arroz                                    | Vacunas Paridas, Crías Hembras, Crías Machos.   | 5 Lagos De 50 X 20 Cada Uno                  |           |             | Tramo 7 | 114 Del 07-02-2005  |
| 8 | El Portal  | Rio Pedernal  | Arroz                                    | Caballos, Mulas, Asnos, Vacunas Paridas, Vacunas Horras, Novillos, Crías Hembras, Crías Machos, Aves. |  | Si        | 4           | Tramo 7 | 865 Del 07-02-2005  |
| 9 | Llano Verde  | Rio Pedernal  | Arroz                                    | Vacunas Paridas, Vacunas Horras,  |  | Si        | 4           | Tramo 7 | 1465 Del 31-12-2005 |

| #  | Predio                             | Fuente       | Cultivo/Usos | Producción Pecuaria   | Numero Lagos Dimensiones | Domestico | No Personas | Tramo   | Resolución Anterior |
|----|------------------------------------|--------------|--------------|---|--------------------------|-----------|-------------|---------|---------------------|
|    |                                    |              |              | Crías Hembras,<br>Crías Machos.   |                          |           |             |         |                     |
| 10 | La Pradera                         | Rio Pedernal | Arroz        | Vacunas Horras  |                          |           |             | Tramo 7 | 363 Del 02-03-2009  |
| 11 | Venecia                            | Rio Pedernal | Arroz        | Caballos, Vacunas Paridas, Vacunas Horras, Novillos, Crías Hembras, Crías Machos. |                          |           |             | Tramo 7 | 833 Del 19-08-2004  |
| 12 | Zona # 2 Bruselas                  | Rio Pedernal | Arroz        |   |                          |           |             | Tramo 7 | 1987 Del 10-10-2012 |
| 13 | Zona # 3 La Buitrera O Congolito   | Rio Pedernal | Arroz        |   |                          |           |             | Tramo 7 | 264 Del 19-02-2014  |
| 14 | Parcelación Mirador Hoy - Lote 35a | Rio Pedernal | Arroz        |   |                          |           |             | Tramo 7 | 373 Del 17-02-2010  |

**Tabla 138. Cambios posteriores realizados a la Resolución 312 del 29 de Abril del año 1999**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

Fueron en total 14 nuevas resoluciones posteriores a la anteriormente establecida (Res/312/26/99) sobre el cauce principal del Rio Pedernal y sobre su principal afluente Quebrada la María. Las resoluciones incluidas hacen referencia a traspasos de consecion de agua, aumentos de caudal, conseciones sobre nacederos para uso doméstico, conseciones de agua para acueductos veredales, distritos de riego y para uso agrícola – pecuario.

A continuación en la Tabla 139138 se relacionan los nuevos usos (no legalizados) encontrados sobre el río y su ubicación dentro de la cuenca.

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CORRIENTE  
RIO PEDERNAL Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS  
MUNICIPIO DE TERUEL - DEPARTAMENTO DEL HUILA.  
Contrato de consultoría 0350 de 2015

| Predio                                  | Fuente       | Cultivo/Uso          | Numero_Lagos_Dimensiones | Doméstico | No. Personas | Tramo   |
|---|--------------|----------------------|--------------------------|-----------|--------------|---------|
| La Esperanza                            | Rio Pedernal | Arroz                | 1 Lago De 30x30 M        |           |              | Tramo 7 |
| La Correa                               | Rio Pedernal | Arroz                |                          |           |              | Tramo 7 |
| Los Altares                             | Rio Pedernal |                      |                          | Si        | 4            | Tramo 2 |
| Coyacs                                  | Rio Pedernal | Arroz                |                          |           |              | Tramo 3 |
| Lote # 4 La Yegüera                     | Rio Pedernal | Arroz                |                          |           |              | Tramo 3 |
| Lote H Hoy Villa Mileidy                | Rio Pedernal | Cacao y café         |                          |           |              | Tramo 3 |
| La Vega                                 | Rio Pedernal | Café                 |                          |           |              | Tramo 3 |
| El Chorro                               | Nacederos    | Arroz                |                          | Si        | 2            | Tramo 5 |
| Lote G - German Patio                   | Rio Pedernal | Café                 |                          |           |              | Tramo 3 |
| Estación De Bombeo Las Ceibas - Ocultar | Rio Pedernal |                      |                          | Si        | 7            | Tramo 3 |
| Estación De Bombeo Las Ceibas - Ocultar | Rio Pedernal | Industrial/doméstico |                          | Si        | 5            | Tramo 3 |
| San Isidro - Corrales                   | Rio Pedernal |                      |                          | Si        | 5            | Tramo 2 |
| El Porvenir                             | Rio Pedernal | Cacao y café         |                          |           |              | Tramo 3 |
| La Esmeralda                            | Rio Pedernal |                      |                          | Si        | 5            | Tramo 2 |

**Tabla 139. Nuevos usos encontrados sobre el Cauce principal del Rio Pedernal (No legales).**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

### 4.3. Establecimiento de usos y definición o ajuste de objetivos y criterios de calidad por uso.

#### 4.3.1. Metodología para la definición de objetivos de calidad

Para definir los objetivos de calidad del río Pedernal, se siguió la metodología propuesta en el libro Calidad del Agua-Evaluación y Diagnóstico de Sierra, 2011.



Figura 20. Metodología para establecer los objetivos de calidad.  
Fuente: Sierra, 2011.

##### 4.3.1.1. Definición de los criterios de calidad de cada uso

Se definen los criterios de calidad de cada uso de acuerdo a las normas nacionales, en los casos que hay vacíos de información y no se encuentran establecidos criterios de calidad de parámetros representativos de un uso, se definen los criterios de calidad a partir de normas internacionales.

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CORRIENTE  
RIO PEDERNAL Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS  
MUNICIPIO DE TERUEL - DEPARTAMENTO DEL HUILA.  
Contrato de consultoría 0350 de 2015

| Usos del agua                                      | OD              | pH                   | DBO <sub>5</sub> | SST              | NT                | NH <sub>3</sub>   | NO <sub>3</sub>  | PT                | PO <sub>4</sub>   | CF    | CT                 | Grasas y Aceites |
|--|-----------------|----------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------|--------------------|------------------|
| <b>Asimilación de desechos</b>                     |                 |                      |                  |                  |                   |                   |                  |                   |                   |       |                    |                  |
| <b>Navegación y transporte acuático</b>            |                 |                      |                  |                  |                   |                   |                  |                   |                   |       |                    |                  |
| Estético   | >2 <sup>c</sup> |                      | <30 <sup>c</sup> |                  |                   |                   |                  |                   |                   |       |                    | Ausente          |
| Preservación de flora y fauna                      |                 | 4.5-9                |                  |                  |                   |                   |                  |                   |                   |       |                    |                  |
| Explotación mecánica de materiales de construcción | >2 <sup>c</sup> |                      | <30 <sup>c</sup> |                  |                   |                   |                  |                   |                   |       |                    | Ausente          |
| Explotación manual de materiales de construcción   | >2 <sup>c</sup> | 5-9                  | <30 <sup>a</sup> | <30 <sup>a</sup> |                   | <3 <sup>c</sup>   |                  | <1 <sup>c</sup>   | <1 <sup>c</sup>   |       | <5000              | Ausente          |
| Industrial   | >2 <sup>c</sup> | 5-9 <sup>c</sup>     |                  |                  |                   | <0.5              | <30 <sup>c</sup> | <5 <sup>c</sup>   | <4 <sup>c</sup>   |       | <5000 <sup>c</sup> |                  |
| Pecuario   |                 |                      |                  |                  |                   |                   | <100             |                   |                   |       |                    |                  |
| Piscicultura                                       | >4 <sup>c</sup> | 6.5-9.0 <sup>c</sup> | <5 <sup>c</sup>  |                  | <1.0 <sup>b</sup> | <1.0 <sup>b</sup> |                  | <0.1 <sup>c</sup> | <0.1 <sup>b</sup> | <100  |                    |                  |
| Riego restringido                                  | >2 <sup>b</sup> | 4.5-9                | <30 <sup>a</sup> | <30 <sup>a</sup> |                   | <5 <sup>c</sup>   |                  | <10 <sup>c</sup>  | <10 <sup>c</sup>  | <1000 | <5000              | Ausente          |
| Riego no restringido                               | >2 <sup>b</sup> | 4.5-9                | <10 <sup>a</sup> |                  |                   |                   |                  |                   |                   | <1000 | <5000              | Ausente          |
| Recreativo contacto secundario                     | >2 <sup>c</sup> | 5-9                  | <30 <sup>a</sup> | <30 <sup>a</sup> |                   | <3 <sup>c</sup>   |                  | <1 <sup>c</sup>   | <1 <sup>c</sup>   |       | <5000              |                  |
| Recreativo contacto primario                       | >4 <sup>c</sup> | 5-9                  | <20 <sup>c</sup> | <20              |                   | <2.5 <sup>c</sup> |                  | <0.5 <sup>c</sup> | <0.5 <sup>c</sup> | <200  | <1000              |                  |
| Consumo humano con tratamiento convencional        | >4 <sup>b</sup> | 5-9                  | <5 <sup>b</sup>  |                  |                   | <1.0              | <10              | <0.5 <sup>c</sup> | <0.5 <sup>c</sup> | <2000 | <20000             | Ausente          |
| Consumo humano sólo con desinfección               | >4 <sup>b</sup> | 6.5-8.5              | <5 <sup>b</sup>  |                  |                   | <1.0              | <10              | <0.5 <sup>c</sup> | <0.5 <sup>c</sup> |       | <1000              | Ausente          |

**CONVECCIONES:**

<sup>a</sup> EPA (1999)

<sup>b</sup> MAVDT (2006)

<sup>c</sup> Sierra (2011)

Todos los valores están expresados en mg/L  
CF y CT en NMP/100 ml

O.D: Oxígeno disuelto

pH: Potencial de Hidrogeno

DBO<sub>5</sub>: Demanda bioquímica de oxígeno

SST: Sólidos suspendidos totales

NT: Nitrógeno Total

NH<sub>3</sub>: Nitrógeno amoniacal

NO<sub>3</sub>: Nitratos

PT: Fosforo total

PO<sub>4</sub>: Fosfatos

CF: Coliformes fecales

CT: Coliformes totales

Usos y parámetros no incluidos en esta tabla, ver tablas del uso respectivo.

Los espacios vacíos significan que el parámetro no es significativo para el uso.

Tabla 140. Criterios de calidad de cada uso.

**Fuente:** FUNDISPROS, 2016.

#### 4.3.1.2. Establecimiento de las categorías de calidad del agua y definición de las convenciones.

Los usos del agua son agrupados en categorías de acuerdo a su similitud en los parámetros y criterios de calidad que se especificaron en la Tabla 140140. Para el río Pedernal se establecen 4 categorías de calidad del agua que agrupan todos los usos y se definen como se presenta a continuación.

| Categoría | Usos permitidos   | Convención | Significado   |
|-----------|---|------------|---|
| I         | Piscicultura, recreativo con contacto primario  | Azul       | Agua de muy buena calidad: Recurso hídrico en estado natural.           |
| II        | Consumo humano con tratamiento convencional, consumo humano sólo con desinfección, riego no restringido, industrial.  | Verde      | Agua de buena calidad: Recurso hídrico levemente contaminado            |
| III       | Riego restringido, pecuario explotación manual materiales de construcción, recreativo con contacto secundario, estético, preservación de flora y fauna, explotación mecánica de material de construcción. | Amarillo   | Agua regularmente contaminada: Recurso hídrico regularmente contaminado |
| IV        | Asimilación de desechos.  | Naranja    | Agua contaminada: Recurso hídrico altamente contaminado                 |

**Tabla 141. Categorías de calidad – Río Pedernal.**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

#### 4.3.1.3. Establecimiento de la categoría de calidad del agua actual en cada tramo

Para establecer la categoría de calidad del agua actual en cada tramo del río Pedernal, se determina el promedio para cada parámetro medido en las estaciones de monitoreo de cada tramo, teniendo en cuenta las dos campañas de monitoreo realizadas. Seguidamente le asigna la categoría al tramo teniendo en cuenta el uso más desfavorable.

| Tramo | Ubicación                  | PROMEDIOS |                  |        |                 |           |          | Categoría |
|-------|----------------------------|-----------|------------------|--------|-----------------|-----------|----------|-----------|
|       |                            | OD        | DBO <sub>5</sub> | SST    | NH <sub>3</sub> | PT        | CF       |           |
| 1     | Entre Naci. y C02          | 8.1425    | 5                | 10     | 0.45425         | 0.273125  | 44       | II        |
| 2     | Entre C02 y A01 (7.83 Km)  | 7.92625   | 5                | 10     | 0.478375        | 0.27075   | 46.3     | II        |
| 3     | Entre A01 y A03 (15.03) Km | 7.80875   | 5                | 10     | 0.526875        | 0.268375  | 52.475   | II        |
| 4     | Entre A03 y A05 (17.68) Km | 7.67625   | 5                | 17.025 | 0.550875        | 0.2710715 | 130.35   | II        |
| 5     | Entre A05 y 20.92 Km       | 7.5625    | 5                | 31.075 | 0.56075         | 0.284143  | 535.55   | II        |
| 6     | Entre 20.92 Km y 25.67 Km  | 6.885     | 5                | 38.1   | 0.570625        | 0.2972145 | 1196.375 | IV        |

|   |                      |      |   |      |        |          |      |    |
|---|----------------------|------|---|------|--------|----------|------|----|
| 7 | Entre 25.67 Km y C06 | 5.98 | 5 | 38.1 | 0.5705 | 0.302286 | 1526 | IV |
|---|----------------------|------|---|------|--------|----------|------|----|

Tabla 142. Categoría de calidad del agua actual en cada tramo.

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

#### 4.3.1.4. Definición de los objetivos de calidad para el corto, mediano y largo plazo

Se definen los objetivos de calidad para el corto, mediano y largo plazo, de acuerdo a las categorías de calidad del agua que se quieran alcanzar en cada uno de estos plazos y a partir de los resultados del modelo de calidad del agua para cada escenario evaluado, de tal forma que se garantice que las medidas y acciones a llevar a cabo en cada tramo durante los plazos establecidos permitan alcanzar la categoría proyectada.

| Tramo | Ubicación                  | Uso actual | Uso Actual (Modelo) | Objetivos de calidad |               |             |
|-------|----------------------------|------------|---------------------|----------------------|---------------|-------------|
|       |                            |            |                     | Corto plazo          | Mediano plazo | Largo plazo |
| 1     | Entre Naci. y C02          | II         | II                  | II                   | I             | I           |
| 2     | Entre C02 y A01 (7.83 Km)  | II         | II                  | II                   | I             | I           |
| 3     | Entre A01 y A03 (15.03) Km | II         | II                  | II                   | I             | I           |
| 4     | Entre A03 y A05 (17.68) Km | II         | II                  | II                   | I             | I           |
| 5     | Entre A05 y 20.92 Km       | II         | II                  | II                   | II            | I           |
| 6     | Entre 20.92 Km y 25.67 Km  | IV         | IV                  | III                  | II            | II          |
| 7     | Entre 25.67 Km y C06       | IV         | IV                  | III                  | II            | II          |

Tabla 143. Objetivos de calidad – Río Pedernal.

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

| tramo   | Ubicación                  | Usos Actuales                              | Criterio | Unidad de medida | Tiempo (Años) |               |              |
|---------|----------------------------|--|----------|------------------|---------------|---------------|--------------|
|         |                            |  |          |                  | Corto (0-2)   | Mediano (2-5) | Largo (5-10) |
| Tramo 1 | Entre Nacimiento y C02     | Agrícola, Doméstico, Pecuario.             | O.D      | mg/L             | >4            | >4            | >4           |
|         |                            |  | DBO5     | mg/L             | <5            | <5            | <5           |
|         |                            |  | SST      | mg/L             | <30           | <20           | <20          |
|         |                            |  | NH3      | mg/L             | <1.0          | <1.0          | <1.0         |
|         |                            |  | PT       | mg/L             | <0.5          | <1.0          | <1.0         |
|         |                            |  | CF       | NMP/100 ml       | <1000         | <100          | <100         |
| Tramo 2 | Entre C02 y A01 (7.83 Km)  | Doméstico y Agrícola.                      | O.D      | mg/L             | >4            | >4            | >4           |
|         |                            |  | DBO5     | mg/L             | <5            | <5            | <5           |
|         |                            |  | SST      | mg/L             | <30           | <20           | <20          |
|         |                            |  | NH3      | mg/L             | <1.0          | <1.0          | <1.0         |
|         |                            |  | PT       | mg/L             | <0.5          | <1.0          | <1.0         |
|         |                            |  | CF       | NMP/100 ml       | <1000         | <100          | <100         |
| Tramo 3 | Entre A01 y A03 (15.03) Km | Doméstico, Agrícola, pecuario e industrial | O.D      | mg/L             | >4            | >4            | >4           |
|         |                            |  | DBO5     | mg/L             | <5            | <5            | <5           |
|         |                            |  | SST      | mg/L             | <30           | <20           | <20          |
|         |                            |  | NH3      | mg/L             | <1.0          | <1.0          | <1.0         |
|         |                            |  | PT       | mg/L             | <0.5          | <1.0          | <1.0         |
|         |                            |  | CF       | NMP/100 ml       | <1000         | <100          | <100         |
| Tramo 4 | Entre A03 y A05 (17.68) Km | Industrial                                 | O.D      | mg/L             | >4            | >4            | >4           |
|         |                            |  | DBO5     | mg/L             | <5            | <5            | <5           |
|         |                            |  | SST      | mg/L             | <30           | <20           | <20          |
|         |                            |  | NH3      | mg/L             | <1.0          | <1.0          | <1.0         |

| tramo   | Ubicación                 | Usos Actuales                    | Criterio | Unidad de medida | Tiempo (Años) |               |              |
|---------|---------------------------|----------------------------------|----------|------------------|---------------|---------------|--------------|
|         |                           |                                  |          |                  | Corto (0-2)   | Mediano (2-5) | Largo (5-10) |
| Tramo 5 | Entre A05 y 20.92 Km      | Agrícola, Pecuario e Industrial. | PT       | mg/L             | <0.5          | <1.0          | <1.0         |
|         |                           |                                  | CF       | NMP/100 ml       | <1000         | <100          | <100         |
|         |                           |                                  | O.D      | mg/L             | >4            | >4            | >4           |
|         |                           |                                  | DBO5     | mg/L             | <5            | <5            | <5           |
|         |                           |                                  | SST      | mg/L             | <30           | <30           | <20          |
|         |                           |                                  | NH3      | mg/L             | <1.0          | <1.0          | <1.0         |
|         |                           |                                  | PT       | mg/L             | <0.5          | <0.5          | <1.0         |
| Tramo 6 | Entre 20.92 Km y 25.67 Km | Agrícola                         | CF       | NMP/100 ml       | <1000         | <1000         | <100         |
|         |                           |                                  | O.D      | mg/L             | >2            | >4            | >4           |
|         |                           |                                  | DBO5     | mg/L             | <30           | <5            | <5           |
|         |                           |                                  | SST      | mg/L             | <30           | <30           | <30          |
|         |                           |                                  | NH3      | mg/L             | <3            | <1.0          | <1.0         |
|         |                           |                                  | PT       | mg/L             | <1            | <0.5          | <0.5         |
|         |                           |                                  | CF       | NMP/100 ml       | <1000         | <1000         | <1000        |
| Tramo 7 | Entre 25.67 Km y C06      | Agrícola, Domestico y Pecuario   | O.D      | mg/L             | >2            | >4            | >4           |
|         |                           |                                  | DBO5     | mg/L             | <30           | <5            | <5           |
|         |                           |                                  | SST      | mg/L             | <30           | <30           | <30          |
|         |                           |                                  | NH3      | mg/L             | <3            | <1.0          | <1.0         |
|         |                           |                                  | PT       | mg/L             | <1            | <0.5          | <0.5         |
| CF      | NMP/100 ml                | <1000                            | <1000    | <1000            |               |               |              |

**Tabla 144. Información asociada a usos, objetivos de calidad y criterios de calidad por uso – Río Pedernal.**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

#### 4.4. Definición de metas quinquenales de reducción de cargas contaminantes

La definición de metas de carga contaminante, es un procedimiento de control y planeación quinquenal. Para este proceso se contó con las cargas contaminantes vertidas (línea base), así como también la evaluación de la calidad de agua de las fuentes receptoras, mediante el análisis de la capacidad de dilución y asimilación y evaluación del nivel de presión sobre el cuerpo de agua.

El establecimiento de metas de reducción de carga contaminante de DBO5 y SS, tiene relación y están ligados a la propuesta de objetivos de calidad y por lo tanto se debe adelantar su aplicación y evaluación, ya que los objetivos de calidad se fijaron de acuerdo a la destinación del recurso hídrico.

Para el establecimiento de las metas quinquenales de reducción de carga contaminante del Río Pedernal se tendrá en cuenta los 7 tramos en los que fue dividida la corriente y además de los siguientes aspectos; teniendo en cuenta lo establecido en el decreto 2667 de 2012.

| Tramo | Ubicación                 | Cargas (Kg/día)  |        | Cargas (Kg/año)  |          |
|-------|---------------------------|------------------|--------|------------------|----------|
|       |                           | DBO <sub>5</sub> | SST    | DBO <sub>5</sub> | SST      |
| 1     | Entre nacimiento a C02    | 63.37            | 126.75 | 23130.05         | 46263.75 |
| 2     | Entre C02 y C03           | 193.78           | 329.70 | 70729.7          | 120340.5 |
| 3     | Entre C03 y C04           | 365.99           | 590.98 | 133586.35        | 215707.7 |
| 4     | Entre C04 y C05           | 354.07           | 576.46 | 129235.55        | 210407.9 |
| 5     | Entre C05 y 20.92 Km      | 391.37           | 618.38 | 142850.05        | 225708.7 |
| 6     | Entre 20.92 Km y 25.67 km | 116.88           | 193.38 | 42661.2          | 70583.7  |
| 7     | Entre 25.67 y C06         | 111.47           | 222.94 | 40686.55         | 81373.1  |

**Tabla 145. Línea Base 2016 en carga contaminante para DBO y SST (Kg/año) – Río Pedernal.**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

| Tramo | Ubicación                 | Cargas máximas permisibles (Kg/año) |                  |                            |                  |                           |                  |
|-------|---------------------------|-------------------------------------|------------------|----------------------------|------------------|---------------------------|------------------|
|       |                           | Corto Plazo (0-2 años)              |                  | Mediano Plazo (2 a 5 años) |                  | Largo Plazo (5 a 10 años) |                  |
|       |                           | SST                                 | DBO <sub>5</sub> | SST                        | DBO <sub>5</sub> | SST                       | DBO <sub>5</sub> |
| 1     | Entre nacimiento a C02    | 4927.5                              | 4927.5           | 3431                       | 3431             | 3431                      | 3431             |
| 2     | Entre C02 y C03           | 7847.5                              | 7847.5           | 5475                       | 5475             | 5475                      | 5475             |
| 3     | Entre C03 y C04           | 31645.5                             | 29601.5          | 22557                      | 20914.5          | 22557                     | 20914.5          |
| 4     | Entre C04 y C05           | 25623                               | 13103.5          | 25623                      | 13103.5          | 24272.5                   | 12957.5          |
| 5     | Entre C05 y 20.92 Km      | 8833                                | 7884             | 6752.5                     | 5803.5           | 6168.5                    | 5511.5           |
| 6     | Entre 20.92 Km y 25.67 km | 505087                              | 252288           | 505087                     | 252288           | 505087                    | 252288           |
| 7     | Entre 25.67 y C06         | 0                                   | 0                | 0                          | 0                | 0                         | 0                |

**Tabla 146. Cargas máximas permisibles Río Pedernal**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016

### Metas Quinquenales de Carga Contaminante – Río Pedernal

Para el cálculo de las metas de reducción de carga contaminante para los parámetros objeto de cobro de tasa retributiva DBO y SST (kg/año), en los siete tramos definidos para la cuenca del Río Pedernal se tuvo en cuenta, los resultados de la línea base de la segunda campaña de monitoreo y los resultados de la modelación del recurso hídrico de carga máxima permisible, de la diferencia de estos dos valores en cada tramo se obtuvo la meta global de reducción de carga contaminante para los periodos de tiempo de 0 a 2 años corto plazo, 2 a 5 años mediano plazo y 5 a 10 años largo plazo, como se muestra en las siguientes tablas

| Tramo | Line Base      |                | Carga Máxima Permissible corto plazo |                | Meta de reducción corto plazo |                |
|-------|----------------|----------------|--------------------------------------|----------------|-------------------------------|----------------|
|       | DBO5           | SST            | DBO5                                 | SST            | DBO5                          | SST            |
|       | Carga (Kg/año) | Carga (Kg/año) | Carga (Kg/año)                       | Carga (Kg/año) | Carga (Kg/año)                | Carga (Kg/año) |
| 1     | 23130.05       | 46263.75       | 4927.5                               | 4927.5         | 18202.55                      | 41336.25       |
| 2     | 70729.7        | 120340.5       | 7847.5                               | 7847.5         | 62882.2                       | 112493         |
| 3     | 133586.35      | 215707.7       | 29601.5                              | 31645.5        | 103984.85                     | 184062.2       |
| 4     | 129235.55      | 210407.9       | 13103.5                              | 25623          | 116132.05                     | 184784.9       |
| 5     | 142850.05      | 225708.7       | 7884                                 | 8833           | 134966.05                     | 216875.7       |
| 6     | 42661.2        | 70583.7        | 252288                               | 505087         | -209626.8                     | -434503.3      |
| 7     | 40686.55       | 81373.1        | 0                                    | 0              | 40686.55                      | 81373.1        |

**Tabla 147. Metas de reducción de carga contaminante a Corto Plazo.**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

| Tramo | Line Base      |                | Carga Máxima Permissible Mediano plazo |                | Meta de reducción Mediano plazo |                |
|-------|----------------|----------------|--|----------------|---------------------------------|----------------|
|       | DBO5           | SST            | DBO5                                   | SST            | DBO5                            | SST            |
|       | Carga (Kg/año) | Carga (Kg/año) | Carga (Kg/año)                         | Carga (Kg/año) | Carga (Kg/año)                  | Carga (Kg/año) |
| 1     | 23130.05       | 46263.75       | 3431                                   | 3431           | 19699.05                        | 42832.75       |
| 2     | 70729.7        | 120340.5       | 5475                                   | 5475           | 65254.7                         | 114865.5       |
| 3     | 133586.35      | 215707.7       | 20914.5                                | 22557          | 112671.85                       | 193150.7       |
| 4     | 129235.55      | 210407.9       | 13103.5                                | 25623          | 116132.05                       | 184784.9       |
| 5     | 142850.05      | 225708.7       | 5803.5                                 | 6752.5         | 137046.55                       | 218956.2       |
| 6     | 42661.2        | 70583.7        | 252288                                 | 505087         | -209626.8                       | -434503.3      |
| 7     | 40686.55       | 81373.1        | 0                                      | 0              | 40686.55                        | 81373.1        |

**Tabla 148. Metas de reducción de carga contaminante a Mediano Plazo.**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

| Tramo | Line Base      |                | Carga Máxima Permissible Largo plazo |                | Meta de reducción Largo plazo |                |
|-------|----------------|----------------|--------------------------------------|----------------|-------------------------------|----------------|
|       | DBO5           | SST            | DBO5                                 | SST            | DBO5                          | SST            |
|       | Carga (Kg/año) | Carga (Kg/año) | Carga (Kg/año)                       | Carga (Kg/año) | Carga (Kg/año)                | Carga (Kg/año) |
| 1     | 23130.05       | 46263.75       | 3431                                 | 3431           | 19699.05                      | 42832.75       |
| 2     | 70729.7        | 120340.5       | 5475                                 | 5475           | 65254.7                       | 114865.5       |
| 3     | 133586.35      | 215707.7       | 20914.5                              | 22557          | 112671.85                     | 193150.7       |
| 4     | 129235.55      | 210407.9       | 12957.5                              | 24272.5        | 116278.05                     | 186135.4       |
| 5     | 142850.05      | 225708.7       | 5511.5                               | 6168.5         | 137338.55                     | 219540.2       |
| 6     | 42661.2        | 70583.7        | 252288                               | 505087         | -209626.8                     | -434503.3      |
| 7     | 40686.55       | 81373.1        | 0                                    | 0              | 40686.55                      | 81373.1        |

**Tabla 149. Metas de reducción de carga contaminante a Largo Plazo.**  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

Se tiene en cuenta que el quinquenio actual comprende el periodo 2013 a 2018, para la culminación de este periodo faltan 2 años, se puede tomar como meta a reducir el valor a corto plazo de 0 a 2 años en cada tramo definido para la cuenca del Río Pedernal.

#### 4.6. Programa de seguimiento y monitoreo al recurso hídrico

##### 4.6.1. Objetivos de programa de monitoreo y seguimiento del recurso hídrico

Cuando se diseña un programa de monitoreo y seguimiento lo primero que se debe definir son los objetivos a cumplir, para el caso del Río Pedernal se plantean los siguientes objetivos:

- ✓ Cumplir con los objetivos y criterios de calidad del agua establecidos por la autoridad ambiental en cada uno de los tramos definidos.
- ✓ Estructurar una base de datos que contenga información prioritaria que sirva:
  - Como fuente de información secundaria
  - Complementar la información sobre datos de entradas en los modelos de simulación de la calidad del agua
  - Como fuente de información para la gestión de la calidad y cantidad del recurso hídrico a las autoridades ambientales CAR´S

##### 4.6.2. Parámetros a monitorear

La toma de muestras deberá realizarse en los puntos de monitoreo propuestos en el presente plan de ordenamiento, se deberá seguir la masa de agua para la toma de muestras.

Se debe tener en cuenta los usos potenciales del agua establecidos para cada tramo y los respectivos objetivos de calidad, así se determinó analizar los siguientes parámetros descritos en la guía para la formulación de planes de ordenamiento del recurso hídrico emitida por el Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.

|                        | N° | PARAMETROS                    | UNIDADES                  |
|------------------------|----|-------------------------------|---------------------------|
| <b>IN SITU</b>         | 1  | pH                            | [Unidades de pH]          |
|                        | 2  | Conductividad Eléctrica       | [ $\mu$ S/cm]             |
|                        | 3  | Oxígeno Disuelto              | [Mg/LO <sub>2</sub> ]     |
|                        | 4  | Temperatura del Agua          | [°C]                      |
| <b>FISICO QUIMICOS</b> | 5  | Alcalinidad                   | [mg/L CaCO <sub>3</sub> ] |
|                        | 6  | Dureza Total                  | [mg/L CaCO <sub>3</sub> ] |
|                        | 7  | DBO Total                     | mg/L O <sub>2</sub> ]     |
|                        | 8  | DBO <sub>5</sub> Filtrada     | [mg/L O <sub>2</sub> ]    |
|                        | 9  | DQO Total                     | [mg/L O <sub>2</sub> ]    |
|                        | 10 | Sólidos suspendidos totales   | [mg/L]                    |
|                        | 11 | Sólidos suspendidos volátiles | [mg/L]                    |

|                             | N° | PARAMETROS                         | UNIDADES   |
|-----------------------------|----|------------------------------------|--|
|                             | 12 | Sólidos disueltos totales          | [mg/L]   |
|                             | 13 | Sólidos sedimentables              | [mg/L]   |
|                             | 14 | Turbiedad                          | [UNT]  |
|                             | 15 | Nitrógeno total                    | [mg/L N]   |
|                             | 16 | Nitrógeno amoniacal                | [mg/L N-NH <sub>3</sub> ]                        |
|                             | 17 | Nitritos                           | [mg/L N-NO <sub>2</sub> ]                        |
|                             | 18 | Nitratos                           | [mg/L N-NO <sub>3</sub> ]                        |
|                             | 19 | Fósforo total                      | [mg/L P]   |
|                             | 20 | Ortofosfatos                       | [mg/L P-PO <sub>4</sub> ]                        |
|                             | 21 | Grasas y aceites                   | [mg/L]   |
|                             | 22 | SAAM                               | [mg/L]   |
|                             | 23 | Fenoles                            | [mg/L]   |
|                             | 24 | Hidrocarburos totales del petróleo | [mg/L]   |
|                             | 25 | Clorofila-a                        | [mg/L Chl-a]                                     |
|                             | 26 | Compuestos organoclorados          | [mg/L]   |
|                             | 27 | Compuestos organofosforados        | [mg/L]   |
| <b>METALES Y METALOIDES</b> | 28 | Arsénico (As)                      | [mg/L]   |
|                             | 29 | Bario (Ba)                         | [mg/L]   |
|                             | 30 | Cadmio (Cd)                        | [mg/L]   |
|                             | 31 | Cinc (Zn)                          | [mg/L]   |
|                             | 32 | Cobre (Cu)                         | [mg/L]   |
|                             | 33 | Cromo Total (Cr)                   | [mg/L]   |
|                             | 34 | Hierro (Fe)                        | [mg/L]   |
|                             | 35 | Mercurio (Hg)                      | [mg/L]   |
|                             | 36 | Níquel (Ni)                        | [mg/L]   |
|                             | 37 | Plomo (Pb)                         | [mg/L]   |
|                             | 38 | Selenio (Se)                       | [mg/L]   |
|                             | 39 | Vanadio (Va)                       | [mg/L]   |
| <b>IONES</b>                | 40 | Cianuros                           | [mg/L CN <sup>-</sup> ]                          |
|                             | 41 | Cloruros                           | [mg/L Cl <sup>-</sup> ]                          |
|                             | 42 | Sulfatos                           | [mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ]            |
|                             | 43 | Calcio                             | [mg/L] <sup>4</sup>                              |
|                             | 44 | Magnesio                           | [mg/L]   |
|                             | 45 | Sodio                              | [mg/L]   |
| <b>MICROBIOLÓGICOS</b>      |    |                                    |  |
|                             | 46 | Coliformes totales                 | [NMP/100mL]                                      |
|                             | 47 | Coliformes fecales                 | [NMP/100mL]                                      |
|                             | 48 | E. Coli                            | [NMP/100mL]                                      |
| <b>HIDROBIOLÓGICOS</b>      |    |                                    |  |
|                             | 49 | Perifiton                          | [Org/cm <sup>2</sup> ], [g/m <sup>2</sup> Chl-a] |
|                             | 50 | Macroinvertebrados                 | [Org/cm <sup>2</sup> ]                           |

**Tabla 150. Parámetros objeto de monitoreo para el seguimiento del recurso hídrico – Río Pedernal.**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

Cabe resaltar que los iones de calcio, magnesio y sodio se incluyen en el monitoreo con el propósito de determinar la relación de adsorción de sodio (RAS), puesto que el uso que predomina es el uso agrícola, por ende, este aspecto es importante en el momento de evaluar el uso.

En cuanto a la caracterización de parámetros In sitio, se realizará mediante equipos portátiles como el Multiparametro hq40d con sus respectivas sondas, además de equipos como los Conductímetros.

#### 4.6.3. Ubicación de las estaciones de monitoreo

Después de analizar los resultados de la fase de diagnóstico, y teniendo que claro que se cuenta con una red de monitoreo planificada y una ejecutada en el presente plan de ordenamiento del Recurso Hídrico. Se recomienda realizar el seguimiento sobre la red de monitoreo planificada, esto con el objetivo de tener más puntos de monitoreo incluidos los puntos de la red ejecutada. A continuación se presenta las estaciones sobre las cuales se recomienda realizar el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico del Río Pedernal, correspondiente a la red de monitoreo planificada en la fase de diagnóstico:

| ID  | DATOS DE LA ESTACIÓN   |
|-----|--|
| C01 | Descripción: Río Pedernal antes de todo uso y vertimiento.<br>Coordenadas: X= 1164129 Y= 803875<br>Altitud: 1850 msnm<br>Fuente: Río Pedernal<br>Vereda: Corrales                        |
| C02 | Descripción: Río Pedernal antes de la bocatoma municipal de Teruel.<br>Coordenadas: X= 1163975 Y= 803563<br>Altitud: 1727.4 msnm<br>Fuente: Río Pedernal<br>Vereda: Corrales             |
| C06 | Descripción: Río Pedernal antes de desembocar al río Magdalena.<br>Coordenadas: X= 1170192 Y= 784571<br>Altitud: 586.3 msnm<br>Fuente: Río Pedernal<br>Vereda: La Floresta               |
| A01 | Descripción: Qda. El Cedral antes de desembocar al río Pedernal.<br>Coordenadas: X= 1166373 Y= 801794<br>Altitud: 1350 msnm<br>Fuente: Qda. El Cedral<br>Vereda: Pedernal                |
| A03 | Descripción: Qda. La María antes de desembocar al río Pedernal.<br>Coordenadas: X= 1168170 Y= 796268<br>Altitud: 916 msnm<br>Fuente: Qda. La María<br>Vereda: Portachuelo                |
| A05 | Descripción: Qda. El Pueblo (Las Mollas) antes de desembocar al río Pedernal.<br>Coordenadas: X= 1167612 Y= 794054<br>Altitud: 791 msnm<br>Fuente: Qda. El Pueblo<br>Vereda: Almorzadero |
| V02 | Descripción: Vertimiento de PTAR del casco urbano del municipio de Teruel a la quebrada el Pueblo (Las Mollas).<br>Coordenadas: X= 1167553 Y= 794443<br>Altitud: 825 msnm                |

| ID  | DATOS DE LA ESTACIÓN  |
|-----|---|
|     | Fuente: Qda. El Pueblo<br>Vereda: Varas Mesón   |
| V03 | Descripción: Vertimiento de las AR del barrio divino niño en el cauce ppal del río Pedernal.<br>Coordenadas: X= 1167568 Y= 793789<br>Altitud: 777.5 msnm<br>Fuente: Río Pedernal<br>Vereda: Almorzadero |

**Tabla 151. Ubicación estaciones de monitoreo.**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

#### 4.6.4. Medición de caudales (Aforos)

El aforo es un procedimiento que consiste en realizar en campo, una serie de mediciones de factores de área en la sección transversal y de velocidad del agua, permitiendo posteriormente calcular el caudal de una corriente, el cual esta referenciado a un nivel de agua. La medición de caudal (aforo) se debe realizar periódicamente, buscando cubrir toda la gama potencial de niveles, con el fin de obtener parejas nivel – caudal que faciliten la calibración de la sección de aforos, la cual se plasma en la curva de gastos o de calibración. (IDEAM, 2007)

#### 4.6.5. Proyección de costos para seguimiento y monitoreo del recurso hídrico en el corto, mediano y largo plazo

Se presentan los costos por cada campaña de monitoreo para cada plazo, lo ideal es realizar dos campañas de monitoreo, en dos épocas diferentes (invierno y verano), con el objetivo de evaluar el cumplimiento de los objetivos de calidad en el corto mediano y largo plazo; se presentan los costos por separado para los puntos de agua superficial y los puntos ubicados en los vertimientos, pues varia el número de parámetros y los tipos de muestreos son diferentes.

| PRESUPUESTO ECONÓMICO CAMPAÑA CALIDAD DE AGUAS A CORTO PLAZO (AÑO 2018) |   |          |                |                        |
|---|---|----------|----------------|------------------------|
| No  | Parámetros                                    | Cantidad | Costo Unitario | Total                  |
| <b>1</b>  | <b>Calidad de Cuerpos de Agua superficial</b> |          |                |                        |
| 1.1   | Parámetros in situ                            | 1        | \$ 18,759.0    | \$ 18,759.0            |
| 1.2   | Fisicoquímicos Básicos                        | 1        | \$ 1,172,881.5 | \$ 1,172,881.5         |
| 1.3   | Metales y metaloides                          | 1        | \$ 76,956.0    | \$ 376,956.0           |
| 1.4   | Iones   | 1        | \$ 96,137.0    | \$ 196,137.0           |
| 1.5   | Microbiológicos                               | 1        | \$ 49,184.0    | \$ 149,184.0           |
| 1.6   | Hidrobiológicos                               | 1        | \$ 20,690.0    | \$ 420,690.0           |
| 1.7   | Otros   | 1        | \$ 52,625.0    | \$ 152,625.0           |
| <b>Sub total Calidad de Cuerpos de Agua</b>                             |   |          |                | \$ ,487,232.5          |
| <b>Sítios de Análisis de agua superficial</b>                           |   | 11       | \$ 2,487,232.5 | \$ 27,359,557.5        |
| <b>Total calidad de cuerpos de agua</b>                                 |   |          |                | <b>\$ 27,359,557.5</b> |

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CORRIENTE  
RÍO PEDERNAL Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS  
MUNICIPIO DE TERUEL - DEPARTAMENTO DEL HUILA.  
Contrato de consultoría 0350 de 2015

|  |                                  |   |    |             |                        |
|--|----------------------------------|---|----|-------------|------------------------|
| <b>2</b>                                 | <b>Calidad en Vertimientos</b>   |   |    |             |                        |
| 2.1                                      | Fisicoquímicos Básicos           | 1 | \$ | 34,698.0    | \$ 634,698.0           |
| 2.2                                      | Metales y metaloides             | 1 | \$ | 76,956.0    | \$ 376,956.0           |
| 2.3                                      | Iones                            | 1 | \$ | 108,225.0   | \$ 108,225.0           |
| 2.4                                      | Microbiológicos                  | 1 | \$ | 38,639.0    | \$ 138,639.0           |
| 2.5                                      | Aforo Compuesto                  | 1 | \$ | 26,240.0    | \$ 426,240.0           |
| <b>Sub total Calidad de vertimientos</b> |                                  |   |    |             | \$ ,684,758.0          |
| <b>Vertimientos - agua residual</b>      |                                  | 5 | \$ | 1,684,758.0 | \$ 8,423,790.0         |
| <b>Total calidad de vertimientos</b>     |                                  |   |    |             | <b>\$ 8,423,790.0</b>  |
| <b>3</b>                                 | <b>Logística</b>                 |   |    |             |                        |
| 3.1                                      | Honorarios biólogo/ día          | 1 | \$ | 317,460.0   | \$ 317,460.0           |
| 3.2                                      | Honorarios tecnólogo/ día        | 3 | \$ | 80,830.0    | \$ 42,490.0            |
| 3.3                                      | transporte a la zona de muestreo | 2 | \$ | 88,500.0    | \$ 777,000.0           |
| 3.4                                      | informe                          | 1 | \$ | 66,200.0    | \$ 466,200.0           |
| 3.5                                      | informe hidrobiológico           | 1 | \$ | 66,200.0    | \$ 466,200.0           |
| <b>Total Logística</b>                   |                                  |   |    |             | <b>\$ ,869,350.0</b>   |
| <b>Total Costos Directos Campaña 1.</b>  |                                  |   |    |             | <b>\$ 38,652,697.5</b> |
| <b>IVA</b>                               |                                  |   |    |             | <b>\$ 6,184,431.6</b>  |
| <b>TOTAL</b>                             |                                  |   |    |             | <b>\$ 44,837,129.1</b> |

**Tabla 152. Costos proyectados a corto plazo para el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico "Red Planificada" – Río Pedernal.**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

| PRESUPUESTO ECONÓMICO CAMPAÑA CALIDAD DE AGUAS A MEDIANO PLAZO (AÑO 2021) |                                   |          |                 |                         |
|---|-----------------------------------|----------|-----------------|-------------------------|
| No  | Parámetros                        | Cantidad | Costo Unitario  | Total                   |
| <b>1</b>  | <b>Calidad de Cuerpos de Agua</b> |          |                 |                         |
| 1.1   | Parámetros in situ                | 1        | \$ 20,618.00    | \$ 20,618.00            |
| 1.2   | Fisicoquímicos Básicos            | 1        | \$ 1,289,113.00 | \$ 1,289,113.00         |
| 1.3   | Metales y metaloides              | 1        | \$ 414,312.00   | \$ 414,312.00           |
| 1.4   | Iones                             | 1        | \$ 215,574.00   | \$ 215,574.00           |
| 1.5   | Microbiológicos                   | 1        | \$ 163,968.00   | \$ 163,968.00           |
| 1.6   | Hidrobiológicos                   | 1        | \$ 462,380.00   | \$ 462,380.00           |
| 1.7   | Otros                             | 1        | \$ 167,750.00   | \$ 167,750.00           |
| <b>Sub total Calidad de Cuerpos de Agua</b>                               |                                   |          |                 | \$ 2,733,715.00         |
| <b>Sitios de Análisis de agua superficial</b>                             |                                   | 11       | \$ 2,733,715.00 | \$ 30,070,865.00        |
| <b>Total calidad de cuerpos de agua</b>                                   |                                   |          |                 | <b>\$ 30,070,865.00</b> |
| <b>2</b>  | <b>Calidad en Vertimientos</b>    |          |                 |                         |
| 2.1   | Fisicoquímicos Básicos            | 1        | \$ 697,596.00   | \$ 697,596.00           |
| 2.2   | Metales y metaloides              | 1        | \$ 414,312.00   | \$ 414,312.00           |
| 2.3   | Iones                             | 1        | \$ 118,950.00   | \$ 118,950.00           |

Fundación Desarrollo de las Ingenierías y Ciencias de la Salud para la Proyección Social "FUNDISPROS"

Av. 26 # 27 – 94 Oficina 108 Neiva – Huila  
Teléfono: 0988744048 Celular: 3132365441  
Email: Fundispros@gmail.com



|  |                                  |   |                 |                         |
|--|----------------------------------|---|-----------------|-------------------------|
| 2.4                                      | Microbiológicos                  | 1 | \$ 152,378.00   | \$ 152,378.00           |
| 2.5                                      | Aforo Compuesto                  | 1 | \$ 468,480.00   | \$ 468,480.00           |
| <b>Sub total Calidad de vertimientos</b> |                                  |   |                 | \$ 1,851,716.00         |
| <b>Vertimientos - agua residual</b>      |                                  | 5 | \$ 1,851,716.00 | \$ 9,258,580.00         |
| <b>Total calidad de vertimientos</b>     |                                  |   |                 | <b>\$ 9,258,580.00</b>  |
| <b>3</b>                                 | <b>Logística</b>                 |   |                 |                         |
| 3.1                                      | Honorarios biólogo               | 1 | \$ 348,920.00   | \$ 348,920.00           |
| 3.2                                      | Honorarios tecnólogo             | 3 | \$ 308,660.00   | \$ 925,980.00           |
| 3.3                                      | transporte a la zona de muestreo | 2 | \$ 427,000.00   | \$ 854,000.00           |
| 3.4                                      | informe                          | 1 | \$ 512,400.00   | \$ 512,400.00           |
| 3.5                                      | informe hidrobiológico           | 1 | \$ 512,400.00   | \$ 512,400.00           |
| <b>Total Logística</b>                   |                                  |   |                 | <b>\$ 3,153,700.00</b>  |
| <b>Total Costos Directos Campaña 1.</b>  |                                  |   |                 | <b>\$ 42,483,145.00</b> |
| <b>IVA</b>                               |                                  |   |                 | <b>\$ 6,797,303.20</b>  |
| <b>TOTAL</b>                             |                                  |   |                 | <b>\$ 49,280,448.20</b> |

Tabla 153. Costos proyectados a mediano plazo para el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico “Red Planificada” – Río Pedernal.  
Fuente: FUNDISPROS, 2016.

| PRESUPUESTO ECONÓMICO CAMPAÑA CALIDAD DE AGUAS A LARGO PLAZO (AÑO 2026) |                                   |          |                 |                         |
|---|-----------------------------------|----------|-----------------|-------------------------|
| No  | Parámetros                        | Cantidad | Costo Unitario  | Total                   |
| <b>1</b>  | <b>Calidad de Cuerpos de Agua</b> |          |                 |                         |
| 1.1   | Parámetros in situ                | 1        | \$ 24,505.00    | \$ 24,505.00            |
| 1.2   | Fisicoquímicos Básicos            | 1        | \$ 1,532,142.50 | \$ 1,532,142.50         |
| 1.3   | Metales y metaloides              | 1        | \$ 492,420.00   | \$ 492,420.00           |
| 1.4   | iones                             | 1        | \$ 256,215.00   | \$ 256,215.00           |
| 1.5   | Microbiológicos                   | 1        | \$ 194,880.00   | \$ 194,880.00           |
| 1.6   | Hidrobiológicos                   | 1        | \$ 549,550.00   | \$ 549,550.00           |
| 1.7   | Otros                             | 1        | \$ 199,375.00   | \$ 199,375.00           |
| <b>Sub total Calidad de Cuerpos de Agua</b>                             |                                   |          |                 | \$ 3,249,087.50         |
| <b>Sitios de Análisis de agua superficial</b>                           |                                   | 11       | \$ 3,249,087.50 | \$ 35,739,962.50        |
| <b>Total calidad de cuerpos de agua</b>                                 |                                   |          |                 | <b>\$ 35,739,962.50</b> |
| <b>2</b>  | <b>Calidad en Vertimientos</b>    |          |                 |                         |
| 2.1   | Fisicoquímicos Básicos            | 1        | \$ 829,110.00   | \$ 829,110.00           |
| 2.2   | Metales y metaloides              | 1        | \$ 492,420.00   | \$ 492,420.00           |
| 2.3   | iones                             | 1        | \$ 141,375.00   | \$ 141,375.00           |
| 2.4   | Microbiológicos                   | 1        | \$ 181,105.00   | \$ 181,105.00           |
| 2.5   | Aforo Compuesto                   | 1        | \$ 556,800.00   | \$ 556,800.00           |
| <b>Sub total Calidad de vertimientos</b>                                |                                   |          |                 | \$ 2,200,810.00         |
| <b>Vertimientos - agua residual</b>                                     |                                   | 5        | \$ 2,200,810.00 | \$ 11,004,050.00        |

|   |                                  |   |    |            |                      |
|---|----------------------------------|---|----|------------|----------------------|
| <b>Total calidad de vertimientos</b>    |                                  |   |    | <b>\$</b>  | <b>11,004,050.00</b> |
| <b>3</b>                                | <b>Logística</b>                 |   |    |            |                      |
| <b>3.1</b>                              | Honorarios biólogo               | 1 | \$ | 414,700.00 | \$ 414,700.00        |
| <b>3.2</b>                              | Honorarios tecnólogo             | 3 | \$ | 366,850.00 | \$ 1,100,550.00      |
| <b>3.3</b>                              | transporte a la zona de muestreo | 2 | \$ | 507,500.00 | \$ 1,015,000.00      |
| <b>3.4</b>                              | informe                          | 1 | \$ | 609,000.00 | \$ 609,000.00        |
| <b>3.5</b>                              | informe hidrobiológico           | 1 | \$ | 609,000.00 | \$ 609,000.00        |
| <b>Total Logística</b>                  |                                  |   |    | <b>\$</b>  | <b>3,748,250.00</b>  |
| <b>Total Costos Directos Campaña 1.</b> |                                  |   |    | <b>\$</b>  | <b>50,492,262.50</b> |
| <b>IVA</b>                              |                                  |   |    | <b>\$</b>  | <b>8,078,762.00</b>  |
| <b>TOTAL</b>                            |                                  |   |    | <b>\$</b>  | <b>58,571,024.50</b> |

**Tabla 154. Costos proyectados a largo plazo para el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico “Red Planificada” – Río Pedernal.**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

#### 4.6.6. Cronograma de seguimiento al recurso hídrico del Río Pedernal

De acuerdo al horizonte de tiempo del plan de ordenamiento del recurso hídrico del Río Pedernal y los plazos para la evaluación de los objetivos de calidad, además de régimen pluvial anual de la cuenca, se propone ejecutar el seguimiento del recurso hídrico realizando dos campañas de monitoreo teniendo en cuenta los tiempos en el cual se dividió el horizonte del presente PORH.

| CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA EL SEGUIMIENTO AL RECURSO HIDRICO DEL RIO PEDERNAL  |                           |           |                             |           |                            |           |
|--|---------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| ACTIVIDADES  | CORTO PLAZO<br>(0-2 AÑOS) |           | MEDIANO PLAZO<br>(2-5 AÑOS) |           | LARGO PLAZO<br>(5-10 AÑOS) |           |
|  | 2018                      |           | 2021                        |           | 2023                       |           |
| AÑO  | VERANO                    | INVERNO   | VERANO                      | INVERNO   | VERANO                     | INVERNO   |
| EPOCA DEL AÑO  | AGOSTO                    | NOVIEMBRE | AGOSTO                      | NOVIEMBRE | AGOSTO                     | NOVIEMBRE |
| MESES  | AGOSTO                    | NOVIEMBRE | AGOSTO                      | NOVIEMBRE | AGOSTO                     | NOVIEMBRE |
| 1. Campañas de monitoreo para evaluar los objetivos de calidad en el corto plazo.  |                           |           |                             |           |                            |           |
| 2. Campañas de monitoreo para evaluar los objetivos de calidad en el mediano plazo |                           |           |                             |           |                            |           |
| 3. Campañas de monitoreo para evaluar los objetivos de calidad en el largo plazo.  |                           |           |                             |           |                            |           |

**Tabla 155. Cronograma de actividades para el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico – Río Pedernal.**

Fuente: FUNDISPROS, 2016.

#### 4.7. Estructuración del componente programático del ordenamiento del recurso hídrico.

| OBJETIVO               | No  | NOMBRE PROGRAMA  | ESTRATEGIA   | PLAZO DE EJECUCIÓN |               |             | PRESUPUESTO ESTIMADO   |
|------------------------|-----|--|--|--------------------|---------------|-------------|------------------------|
|                        |     |  |  | CORTO PLAZO        | MEDIANO PLAZO | LARGO PLAZO |                        |
| 1. OFERTA              | 1.1 | ESTUDIO COMPLETO QUE DETERMINE LA OFERTA APORTADA POR LOS ACUÍFEROS EXISTENTES SOBRE LA SUBCUENCA DEL RIO PEDERNAL, ARTICULANDO PROYECTOS ACTUALES DE ESTUDIO SOBRE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CAM – ERA y PMA.  | CONOCIMIENTO   |                    | X             | X           | \$901.000.000          |
|                        |     |  | PLANIFICACIÓN  | X                  | X             | X           | \$200.000.000          |
|                        | 1.2 | IDENTIFICACIÓN DE PREDIOS PARA SU ADQUISICIÓN ARTICULANDO CON LOS PROYECTOS YA ESTIPULADOS LOCALIZADOS EN ZONAS DE AMORTIGUACIÓN Y RESERVA FORESTAL QUE ESTÁ DESARROLLANDO EL MUNICIPIO DE TERUEL Y LA CAM SOBRE EL PNR CERRO BANDERAS – OJO BLANCO. | CONSERVACIÓN   | X                  | X             | X           | \$812.000.000          |
|                        | 1.3 | INSTRUMENTACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA DE LA SUBCUENCA RIO PEDERNAL Y SUS PRINCIPALES AFLUENTES  | CONOCIMIENTO   | X                  | X             | X           | \$480.000.000          |
| <b>TOTAL – OFERTA</b>  |     |  |  |                    |               |             | <b>\$2.393.000.000</b> |
| 2. DEMANDA             | 2.1 | CONTROL Y SEGUIMIENTO A LOS APROVECHAMIENTOS DEL RECURSO HÍDRICO DEL RIO PEDERNAL PARA LA REALIZACIÓN DE AJUSTES AL CUADRO DE DISTRIBUCIÓN (RES. 312 DE 26 ABRIL DE 1999).   | CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA EN LAS CUENCAS PRIORIZADAS.                         | X                  | X             | X           | \$350.000.000          |
|                        |     |  | INCORPORACIÓN DE LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO EN LOS PRINCIPALES SECTORES PRODUCTIVOS DEL AGUA. | X                  | X             | X           | \$600.000.000          |
|                        | 2.2 | CUMPLIMIENTO DE LOS PROGRAMAS DE USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA – PUEAA – DE LOS MUNICIPIOS DE TERUEL Y YAGUARÁ EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA.   | USO EFICIENTE Y SOSTENIBLE DEL AGUA.   | X                  | X             | X           | \$160.000.000          |
| <b>TOTAL - DEMANDA</b> |     |  |  |                    |               |             | <b>\$1.110.000.000</b> |

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CORRIENTE  
RIO PEDERNAL Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS  
MUNICIPIO DE TERUEL - DEPARTAMENTO DEL HUILA.  
Contrato de consultoría 0350 de 2015

| OBJETIVO               | No  | NOMBRE PROGRAMA   | ESTRATEGIA  | PLAZO DE EJECUCIÓN |               |             | PRESUPUESTO ESTIMADO   |
|------------------------|-----|---|---|--------------------|---------------|-------------|------------------------|
|                        |     |   |   | CORTO PLAZO        | MEDIANO PLAZO | LARGO PLAZO |                        |
| 3. CALIDAD             | 3.1 | SEGUIMIENTO Y MONITOREO AL RECURSO HÍDRICO DE LA SUBCUENCA RIO PEDERNAL Y SUS PRINCIPALES AFLUENTES   | REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO.  | X                  | X             | X           | \$500.000.000          |
|                        |     |   | MONITOREO, SEGUIMIENO Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA.  | X                  | X             | X           | \$109.000.000          |
|                        | 3.2 | DISEÑOS Y ESTUDIOS PARA LA REHABILITACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO DE TERUEL (PTAR), PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA NUEVA ESTRUCTURA LEJOS DE LOS ASENTAMIENTOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE TERUEL Y LA CONEXIÓN AL ALCANTARILLADO PRINCIPAL DE LOS VERTIMIENTOS DE LA ZONA OCCIDENTAL (962 VIVIENDAS), DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL BARRIO LAS BRISAS (30 VIVIENDAS), VERTIMIENTO DEL BARRIO DIVINO NIÑO (117 VIVIENDAS) Y DEL VERTIMIENTO DENOMINADO EL MATADERO (78 VIVIENDAS). | REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO.  | X                  | X             | X           | \$3.605.000.000        |
| <b>TOTAL - CALIDAD</b> |     |   |   |                    |               |             | <b>\$4.214.000.000</b> |
| 4. RIESGOS             | 4.1 | ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DISEÑO DE OBRAS DE CONTROL PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL CAUCE PRINCIPAL DEL RIO PEDERNAL SOBRE SU RECORRIDO POR LAS VEREDAS CORRALES Y PEDERNAL ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE TERUEL.   | GENERACIÓN Y DIVULGACIÓN DE INFORMACIÓN Y CONOCIMIENTO SOBRE RIESGOS QUE AFECTAN LA OFERTA Y DISPONIBILIDAD HÍDRICA.                        | X                  |               |             | \$150.000.000          |
|                        |     |   | INCORPORACIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS RIESGOS ASOCIADOS A LA DISPONIBILIDAD Y OFERTA DEL RECURSO HÍDRICO EN LOS INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN. | X                  | X             | X           | \$252.000.000          |
|                        |     |   | MEDIDAS DE REDUCCIÓN Y ADAPTACIÓ DE LOS RIESGOS ASOCIADOS A LA OFERTA HÍDRICA.  | X                  |               |             | \$9.000.000            |
| <b>TOTAL - RIESGOS</b> |     |   |   |                    |               |             | <b>\$411.000.000</b>   |

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CORRIENTE  
RIO PEDERNAL Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS  
MUNICIPIO DE TERUEL - DEPARTAMENTO DEL HUILA.  
Contrato de consultoría 0350 de 2015

| OBJETIVO                                     | No  | NOMBRE PROGRAMA   | ESTRATEGIA                                      | PLAZO DE EJECUCIÓN |               |             | PRESUPUESTO ESTIMADO   |
|--|-----|---|---|--------------------|---------------|-------------|------------------------|
|  |     |   |   | CORTO PLAZO        | MEDIANO PLAZO | LARGO PLAZO |                        |
| 5.<br>FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL          | 5.1 | FAMILIAS PROTECTORAS DEL RECURSO HÍDRICO.   | MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE GESTIÓN PÚBLICA | X                  |               |             | \$80.000.000           |
| <b>TOTAL – FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL</b> |     |   |   |                    |               |             | <b>\$80.000.000</b>    |
| 6.<br>GOBERNABILIDAD                         | 6.1 | CONSOLIDACIÓN DE LA ASOCIACION DE USUARIOS QUE HACEN USO DE LAS AGUAS DE LA SUBCUENCA RIO PEDERNAL Y SUS PRINCIPALES AFLUENTES. | PARTICIPACIÓN                                   | X                  | X             | X           | \$300.000.000          |
|  |     |   | CULTURA DEL AGUA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL          | X                  | X             | X           | \$350.000.000          |
|  | 6.2 | TALLERES DE EDUCACION Y SENSIBILIZACIÓN PARA EL MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES                                 | PARTICIPACIÓN                                   | X                  | X             |             | \$100.000.000          |
|  |     |   | CULTURA DEL AGUA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL          | X                  | X             | X           | \$768.00.000           |
| <b>TOTAL – GOBERNABILIDAD</b>                |     |   |   |                    |               |             | <b>\$1.518.000.000</b> |
| <b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>             |     |   |   |                    |               |             | <b>\$9.726.000.000</b> |

**Tabla 156. Componente programático del recurso hídrico Subcuenca Rio Pedernal.**

Fuente: FUNDISPROS, 2016

## BIBLIOGRAFÍA

- Aragón, A. J. (2012). Aplicaciones prácticas del principio ergódico a la condición de "Longitud de mezcla" usando trazador: Análisis de dos cauces naturales en Colombia (Río Pance y Río Cali). *Aqua-LAC - Vol. 4 - N° 1*, Pp. 30-40.
- CAM. (1999). *Resolución No. 312 del 26 de abril*. Neiva.
- CAM. (2015). *Resolución 2837 del 23 de Noviembre de 2015*. Neiva.
- Constaín Aragón, A., Carvajal Ruiz, J., Carvajal Ruiz, A., & Lemos Ruiz, R. (2006). Nuevo método de cálculo de la longitud de mezcla en cauces naturales con trazadores conservativos. *Ingeniería del Agua - Vol 13 - N° 3*, Pp. 191-196.
- Constaín Aragón, A., Villa, P., & Bastidas, G. A. (2013). Nuevo método para determinar la longitud de mezcla en flujos turbulentos. *Tecnologías y Ciencias del Agua - Vol. IV - N° 4*, Pp. 63-76.
- CVC. (2002). *ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CAUCA Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS MEDIANTE LA APLICACION DE INDICES DE CONTAMINACION TRAMO SALVAJINA - LA VIRGINIA*. Santiago de Cali: Convenio Interadministrativo 0168 de Noviembre 27.
- E.S.P, EMP TERUEL S.A. (2010). *Programa de uso eficiente y ahorro del agua - TERUEL*.
- EMP Teruel. (2013). *Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del Municipio de Teruel*. Teruel, Huila.
- ENA. (2014). *Estudio Nacional de Agua*. Bogotá, DC: Sistema Nacional de Información Ambiental - SIAC.
- Estrada Quiroz, J. D., & Gutiérrez Cifuentes, J. (2013). *Variación en las propiedades de dispersión en corrientes de alta pendiente, debido a la alteración de su cauce con estructuras rígidas*. Envigado: Escuela de Ingeniería de Antioquia.
- Fernández, D. A. (2011). *Aplicación de un modelo de transporte de solutos en el análisis de la hidrodinámica y el transporte de las concentraciones contaminantes en un hidrosistema urbano en Bogotá*. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana.

- IDEAM - Instituto de Hidrología, M. y. (2013). *Sistema de Información del Recurso Hídrico - SIRH, Instructivo para el diligenciamiento de la información registrada en las plantillas en excel - RURH*. Bogota.
- MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO. (1978). *DECRETO 1541*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2006). *Identificación, clasificación y priorización de cuerpos de agua para la implementación del PORH*.
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. . (2010). *Decreto 3930 del 25 de Octubre*.
- Salud, M. d. (2013). *Estado de la vigilancia de la calidad de agua para consumo humano en colombia* .
- Teruel, A. M. (2000). *Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Teruel Huila. Etapa de Diagnóstico*. Teruel, Huila.