ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CORRIENTE DE RÍO FRÍO QUE DISCURRE POR EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE, EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA

INFORME FINAL

NEIVA, DICIEMBRE DE 2014

ENTIDADES PARTICIPANTES

CORPORACIÓN AUTONOMA 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. 0312 de 2013

FUNDACIÓN DESARROLLO DE LAS INGENIERIAS Y CIENCIAS DE LA SALUD PARA LA PROYECCIÓN SOCIAL – "FUNDISPROS"

OSCAR EDUARDO GUTIERREZ OLAYA
Director Ejecutivo – Representante Legal

MIGUEL GERMAN CIFUENTES PERDOMO
Asesor Convenio

EQUIPO DE TRABAJO

OSCAR EDUARDO GUTIERREZ PERDOMO
Director Ejecutivo – Representante Legal FUNDISROS

MIGUEL GERMAN CIFUENTES PERDOMO
Asesor general todas las áreas y coordinador general del proyecto

JUAN CRISTOBAL SIERRA SUAZA
Profesional de Apoyo en Cartografía y SIG
GABRIELA VARGAS TAMAYO
Aux. en Cartografía y SIG

MICHEL ALEXANDER CIFUENTES GUIO
Profesional de apoyo Hidrología
KAROL LORENA MÉNDEZ CASTRO
Profesional de apoyo Hidrología
ANGELA FERNANDA RAMOS
Profesional de apoyo Hidrología

JOHNNY GUTIERRES MARROQUIN
Profesional de apoyo área de Agrología – Suelos

LUISA FERNANDA SOLORZANO GALINDO
Auxiliar en el área Ambiental y Calidad de aguas

MARISELA ROGELES
Auxiliar en todas las áreas

MAXGENDER BARREIRO
JORGE ELIECER BARREIRO
SILVIA PATRICIA CANO PERDOMO
GUSTAVO ADOLFO DELGADO BARALT
CARLOS MARIO LOPEZ
JUAN ROJAS MUÑOZ
JAIME MOSQUERA ANACONA
Profesionales de apoyo en campo

YENNY ANDREA GARZON
Jefe departamento financiero

ANIBAL ANDRES CHARRY BRESAN GONZALES
Profesional de apoyo área jurídica

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

1. DECLARATORIA 1

1.1. PUBLICACIÓN DE PROVIDENCIAS EN LA QUE SE ESTABLECE EL ORDENAMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DE LA REGLAMENTACIÓN DE LA CORRIENTE RIO FRIO QUE DISCURRE POR EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE. 1

1.1.1. Socializaciones 3

1.2 . VALIDACIÓN Y RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE 4

1.2.1. Solicitud y recopilación de la información básica: 4

1.2.2. Consulta de legislación existente 5

2. DIAGNÓSTICO 6

2.1 . LOCALIZACIÓN DE USUARIOS, CAUCE PRINCIPAL DEL RIO, CONDUCCIONES PRIMARIAS, SECUNDARIAS Y OBRAS HIDRÁULICAS 6

2.1.1. Georreferenciación con GPS del Cauce principal del Rio. 6

2.1.2. Georreferenciación con GPS de las conducciones, derivaciones subderivaciones, ramificaciones. 11

2.1.2.1. Organización de derivaciones, subderivaciones y ramificaciones 13

2.1.2.2. Metodología para organización y nombramiento de conducciones. 13

2.1.3. Inventario y evaluación de obras hidráulicas. 19

2.1.4. Levantamiento con GPS de comprobación y actualización de áreas de terreno y áreas cultivadas, para los predios que hacen uso de la corriente Rio Frio; actualización del estado jurídico. 23

2.2 . IDENTIFICACIÓN DE USUARIOS 27

2.2.1. Censo de usuarios, entrega y diligenciamiento de formatos de encuestas: usos 27

2.3 . CLIMATOLOGÍA Y REQUERIMIENTOS HÍDRICOS 40

2.3.1. Metodología Para El Desarrollo Del Estudio 40

2.3.2. Recopilación Y Análisis De Información Básica Para El Desarrollo Del Estudio 42

2.3.3. Definición Y Caracterización Del Area De Estudio 44

2.3.4. Ubicación De Estaciones Meteorológicas De Utilidad 44

2.3.5. Análisis De Parámetros Climáticos 47

2.3.6. Estudio De Precipitaciones 52

2.3.7. Evapotranspiración Potencial (Etp) 60

2.3.8. Determinación De Requerimientos Hídricos Para Uso Agrícola 64

2.3.9. Lamina Neta De Riego (LN) 69

2.3.10. Umbral O Criterio De Riego (UR). 69

2.3.11. Lámina Bruta 70

2.3.12. Determinación De Requerimientos Hídricos Para Uso Pecuario 145

2.3.13. Determinación De Requerimientos Hídricos Para Uso Humano 145

2.3.14. Demandas Hídricas Totales 153

2.4. HIDROLOGÍA 157

2.4.1. Definición Y Caracterización Del Área De Estudio 160

2.4.2. Identificación Del Cuerpo De Agua Según Mapa De Zonificación 160

2.4.3. Caracterización Fisiográfica Y Morfométrica De La Cuenca 161

2.4.4. Estimación De Caudales 165

2.4.5. Campaña De Aforos Puntuales 186

2.4.6. Estimación Del Caudal Ecológico 187

2.4.6.1. Reducción por caudal ecológico 187

2.4.6.1.1 Metodología 187
2.4.6.1.2. Cálculo 188
2.4.6.2. Reducción por calidad de agua 189
2.4.7. Oferta Hídrica Neta O Caudal Base De Reparto 189
2.4.7.1. Oferta hídrica total. 189
2.4.7.1.1. Metodología Resolución 0865 del 2004 190
2.4.7.1.2. Metodología aforos puntuales 191
2.4.7.1.3. Determinación de la oferta hídrica total. 192
2.4.7.1.4. Determinación de la oferta hídrica neta. 194
2.4.8. Cálculo Del Índice De Escasez 197
2.4.8.1. Metodología 197
2.4.8.2. Cálculo 199

2.5. AGROLOGIA (Comprobación de Suelos) 201
2.5.1. Clasificación. Identificación de Suelos de la Zona de Parcelación y ubicación de calicatas 206
2.5.1.1. Identificación unidades cartográficas de suelos de la zona. 206
2.5.1.2. Identificación y marcación de calicatas en plano de serie de suelos. 206
2.5.1.3. Realización física de calicatas en campo. 207
2.5.2. Estudio Y Descripción De Perfiles 208
2.5.2.1. Visita a campo descripción de perfiles en las calicatas 208
2.5.2.2. Toma de muestras representativas de suelos para análisis de las propiedades físicas y químicas. 227
2.5.2.3. Envió de muestras al Laboratorio para análisis de propiedades físico-químicas. 227
2.5.3. Estudio De Las Propiedades Hidrofisicas En El Suelo 227
2.5.3.1 Realización de prueba en campo de conductividad hidráulica 227
2.5.3.2 Cálculos de infiltración básica y conductividad hidráulica oficina 230
2.5.4. Análisis De Resultados De Propiedades Físico-Químicas De Laboratorio 239
2.5.4.1 Análisis de Resultados de Textura, Capacidad de Campo, Punto de Marchites Permanente, Densidades, Porosidad. 239
2.5.5. Estudio de la caracterización agrologica 248
2.5.5.1. Realización de la clasificación taxonómica de suelos del área del proyecto 248
2.5.5.2. Clasificación de las Tierras por su Capacidad Agrológica 255
2.5.5.2.1. Clase 255
2.5.5.2.2. Subclase 257
2.5.5.2.3. Tierras De Clase III 257
2.5.5.2.4. Tierras De Clase 4 258
2.5.5.2.5. Tierras De Clase 5 259
2.5.5.2.6. Tierras De La Clase 7 260
2.5.5.2.7. Aptitud del Suelo 263
2.5.5.2.8. Aptitud De Las Tierras De Acuerdo Con La Evaluación 264
2.5.5.3 Realización Uso Actual del Suelo Área del Proyecto 267
2.5.5.3.1. Cobertura y Uso Actual del Suelo 267
2.5.5.3.2. Tierras Con Uso Agrícola 268
2.5.5.3.3. Tierras Con Uso Pecuario 269
2.5.5.3.4. Áreas Sin Uso Agropecuario (Te) y (Zu) 269
2.5.5.3.5. Vegetación Natural Arbustiva 270
2.5.5.4. Clasificación del contenido de elementos mayores y menores en los suelos pH %M.O, C.I.C relación C/N y saturación de bases. 272
2.5.5.5. Realización de planes de fertilización para los cultivos proyectados. 282
2.5.5.6. Realización de la clasificación de tierras con fines de riego y drenaje 305
2.5.6. Selección de cultivos de acuerdo a las propiedades físico químicas del suelo y condiciones ambientales del área del proyecto 311

2.5.6.1. Establecimiento de la compatibilidad de los cultivos propuestos con las condiciones del suelo. 311
2.5.6.2. Selección de cultivos 313

2.6. LOCALIZACIÓN DE VERTIMIENTOS PUNTUALES 318
2.6.1. Georreferenciación de vertimientos directos a lo largo del cauce principal del río. 318
2.6.2. Georreferenciación con GPS de los canales y conducciones aguas residuales. 319
2.6.3 Georreferenciación con GPS de obras hidráulicas de vertimientos sobre el cauce principal y obre las conducciones de aguas residuales. 322

2.7. IDENTIFICACIÓN DE VERTIMIENTOS 323
2.7.1. Censo de predios – usuarios que vierten AR 323
2.7.1.1. Consignación de toda la información recopilada en el formato de encuesta, en una base de datos. 351

2.8. ZONIFICACIÓN 352
2.8.1. Determinación de zonas (puntos de monitoreo) según naturaleza de los vertimientos 352

2.9. CALIDAD DE AGUA 357
2.9.1. ANÁLISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLÓGICO 357
2.9.2. Recopilación y Análisis de Información Básica para el Desarrollo del Estudio 358
2.9.3. Localización de Sitios de Monitoreo de Calidad de Agua 361
2.9.4. Recolección de la Muestra de Agua 364
2.9.5. Determinación de Parámetros "In situ" 368
2.9.6. Determinación de Parámetros en Laboratorio 374
2.9.7. Análisis de Resultados Físico. Químico y Bacteriológico-Línea Base de Calidad de Agua 379
2.9.7.1. Análisis de Acuerdo al contenido de sales solubles 382
2.9.7.2. Análisis de acuerdo al efecto probable del sodio sobre las características físicas del suelo 386
2.9.7.3. Análisis de acuerdo al contenido de Elementos Tóxicos para las plantas 390
2.9.7.4. Análisis de acuerdo a otros criterios 392
2.9.8. Determinación de los Índices de Calidad 393
2.9.8.1. Índice de Contaminación por Materia Orgánica “ICOMO” 393
2.9.8.2. Índice de Contaminación de Sólidos Suspendidos (ICOSUS) 396
2.9.8.3. Índice de Contaminación por Fósforo Total (ICOTRO) 398
2.9.8.4. Clasificación de los Índices de Contaminación (ICO´s) 399
2.9.9. Determinación de Índices de Calidad 400
2.9.9.1. Índice de Calidad de Agua (ICA-Nfs) 400

2.10 ANÁLISIS HIDROBIOLÓGICO 410
2.10.1. Realización de Muestreos puntuales 410
2.10.2. Identificación de especies bioindicadoras de la calidad del agua 431
2.10.3. Caracterización de las Comunidades Hidrobióticas del Río: Fitoplancton, Zooplancton, Perifiton, Macroinvertebrados Bentónicos (Bentos) 438
2.10.4. Determinación de la Calidad de Agua 442

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS USOS POTENCIALES DEL RECURSO HÍDRICO 457

3.1 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN 457
3.1.1. Modelación de la Calidad del Agua – Software “QUAL 2Kw” 458
3.3.1.1. Alcance 458
3.3.1.2. Antecedentes 458
3.3.1.3. Generalidades del QUAL2Kw 462
3.3.1.4. Esquematización del Modelo QUAL2Kw 463

3.3.1.5. Balance de Flujo 464
3.3.1.6. Balance de Masa 465
3.3.1.7. Modelo de Reaireación 466
3.3.1.8. Datos de entrada y salida del modelo 467
3.3.1.9. Información Meteorológica 468
3.3.1.10. Calibración del Modelo 468
3.3.1.11. Confirmación del Modelo 472
3.3.1.12. Aplicación del modelo para toma de decisiones 472
3.1.2. Metodología para La implementación del Modelo QUAL 2Kw 473
3.1.2.1 Descripción Área de Estudio 473
3.1.2.2 Revisión de la Información Existente 474
3.1.2.3 Monitoreo de la Calidad del Agua 476
3.1.2.4 Identificación de Fuentes puntuales y Difusas 480
3.1.2.5 Definición de Constantes Hidráulicas y Cinéticas 485
3.1.2.5.1 Constantes Hidráulicas 485
3.1.2.5.2 Constantes Cinéticas 489
3.1.2.6 Determinación de Variables Climatológicas 490
3.1.2.7 Alimentación del Modelo 490
3.1.2.8 Calibración 495
3.1.2.9 Planteamiento de Escenarios 497
3.1.2.10 Resultados y Análisis 502
3.1.2.10.1 Calibración del Modelo mediante algoritmo Genético 502
3.1.2.10.2 Análisis de los Escenarios Futuros 514
3.1.2.11 Conclusiones y Recomendaciones de la Modelación 517

3.2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA 518
3.2.1. Identificación de características naturales del cuerpo de agua 518
3.2.2. Identificación actual de los usos existentes y potenciales del recurso 519
3.2.3. Definición de objetivos de calidad del recurso hídrico (corto, mediano y largo plazo) 519
3.2.4. Riesgos asociados a la reducción de la oferta y disponibilidad del recurso hídrico. ... 550
3.2.4.1. Riesgo Asociado a la Reducción de Oferta 554
3.2.4.2. Riesgo Asociado a la Disponibilidad 554
3.2.5. Usos a asignar 555
3.2.6. Definición de criterios de calidad por usos 558
3.2.7. Fijación de zonas en donde se prohibirá o condicionará, la descarga de aguas residuales. 558
3.2.8. Determinación de los casos en que deba prohibirse el desarrollo de actividades varias. 559
3.2.9.Metas quinquenales de reducción de cargas contaminantes (Decreto 2667 de 2012) 559
3.2.10. Normas de preservación de la calidad del recurso de manera temporal y definitiva. 564

3.3 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO AL RECURSO HÍDRICO 565
3.3.1. Aspectos generales para el programa de seguimiento y monitoreo 566
3.3.2. Objetivos de programa de monitoreo y seguimiento del recurso hídrico 566
3.3.3. Duración de las campañas de monitoreo 566
3.3.4. Frecuencia de muestreo 567
3.3.5. Tipos de Muestras 569
3.3.6. Parámetros a monitorear 569
3.3.7. Identificación de las Muestras 570
3.3.8. Alistamiento de equipos y materiales 571
3.3.9. Limpieza de los recipientes y equipos de muestreo 573
3.3.10. Alistamiento y transporte de envases y preservantes 575
3.3.11. Revisión y calibración de equipos de muestreo 575

3.3.12. Ubicación de las estaciones de monitoreo 576
3.3.13. Medición de caudales (Aforos) 578
3.3.14. Seguimiento a los objetivos de calidad 580
3.3.15. Recomendaciones a tener en cuenta en las campañas de monitoreo 580
3.3.16. Normas de seguridad, protección personal y salud 581
3.3.17. Proyección de costos para seguimiento y monitoreo del recurso hídrico en el corto, mediano y largo plazo 581
3.3.18. Cronograma de seguimiento al recurso hídrico de Río Frío – Campoalegre 583
4. ELABORACIÓN DE PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO 584

4.1. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS 584
4.1.1. Clasificación de las aguas (según artículo 41 del decreto 1541 de 1978) 585
4.1.2. Clasificación de las aguas (según artículo 205 del decreto 1541 de 1978) 586
4.1.3. Clasificación de las aguas (según artículos 38 al 45, decreto 1594 de 1984) 588
4.1.4. Clasificación de las aguas (según artículos 2 al 7 de la Resolución 2115 de 2007) 588

4.2 COMPONENTE AMBIENTAL 598
4.2.1. Recopilación y análisis de la Información Básica para el Estudio 598
4.2.2. Metodología del Estudio 600
4.2.3. Aspectos Ambientales 602

4.3. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL 606
4.3.1. Ubicación de la Cuenca Hidrográfica 608
4.3.2. Aspectos Metodológicos 610
4.3.3. Línea Base 610
4.3.4. Diagnóstico Ambiental 614
4.3.5. Unidades de Zonificación Ambiental 623
4.3.6. Mapa de Zonificación Ambiental Cuenca Hidrográfica “Rio Frio – Campoalegre” 624
5. CARTOGRAFÍA Y SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRÁFICA 625

5.1. RECOPILACIÓN, AJUSTE, ESTRUCTURACION Y EDICION DE INFORMACIÓN 626
5.1.1. Información primaria: 626
5.1.2. Información secundaria: 627
5.1.3. Edición y ajuste de información geográfica 628
5.1.3.1. Edición y ajuste de información predial 629

5.2. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRAFÍCA 630
5.2.1. Estructuración de directorios 630
5.2.2. Diseño de la base de datos 633
5.2.2.1. Estructura de la base datos externa de atributos - USOS 634
5.2.2.1.1. Esquema relacional de la base de datos para – USOS 634
5.2.2.1.2. Documentación de la base de datos “USOS” 636
5.2.2.1.3. Alimentación de la base de datos – Usos 638
5.2.2.2. Esquema relacional de la base de datos –VERTIMIENTOS 639
5.2.2.2.1. Documentación de la base de datos “VERTIMIENTOS” 642
5.2.2.2.2. Alimentación de la base de datos – Vertimientos 644
5.2.2.3. Consultas 644
5.2.3. Estructura de la base datos geográfica – Geodatabase 645
5.2.3.1 Asignación de llaves primarias a entidades de la base de datos geográfica 646
5.2.3.2. Asignación de llaves primarias a entidades de la base de datos geográfica 648
5.2.3.3. Creación de campo de atributos tipos “raster” 648
5.2.3.4. Dominios y Subtipos 649
5.2.4. Integración de la información bd-gdb para “usos” y “vertimientos” 650
5.2.5. Modelo de datos 651
5.2.6. Modelos cartográficos 651

5.2.7. Unidad mínima de mapeo 655
5.2.8. Elaboración de planos cartográficos 655
5.2.9. Metadatos 657
CONCLUSIONES 659
ANEXOS 664
BIBLIOGRAFIA 666

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Legislación Nacional relacionada con el ordenamiento y manejo del recurso hídrico 5
Tabla 2. Caracteristicas constructivas de las conducciones georreferenciadas 13
Tabla 3. Codificación sistemas de conducción de aguas 14
Tabla 4. Longitud de canales primarios, secundarios y ramales referenciados con GPS durante los procesos de reconocimiento en campo - Derivaciones y bombeos localizados 15
Tabla 5. Codificación de las obras hidráulicas 20
Tabla 6. Inventario de obras hidráulicas por canales identificados 21
Tabla 7. Obras hidráulicas evaluadas 23
Tabla 8. Relación de predios, propietarios y áreas que hacen uso de la corriente hídrica Rio Frio Mpio Cgre 24
Tabla 9. Descripción de usos por predios localizados e identificados en el proceso de reglamentación del cauce hídrico 34
Tabla 10. Usuarios nuevos detectados mediante labores en campo 35
Tabla 11. Predios que realizan labores de riego por dos derivaciones del río 36
Tabla 12. Predio que realizan labores de riego por dos Subderivaciones 36
Tabla 13. Usuarios de la anterior reglamentación que no presentaron los documentos solicitados pero si usan las aguas de rio Frío para labores de riego 37
Tabla 14. Usuarios con predios sin situación jurídica resuelta 38
Tabla 15. Usuarios inscritos en reglamentación anteriormente establecida que no se lograron localizar y quienes manifestaron no estar interesados en obtener concesión de aguas 39
Tabla 16. Información recopilada para el desarrollo del estudio. 44
Tabla 17. Inventario de estaciones meteorológicas localizadas cerca de la zona de estudio. 45
Tabla 18. Distribución Mensual de Precipitación de las Estaciones Útiles 47
Tabla 19. Registros de temperatura media mensual multianual de la estación Hacienda Potosí. .. 49
Tabla 20. Registros de humedad relativa media mensual multianual de la estación Hacienda Potosí. 50
Tabla 21. Registros de nubosidad media mensual multianual de la estación Hacienda Potosí. 52
Tabla 22.Coeficiente Pluviométrico Estaciones de Utilidad 53
Tabla 23. Relación de Estaciones Utilizadas para la Elaboración de Isoyetas para un Periodo de Registros Comprendido entre 2002 – 2013 55
Tabla 24. Cálculo de la Precipitación Media en el Área de la Cuenca Rio Frio. 56
Tabla 25. Precipitación Decadal Estación Hacienda Potosí (Probabilidad del 50% y 75%) periodo 1994-2013 58
Tabla 26. ETP decadal estación Hacienda Potosí, método de Thornthwaite. 63
Tabla 27. Parámetros hidrofísicos de las unidades cartográficas identificadas en la zona. 65
Tabla 28. Capacidad de Almacenamiento del Suelo, CAS, para cada una de las unidades cartográficas identificadas en la zona. 65
Tabla 29. Factor de corrección establecido a partir del CAS para cada una de las unidades cartográficas identificadas en la zona. 66
Tabla 30. Coeficiente del cultivo (Kc) para cada uno de los cultivos de la zona. 67
Tabla 31. Umbral de riego y profundidad efectiva para cada uno de los cultivos de la zona. 70
Tabla 32. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Arroz a nivel decadal multianual para la serie MXFf2. 73

Tabla 33. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Cacao, Frutales y Maracuyá a nivel decadal multianual para la serie MXFf2. 75
Tabla 34. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Tabaco a nivel decadal multianual para la serie MXFf2. 77
Tabla 35. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Pastos a nivel decadal multianual para la serie MXFf2. 79
Tabla 36. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Maíz a nivel decadal multianual para la serie MXFf2. 81
Tabla 37. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Piña a nivel decadal multianual para la serie MXFf2. 83
Tabla 38. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Arroz a nivel decadal multianual para la serie PXAb. 85
Tabla 39. Balance hídrico agrícola para los cultivo de Cacao, Frutales y Maracuyá a nivel decadal multianual para la serie PXAb. 87
Tabla 40. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Tabaco a nivel decadal multianual para la serie PXAb. 89
Tabla 41. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Pastos a nivel decadal multianual para la serie PXAb. 91
Tabla 42. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Maíz a nivel decadal multianual para la serie PXAb. 93
Tabla 43. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Piña a nivel decadal multianual para la serie PXAb. 95
Tabla 44. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Arroz a nivel decadal multianual para la serie PXFb. 97
Tabla 45. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Cacao, Frutales y Maracuyá a nivel decadal multianual para la serie PXFb. 99
Tabla 46. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Tabaco a nivel decadal multianual para la serie PXFb. 101
Tabla 47. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Pastos a nivel decadal multianual para la serie PXFb. 103
Tabla 48. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Maíz a nivel decadal multianual para la serie PXFb. 105
Tabla 49. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Piña a nivel decadal multianual para la serie PXFb. 107
Tabla 50. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Arroz a nivel decadal multianual para la serie PXFb2. 109
Tabla 51. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Cacao, Frutales y Maracuyá a nivel decadal multianual para la serie PXFb2. 111
Tabla 52. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Tabaco a nivel decadal multianual para la serie PXFb2. 113
Tabla 53. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Pastos a nivel decadal multianual para la serie PXFb2. 115
Tabla 54. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Maíz a nivel decadal multianual para la serie PXFb2. 117
Tabla 55. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Piña a nivel decadal multianual para la serie PXFb2. 119
Tabla 56. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Arroz a nivel decadal multianual para la serie VXCa. 121
Tabla 57. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Cacao, Frutales y Maracuyá a nivel decadal multianual para la serie VXCa. 123
Tabla 58. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Tabaco a nivel decadal multianual para la serie VXCa. 125

Tabla 59. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Pastos a nivel decadal multianual para la serie VXCa. 127
Tabla 60. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Maíz a nivel decadal multianual para la serie VXCa. 129
Tabla 61. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Piña a nivel decadal multianual para la serie VXCa. 131
Tabla 62. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Arroz a nivel decadal multianual para la serie VXDa. 133
Tabla 63. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Cacao, Frutales y Maracuyá a nivel decadal multianual para la serie VXDa. 135
Tabla 64. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Tabaco a nivel decadal multianual para la serie VXDa. 137
Tabla 65. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Pastos a nivel decadal multianual para la serie VXDa. 139
Tabla 66. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Maíz a nivel decadal multianual para la serie VXDa. 141
Tabla 67. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Piña a nivel decadal multianual para la serie VXDa. 143
Tabla 68. Censos de población en el municipio de Campoalegre, Huila. 146
Tabla 69. Asignación de complejidad del sistema. 146
Tabla 70. Métodos de cálculo permitidos según el nivel de complejidad del sistema. 146
Tabla 71. Proyección de la población de la cabecera en el municipio de Campoalegre a través del Método Aritmético. 148
Tabla 72. Proyección de la población de la cabecera en el municipio de Campoalegre a través del Método Geométrico. 148
Tabla 73. Proyección de la población de la cabecera en el municipio de Campoalegre a través del Método Exponencial. 149
Tabla 74. Proyección de la población rural en el municipio de Campoalegre a través del Método Aritmético. 149
Tabla 75. Proyección de la población rural en el municipio de Campoalegre a través del Método Geométrico. 150
Tabla 76. Proyección de la población rural en el municipio de Campoalegre a través del Método Exponencial. 150
Tabla 77. Dotación neta máxima de acuerdo al nivel de complejidad del sistema. 151
Tabla 78. Corrección a la dotación neta según el clima y complejidad del sistema. 151
Tabla 79. Coeficiente de consumo máximo diario. 153
Tabla 80. Demanda de hídrica en el río Frío. 156
Tabla 81. Codificación cuenca hídrica Río Frio 161
Tabla 82. Clasificación morfométrica de la cuenca según el Índice de Gravelius. 164
Tabla 83. Características Fisiográficas y Morfométricas de la Río Frío. 165
Tabla 84. Área para cada zona de estudio delimitada en la cuenca hidrográfica del río Frio 166
Tabla 85. Parámetros usados para la aplicación del método de número de curva del SCS para la cuenca del río Frío. 170
Tabla 86. Tiempo de retraso en cada zona de estudio sobre el cauce del río Frío 171
Tabla 87. Valores de los coeficientes a, b, c y d para cálculos de curva IDF. 171
Tabla 88. Precipitación máxima en 24 horas (mm) estación Hacienda Potosi 173
Tabla 89. Intensidad, duración, frecuencia de la precipitación- Estación Climatologica Hacinda Potosi 174
Tabla 90. Precipitaciones puntuales para la estación Hacienda Potosí 176
Tabla 91. Incrementos arreglados de precipitaciones puntuales estación Hda. Potosí 177
Tabla 92. Caudales máximos obtenidos a partir del modelo lluvia escorrentía HMS para la cuenca del río Frío 177

Tabla 93. Valores de caudales mínimos mensuales multianuales estimados para las zonas de estudio. 180
Tabla 94. Resultados del Test de Bondad de Ajuste y Coeficiente de Determinación para Gumbel aplicado a la serie de caudales mínimos estimados en cada zona de estudio. 183
Tabla 95. Resultados del Test de Bondad de Ajuste y Coeficiente de Determinación del Ajuste Log Normal para la serie de caudales mínimos estimados en cada zona de estudio 184
Tabla 96. Caudales mínimos para diferentes periodos de retorno en cada zona de estudio sobre el cauce del. Rio Frio según la Función de Distribución de Probabilidad de Gumbel. 185
Tabla 97. Valores de caudales medios mensuales multianuales estimados para cada zona de estudio sobre la Río Frío. 185
Tabla 98. Resumen de los aforos realizados sobre el Río Frio, tributarios y usos del mismo. 187
Tabla 99. Valores de caudales medios mensuales multianuales estimados para cada zona de estudio sobre el Río Frío. 190
Tabla 100. Porcentaje de reducción de caudal por calidad de agua en las zonas establecidas para Río Frío Campoalegre. 195
Tabla 101. Oferta hídrica total y neta para cada zona de estudio en el río Frío. 196
Tabla 102. Categorías para el índice de escasez 198
Tabla 103. Oferta hídrica total determinada para cada zona de estudio de la cuenca hidrográfica del río Frío 199
Tabla 104. Demanda hídrica para la cuenca hidrográfica del río Frío 199
Tabla 105. Índice de Escasez para la cuenca hidrográfica del río Frío 200
Tabla 106. Coordenadas de ubicación de los puntos de muestreo de suelo, Reglamentacion y ordenamiento de la corriente Rio Frio. Mpio Campoalegre-Huila. 207
Tabla 107. Profundidad efectiva (hasta donde pueden penetrar las raíces libremente) 214
Tabla 108. Datos de la prueba de infiltración unidad cartográfica PXFb2, Rio Frio, Mpio. Campoalegre -Huila 230
Tabla 109. Datos de la prueba de infiltración unidad cartográfica VXCa, Rio Frio, Mpio. Campoalegre -Huila 230
Tabla 110. Datos de la prueba de infiltración unidad cartográfica VXDa, Rio Frio, Mpio. Campoalegre -Huila 231
Tabla 111. Datos de la prueba de infiltración unidad cartográfica PXFb, Rio Frio, Mpio. Campoalegre -Huila 231
Tabla 112. Datos de la prueba de infiltración unidad cartográfica MXFf2, Rio Frio, Mpio. Campoalegre -Huila 232
Tabla 113. Datos de la prueba de infiltración unidad cartográfica PXAb, Rio Frio, Mpio. Campoalegre -Huila 232
Tabla 114. Resultados de las pruebas de infiltración básica. 235
Tabla 115. Resultados de las pruebas de conductividad hidráulica. 238
Tabla 116. Clasificación de la textura USDA 241
Tabla 117. Clasificación del grado de compactación de acuerdo a la Textura y la Densidad Aparente. 243
Tabla 118. Clasificación de la densidad aparente y real. 244
Tabla 119. Resumen de las propiedades físicas del suelo, para la reglamentación y ordenamiento de la cuenca de rio frio, en el municipio de Campoalegre-Huila 247
Tabla 120. Clasificación del suelo por clase de capacidad de uso y manejo para el área de estudio en la subcuenca de rio Frio Departamento del Huila. 262
Tabla 121. Clasificación de tierras según su aptitud de uso para el área de estudio en la subcuenca de río Frio, Departamento del Huila 266
Tabla 122. Cobertura y uso actual del suelo para el área de estudio en la subcuenca de río Frio Departamento del Huila 271
Tabla 123. Resumen de elementos mayores y menores de los resultados de los análisis de suelos realizados en laboratorio. 273

Tabla 124. Interpretación niveles de elementos nutritivos, para los suelos del perfil 1. 274
Tabla 125. Interpretación niveles de elementos nutritivos, para los suelos del perfil2. 275
Tabla 126. Interpretación niveles de elementos nutritivos, para los suelos del perfil 3. 275
Tabla 127. Interpretación niveles de elementos nutritivos, para los suelos del perfil 4. 276
Tabla 128 Interpretación niveles de elementos nutritivos, para los suelos del perfil 5. 277
Tabla 129. Interpretación niveles de elementos nutritivos, para los suelos del perfil 6. 277
Tabla 130. Valores óptimos de pH para los cultivos priorizados en la zona. 278
Tabla 131. Valores de pH en los seis perfiles descritos en la zona 278
Tabla 132. Contenidos de materia orgánica en los perfiles descritos. 279
Tabla 133. Capacidad de intercambio catiónico para los seis perfiles estudiados 280
Tabla 134. Contenidos de M.O., C.O., Nitrógeno total, nitrógeno aprovechable y relación carbono nitrógeno en los seis perfiles estudiados. 280
Tabla 135. Saturación de bases en los seis perfiles estudiados 281
Tabla 136. Relaciones catiónicas para los seis perfiles estudiados. 282
Tabla 137. Niveles de extracción de nutrientes para los cultivos proyectados 283
Tabla 138. Antecedentes de respuesta agronómica a la fertilización en los cultivos proyectados 283
Tabla 139. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 1, unidades en Kg/ha 284
Tabla 140. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 1, unidades en Kg/ha 284
Tabla 141. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de cacao en los suelos que representa el perfil 1. 285
Tabla 142. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 2, unidades en Kg/ha 285
Tabla 143. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 2, unidades en Kg/ha 286
Tabla 144. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de cacao en los suelos que representa el perfil 2. 286
Tabla 145. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 3, unidades en Kg/ha 286
Tabla 146. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 3, unidades en Kg/ha 287
Tabla 147. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de cacao en los suelos que representa el perfil 3. 287
Tabla 148. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 4, unidades en Kg/ha 288
Tabla 149. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 4, unidades en Kg/ha 288
Tabla 150. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de cacao en los suelos que representa el perfil 4. 288
Tabla 151. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 5, unidades en Kg/ha 289
Tabla 152. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 5, unidades en Kg/ha 289
Tabla 153. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de cacao en los suelos que representa el perfil 5. 290
Tabla 154. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 6, unidades en Kg/ha 290
Tabla 155. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 6, unidades en Kg/ha 290
Tabla 156. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de cacao en los suelos que representa el perfil 6. 291

Tabla 157. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 1, unidades en Kg/ha. 291
Tabla 158. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 1, unidades en Kg/ha. 292
Tabla 159. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de arroz en los suelos que representa el perfil 1. 292
Tabla 160. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 2, unidades en Kg/ha. 292
Tabla 161. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 2, unidades en Kg/ha. 293
Tabla 162. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de arroz en los suelos que representa el perfil 2. 293
Tabla 163. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 3, unidades en Kg/ha. 293
Tabla 164. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 3, unidades en Kg/ha. 294
Tabla 165. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de arroz en los suelos que representa el perfil 3 294
Tabla 166. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 4, unidades en Kg/ha. 295
Tabla 167. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 4, unidades en Kg/ha 295
Tabla 168. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de arroz en los suelos que representa el perfil 4. 295
Tabla 169. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 5, unidades en Kg/ha. 296
Tabla 170. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 5, unidades en Kg/ha 296
Tabla 171. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de arroz en los suelos que representa el perfil 5. 296
Tabla 172. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 6, unidades en Kg/ha. 297
Tabla 173. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 6, unidades en Kg/ha 297
Tabla 174. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de arroz en los suelos que representa el perfil 6. 297
Tabla 175. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 1, unidades en Kg/ha. 298
Tabla 176. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 1, unidades en Kg/ha 299
Tabla 177. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de tabaco en los suelos que representa el perfil 1. 299
Tabla 178. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 2, unidades en Kg/ha. 299
Tabla 179. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 2, unidades en Kg/ha 300
Tabla 180. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de tabaco en los suelos que representa el perfil 2. 300
Tabla 181. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 3, unidades en Kg/ha. 300
Tabla 182. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 3, unidades en Kg/ha 301

Tabla 183. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de tabaco en los suelos que representa el perfil 3. 301
Tabla 184. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 3, unidades en Kg/ha. 302
Tabla 185. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 4, unidades en Kg/ha 302
Tabla 186. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de tabaco en los suelos que representa el perfil 4. 302
Tabla 187. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 5, unidades en Kg/ha. 303
Tabla 188. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 5, unidades en Kg/ha 303
Tabla 189. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de tabaco en los suelos que representa el perfil 5. 303
Tabla 190. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 6, unidades en Kg/ha. 304
Tabla 191. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 6, unidades en Kg/ha 304
Tabla 192. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de tabaco en los suelos que representa el perfil 6. 304
Tabla 193. Tablas para la clasificación del suelo con fines de riego y drenaje 309
Tabla 194. Condiciones de las unidades cartográficas de suelo 312
Tabla 195. Clasificación de la salinidad de los suelos del área del proyecto según su conductividad eléctrica. 315
Tabla 196. Clasificación de la salinidad de los suelos según su conductividad eléctrica. 315
Tabla 197. Área de Cultivos sembrados en la zona de estudio. 316
Tabla 198. Inventario total de obras hidráulicas de vertimientos 322
Tabla 199. Descargas de vertimientos del alcantarillado del municipio de Campoalegre 324
Tabla 200. Relación de vertimientos directos identificados sobre el cauce de Rio Frio 350
Tabla 201. Grupos establecidos para la clasificación de vertimientos 351
Tabla 202. Zonificación por zonas homogéneas de vertimientos del cauce de Río Frío 354
Tabla 203. Recopilación de Información 360
Tabla 204. Sitios monitoreados en el año 2009 361
Tabla 205. Puntos de muestreo. 362
Tabla 206. Recolección de las Muestras Río Frio, Municipio de Campoalegre (Huila) 367
Tabla 207. Determinación de Parámetros In-Situ Río Frío, Municipio de Campoalegre (Huila) 371
Tabla 208. Resultados Parámetros In Situ, Río Frío – Campoalegre 372
Tabla 209. Resultados Parámetros In Situ, Río Frío – Campoalegre en el año 2009. 373
Tabla 210. Resultados Fisicoquímicos y Microbiológicos, Río Frío – Campoalegre. 376
Tabla 211. Resultados Parámetros En Laboratorio, Río Frío – Campoalegre en el año 2009. 378
Tabla 212. Objetivos y Parámetros para el análisis de calidad de agua 380
Tabla 213. Conversión de mg/l a meq/l para Aniones y Cationes obtenidos en Río Frio – Campoalegre. 381
Tabla 214. Criterios para evaluar la calidad del agua según Palacios y Aceves (1970) 382
Tabla 215. Otros Criterios para evaluar la calidad del agua 382
Tabla 216. Conductividad eléctrica de Río Frío – Campoalegre. 383
Tabla 217. Clases de Aguas de Acuerdo a la Conductividad Eléctrica. 384
Tabla 218. Clases de aguas de acuerdo a la Salinidad Efectiva. 385
Tabla 219. Resultados de Salinidad Efectiva en los Puntos de Muestreo – Río Frío 385
Tabla 220. Resultados de Salinidad Potencial en los Puntos de Muestreo – Río Frío Campoalegre 385
Tabla 221. Clases de agua de acuerdo a la Salinidad Potencial 386

Tabla 222. Relación Adsorción de Sodio en los Puntos de Muestreo – Río Frío Campoalegre... 386
Tabla 223. Valores para clasificar aguas de riego según su RAS..... 387
Tabla 224. Resultados Porciento de Sodio Intercambiable en los Puntos de Muestreo – Río Frío Campoalegre..... 388
Tabla 225. Resultados de Carbonato de Sodio Residual en los Puntos de Muestreo – Río Frío Campoalegre..... 389
Tabla 226. Clasificación del Agua según Carbonato de sodio Residual. 389
Tabla 227. Resultados Porciento de Sodio Posible en los Puntos de Muestreo – Río Frío Campoalegre..... 389
Tabla 228. Valores para clasificar aguas de riego según PSP..... 390
Tabla 229. Niveles Tóxicos de Boro en aguas para riego 390
Tabla 230. Resultados Contenido de Boro en los Puntos de Muestreo – Río Frío Campoalegre . 391
Tabla 231. Niveles Tóxicos de Cloruros en aguas para riego 391
Tabla 232. Resultados Contenido de Cloruros en los Puntos de Muestreo – Río Frío Campoalegre 391
Tabla 233. Índices de Magnesio en los Puntos de Muestreo – Río Frío Campoalegre 392
Tabla 234. Porciento de Cloruros en los Puntos de Muestreo – Río Frío Campoalegre 393
Tabla 235. Información Requerida para el cálculo del ICOMO 394
Tabla 236. Determinación del ICOMO en los sitios monitoreados sobre Río Frio - Campoalegre 395
Tabla 237. Determinación del ICOSUS en los sitios monitoreados sobre Río Frío – Campoalegre 396
Tabla 238. Determinación del ICOTRO 398
Tabla 239. Determinación del ICOTRO en los sitios monitoreados sobre Río Frio - Campoalegre 399
Tabla 240. Clasificación del Índice de Contaminación 399
Tabla 241. Clasificación de los ICO Río Frio - Campoalegre 400
Tabla 242. Ponderación asignada a cada parámetro..... 402
Tabla 243. Cálculo del Subíndice para los parámetros, Río Frío Campoalegre 404
Tabla 244. Cálculo de los ICA Aditivo y Multiplicativo 405
Tabla 245. Clasificación de la calidad de agua propuesta por Brown et al (1970)..... 406
Tabla 246. Clasificación de la calidad de agua propuesta por Brown et al (1970) para los Puntos de Muestreo 407
Tabla 247. Porcentaje de Reducción de Acuerdo al Índice de Calidad de Agua ICA-Nfs 409
Tabla 248. Porcentaje de Reducción de Caudal por Calidad de Agua en diferentes Tramos de Río Frío – Campoalegre. 409
Tabla 249. Equipos y Materiales para monitoreo hidrobiológico..... 411
Tabla 250. Metodología para la elaboración de Estudios Ambientales y línea Base Ambiental, 2014 414
Tabla 251. Especificaciones Metodológicas utilizadas para la toma y observación de muestras . 415
Tabla 252. Síntesis de la actividad de muestreo ejecutada el sitio de trabajo. 415
Tabla 253. Sitios de Muestreo para Toma de muestras comunidades Hidrobiológicas – Río Frío Campoalegre..... 416
Tabla 254. Registro Fotográfico Monitoreo Hidrobiológico Punto de Control A01 – Rio Frio 418
Tabla 255. Registro Fotográfico Monitoreo Hidrobiológico Punto de Control A02 – Rio Frio 421
Tabla 256. Registro Fotográfico Monitoreo Hidrobiológico Punto de Control A03 – Rio Frio 422
Tabla 257. Registro Fotográfico Monitoreo Hidrobiológico Punto de Control A04 – Rio Frio 423
Tabla 258. Registro Fotográfico Monitoreo Hidrobiológico Punto de Control A05 – Rio Frio 425
Tabla 259. Registro Fotográfico Monitoreo Hidrobiológico Punto de Control A06 – Rio Frio 428
Tabla 260. Registro Fotográfico Monitoreo Hidrobiológico Punto de Control A07 – Rio Frio 429
Tabla 261. Registro Fotográfico Monitoreo Hidrobiológico Punto de Control A08 – Rio Frio 431
Tabla 262. Resultados hidrobiológicos – Cualitativo “Punto de Control A01” 442
Tabla 263. Resultados hidrobiológicos – Cuantitativo “Punto de Control A01”..... 443

Tabla 264. Resultados hidrobiológicos – Cualitativo “Punto de Control A02” 444
Tabla 265. Resultados hidrobiológicos – Cuantitativo “Punto de Control A02” 445
Tabla 266. Resultados hidrobiológicos – Cualitativo “Punto de Control A03” 446
Tabla 267. Resultados hidrobiológicos – Cuantitativo “Punto de Control A03” 447
Tabla 268. Resultados hidrobiológicos – Cualitativo “Punto de Control A04” 448
Tabla 269. Resultados hidrobiológicos – Cuantitativo “Punto de Control A04” 450
Tabla 270. Resultados hidrobiológicos – Cualitativo “Punto de Control A05” 451
Tabla 271. Resultados hidrobiológicos – Cuantitativo “Punto de Control A05” 452
Tabla 272. Resultados hidrobiológicos – Cualitativo “Punto de Control A06” 453
Tabla 273. Resultados hidrobiológicos – Cuantitativo “Punto de Control A06” 454
Tabla 274. Resultados hidrobiológicos – Cualitativo “Punto de Control A07” 455
Tabla 275. Resultados hidrobiológicos – Cuantitativo “Punto de Control A07” 456
Tabla 276. Resultados hidrobiológicos – Cualitativo “Punto de Control A08” 456
Tabla 277. Resultados hidrobiológicos – Cuantitativo “Punto de Control A08” 457
Tabla 278. Descripción de Modelos de Simulación Más Utilizados en el Mundo 461
Tabla 279. Características del QUAL2Kw 463
Tabla 280. Ecuaciones predictivas de las tasas de reaireación 467
Tabla 281. Variables climatológicas, Datos mensuales. Estación Hda. Potosí 475
Tabla 282. Aforos Río Frío y principales tributarios, 2014 476
Tabla 283. Puntos de monitoreo calidad del agua, año 2009 476
Tabla 284. Puntos de monitoreo calidad del agua, año 2014 478
Tabla 285. Determinación de DBO rápida, lenta y Detritus 480
Tabla 286. Tributarios de Río Frío 481
Tabla 287. Captaciones sobre Río Frío, Tiempo seco 482
Tabla 288. Vertimientos a Río Frío 485
Tabla 289. Caracterización de Vertimientos 485
Tabla 290. Detalles aforos realizados en el año 2014 487
Tabla 291. Definición de constantes hidráulicas 487
Tabla 292. Constantes cinéticas para calibración 490
Tabla 293. Variables meteorológicas, datos mensuales 490
Tabla 294. Algoritmo genético para calibración 497
Tabla 295. Caudal PTAR Campoalegre 500
Tabla 296. Cálculo carga contaminante 501
Tabla 297. Límites máximos permisibles para vertimiento de PTAR de Campoalegre 501
Tabla 298. Límites máximos permisibles para vertimientos Unifamiliares o Bifamiliares 501
Tabla 299. Constantes calibradas para Río Frío 502
Tabla 300. Resumen valores de campo y valores simulados en los puntos de monitoreo 510
Tabla 301. Perfil de Calidad de Agua – Río Frío Campoalegre 525
Tabla 302. Proyecciones de Cargas contaminantes de vertimientos 530
Tabla 303. Usos Reales del Cuerpo de Agua y cumplimiento de la normatividad – Rio Frío Campoalegre 531
Tabla 304. Usos Reales de Mayor Preponderancia – Rio Frío Campoalegre 532
Tabla 305. Sitios monitoreados en el año 2009 533
Tabla 306. Resultados Parámetros In Situ, Río Frío – Campoalegre, 2009. 533
Tabla 307. Resultados Parámetros En Laboratorio, Río Frío - 2009. 533
Tabla 308. Objetivos de Calidad “Fuente receptora de los vertimientos domésticos del Municipio de Campoalegre” 535
Tabla 309. Usos Potenciales del Cuerpo de Agua y criterios de Calidad – Rio Frío Mpio. Campoalegre 536
Tabla 310. Usos Potenciales de Mayor Preponderancia – Rio Frío 537
Tabla 311. Usos Reales y Potenciales Preponderantes de Río Frío 538

Tabla 312. Objetivos de Calidad para Cada punto Monitoreado– Río Frío "Mpio. Campoalegre Huila" 542
Tabla 313. Objetivos de Calidad para Cada Tramo – Rio Frío Campoalegre 543
Tabla 314. Objetivos de Calidad Propuestos en el Corto, Mediano y Largo Plazo – Rio Frío Campoalegre 546
Tabla 315. Modelo de Simulación "QUAL2Kw" de Capacidad de Carga para El Tramo I de Río Frío - Campoalegre 549
Tabla 316. Modelo de simulación "QUAL2Kw" de Capacidad de Carga para El Tramo II y Tramo III de Río Frío Campoalegre. 550
Tabla 317. Interpretación de Resultados de IVH 551
Tabla 318. Interpretación de la Calificación del IRH 552
Tabla 319. Interpretación de la Calificación del IUA 553
Tabla 320. Oferta y demanda hídrica total determinada para cada zona de estudio de la cuenca hidrográfica del río Frío 553
Tabla 321. Índice de Calidad Fisicoquímica – ICA "Río Frío" 554
Tabla 322. Riesgos Asociados a la Reducción de la Oferta por Tramos donde existen Usos 554
Tabla 323. Riesgos Asociados a la Disponibilidad por Tramos 555
Tabla 324. Usos a Asignar 556
Tabla 325. Criterios de Calidad definidos por Usos 558
Tabla 326. Zonas en las que se Condiciona y Prohíbe la descarga de Aguas Residuales 559
Tabla 327. Resumen Cargas Contaminantes por DBO5 y SST 560
Tabla 328. Carga Contaminante Total Generada en el Quinquenio 2014 – 2019 561
Tabla 329. Cargas máximas Admisibles y Necesidades de Reducción para el Quinquenio 2014 - 2019 561
Tabla 330. Meta Global de Reducción de Carga Contaminante para DBO5 y SST 562
Tabla 331. Cronograma de Cumplimiento Meta Global Carga Contaminante por DBO5 562
Tabla 332. Cronograma de Cumplimiento Meta Global Carga Contaminante por SST 562
Tabla 333. Parámetros objeto de monitoreo para el seguimiento del recurso hídrico – Río Frío Campoalegre. 570
Tabla 334. Especificaciones para el lavado de recipientes 574
Tabla 335. Ubicación estaciones de monitoreo – Plan de monitoreo 578
Tabla 336. Costos proyectados a corto plazo para el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico – Río Frío Campoalegre. 582
Tabla 337.Costos proyectados a mediano plazo para el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico – Río Frío Campoalegre 583
Tabla 338.Costos proyectados a largo plazo para el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico – Río Frío Campoalegre 583
Tabla 339. Cronograma de actividades para el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico – Río Frío Campoalegre 584
Tabla 340. Clasificación del Cuerpo de Agua en estudio; Río Frío, Municipio de Campoalegre-Huila de acuerdo al decreto 1541 de 1978. 588
Tabla 341. Criterios de Calidad para destinación del recurso Hídrico 588
Tabla 342. Comparación de Parámetros con el Decreto 1594/1984 y La Resolución 2115/2007. 591
Tabla 343. Comparación de Parámetros con el Decreto 1594/84 y La Resolución 2115/2007 593
Tabla 344. Posibles Usos del Cuerpo de Agua en cada sitio Monitoreado, según Decreto 1594/84 y Resolución 2115 de 2007. 597
Tabla 345. Recopilación de Información 599
Tabla 346. Ecosistemas Urbano-Regionales Municipio de Campoalegre 605
Tabla 347. Cuencas Hidrográficas 606
Tabla 348. Áreas de Protección Ambiental – Municipio de Campoalegre 611
Tabla 349. Cultivos de Flores Exóticas 612
Tabla 350. Especies de Fauna en Peligro de Extinción 613

Tabla 351. Especies de Fauna presentes en la Zona 613
Tabla 352. Normatividad Vigente para establecer la línea Base de zonificación ambiental. 613
Tabla 353. Características de la Cuenca Río Frío Campoalegre 616
Tabla 354. Zonas de Amenaza 617
Tabla 355. Zonas de Alto Riesgo – Municipio de Campoalegre 618
Tabla 356. Oferta hídrica total de Río Frío - Campoalegre 618
Tabla 357. Demanda hídrica total para la cuenca hidrográfica del Río Frío - Campoalegre 619
Tabla 358. Focos de contaminación Municipio de Campoalegre - Huila 622
Tabla 359. Unidades de Zonificación Ambiental Rio Frio - Campoalegre 623
Tabla 360. Lista de Planos Cartográficos 656

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Distribución Mensual de Precipitación De La Estación Nuevo Paraíso. 47
Gráfica 2. Registros medios diarios de precipitación de la estación Hacienda Potosí. 48
Gráfica 3. Registros de temperatura media mensual multianual de la estación Hacienda Potosí. .. 49
Gráfica 4. Registros de humedad relativa media mensual multianual de la estación Hacienda Potosí. 51
Gráfica 5. Registros de nubosidad media mensual multianual de la estación Hacienda Potosí. 52
Gráfica 6. Régimen de lluvias presente en las estaciones meteorológicas seleccionadas 54
Gráfica 7. Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia estación Hacienda Potosí 175
Gráfica 8. Comportamiento de caudales observados y caudales simulados en la calibración del Modelo Agregado de Tanques. 179
Gráfica 9. Curva de duración Caudal simulado – Caudal observado en la calibración del Modelo Agregado de Tanques. 179
Gráfica 10. Valores de caudales mínimos mensuales multianuales estimados para las zonas de estudio sobre el cauce del Rio Frio. 181
Gráfica 11. Valores de caudales medios mensuales multianuales estimados para cada zona de estudio sobre el cauce del Rio Frio. 186
Gráfica 12. Valores de caudales medios mensuales multianuales estimados y oferta hídrica total zona 0 metodología MAVDT, 2004 191
Gráfica 13. Campañas de aforos de tipo puntual realizadas en la zona 0 de la cuenca hidrográfica de Rio Frío 192
Gráfica 14. Caudales medios estimados comparados con el menor caudal aforado en época de verano en la zona 0 de la cuenca hidrográfica del rio Frio 193
Gráfica 15. Caudales medios estimados comparados con el menor caudal aforado en época de invierno en la zona 0 de la cuenca hidrográfica del rio Frio 193
Gráfica 16. Oferta hídrica neta (caudal base de reparto), caudal ecológico y caudal de calidad de agua para cada zona de estudio de la cuenca hidrográfica del río Frío en época de verano. 196
Gráfica 17. Oferta hídrica neta (caudal base de reparto), caudal ecológico y caudal de calidad de agua para cada zona de estudio de la cuenca hidrográfica del río Frío en época de invierno. 197
Gráfica 18. Graficas de la velocidad de infiltración de las seis (6) unidades cartográficas, Rio Frio Mpio Campoalegre – Huila. 234
Gráfica 19. Velocidades de descenso en los ensayos de conductividad hidráulica puntos 1, 2, 3,4 238
Gráfica 20. Capacidad de uso y manejo de la tierra para el área de estudio en la subcuenca de río Frio, Departamento del Huila 262
Gráfica 21. Distribución porcentual de la Aptitud del suelo para el área de estudio en la subcuenca de rio Frio, Departamento del Huila 267
Gráfica 22. Distribución porcentual de la cobertura y uso actual del suelo para el área de estudio en la subcuenca de rio Frio, Departamento del Huila 272
Gráfica 23. Distribución porcentual de los cultivos sembrados en el área de estudio. 316

Gráfica 24. ICOMO – RIO FRIO CAMPOALEGRE 395
Gráfica 25. ICOSUS 2009 – RIO FRIO CAMPOALEGRE..... 397
Gráfica 26. ICOSUS 2014 – RIO FRIO CAMPOALEGRE..... 397
Gráfica 27. ICA 2014 – RIO FRIO CAMPOALEGRE 407
Gráfica 28. Relación Profundidad – Caudal..... 488
Gráfica 29. Relación Ancho – Caudal..... 488
Gráfica 30. Relación Velocidad – Caudal 489
Gráfica 31. Línea Base Global de Carga Contaminante de DBO5..... 529
Gráfica 32. Línea Base Global de Carga Contaminante de SST 530
Gráfica 33. Régimen anual de lluvias estaciones disponibles con influencia en la cuenca de Río Frío – Campoalegre..... 568

LISTA DE IMAGENES

Imagen 1. Reunión inicial de socialización 3
Imagen 2. Georreferenciación del cauce principal de la corriente del rio.....8
Imagen 3. Características constructivas de los canales de conducción de agua para labores de riego 12
Imagen 4. Trasvase cuenca quebrada Caraguaja a cuenca Rio Frío 17
Imagen 5. Obras hidráulicas sobre el cauce principal y los canales de riego 19
Imagen 6. Muestras de suelo, LABGAA Universidad Surcolombiana Neiva-Huila 227
Imagen 7. Vertimientos directos Localizados sobre la corriente del cauce principal del rio 319
Imagen 8. Georreferenciación de canales y conducciones de aguas residuales sobre el cauce principal de la corriente del río..... 320
Imagen 9. Obras hidráulicas identificadas 322
Imagen 10. Aforo volumétrico y aforo gravedad/superficie para cálculo de caudales en vertimientos 325

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Resolución de ordenamiento emitido por la Autoridad Ambiental – CAM.....1
Figura 2. Publicación de aviso donde se informa la providencia y se convoca a reunión de socialización.....2
Figura 3. Localización general del proyecto 7
Figura 4. Comparativo entre la georreferenciación con GPS del cauce del río Frío realizado por FUNDISPROS y el de la cartografía IGAC 25.000.....9
Figura 5. Tramo recorrido y georreferenciado 10
Figura 6. Canales primarios, secundarios y ramales referenciados con GPS durante los procesos de reconocimiento en campo..... 16
Figura 7. Trasvase de cuenca quebrada La Caraguaja a la Cuenca Rio Frio – Bocatoma El Viso. 18
Figura 9. Distribución espacial de prediales para identificación de usos 26
Figura 10. Modelo tipo del estudio climatológico. 42
Figura 11. Polígonos de Thiessen y localización espacial de estaciones meteorológicas 46
Figura 12. Distribución espacial Isoyetas cuenca hidrográfica Rio Frio. 57
Figura 13. Factores de corrección de evapotranspiración potencial mensual, dados por el método de Thornthwaite para latitudes entre 15 grados Norte y 37 grados Sur. 61
Figura 14. Modelo tipo del estudio hidrológico. 159
Figura 15. Zonificación propuesta para el análisis hidrológico en la cuenta hidrológica del río Frío 167
Figura 16. Esquema conceptual del modelo de tanques. 178
Figura 17. Elaboración de las calicatas 208

Figura 18. Perfil de suelo N°1, Reglamentación y ordenamiento corriente Rio Frio (Campoalegre - Huila) 216
Figura 19. Perfil de suelo N°2, Reglamentación y ordenamiento corriente Rio Frio (Campoalegre - Huila) 218
Figura 20. Perfil de suelo N°3, Reglamentación y ordenamiento corriente Rio Frio (Campoalegre - Huila) 220
Figura 21. Perfil de suelo N°4, Reglamentación y ordenamiento corriente Rio Frio (Campoalegre - Huila) 222
Figura 22. Perfil de suelo N°5, Reglamentación y ordenamiento corriente Rio Frio (Campoalegre - Huila) 224
Figura 23. Perfil de suelo N°6, Reglamentación y ordenamiento corriente Rio Frio (Campoalegre - Huila) 226
Figura 24. Pruebas de Conductividad Hidráulica 1, 2, 3, 4, 5 y 6 realizadas en el Área de influencia de la Reglamentación y ordenamiento de la corriente Rio Frio, Campoalegre-Huila 228
Figura 25. Pruebas de Infiltración 1, 2, 3 y 4 realizadas en el Área de influencia de la Reglamentación y ordenamiento de la corriente Rio Frio, Campoalegre-Huila..... 229
Figura 26. Algunos vertimientos directos georreferenciados sobre el cauce del río 321
Figura 27. Puntos de muestreo establecidos a lo largo del cauce hídrico “Río Frío” 356
Figura 28. Plano zonificación y puntos de muestreo Rio Frio Campoalegre. 363
Figura 29. Monograma para determinar los valores de RAS de las aguas de riego y para estimar sus valores correspondientes de PSI del suelo que está en equilibrio con ellas 387
Figura 30. Funciones de los subíndices para los parámetros que determinan el ICA. 402
Figura 31. Comportamiento del ICA sobre Río Frío. Mpio de Campoalegre 408
Figura 32. Técnica metodológica de los muestreos hidrobiológicos 412
Existen múltiples técnicas de análisis de las muestras para cada tipo de comunidad a evaluar. En la 413
Figura 33. Actividades de la Fase de Laboratorio, análisis e identificación Taxonómica 413
Figura 34. Condiciones del Monitoreo 438
Figura 35. Proceso de Simulación de una Corriente Hídrica Superficial 460
Figura 36. Esquema General del Qual2Kw 464
Figura 37. Esquema de Balance de Flujo 465
Figura 38. Esquema de Balance de Masa 465
Figura 39. Esquema del Proceso de Calibración 469
Figura 40. Esquema de La Metodología Utilizada para La Implementación del Modelo QUAL2Kw 473
Figura 41. Río Frio - Campoalegre 474
Figura 42. Ubicación de los puntos de Monitoreo sobre Río Frío - Campoalegre 479
Figura 43. Localización de las Derivaciones en la Cada Zona. 483
Figura 44. Segmentación y fronteras para Río Frío 491
Figura 45. Hoja de trabajo del QUAL2Kw 492
Figura 46. Ingreso de datos de cabecera 493
Figura 47. Ingreso de constantes hidráulicas 493
Figura 48. Ingreso de datos climatológicos 494
Figura 49. Ingreso de fuentes puntuales 494
Figura 50. Ingreso de constantes cinéticas 495
Figura 51. Ingreso de datos de calidad del agua en los puntos de muestreo 495
Figura 52. Descripción de Los Escenarios 499
Figura 53. Calibración del caudal 503
Figura 54. Calibración de la Temperatura 503
Figura 55. Calibración de la Conductividad 504
Figura 56. Calibración del Oxígeno Disuelto 504
Figura 57. Calibración DBO Lenta 505

Figura 58. Calibración DBO Rápida 505
Figura 59. Calibración del detritus 506
Figura 60. Calibración del Nitrógeno Amoniacal 506
Figura 61. Calibración del Fosforo Inorgánico 507
Figura 62. Calibración SST 507
Figura 63. Calibración de Los Patógenos 508
Figura 64. Calibración SSI 508
Figura 65. Escenarios para OD 514
Figura 66. Escenarios para La DBO Lenta 515
Figura 67. Escenarios para La DBO Rápida 515
Figura 68. Escenarios para SST 516
Figura 69. Metodología para Establecer Los Objetivos de Calidad 520
Figura 70. Vertimientos Puntuales sobre Río Frío – Campoalegre 522
Figura 71. Usos a Asignar cuenca de Rio Frio – Mpio de Campoalegre 557
Figura 72. Clasificación de las Aguas – Normatividad Colombiana 585
Figura 73. Orden de Importancia para otorgar concesiones de agua superficiales 586
Figura 74. Metodología Componente Ambiental – Río Frío Campoalegre 601
Figura 75. Metodología Zonificación Ambiental – Río Frío Campoalegre 608
Figura 76. Ubicación Geográfica de la Cuenca Hidrográfica Rio Frio – Campoalegre 609
Figura 77. Línea Base – Zonificación Ambiental “Río Frío Campoalegre” 610
Figura 78. Diagnóstico Ambiental Rio Frio – Campoalegre 614
Figura 79. Impactos Ambientales Identificados en la cuenca Rio Frio - Campoalegre 621
Figura 80. Plano de Zonificación Ambiental cuenca Hidrográfica – Río Frío Campoalegre 624
Figura 81. Puntos de muestreo establecidos a lo largo del cauce hídrico “Rio Frio” 625
Figura 82. Localización de planchas IGAC 1:25.000 para el municipio de Campoalegre 627
Figura 83. Información de referencia para cada entidad de la GDB 629
Figura 84. Sentencias utilizadas para calidad topológica entre entidades con geometría “polígono” 630
Figura 85. Esquema general para el almacenamiento de la información de usos y vertimientos . 631
Figura 86. Esquema relacional de la base de datos de atributos para la temática “USOS” 635
Figura 87. Tabla MUNICIPIO 636
Figura 89. PREDIOS_CONCESIONES 637
Figura 90. Tabla PROPIETARIO 637
Figura 91. Tabla INFORMACION_DEL_AGUA 637
Figura 92. Tabla USOS 638
Figura 93. Tabla PRODUCCION CULTIVOS 638
Figura 94. Tabla PRODUCCION_PECUARIA 638
Figura 95. Esquema relacional de la base de datos de atributos para la temática “VERTIMIENTOS” 641
Figura 96. Tabla MUNICIPIO 642
Figura 98. Tabla PREDIO_GENERADOR 642
Figura 99. Tabla PROPIETARIOS 642
Figura 100. Tabla VERTIMIENTO 643
Figura 101. DETALLE_PROD_AGROPE_INDUS 643
Figura 102. Consultas realizadas 645
Figura 103. Estructura de la base de la base de datos geográfica 647
Figura 104. Visualizacíon del campo “raster” desde ArcMap con información fotográfica del punto, Feature Class Obras hidráulicas evaluadas 649
Figura 105. Visualizacíon de algunos subtipos creados en el Feature Class TF025_Obras_Hidraulicas_Evaluadas 650
Figura 106.Protocolo Jet 4.0 para conexión desde ArcCatalog a bases de datos externa 651
Figura 107. Model Maker para la creación de un TIN 653

Figura 108. Modelo TIN para la representacion de cuenca hídrica río Frío 654
Figura 109. Ilustración de la creación de un libro de mapas 655
Figura 110. Metadato Feature Class BC025_Curvas_25_metros_IMAGEN_ASTER 658

INTRODUCCIÓN

El ordenamiento del Recurso Hídrico se concibe como la herramienta de planificación por excelencia, orientada a garantizar las condiciones de equilibrio entre los usuarios y los cuerpos de agua (demanda vs oferta), considerando las corrientes hídricas no solo como fuente abastecedora, sino como fuente receptora de descargas liquidas.

La corriente de Rio Frio que discurre por el municipio de Campoalegre, está reglamentada mediante la Resolución N° 2993 del 28 de diciembre de 2006, para beneficio de 132 usuarios, algunos de los cuales se incluyeron posteriormente por medio del acto administrativo correspondiente. Para dicha corriente según esta resolución se establece un caudal de demanda de 668,65 lps para una oferta en verano de 378,08 lps, para lo cual se establecieron restricciones correspondientes a la época de estiaje. Teniendo en cuenta la dinámica territorial, como los cambios en las actividades productivas, movimiento poblacional, cambios en los ecosistemas y en el régimen hidrológico de la cuenca, es indispensable la continua revisión y actualización de las concesiones otorgadas y mecanismos de manejo para garantizar la oferta del recurso hídrico.

En cumplimiento de su función de administrar y planificar el uso racional de los recursos naturales, especialmente del recurso hídrico ejerciendo control de las aguas que se vierten directamente sobre la corriente y las que se extraen para abastecimiento de diversos usos, La Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena - CAM suscribió con la Fundación Desarrollo de las Ingenierías y Ciencias de la Salud para la proyección social “FUNDISPROS” el convenio Interinstitucional No 312 de 2013 cuyo objeto es realizar El Ordenamiento y Reglamentación del Recurso Hídrico de la Corriente Río Frio, perteneciente al municipio de Campoalegre, departamento del Huila.

Conforme a lo anterior, se optó por conformar un equipo de trabajo entre la CAM y FUNDISPROS que se ocupó de cumplir con el objeto del convenio, además de la realización de un proyecto lo más cercano posible a la realidad, reflejo de la situación actual de la corriente de rio Frio y sus usuarios, información que será de gran utilidad para la Corporación, pero principalmente para los usuarios, ya que a partir de ella pueden promover proyectos productivos que propendan la conservación de la cuenca, la construcción de obras hidráulicas de control, la correcta operación y mantenimiento de distritos, el mejoramiento en las técnicas de cultivo y el control de las aguas que se vierten directamente sobre la corriente.

En desarrollo del convenio de apoyo interinstitucional suscrito entre la CAM y FUNDISPROS se presenta el informe final del proyecto de reglamentación y ordenamiento del cauce hídrico, que contempla la fase de declaratoria de ordenamiento, diagnostico, identificación de los usos potenciales del recurso y la

elaboración del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del cauce hídrico de rio Frio en el municipio de Campoalegre.

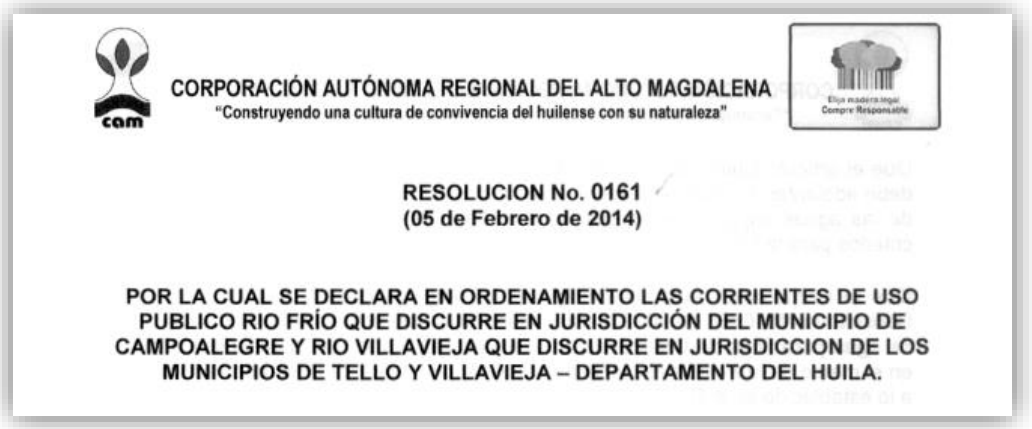
1. DECLARATORIA

1.1. PUBLICACIÓN DE PROVIDENCIAS EN LA QUE SE ESTABLECE EL ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO DE LA CORREINTE RIO FRIO EN EL MPIO DE CAMPOALEGRE

Declaratoria de ordenamiento. Una vez establecida la prioridad y gradualidad de Ordenamiento del cuerpo de agua de que se trate, la autoridad ambiental competente mediante resolución, declarará en ordenamiento el cuerpo de agua y/o acuífero y definirá el cronograma de trabajo, de acuerdo con las demás fases del PORH.

Este acto da inicio al proceso de ordenamiento y reglamentación, por ley es obligatorio para el dar inicio al proceso de reglamentación de corrientes (articulo 109 del decreto (1541 de 1978) pero con objetivo de articular los procesos de ordenamiento y reglamentación del recurso hídrico (cantidad y calidad) y atendiendo la potestad de la Autoridad Ambiental para la expedición de actos administrativos, se sugiere elaborar un acto administrativo único en el que se adopte el proceso de ordenamiento y reglamentación.

Con base en estas contemplaciones mediante ***Resolución 0161 del 05 de Febrero de 2014***, se declaró en ordenamiento la corriente de uso público Rio Frio que discurre en jurisdicción de municipio de Campoalegre en el departamento del Huila, para dar cumplimiento a esta declaratoria se suscribió el contrato de apoyo interinstitucional No. 0312 de 2013 entre la CAM y FUNDISPROS, en el que se estableció el ordenamiento de la de la mencionada corriente, además de la revisión de la reglamentación anteriormente establecida (resolución 2993 de 28 de diciembre de 2006).



CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA
"Construyendo una cultura de convivencia del huilense con su naturaleza"

RESOLUCION No. 0161
(05 de Febrero de 2014)

POR LA CUAL SE DECLARA EN ORDENAMIENTO LAS CORRIENTES DE USO PUBLICO RIO FRÍO QUE DISCURRE EN JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE Y RIO VILLAVIEJA QUE DISCURRE EN JURISDICCION DE LOS MUNICIPIOS DE TELLO Y VILLAVIEJA – DEPARTAMENTO DEL HUILA.

Figura 1. Resolución de ordenamiento emitido por la Autoridad Ambiental – CAM
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Con el fin de seguir lo estipulado en el Decreto 3930 de 2010 y así hacer conocer a los interesados la providencia mediante la cual se ordenó la reglamentación de aprovechamiento de aguas, se solicitó a los entes con jurisdicción en la zona (Alcaldía de Campoalegre, Secretaria de Planeación municipal de Campoalegre; Empresas de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Campoalegre – EMAC) publicar y fijar en un lugar visible de la oficina, la resolución de declaratoria y la siguiente convocatoria

CONVOCATORIA No. 001-14

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA "CAM"
FUNDACIÓN DESARROLLO DE LAS INGENIERÍAS Y CIENCIAS DE LA SALUD
PARA LA PROYECCIÓN SOCIAL "FUNDISPROS"

"Revisión y Actualización de la Reglamentación Corriente Rio Frio
Municipio de Campoalegre, Departamento del Huila"
Resolución 0161 del 05 de Febrero de 2014

SE SOLICITA A LOS USUARIOS DE LA CORRIENTE RIO FRIO
LOS DOCUMENTOS NECESARIOS PARA QUE INSCRIBAN SUS PREDIOS EN LA NUEVA REGLAMENTACION

- ✓ *CERTIFICADO DE LIBERTAD Y TRADICIÓN RECIENTE*
- ✓ *NUMERO DE CODIGO CATASTRAL DEL PREDIO*
- ✓ *COPIA DEL PLANO DEL PREDIO (Si lo tiene)*
- ✓ *COPIA FACTURA CANCELACIÓN DE TASA POR USO DEL AGUA (CAM)*
- ✓ *BOMBEOS (Especificación de la unidad de Bombeo)*

Favor hacer llegar los documentos a la Av. 26 # 27 – 94 Conjunto Santa Lucia Of. 108 – Neiva
Tel: 31029020618 - 3203220632

OSCAR EDUARDO GUTIÉRREZ O.
C.C No. 1.081.152.500 Rivera
Director Ejecutivo

Neiva, 02 de Abril de 2014

CONVOCATORIA No. 001-14

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA "CAM"
FUNDACIÓN DESARROLLO DE LAS INGENIERÍAS Y CIENCIAS DE LA SALUD
PARA LA PROYECCIÓN SOCIAL "FUNDISPROS"

"Ordenamiento del Recurso Hídrico de la corriente Rio Frio en el municipio de Campoalegre en el departamento del Huila, revisión y actualización de la reglamentación Resolución 2993 de 28 de Diciembre de 2006 anteriormente establecida "
Resolución 0161 del 05 de Febrero de 2014

Se informa a los propietarios de los predios, fabricas, empresas, agroindustrias y otros, que hacen uso de las aguas provenientes de Rio Frio en el municipio de Campoalegre mediante captaciones de agua para diferentes usos o vertiendo sus Aguas Residuales a la mencionada corriente, que profesionales de FUNDISPROS a partir de la fecha, estarán recorriendo la Cuenca Hidrográfica del Rio Frio para la recolección de información en campo, referenciación, localización de puntos y áreas de interés para el cumplimiento de la mencionada resolución. Para esto se realizará una reunión en la que participará la CAM, FUNDISPROS y los usuarios que hacen uso de esta corriente, a fin de socializar los procedimientos, indicar tramites y definir los sitios donde se llevaran a cabo las visitas de inspección ocular.

Esta reunión se celebrara en El Centro de Convenciones (Calle 17 No. 8-13) del municipio de Campoalegre en el Departamento del Huila, el día jueves 10 de abril a las 9:00 a.m.

OSCAR EDUARDO GUTIÉRREZ O.
C.C No. 1.081.152.500 Rivera
Director Ejecutivo

Neiva, 02 de Abril de 2014

Figura 2. Publicación de aviso donde se informa la providencia y se convoca a reunión de socialización
Fuente: FUNDISPROS, 2014

1.1.1. Socializaciones

Para socializar los objetivos del proyecto, la metodología y establecer un conversatorio con usuarios, propietarios de los predios, fabricas, empresas, agroindustrias, entes competentes y público en general que hacen uso de las aguas provenientes de la corriente Rio Frio en el municipio de Campoalegre mediante captaciones de agua para diferentes usos o vertiendo sus aguas residuales, se celebró una reunión en el Centro de Convenciones (Calle 17 No. 8-13) del municipio de Campoalegre en el departamento del Huila, el día jueves 10 de abril a las 9:00 a.m (Ver Imagen 1.)

Se informó a todos los asistentes que profesionales de FUNDISPROS a partir de la fecha, estarían recorriendo la Cuenca Hidrográfica del Rio Frio para la recolección de información en campo, referenciacion, localización de puntos y áreas de interés para el cumplimiento de la Resolución 161 del 05 de febrero de 2014; se indicaron tramites y se definieron sitios donde se llevaría a cabo visitas de inspección ocular.

Durante la actividad informativa se resaltó insistentemente la necesidad de participación de los actores involucrados (usuarios con o sin concesión de aguas, generadores de vertimientos, Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Campoalegre-EMAC, Alcaldía municipal, Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena-CAM, entes policivos, etc) en todas las fases del proyecto, de quienes se requiere una vez conozcan el alcance del proyecto (actividades, tiempo e implicaciones) proporcionen información para la toma de decisiones que afectan sus intereses.

Imagen 1. Reunión inicial de socialización
Fuente: FUNDISPROS, 2014

1.2. VALIDACIÓN Y RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE

1.2.1. Solicitud y recopilación de la información básica:

Para el desarrollo del proyecto “Ordenamiento del Recurso Hídrico de la corriente Rio Frio en el municipio de Campoalegre, actualización y revisión de la reglamentación anteriormente establecida”, se llevó a cabo actividades de solicitud y acopio de información básica de referencia y/o antecedentes de la cuenca hidrográfica de la corriente de Rio Frio, por medio de entidades y organizaciones con jurisdicción en la zona en temas como: Plan de ordenamiento territorial, estudios de suelos, climatología, hidrología, calidad de aguas, usos del suelo, geología, cartografía básica, área de influencia, lista de usuarios de la reglamentación anteriormente establecida con sus respectivas concesiones (Res 2993 de 28-12-2006), inventario de vertimientos, planos de sistemas de alcantarillados, puntos estratégicos, etc.

De esta forma se accedió y analizo la información de referencia del municipio de Campoalegre que merece especial atención y que a continuación se relaciona. Toda la información se considera valida, además ratifica y complementa el desarrollo de este informe.

- Resolución 2993 de 28-12-06 – Reglamentacion de usos y aprovechamientos de la correinte hídrica Rio Frio que discurre por el municipio de Campoalegre en el dpto. del Huila.
- Cartografía básica rural y urbana IGAC escala 1:25.000, formato DWG; fuente: CAM.
- Cartografía temática, 1999, Formato DWG; fuente, POT Campoalegre.
- Ajuste al PBOT, septiembre de 2005, formato digital; fuente, CAM.
- PBOT, 1999, formato digital; fuente, CAM.
- Planos catastro red de alcantarillado del municipio de Campoalegre, formato análogo, escala 1: 2.500, diciembre de 2004; fuente EMAC.
- Planos análogos de la red de acueducto veredal de la empresa comunitaria “Palmar Bajo”, escala 1:5.000, agosto de 1986, formato análogo; fuente, presidente de la junta de acción comunal.

- Planos de distribución predial parcelación “Potosí - El Viso”, formato DWG; fuente, presidente de la junta de acción comunal.

- Plano – División estudios de ingeniería- INCORA, empresa comunitaria – El Viso, formato análogo; fuente, parceleros.

- Plano ampliación de la red de acueducto del casco urbano municipio de Campoalegre, julio de 2008, formato digital; fuente, EMAC.

- Imagen de satélite ASTER30, Formato TIFF; fuente, Pagina Web.

1.2.2. Consulta de legislación existente

A continuación se presentan la legislación actual, más relevante, relacionada con el desarrollo del proyecto en cuanto a la protección del medio ambiente, manejo y conservación del recurso hídrico para consumo y uso humano, y preservación del mismo para otras formas de vida.

TIPO DE NORMA	NÚMERO	TITULO
Decreto	2811 de 1974	Código Nacional de los Recursos Naturales.
Decreto	1541 de 1978	Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973**.**
Decreto	1594 de 1994	Usos del Agua y Residuos Líquidos.
Ley	99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA).
Decreto	1729 de 2002	Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas.
Decreto	3100 de 2003	Reglamentación de tasas retributivas por utilización directa del agua como cuerpo receptor de vertimientos puntuales.
Decreto	3440 de 2004	Por el cual se modifica el decreto 3100 de 2003.
Resolución	1433 de 2004	Por la cual se reglamenta lo relacionado con Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV).
Resolución	2145 de 2005	Modifica parcialmente la resolución 1433 de 2004.
Decreto	3930 de 2010	El cual reemplaza el decreto 1594 de 1984 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.

Tabla 1. Legislación Nacional relacionada con el ordenamiento y manejo del recurso hídrico
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2. DIAGNÓSTICO

DIAGNÓSTICO INICIAL A PARTIR DEL ANALISIS DE INFORMACIÓN DISPONIBLE – TRABAJO EN CAMPO Y ANÁLISIS FINAL DE DIAGNÓSTICO

2.1. LOCALIZACIÓN DE USUARIOS, CAUCE PRINCIPAL DEL RIO, CONDUCCIONES PRIMARIAS, SECUNDARIAS Y OBRAS HIDRÁULICAS

2.1.1. Georreferenciación con GPS del Cauce principal del Rio.

Según el Programa de uso eficiente y ahorro de agua del municipio de Campoalegre del año 2010, la cuenca del Rio Frío se encuentra en su totalidad ubicada en el municipio de Campoalegre al Nororiente del departamento del Huila sobre la cordillera oriental, nace en el sitio conocido como el alto del Esmero de propiedad del municipio, antiguamente ahí, se desarrollaba actividades de ganadería y era de propiedad del señor José Eugenio Galindo quien fue la persona que le vendió al estado para reserva forestal, lugar donde se encuentra su parte aguas, se caracteriza por ser zona alta de montaña, a una altura de 2450 msnm hasta la infraestructura de la bocatoma del acueducto municipal de Campoalegre.

Dentro de sus principales tributarios o subcuencas en la parte alta se encuentran la quebrada Manzanares, Doña Luisa, quebrada el esmero, las pavas, quebrada Vergelito y Tabor, aguas abajo de la bocatoma municipal sus principales tributarios son la quebrada las Caraguaja, la cabuya, quebrada san Isidro, la rocha efluentes donde se vierten las agua residuales del municipio; la desembocadura se encuentra en el Rio Neiva, que posteriormente descarga al rio magdalena.

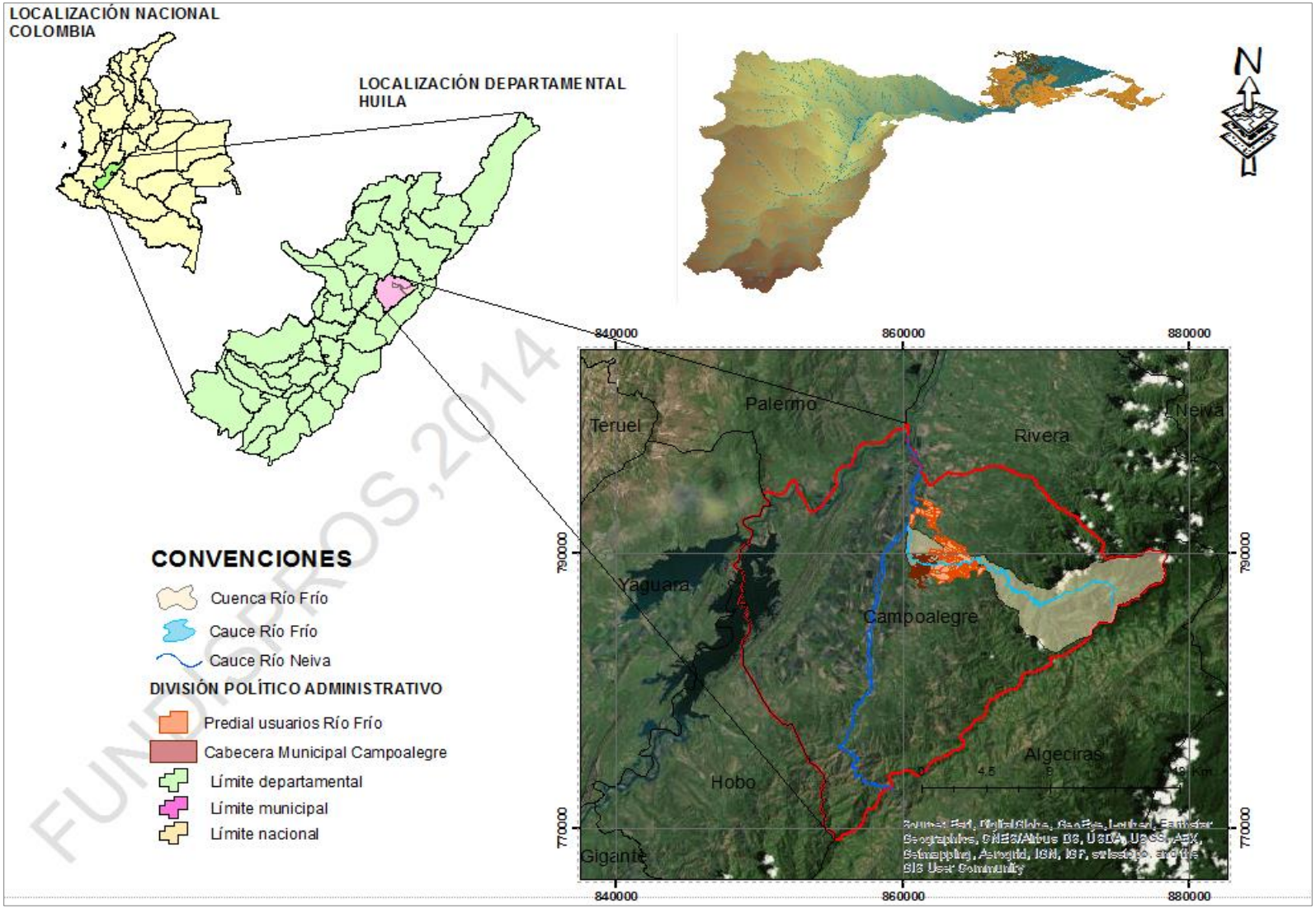


Figura 3. Localización general del proyecto
Fuente: FUNDISPROS, 2014

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 Frio, por lo que 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 principales, secundarios, tomas prediales y demás estructuras hidráulicas.

La georreferenciación del cauce principal del rio se realizó metro a metro por cada uno de los costados u orillas de su cauce como muestra la Imagen 2 , 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.

La marcación de puntos se llevó a cabo a partir del primer uso o captación identificada sobre la corriente del rio, el cual fue detectado a 900 metros aguas arriba de la bocatoma del acueducto municipal (captaciones con mangueras, sin concesión de aguas), desde la vereda San Miguel, hasta su desembocadura al rio Neiva en la vereda “El Viso”.

Imagen 2. Georreferenciación del cauce principal de la corriente del rio
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La siguiente figura muestra un comparativo entre el levantamiento del cauce principal del rio obtenido y referenciado por profesionales de FUNDISPROS mediante la utilización de GPS, y el extraído de la cartografía básica IGAC 25.000 implementada para el desarrollo de este proyecto.

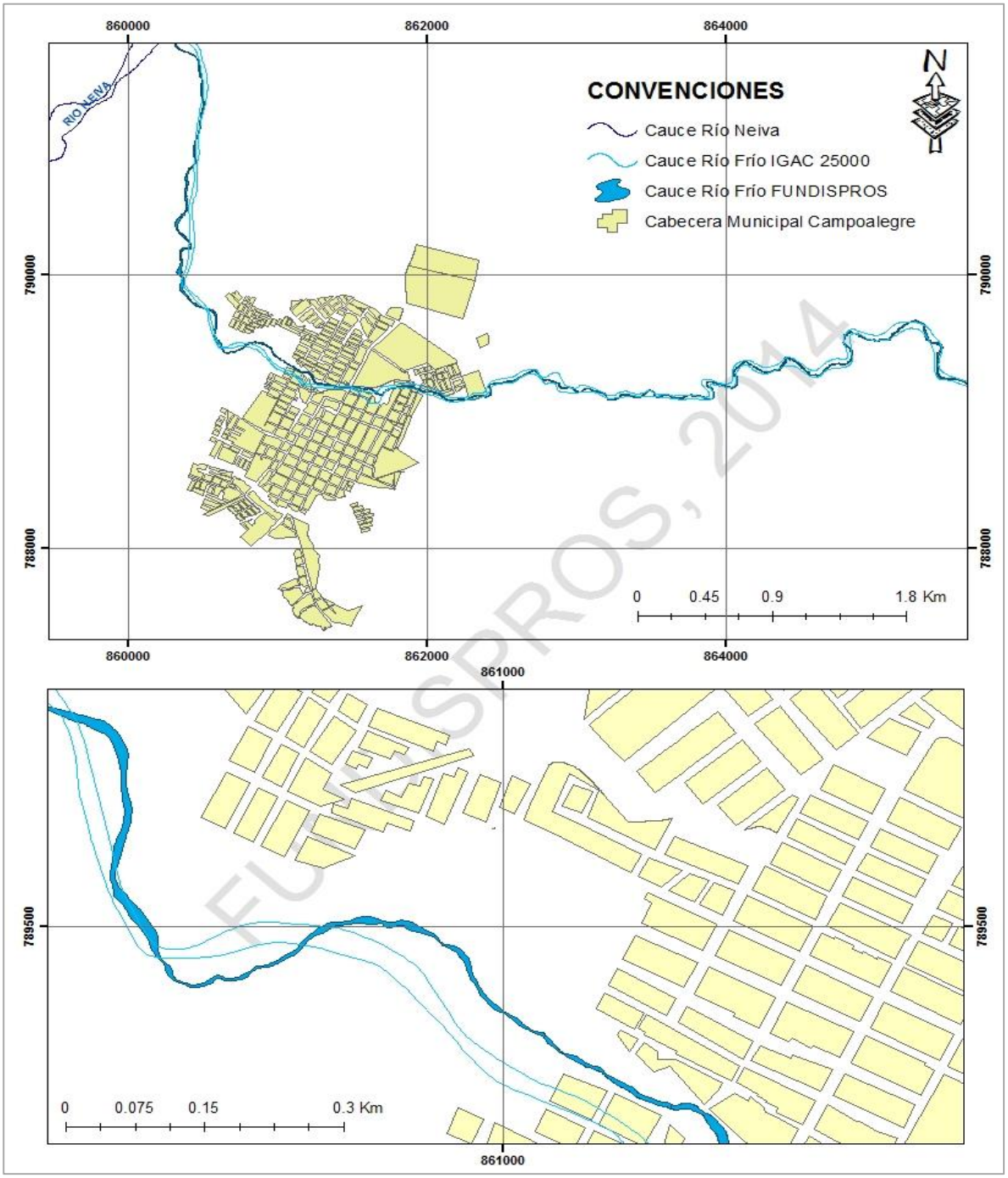


Figura 4. Comparativo entre la georreferenciación con GPS del cauce del río Frío realizado por FUNDISPROS y el de la cartografía IGAC 25.000
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

En total se referenciaron 21.06 km, es decir 10.53 km por cada costado u orilla del cauce del rio, el cual según la cartografía oficial 1:25.000 para el departamento del Huila tiene una longitud aproximada de 52,024 km desde su nacimiento en límites de la vereda el Roble y El Esmero hasta su desembocara en rio Neiva en la vereda El Viso. (Ver Figura 5).

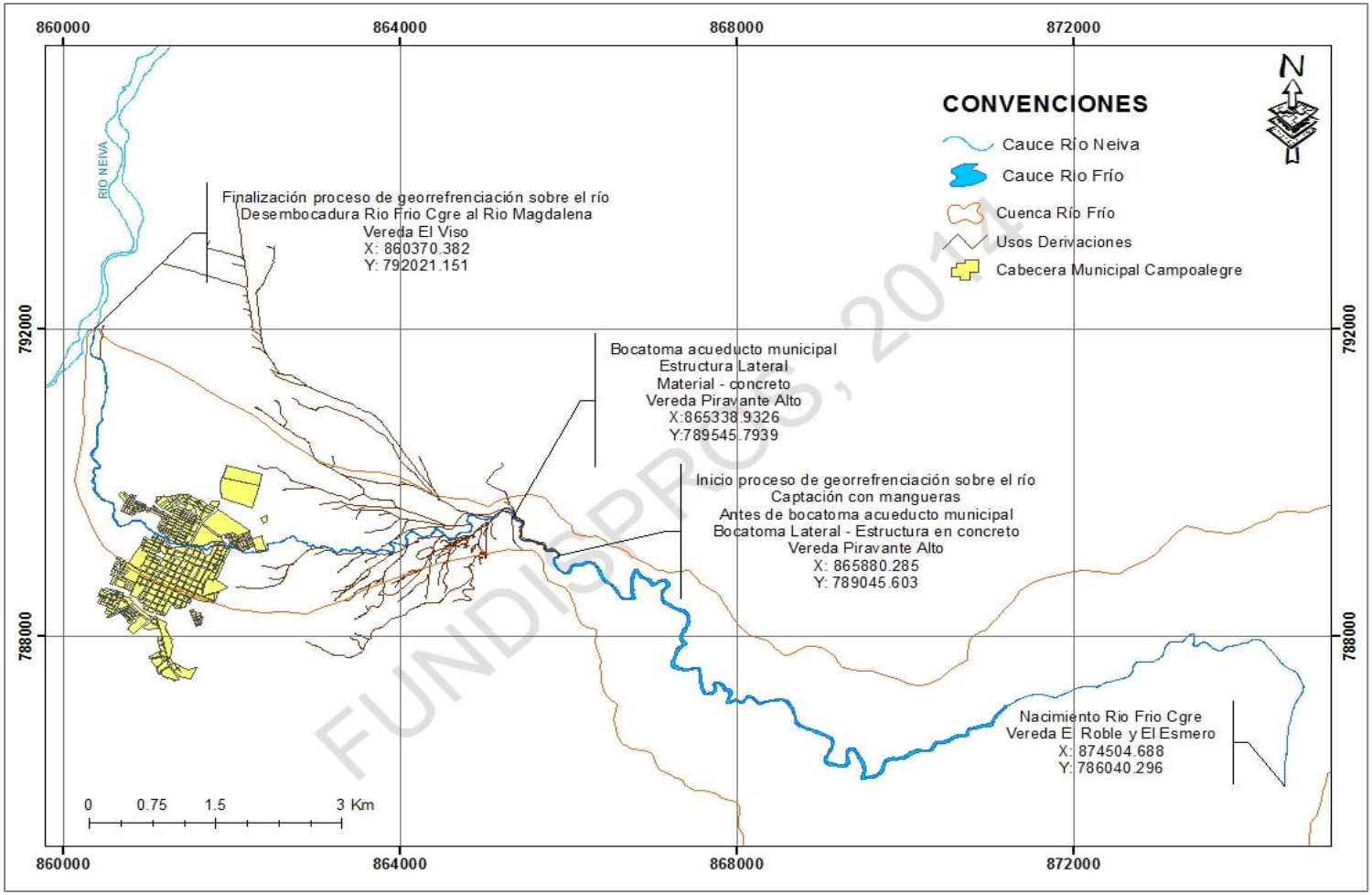


Figura 5. Tramo recorrido y georreferenciado
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.1.2. Georreferenciación con GPS de las conducciones, derivaciones subderivaciones, ramificaciones.

Durante el recorrido metro a metro por el cauce principal del rio y tomando como insumo base la información descrita en la reglamentación anteriormente establecida, se localizaron los principales tomos o derivaciones que se encuentran sobre el rio; una vez identificados se procedió a georreferenciar los canales, derivaciones y subramificaciones que se abastecen del agua que se capta por cada uno de estos tomos, desde su captación la cual es una bocatoma, hasta su uso final en cada uno de los predios el cual es una toma predial; durante el levantamiento de los canales también se anotó las características constructivas de cada tramo de las conducciones, con el fin de realizar un diagnóstico real del estado actual de los canales para riego en la zona (Ver Imagen 3).

Todas las actividades de georreferenciación contaron con la compañía de guías de la zona, quienes indicaron información referente a nombres de canales, nombre de derivaciones, nombres de propietarios de las tomas prediales, nombres de presidentes de juntas de acción comunal, entre otra información de importancia.

Imagen 3. Características constructivas de los canales de conducción de agua para labores de riego
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La Figura 6 muestra la distribución espacial de todas las conducciones referenciadas, destacando cada uno de las captaciones directas que se realizan sobre el cauce principal del rio y el nombre común con el que se identifican en la zona cada uno de los tomos.

En total se referenciaron **58,120 km** de conducciones de aguas para diferentes usos construidas de forma artesanal (canal natural), revestidas en piedra, concreto, conducciones realizadas por mangueras de polietileno, tubería de PVC, etc.

La Tabla 2 relaciona las longitudes y características constructivas de las conducciones referenciadas.

TIPO DE CONDUCCION	LONGITUD (M)
Aliviadero	55.43
Canal revestido	132.08
Canal natural	44893.62
Manguera	10660.91
Tuberia	2357.03
Tuberia de PVC	21.85
TOTAL	**58120.94**

Tabla 2. Caracteristicas constructivas de las conducciones georreferenciadas
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.1.2.1. Organización de derivaciones, subderivaciones y ramificaciones

Las conducciones de agua se clasificaron según su orden de importancia en derivaciones, subderivaciones y ramificaciones. La Tabla 4, relaciona la longitud y los nombres de los canales identificados y nombrados mediante la metodología que a continuación se describe, incluso aquellas conducciones que surten necesidades hídricas de usuarios que no entregaron información para ser incluidos en la única reglamentación vigente; algunos canales son conocidos, otros se nombraron provisionalmente para facilitar su identificación y posterior manejo de la información, aludiendo al nombre de un beneficiario, nombre del predio o por información suministrada por el guía.

2.1.2.2. Metodología para organización y nombramiento de conducciones.

Organización de las derivaciones (D)

Para el nombramiento de canales se deben numerar las derivaciones (Sistema de conducción de aguas con derivación en el río) por orden de localización en el Río y además dar un código para facilitar su identificación, así:

$$nDmO$$

Dónde:
n: *Número de orden de aparición respecto al río*
D: Derivación
m: Número orden respecto a la margen en que se ubica (derecha o izquierda)
O: Orientación de la derivación aguas abajo, derecha (D) o izquierda (I).

Ejemplo:
1D1I: Corresponde a la primera derivación primera izquierda

Codificación Subderivaciones (Sd), ramificaciones (R) y subramificaciones (Sr)

La codificación se realiza teniendo en cuenta el orden de aparición (posición) con respecto a las derivaciones, siguiendo el flujo de agua. El modo de identificación es mediante el recorrido de los sistemas de conducción.

Los sistemas de conducción que se tienen en cuenta se muestran en la Tabla 3.

NOMBRE SISTEMA CONDUCCION	CODIGO	DEFINICIÓN
Subderivación	Sd	Sistema de conducción de aguas con captación en una derivación
Ramificación	R	Sistema de conducción de aguas con captación en una Subderivación
Subramificación	Sr	Sistema de conducción de aguas con captación en una Ramificación

Tabla 3. Codificación sistemas de conducción de aguas
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La codificación de estos sistemas de conducción en cada derivación se hace de la siguiente manera:

$$ScnO$$

Donde:
Sc: Sistema de conducción (Subderivación, ramificación o subramificación)
n: Numero de orden de aparición
O: orientación de la derivación aguas abajo, derecha (D) o izquierda (I).

Ejemplo:
Sd1D: Corresponde a la primera Subderivación primera derecha
R2I: Ramificación segunda Izquierda
Sr5D: Subramificación quinta derecha

No.	DERIVACION	LONGITUD (M)
	Captación con mangueras_1	1862.426
	Captación con mangueras_2	1180.640
	Captación con mangueras_3	1266.510
	Captación con mangueras_4	937.003
1D1I	**Primera derivación primera izquierda - Acueducto municipal**	**2357.03**
2D2D	**Segunda derivación segunda izquierda - Acequia la Encinada**	**11834.43**
3D1D	**Tercera derivación primera derecha - Acequia Potosí - El Viso**	**16814.719**
	Tercera derivación primera derecha - Acequia Potosí	879.57
	Tercera derivación primera derecha - Acequia Potosí - El Viso (Ramal derecho)	11453.24
	Tercera derivación primera derecha - Acequia Potosí - El Viso (Ramal izquierdo)	4481.90
4D2D	**Cuarta derivación segunda derecha - Acequia Churumbelo**	**8605.22**
	Cuarta derivación segunda derecha - Acequia Churumbelo (Ramal derecho)	6416.85
	Cuarta derivación segunda derecha - Acequia Churumbelo (Ramal izquierdo)	2188.37
5D3I	**Quinta derivación tercera izquierda - Acequia La Losada**	**10779.26**
	Quinta derivación tercera izquierda - Acequia La Losada (Ramal derecho)	6923.57
	Quinta derivación tercera izquierda - Acequia La Losada (Ramal izquierdo)	3855.69
6D4I	**Sexta derivación cuarta izquierda - Acequia La Quinta**	**2023.79**
7D4D	**Séptima derivación cuarta derecha - Bombeo predio El Balso**	**460.17**
	TOTAL	**58120.94**

Tabla 4. Longitud de canales primarios, secundarios y ramales referenciados con GPS durante los procesos de reconocimiento en campo - Derivaciones y bombeos localizados
Fuente: FUNDISPROS, 2014

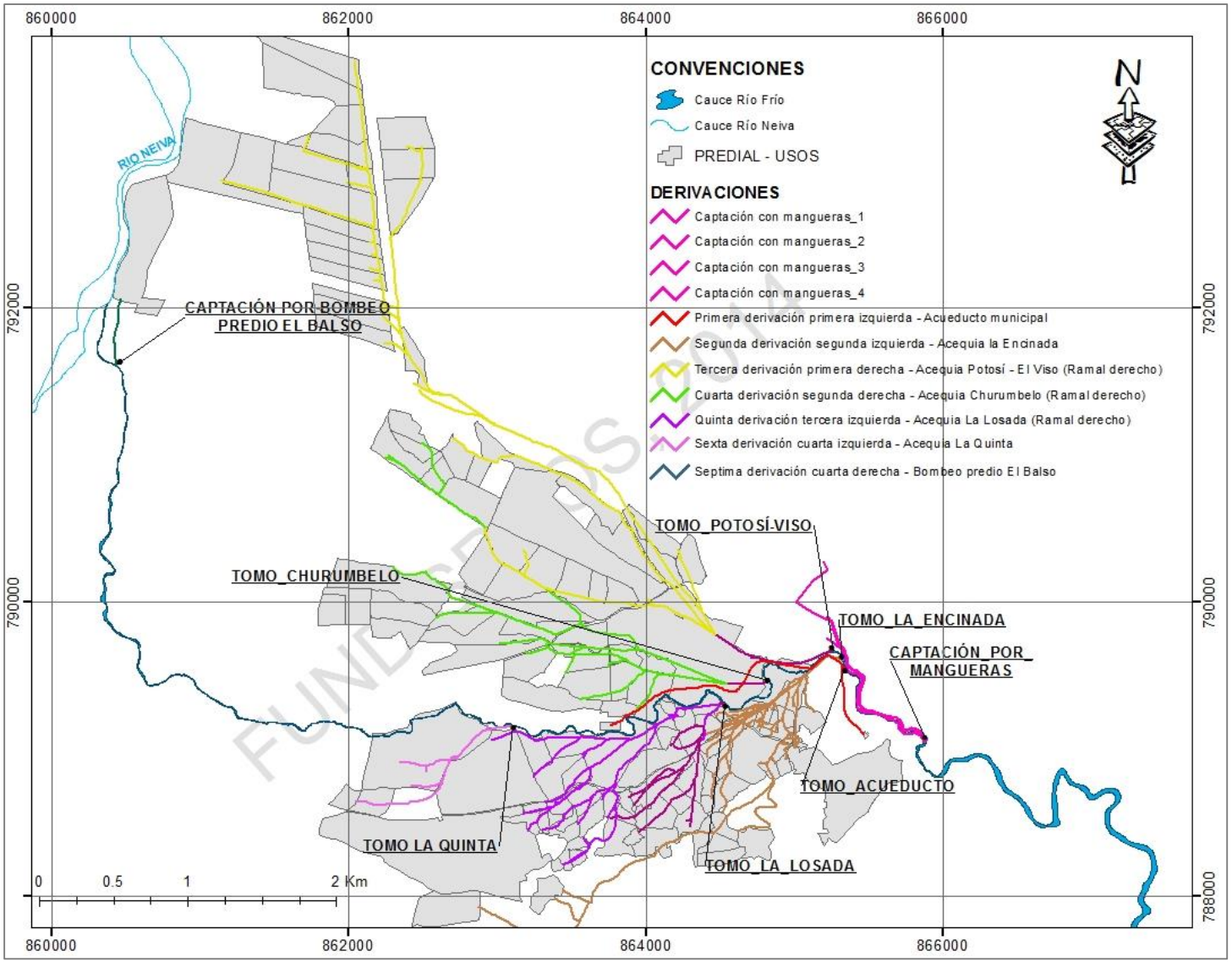


Figura 6. Canales primarios, secundarios y ramales referenciados con GPS durante los procesos de reconocimiento en campo
Fuente: FUNDISPROS, 2014

CANAL TRASVASE CUENCA QUEBRADA CARAGUAJA A RÍO FRÍO

En la parte baja de la cuenca, algunos predios de la parcelacion Empresa Comunitaria “El Viso”, tienen concesion de aguas de La Quebrada La Caraguaja reglamentada mediante resolucion No. 2012 de 2006. Para conducir el agua de este afluente hidrico hasta los predios que requeiren labores de riego, se realizó el desvio de parte de su caudal y se dirijio hasta el cauce pirnicipal de la corriente de Rio Frio, utilizando para ello una acequia natural; una ves las aguas de estas dos corrientes hidricas confluyen, son represadas y dirigidas en su totalidad hasta los diveros predios para las labores de riego, utilizando para ello un dique contruido en forma artesanal (bultos de arena). (ver Figura 7)

Esta alteracion y desviacion del cauce hidrico de una cuenca a una cuenca vecina, se conoce como“trasvase”, que consiste en cambiar el curso de un afluente o rio de trayectoria, o pasar todo o parte de su caudal a otros afluentes o canales, para favorecer zonas en las que el agua hace falta, su finalidad es la de incremnetar la disponibilidad de agua en una cuenca vecina.Este tipo de obras son usadas cuando las tirras de buena calidad se enceuntran en areas con escasos recursos hidricos.
Los usuarios de la reglamentación de la quebrada La Caraguaja, para hacer uso del caudal que tienen concedido deben dirigir y transportar el agua por medio de tubería sin afectar de ninguna forma posible el cauce natural de rio.

Imagen 4. Trasvase cuenca quebrada Caraguaja a cuenca Rio Frío
Fuente: FUNDISPROS, 2014

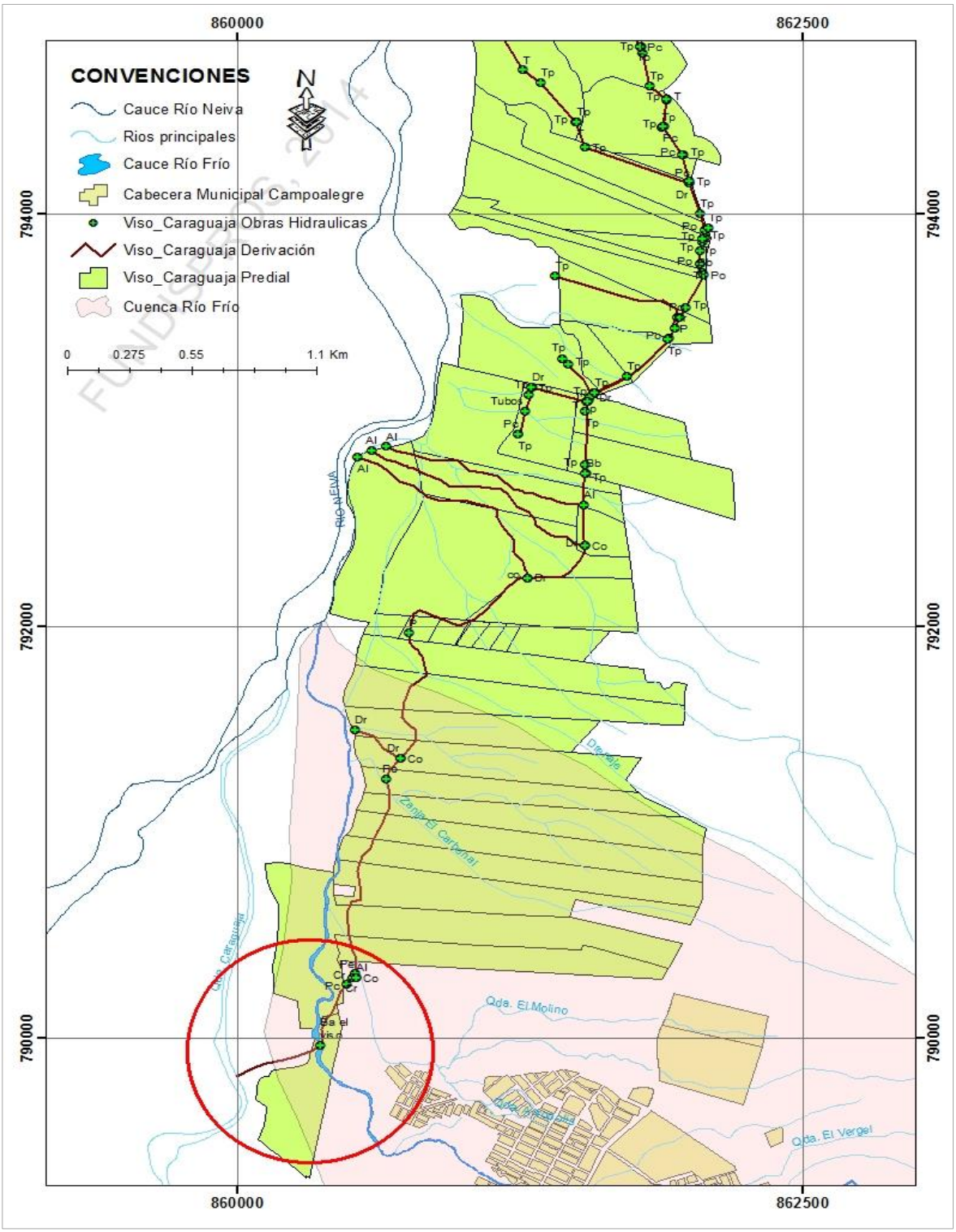


Figura 7. Trasvase de cuenca quebrada La Caraguaja a la Cuenca Rio Frio – Bocatoma El Viso
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.1.3. Inventario y evaluación de obras hidráulicas.

Durante los procesos de georreferenciación del cauce principal y las derivaciones primarias y secundarias se identificaron y georreferenciaron todas las obras hidráulicas (derivaciones, toma predial, aforadores, bocatomas, vertederos, etc.) que se encontraron en los canales de conducción del agua y el cauce principal del rio, con el fin de realizar un inventario de las obras de captación, regulación y distribución de caudales en las derivaciones y que se encargan de garantizar la eficiencia en las labores de distribución y control de caudal. (Ver Imagen 5)

Imagen 5. Obras hidráulicas sobre el cauce principal y los canales de riego
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cada una de las estructuras hidráulicas se codificó con el fin de localizarlas en los planos cartográficos; esta codificación se puede detallar en la Tabla 5. Por cada estructura hidráulica evaluada se tomó un registro fotográfico que se enlazo a la base de datos geográfica de tal manera que sea posible visualizarlo tanto en el SIG como en una carpeta de Windows en formato jpg.

No	CODIGO Ó ABREV	TIPO DE OBRA HIDRAULICA
1	A	ALIVIADERO O DEFOGUE
2	Al	ALCANTARILLA
3	B	BOCATOMA
4	Ba	BOCATOMA ARTESANAL
5	Bc	BOX COULVERT
6	C	COLECTORES
7	Cd	CAJILLA DE DISTRIBUCION
8	Ci	CAJA INSPECCION
9	Cm	CAPTACION CON MANGUERA
10	Co	COMPUERTA
11	Cp	CANALETA PARSHALL
12	Cr	CANAL REVESTIDO
13	De	DESARENADOR
14	Dr	DERIVACION
15	E	CONTROL ESCORRENTIA
16	Mp	MURO DE PROTECCION
17	Op	OBRA DE PASO PREDIAL
18	P	PUENTE
19	Pa	PASO DE AGUA
20	Pc	PUENTE CANAL
21	Pe	PASO ELEVADO
22	Po	PONTÓN
23	R	RAPIDA
24	S	SIFON INVERTIDO
25	Sd	SUBDERIVACION
26	Sn	SOSTENEDORA DE NIVEL
27	T	TUNEL
28	TBc	TOMA BOMBEO CANAL
29	TBr	TOMA BOMBEO RIO
30	Tp	TOMA PREDIAL
31	V	VIADUCTO
32	Ve	VERTEDERO
33	Ce	CONTROL DE ESCORRENTIA
34	De	DESCOLES
35	Na	NIVEL DE AGUA

Tabla 5. Codificación de las obras hidráulicas
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En total se identificó y georreferencio **745** obras hidráulicas de diferente naturaleza. La Tabla 6 relaciona cada una de las estructuras, organizándolas según su ubicación por derivaciones principales y secundarias.

DERIVACION /CANAL	TIPO Y CANTIDAD DE OBRAS HIDRAULICAS POR DERIVACIONES Y SUBDERIVACIONES																								
	A	Al	B	Ba	Bm	Bc	Co	Cp	De	Dr	Mp	Op	P	Pc	Pe	Po	S	Sn	T	TBr	Tp	V	Ve	Vl	TOTAL
Captación con mangueras_1					1																2				**3**
Captación con mangueras_2					1																1				**2**
Captación con mangueras_3					1																1				**2**
Captación con mangueras_4					1																1				**2**
Primera derivación primera izquierda - Acueducto municipal			1						1	1											2			**2**	**7**
Segunda derivación segunda izquierda - Acequia la Encinada		10		1		3	6			45	4	2		6	1	6	1		3		168				**256**
Tercera derivación primera derecha - Acequia Potosí - El Viso										1						1					1				**3**
Tercera derivación primera derecha - Acequia Potosí - El Viso (Ramal derecho)		1				1	1	1		16			3	19		5			2		54				**103**
Tercera derivación primera derecha - Acequia Potosí - El Viso (Ramal izquierdo)				1		6		1		5		1		2							36	1			**52**
Cuarta derivación segunda derecha - Acequia Churumbelo (Ramal derecho)	1			1		4	1	1		9	2										44				**63**
Cuarta derivación segunda derecha - Acequia Churumbelo (Ramal izquierdo)										5											26				**31**
Quinta derivación tercera izquierda - Acequia La Losada (Ramal derecho)	1	2				1				19	2	2		3		3			1		76				**112**
Quinta derivación tercera izquierda - Acequia La Losada (Ramal izquierdo)	1			1		1				9				3	1	3			1		60				**80**
Sexta derivación cuarta izquierda - Acequia La Quinta				1						5	2			1							18				**27**
Séptima derivación cuarta derecha - Bombeo predio El Balso				1																	1				**2**
TOTAL																									**745**

Tabla 6. Inventario de obras hidráulicas por canales identificados
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La Figura 8 muestra la ubicación espacial de algunas de las obras hidráulicas localizadas e identificadas mediante procesos de reconocimiento en campo.

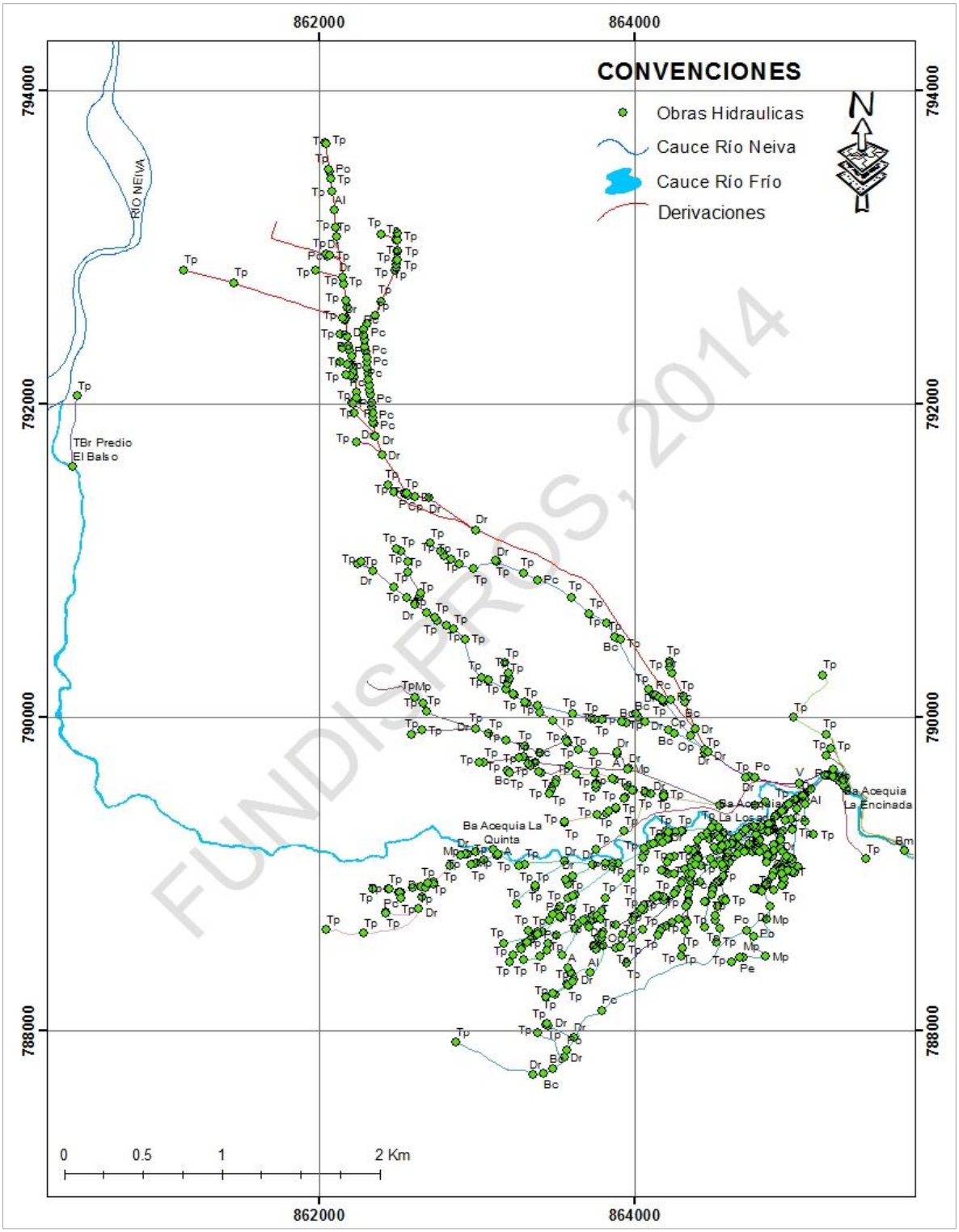


Figura 8. Ubicación de obras hidráulicas referenciadas con GPS sobre los canales durante los procesos de reconocimiento en campo
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Según la legislación colombina y lo dispuesto en el artículo 184 del decreto 1541 de 1978 capitulo IV "Régimen para el aprovechamiento de aguas y cauces limítrofes", título VIII "De las obras hidráulicas", *los beneficiarios de una concesión o permiso para el uso de aguas o el aprovechamiento de cauces, están obligados a presentar a la autoridad ambiental, para su estudio, aprobación y registro, los planos de las obras necesarias para la captación, control, conducción, almacenamiento o distribución del caudal o el aprovechamiento del cauce*.

En la zona de influencia del cauce hídrico Rio Frio en el municipio de Campoalegre, la mayoría de las estructuras hidráulicas no cumplen con los requisitos mínimos para realizar una eficiente administración y manejo de caudal, por esta razón una vez georreferenciadas todas las obras hidráulicas, se identificaron las principales estructuras encargadas del manejo de caudales y se diligencio un formato de encuesta (Ver ***Anexo 1***) análogo in situ en el que se consignó información sobre tipo de obra, estado general, funcionalidad y características constructivas, entre otras observaciones de interés con el fin de realizar un diagnóstico o panorama del estado actual de las principales estructuras hidráulicas de la zona de estudio. Se evaluaron en total **217 estructuras.**

Cada una de las estructuras hidráulicas además de codificarlas como se describió en la Tabla 5 para fines de identificación en planos cartográficos, posee un registro fotográfico que se enlazo a la base de datos geográfica, de esta manera es posible localizarla geográficamente en el SIG y visualizarla por medio de una fotografía al cliquear el punto geográfico de ubicación. Esta carpeta con el archivo fotográfico también se puede visualizar como en una carpeta de Windows en formato jpg.

La Tabla 7 relaciona la cantidad total de estructuras evaluadas, agrupadas por clases o tipo de obra.

TIPO DE OBRA	CONVENCIÓN	CANTIDAD
Bocatoma	B	1
Bocatoma artesanal	Ba	6
Bocatoma por mangueras	Bm	4
Compuerta	Co	1
Cp	Cp	1
Derivación	Dr	62
Toma predial	Tp	142
TOTAL		**217**

Tabla 7. Obras hidráulicas evaluadas
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.1.4. Levantamiento con GPS de comprobación y actualización de áreas de terreno y áreas cultivadas, para los predios que hacen uso de la corriente Rio Frio; actualización del estado jurídico.

El levantamiento de información predial para la actualización de áreas de terreno y áreas cultivadas en la zona de influencia del proyecto, utilizó como insumo base las

siguientes fuentes: Planos análogos aportados por usuarios, planos digitales en formato CAD, levantamiento con GPS y consulta de cartografía catastral del IGAC disponible en el Geoportal. (Codazzi, Geoportal-IGAC, 2014)

EL chequeo de áreas con GPS y comprobación de áreas cultivadas se llevó a cabo con el fin de obtener información veraz y de primera mano de la zona de estudio, ya que información consignada en el formato de encuesta por parte de los usuarios difiere notablemente a la registrada en la reglamentación anteriormente establecida, por lo que la necesidad de verificar este dato fue estricta en muchos casos. Con el fin de lograr claridad se contactó a los propietarios y se les solicitó información adicional para la ubicación geográfica del predio, además de esto para la verificación de áreas cultivadas se realizaron en campo actividades de inspección acompañados de un guía con pleno conocimiento de la zona, que junto con el propietario sirvieron indicar linderos y colindantes de los predios, para la posterior edición y ajuste de áreas, además de la elaboración de planos cartográficos temáticos. La ubicación geográfica de algunos predios también se obtuvo mediante la consulta de su cedula catastral y posterior ubicación en los productos IGAC disponibles en línea en el Geoportal.

Una vez recopilada toda la información predial se concluyó que en el área de estudio existe un alto porcentaje de desactualización e inconsistencias debido a cambios en la naturaleza física y jurídica de los predios, los cuales no han sido registrados ante la CAM para la actualización de concesiones; algunos predios han sido englobados o divididos parcialmente, la mayoría de los predios registra un área de terreno física que difiere del área de terreno descrita en los certificados de libertad y tradición de los predios. Todos los cambios identificados fueron actualizados para el desarrollo de este proyecto.

El total de área terreno chequeada con el procedimiento mencionado es de **788.88 ha** correspondiente a **144 predios**, de los cuales **4** de ellos no allegaron completa la documentación solicitada para ser incluidos en los procesos de reglamentación del cauce hidrico pero si hacen uso de ella; **8** manifestaron no estar interesados en la concension o no se lograrón localizar mediante labores de campo; de las solicitudes de concesion relaizadas **4** no tienen resuelta la situación jurídica de los terrenos, es decir los predios se encuentran en proceso de sucesión. (Ver ítem 1.4.1).

Tabla 8Tabla 8. Relación de predios, propietarios y áreas que hacen uso de la corriente hídrica Rio Frio Mpio Cgre
Fuente: FUNDISPROS, 2015

La Tabla 8 describe la lista total de predios y usuarios que hacen uso de la corriente hídrica localizada al término de este convenio (con o sin documentación) por acequias o derivaciones sobre el cauce principal del rio, además de información del área de terreno de los predios descrita en el certificado de libertad y tradición y el área final para la cual se concedio agua para labores de riego.

Los predios que hacen uso de la corriente hídrica con o sin concesión de aguas, poseen áreas de terreno que oscilan en el rango de **0,1066 ha** y **86,2048 ha**.
La distribución de tierras se caracteriza por estar concentrada en pequeñas áreas de terreno. La Figura 9 ilustra la distribución espacial de las áreas de terreno localizadas e identificadas y su distribución en el área de estudio.

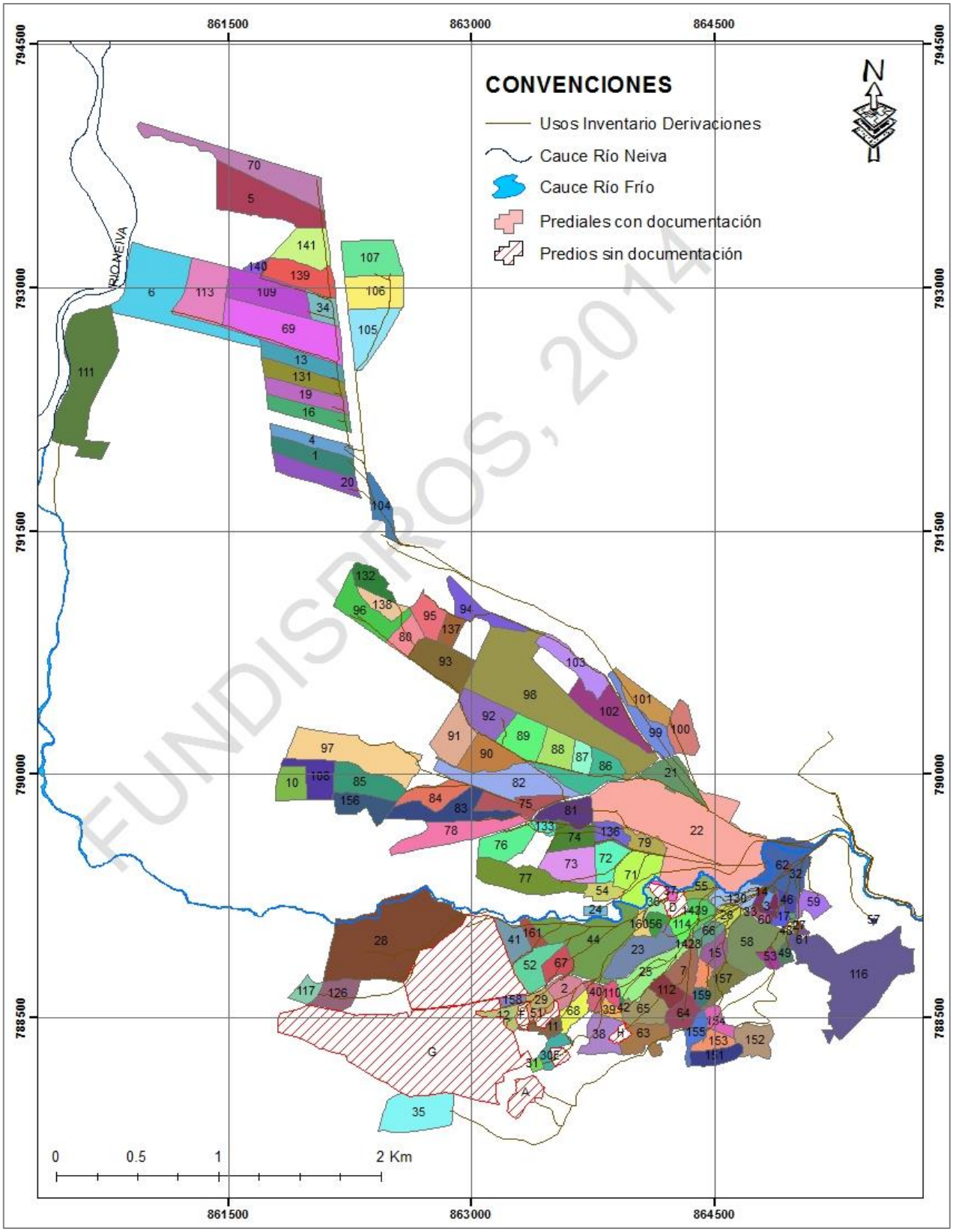


Figura 9. Distribución espacial de prediales para identificación de usos
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.2. IDENTIFICACIÓN DE USUARIOS

2.2.1. Censo de usuarios, entrega y diligenciamiento de formatos de encuestas: usos

Para la identificación de usuarios, se diseñó un formato de encuesta (Ver ***Anexo 2***) que resume y recoge información de relevancia en cuanto al uso actual del agua en los terrenos e información física y jurídica de predios y propietarios. Este formato se dirigió a todos los usuarios inscritos en la reglamentación anteriormente establecida (Res 2993 del 28-12-2006), o con concesión de aguas adquirida posteriormente mediante otros actos jurídicos, además de los nuevos que se identificaron durante las labores de reconocimiento en campo. Adicional al formato de encuesta, se solicitó documentación que respalde la información consignada en el formulario: certificado de libertad y tradición, factura de tasa por uso (CAM), certificado catastral.

Se recopilaron y procesaron en la base de datos **131 formatos de encuestas de usos**, la mayoría de usuarios de la reglamentación anteriormente establecida y otras que corresponden a los nuevos usuarios detectados mediante labores de inspección en campo o quienes realizaron actos jurídicos de desenglobe de predios.

La siguiente tabla describe con detalle la información de relevancia recolectada y procesada por predio, haciendo énfasis en el uso actual del suelo y el área destinada para ello; la tabla incluye aquellos predios que realizaron la solicitud de concesión de aguas, pero no se les otorgó debido a falta de documentación que acredite lo descrito en los formatos de encuesta.

ID	NOMBRE_PREDIO	CULTIVO	AREA (Ha)	PRODUCCION PECUARIA	No. CABEZAS	No_LAGOS DIMENSIONES	DOMESTICO	OTROS
1	LOTE – RANCHO DUQUE			PECES	5000	5000 M2 DE ESPEJO DE AGUA	20	
				VACUNAS PARIDAS	10			
				VACUNAS HORRAS	8			
				NOVILLOS	2			
				CRIAS HEMBRAS	3			
				CRIAS MACHOS	2			
				AVES	60			
				CERDOS	10			
2	LOTE VILLA AMPARO	CACAO	3.4	PECES	500	2 LAGOS DE 3M2 c/u	8	
3	LOTE EL DIAMANTE	CACAO	0.5					
4	PARCELA 1 PAN COGER O 14A - HOY "LAS PALMAS"	PIÑA	1.5	PECES	3000	2 LAGOS DE 500M2 c/u	5	
		MAIZ	1.5	AVES	200			
		FRUTALES	0.2	CRIAS HEMBRAS	2			
				VACUNAS HORRAS	2			
5	PARCELA NUMERO UNO C (1-C)	ARROZ	2	VACUNAS PARIDAS	5			
6	PARCELA NUMERO UNO G (1-G)	ARROZ	3	AVES	20		6	
				VACUNAS PARIDAS	1			
				NOVILLOS	2			
7	LOTE EL RECREO LOTE NUMERO TRES	CACAO	2.5					
8	LOTE VERSALLES LOTE NUMERO TRES	CACAO	0.30					
9	SAN ANTONIO	PASTOS	0.5	AVES	600			
		CACAO	0.5	PECES	8000	2 LAGOS DE 100M2 c/u ; 2 GOS DE 250M2 c/u; 1 LAGO DE 400M2	6	
10	MOLINO FLOR HUILA							INDUSTRIAL
11	LA POLINESIA PALMAR BAJO	CACAO	1.6					
12	LA CHAMBA	CACAO	1.5					
13	PARCELA NUMERO 20 A	TABACO	4	PECES	500	2 LAGOS DE 60M2 c/u	10	
14	LOS MINCHES	CACAO	1.5					
15	EL NOGAL	CACAO	3					
16	HOY PARCELA 7-A LA CASA	PASTOS	4.4	PECES	8000	3 LAGOS DE 20 * 20 METROS c/u	6	
17	EL TRIUNFO	CACAO	0.9					
18	LOTE EL PORVENIR	CACAO	0.5					
19	PARCELA NUMERO OCHO A	FRUTALES	0.5	PECES	1000	1 LAGO DE 1000 M2	7	
		PASTOS	3,0	AVES	70			

ID	NOMBRE_PREDIO	CULTIVO	AREA (Ha)	PRODUCCION PECUARIA	No. CABEZAS	No_LAGOS DIMENSIONES	DOMESTICO	OTROS
		MAIZ	1.0	CABALLOS	2			
				MULAS, ASNOS	2			
				NOVILLOS	5			
20	PARCELA NUMERO DOCE A (12 – A)	ARROZ	1.5	VACUNAS PARIDAS	2	1 LAGO DE 3000M2	4	
				VACUNAS HORRAS	3			
				CRIAS HEMBRAS	2			
				CRIAS MACHOS	2			
				AVES	70			
				PECES				
21	CASA HACIENDA POTOSI	FRUTALES	4.5				50	
22	LOTE 2 LOTE FINCA POTOSI	CACAO	10	PECES	2500	1 LAGO DE 100*50 MTS Y 2 LAGOS DE 18*14 MTS c/u	50	
		FRUTALES	10	CRIAS MACHOS	6			
				AVES	50			
				CRIAS HEMBRAS	3			
				VACUNAS PARIDAS	10			
				VACUNAS HORRAS	10			
				NOVILLOS	1			
23	LOTE VILLA CHULA	CACAO	5.0	PECES	7000	2 LAGOS DE 50*20 M2 c/u Y 2 LAGOS DE 30*12M2 c/u	4	
				VACUNAS PARIDAS	4			
				VACUNAS HORRAS	2			
				CRIAS HEMBRAS	2			
				CRIAS MACHOS	2			
24	EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE CAMPOALEGRE S.A. E.S.P.						45261	MUNICIPAL
26	SAN PEDRO	CACAO	1.7					
27	LA CACEROLA	CACAO	0.2					
28	BILBAO	TABACO	14	PECES	10000	7 LAGOS DE 12*30 METROS c/u	8	
		MAIZ	6	CABALLOS	2			
				VACUNAS PARIDAS	2			
				VACUNAS HORRAS	4			
				NOVILLOS	1			
				CRIAS HEMBRAS	2			
				AVES	30			
29	PUERTA BEJUCO							2 PISCINAS
30	LA CABAÑA	CACAO	2					

ID	NOMBRE_PREDIO	CULTIVO	AREA (Ha)	PRODUCCION PECUARIA	No. CABEZAS	No_LAGOS DIMENSIONES	DOMESTICO	OTROS
31	LA PALMA	CACAO	1.5					
32	LA PALMA Y LA CUÑA	CACAO	7.9	PECES		1 LAGO DE 42M3 Y OTRO DE 12.5M3		
33	EL CUADRO	FRUTALES	0.50	PECES	500	1 LAGO DE 10M *10M		
34	LOTE 2 LOTE SAN JUAN	ARROZ	1.9					
35	LOTE LOS LAGOS			PECES	130000 ALEVINOS Y PECES DE ENGORDE	1.5 HA DE ESPEJO DE AGUA		
36	EL VERGEL	CACAO	2.0					
38	EL AVISPERO	CACAO	4.4					
39	LA GUABINA	CACAO	1.5	VACUNAS PARIDAS	1			
				CRIAS HEMBRAS	1			
40	SANTA ROSA	CACAO	1.7	CRIAS MACHOS	1			
				VACUNAS PARIDAS	1			
41	LOTE N° 58 PARTICION COMUNIDAD EL PALMAR HOY RIO FRIO	ARROZ	3					
42	EL CHICHATÓ	CACAO	0.1					
43	GUALANDAY 2	CACAO	1.1					
44	LA TROJA HOY VALPARAISO	PASTOS	5	VACUNAS PARIDAS	9			
		CACAO	2	VACUNAS HORRAS	11			
		TABACO	5	NOVILLOS	1			
				CRIAS HEMBRAS	5			
				CRIAS MACHOS	4			
				AVES	53			
46	LAS BRISAS	CACAO	1.3					
47	EL TRIUNFO	CACAO	0.3					
48	LAS DELICIAS	CACAO	0.3					
49	LOTE LA POLONIA	CACAO	1.50	AVES	100			
				CERDOS	6			
50	LOTE GUALANDAY 1 LOTE NUMERO DOS	CACAO	0.8					
51	EL CAIMO HOY LOTE 100	CACAO	1.2					
52	LA DESPENSA	ARROZ	4.7					
53	EL PRESO, EL JARDIN HOY LA POLANIA	CACAO	1.1					
54	LA CEIBA	PASTOS	2	VACUNAS PARIDAS	5			
				VACUNAS HORRAS	7			
				NOVILLOS	1			

ID	NOMBRE_PREDIO	CULTIVO	AREA (Ha)	PRODUCCION PECUARIA	No. CABEZAS	No_LAGOS DIMENSIONES	DOMESTICO	OTROS
				CRIAS HEMBRAS	3			
				CRIAS MACHOS	2			
55	EL HIGUERON	CACAO	1.5					
		CACAO	0.5					
56	EL VERGEL	CACAO	1.5					
57	JUNTA ADMINISTRATIVA ACUEDUCTO DE LA VEREDA PALMAR BAJO MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE						1528	VEREDAL
58	LOTE EL JARDIN	CACAO	9.8					
59	SAN FRANCISCO	CACAO	3					
60	LOTE LA ROSCA	CACAO	0.3					
63	EL SANTUARIO	CACAO	2					
64	EL CHARRY	PASTOS	2					
65	CASANOVA	PASTOS	1.9	VACUNAS PARIDAS	15			
				VACUNAS HORRAS	2			
				CRIAS HEMBRAS	7			
				CRIAS MACHOS	8			
66	LOTE CEIBAS LOTE NUMERO UNO	CACAO	1.8					
67	RIO FRIO	CACAO	2.7					
68	EL TESORO	CACAO	1.7					
69	PARCELA NUMERO ONCE C (11-C)	ARROZ	7					
70	PARCELA NUMERO 18C	ARROZ	2					
71	LOTE 18C - EL RINCON(PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
72	LOTE 19C - LA VUELTA (PARCELACION POTOSÍI)	ARROZ	2.5					
73	LOTE 13C - EL TAPIZ (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
74	LOTE 04C - LA ESPERANZA (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	3.5					
75	LOTE 31C - EL LIMON (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	3.5					
76	LOTE 32B - LA RESERVA (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
77	LOTE 33B - EL TURPIAL (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
78	LOTE 29B - LA GRANJA (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5				10	
79	LOTE 20C - EL TOMO (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	2					
80	PREDIO 23D - MONTEA(PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	2.5					
81	LOTE 26B - LOS PINOS (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
82	PREDIO 12C - LAS NUBES (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
83	LOTE 30B - EL MANANTIAL (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
84	LOTE 37B - LOS ABEDULES (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
85	LOTE 28A - EL MOLINO (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					

ID	NOMBRE_PREDIO	CULTIVO	AREA (Ha)	PRODUCCION PECUARIA	No. CABEZAS	No_LAGOS DIMENSIONES	DOMESTICO	OTROS
86	LOTE 38B - LLANO TENDIDO (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
87	LOTE 16D - LA MINA (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	2.2				10	
88	LOTE 11E - BONAZA (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.2					
89	LOTE 08C - EL EDEN (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
90	LOTE 01C - EL TOPACIO (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
91	LOTE 25C -LA RECOMPENSA (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
92	LOTE 27C - LA FUENTE (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
93	PREDIO 24B - PREDIO EL PENTAGONO (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
94	LOTE 21C - LA MESA (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
95	LOTE 10D - LA ESTRELLA (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
96	LOTE 22A - LA LIBERTAD (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5				10	
97	LOTE 2C - BUENAVISTA (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
98	LOTE 35B -LA PERLA (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
99	LOTE 34B - EL VALSO (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
100	LOTE 17E - TRES ESQUINAS (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.4					
101	LOTE 06C - EL DESEO (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
102	LOTE 03C- EL SAMAN (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
103	LOTE 15D - BUENOS AIRES (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
104	LOTE 09B - EL IGUA (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	3.3					
105	LOTE 05C - EL CANAL (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
106	LOTE 07A - EL CAUCHO (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
107	LOTE 14A - LOS CAUCHOS (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	4.5					
108	LOTE MOLINO FLOR HUILA							INDUSTRIAL
109	LOTE NUMERO UNO	ARROZ	5					
110	LA GUABINA	CACAO	1					
111	PARCELA NUMERO DIEZ C	ARROZ	18					
112	LOTE EL MANDARINO LOTE No. 3	CACAO	2.6					
113	LA VITRINA (PARCELACION EL VISO)	ARROZ	1					
114	SANTANA	CACAO	3.3					
116	ARENALES SAN FRANCISCO Y EL PANTANO HOY ARENALES LOTE VILLA DEL SAHARA	CACAO	2	VACUNAS PARIDAS	6			
		PASTOS	3	VACUNAS HORRAS	2			
				NOVILLOS	10			
				CRIAS HEMBRAS	3			
				CRIAS MACHOS	4			

ID	NOMBRE_PREDIO	CULTIVO	AREA (Ha)	PRODUCCION PECUARIA	No. CABEZAS	No_LAGOS DIMENSIONES	DOMESTICO	OTROS
				PECES	700		1 LAGO DE 50M2 y 2 LAGOS DE 20M2 c/u	
117	LOTE BILBAO	ARROZ	2					
126	LOTE VERDUM	PASTOS	4	VACUNAS PARIDAS	4			
				VACUNAS HORRAS	5			
				CRIAS HEMBRAS	2			
				CRIAS MACHOS	3			
				NOVILLOS	1			
130	HUEJAS	CACAO	2.5	CABALLOS	1	3 LAGOS QUE SUMAN 7500 M2 DE ESPEJO DE AGUA	10	
		PASTOS	1	VACUNAS PARIDAS	2			
				CRIAS HEMBRAS	1			
				CRIAS MACHOS	1			
				CERDOS	2			
				AVES	100			
				PECES		3 LAGOS QUE SUMAN 7500 M2		
131	PARCELA NUMERO DIECISEIS A (16 A) LOTE VILLA LINA	CITRICOS	1.5	PECES	7000	1 LAGO DE 500M2		
		PASTOS	4.0	CABALLOS	4			
				VACUNAS PARIDAS	10			
				VACUNAS HORRAS	9			
				NOVILLOS	3			
				CRIAS HEMBRAS	6			
				CRIAS MACHOS	4			
				AVES	30			
				OVEJAS	4			
132	LOTE 19B - EL SENDERO (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	2.0					
133	LOTE 31D - LA MONEDA – LA ROCA (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	1.0					
136	LOTE 23C - LA YE (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	2.0					
137	LOTE 16C - LA CABAÑA (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	2.5				10	
138	PREDIO 20B -LOS NARANJOS (PARCELACION POTOSÍ)	ARROZ	2					
139	PREDIO CAMPAMENTO (PARCELCACION EL VISO)	ARROZ	3					
140	LOTE NUMERO UNO (1)	ARROZ	1.1					
141	LOTE NUMERO UNO EL CAMPAMENTO LOTE PEGUJAL 2	ARROZ	2.5					
142	LOTE VERSALLES LOTE NUMERO TRES	MARACUYA	0.08					

ID	NOMBRE_PREDIO	CULTIVO	AREA (Ha)	PRODUCCION PECUARIA	No. CABEZAS	No_LAGOS DIMENSIONES	DOMESTICO	OTROS
143	SAN ANTONIO	CACAO	0.5					
		PASTOS	0.5					
151	LOTE EL SALERO	CACAO	1.5					
152	LOTE LA CASONA	CACAO	3.0					
153	LOTE PALO NEGRO	CACAO	1.5					
154	LOTE AGUA FRIA	CACAO	1.5					
155	LOTE CARACOLÍ	CACAO	1.5					
156	LOTE LA LABRANZA	CACAO	3.0					
157	EL GUADUAL 1	CACAO	3.0					
		PASTOS	0.1					
158	LA CHAMBA	CACAO	0.50					
159	LOTE GUALANDAY 2 LOTE NUMERO DOS	CACAO	1.1					
160	LOTE EL LIMON	CACAO	1.0					
161	LOTE RIO FRIO LA ENTRADA	PASTOS	1.0					

Tabla 9. Descripción de usos por predios localizados e identificados en el proceso de reglamentación del cauce hídrico
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Según documentación aportada por usuarios el estado físico de algunos predios cambio es decir, se realizaron actos de englobes y desenglobes en los predios de esta zona; también se registran algunas actividades jurídicas como actos de compraventa, los cuales también se registraron en la base de datos actualizada para el desarrollo de ese proyecto. Algunos de los usuarios reportaron verbalmente actos de compraventa de los predios, pero finalmente no allegaron la documentación que respalda el proceso jurídico por lo que no fue posible su actualización y su inclusión en forma independiente en la base de datos de la CAM como lo ordena el artículo 51 del decreto 1541de 1978 " *En caso de que se produzca la tradición del predio beneficiado con una concesión, el nuevo propietario, poseedor o tenedor, deberá solicitar el traspaso de la concesión de los (60) sesenta días siguientes, para lo cual presentará los documentos que lo acrediten como tal y los demás que se le exijan con el fin de ser considerado como nuevo titular de la concesión*"

La Tabla 10 describe los nuevos usuarios identificados mediante labores de reconocimiento de campo, división física y legal de los predios, reporte de lugareños o por solicitud directa de los propietarios, quienes allegaron la documentación y se incluyeron en el proyecto de distribución de caudales.

ID	NOMBRE PREDIO	PROPIETARIO	DERIVACIÓN
21	CASA HACIENDA POTOSÍ	AGROPECUARIA FERRO TRIANA & CIA. LTDA	TERCERA DERIVACIÓN PRIMERA DERECHA (3D1D) - ACEQUIA POTOSÍ - EL VISO (RAMAL IZQUIERDO)
34	LOTE 2 LOTE SAN JUAN	GONZALO GUTIÉRREZ GARZÓN	TERCERA DERIVACIÓN PRIMERA DERECHA (3D1D) - ACEQUIA POTOSÍ - EL VISO (RAMAL DERECHO)
35	LOTE LOS LAGOS	JAVIER GUTIÉRREZ TRIANA	SEGUNDA DERIVACIÓN SEGUNDA IZQUIERDA (2D2I) - ACEQUIA LA ENCINADA
54	LA CEIBA	NORBERTO ALFONSO PERDOMO SÁNCHEZ	CUARTA DERIVACIÓN SEGUNDA DERECHA (4D2D) - ACEQUIA CHURUMBELO (RAMAL IZQUIERDO)
63	EL SANTUARIO	REINALDO CAMACHO LEAL	QUINTA DERIVACIÓN TERCERA IZQUIERDA (5D3I) - ACEQUIA LA LOZADA (RAMAL IZQUIERDO)
64	EL CHARRY	REINALDO CAMACHO LEAL	QUINTA DERIVACIÓN TERCERA IZQUIERDA (5D3I) - ACEQUIA LA LOZADA (RAMAL IZQUIERDO)
65	CASANOVA	REINALDO CAMACHO LEAL	QUINTA DERIVACIÓN TERCERA IZQUIERDA (5D3I) - ACEQUIA LA LOZADA (RAMAL IZQUIERDO)
67	RIO FRIO	MYRIAN LOSADA DE MURILLO	QUINTA DERIVACIÓN TERCERA IZQUIERDA (5D3I) - ACEQUIA LA LOZADA (RAMAL DERECHO)
108	LOTE MOLINO FLOR HUILA	MOLINOS FLORHUILA S.A.	CUARTA DERIVACIÓN SEGUNDA DERECHA (4D2D) - ACEQUIA CHURUMBELO (RAMAL DERECHO)
111	PARCELA NUMERO DIEZ C	ROSEL RUBIANO DE MÉNDEZ	SÉPTIMA DERIVACIÓN CUARTA DERECHA (7D4D) - BOMBEO PREDIO EL BALSO
126	LOTE VERDUM	MARÍA ESPERANZA GARCÍA RAMÍREZ	SEXTA DERIVACIÓN CUARTA IZQUIERDA (4D4I) - ACEQUIA LA QUINTA
130	HUEJAS	PEDRO ESPARZA ARCINIEGAS	SEGUNDA DERIVACIÓN SEGUNDA IZQUIERDA (2D2I) - ACEQUIA LA ENCINADA
140	LOTE NUMERO UNO (1)	GINA PAOLA GONZALES FIERRO	TERCERA DERIVACIÓN PRIMERA DERECHA (3D1D) - ACEQUIA POTOSÍ - EL VISO (RAMAL DERECHO)
156	LOTE LA LABRANZA	ELISA ROCHA DE LOSADA	CUARTA DERIVACION SEGUNDA DERECHA (4D2D) - ACEQUIA CHURUMBELO (RAMAL DERECHO)
160	LOTE EL LIMON	CARLOS ALBERTO RODRIGUEZ ORTIZ	QUINTA DERIVACION TERCERA IZQUIERDA (5D3I) - ACEQUIA LA LOZADA (RAMAL DERECHO)
161	LOTE RIO FRIO LA ENTRADA	EDAURDO MORENO QUINTERO Y OTRO	QUINTA DERIVACION TERCERA IZQUIERDA (5D3I) - ACEQUIA LA LOZADA (RAMAL DERECHO)

Tabla 10. Usuarios nuevos detectados mediante labores en campo
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Dos de los predios localizados e identificados en labores de campo realizan las labores de riego por medio de dos derivaciones directas sobre el cauce principal del rio, por lo que se les asigan dos concesiones de agua y se dividen en dos las areas de terreno y usos reportada, estos predios son :

ID	NOMBRE DEL PREDIO	PROPIETARIO	DERIVACIÓN
8	LOTE VERSALLES LOTE NUMERO TRES	JORGE OLIMPO GONZALES CORONADO	SEGUNDA DERIVACION SEGUNDA IZQUIERDA (2D2I) - ACEQUIA LA ENCINADA
142	LOTE VERSALLES LOTE NUMERO TRES	JORGE OLIMPO GONZALES CORONADO	QUINTA DERIVACION TERCERA IZQUIERDA (5D3I) - ACEQUIA LA LOZADA (RAMAL IZQUIERDO)
9	SAN ANTONIO	MATILDE OSORIO RUIZ	SEGUNDA DERIVACION SEGUNDA IZQUIERDA (2D2I) - ACEQUIA LA ENCINADA
143	SAN ANTONIO	MATILDE OSORIO RUIZ	QUINTA DERIVACION TERCERA IZQUIERDA (5D3I) - ACEQUIA LA LOZADA (RAMAL IZQUIERDO)

Tabla 11. Predios que realizan labores de riego por dos derivaciones del río
Fuente: FUNDISPROS, 2014

El siguiente predio realiza las labores de riego por la misma derivacion sobre el cauce principal del rio, pero con dos subderivaciones

ID	NOMBRE DEL PREDIO	PROPIETARIO	DERIVACIÓN
55	EL HIGUERON	OLIVERIO FIERRO BARREIRO	QUINTA DERIVACION TERCERA IZQUIERDA (5D3I) - ACEQUIA LA LOZADA (RAMAL DERECHO)
			QUINTA DERIVACION TERCERA IZQUIERDA (5D3I) - ACEQUIA LA LOZADA (RAMAL IZQUIERDO)

Tabla 12. Predio que realizan labores de riego por dos Subderivaciones
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La siguiente tabla la relaciona la lista de usuarios que tienen concesión de agua según Reglamentación 2993 de 2006 pero no presentaron completa la documentación necesaria para el proceso de actualización de predios, pero si usan las aguas de la corriente hídrica Río Frio para surtir sus necesidades de riego, a pesar de los insistentes llamados no aportaron la información suficiente, por lo que no quedaron inscritos en el nuevo proyecto de distribución de caudales, pero si quedaron considerados los usos que realizan del agua y sus requerimientos de caudal para el momento que deseen realizar su solicitud de concesión.

ID	PREDIO	PROPIETARIO	OBSERVACIÓN	
33	CESAR CASTRO ALVARADO	EL CUADRO	Frutales 0.50 ha; piscicultura 100 m2	El formulario de solicitud de concesión se diligenció a nombre de Cesar Castro Alvarado quien es el propietario actual del predio según información recopilada en campo por compra que hizo a Oliverio Fierro Barreiro anterior propietario. La solicitud la firmo el administrador del predio el señor Carlos Augusto Polania y se verificó que lo reportado es lo que tiene actualmente cultivado. Los propietarios no allegaron la documentación completa, por lo que no aparecen en el cuadro de distribución pero si se tiene en cuenta su solicitud en el estudio de demanda y se les reserva el agua.
37	EL MADROÑO	PEDRO IGNACIO DÍAZ RIVERA	Cacao 1 ha	El formulario de solicitud de concesión lo diligenció y firmó el señor Pedro Ignacio Díaz Rivera quien es el propietario actual del predio pero no allegó la documentación necesaria para la solicitud de concesión por lo que no aparecen en el cuadro de distribución pero si se tiene en cuenta su solicitud en el estudio de demanda y se les reserva el agua. En la encuesta solicita concesión para 1 ha de cacao.

53	MERCEDES FIERRO MEDINA SUC. SIXTO AURELIO FIERRRO MEDINA	EL PRESO, EL JARDÍN HOY LA POLANIA	Cacao 1.5 ha	El formulario de solicitud de concesión lo diligenció y firmó la señora Mercedes Fierro Medina quien según información recopilada en campo hace parte de la sucesión de Oliva Medina de Fierro quien era la anterior propietaria del predio la Polania con concesión de agua para riego de 1.5 ha de cacao, la cual es la misma área que se reporta en la solicitud de concesión. La propietaria no allegó ningún tipo de documento que acredite la titularidad del predio por lo que no aparecen en el cuadro de distribución pero si se tiene en cuenta su solicitud en el estudio de demanda y se les reserva el agua.
113	MARIANA RIVERA	LA VITRINA (PARCELACIÓN EL VISO)	Arroz 1.0 ha	El formulario de solicitud de concesión lo diligenció y firmó la señora Marian Rivera quien es la propietaria actual del predio según información recopilada en campo, pero no allegó la documentación necesaria para la solicitud de concesión por lo que no aparecen en el cuadro de distribución pero si se tiene en cuenta su solicitud en el estudio de demanda y se les reserva el agua. En la encuesta solicita concesión para 1 ha de arroz.

Tabla 13. Usuarios de la anterior reglamentación que no presentaron los documentos solicitados pero si usan las aguas de rio Frío para labores de riego
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Algunos de los propietarios de los predios que requieren concesión de agua no han resuelto la situación jurídica o titularidad de los predios, es decir aún se encuentran en proceso de sucesión por lo que no se hace pública la asignación de caudal en el proyecto de distribución, pero si se tiene en cuenta el área cultivada para el estudio de demanda, es decir el caudal de agua se les reserva hasta tanto resuelvan la titularidad del inmueble; la relación de predios se describe a continuación.

ID	PROPIETARIO	NOMBRE DEL PREDIO	SOLICITUD E CONCESIÓN	OBSERVACIÓN
61	ROMELIA CALIMAN	CLAVELINO	Cacao 0.2 ha; aves 60; Alberca de 9 m2	La solicitud de concesión se diligenció a nombre de Romelia Caliman, pero no allegaron la documentación necesaria que soporte la titularidad de este predio, solo anexaron un recibo de impuesto predial. Al realizar la revisión de los datos en campo y oficina se identificó que el predio no tiene los documentos jurídicos en regla y además la posesión está en proceso de sucesión, por lo que no aparecen en el cuadro de distribución pero si se tiene en cuenta su solicitud en el estudio de demanda y se les reserva el agua.
62	ROMELIA CALIMAN	EL REFUGIO	Cacao 0.2 ha	El predio tiene según reglamentación anteriormente establecida (res 2993 de 28-12-06) concesión de agua para 0.25 ha de cacao; la actual solicitud se realiza para 0.2 ha de cacao igual al área del predio descrita en recibo de impuesto predial expedido por la secretaria de hacienda de Campoalegre. La solicitud de concesión se diligenció a nombre de Romelia Caliman, pero no allegaron la documentación necesaria que soporte la titularidad de este predio, solo anexaron un recibo de impuesto predial. Al realizar la revisión de los datos en campo y oficina se identificó que el predio no tiene los documentos jurídicos en regla y además la posesión está en proceso de sucesión, por lo que no aparecen en el cuadro de distribución pero si se tiene en cuenta su solicitud en el estudio de demanda y se les reserva el agua.

51	HEREDEROS DETERMINADOS DE CHAVARRO LUIS ENRIQUE	EL CAIMO HOY LOTE 100	Cacao 1.2	El predio tiene según reglamentación anteriormente establecida (res 2993 de 28-12-06) concesión de agua para 3,0 ha de cacao. En la actual encuesta agropecuaria usuario solicita agua para riego de 1,2900 ha de cacao, igual al área descrita en el certificado de libertad y tradición registrado bajo el folio de matrícula inmobiliaria no. 200-76311. Al realizar la revisión de los datos en campo y oficina se identificó que el predio no tiene los documentos jurídicos en regla y está en proceso de sucesión

Tabla 14. Usuarios con predios sin situación jurídica resuelta
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La siguiente tabla describe los usuarios inscritos en la anteriormente establecida (Res 2993 de 2006) que no se lograron ubicar mediante labores de inspección en campo, además de aquellos que manifestaron no estar interesados en conservar la concesión aunque utilicen el agua del cauce hídrico esporádicamente para labores de riego, estos predios también fueron tenidos en cuenta en la demanda del caudro de distribución de caudales para el momento en el que deseen solicitar la concesión con las mismas áreas cutivadas de la reglamentación anterirmente establecida.

ID	PREDIO	PROPIETARIO	OBSERVACIÓN
144	BÉLGICA Y SAN FRANCISCO (A)	HERNANDO CHAVARRO	NO ALLEGARON LOS DOCUMENTOS SOLICITADOS PARA LA ACTUALIZACIÓN; EL PREDIO SE IDENTIFICÓ Y GEORREFERENCIO MEDIANTE LABORES DE CAMPO.
145	PREDIO EL RETIRO (D)	SUC. LEONOR FALLA LOZADA	EL PROPIETARIO DEL PREDIO MANIFIESTA NO ESTAR INTERESADO EN LA CONCESIÓN DE AGUA Y SE REHÚSA A PRESENTAR LA DOCUMENTACIÓN REQUERIDA PARA EL PROCESO DE ACTUALIZACIÓN; EL PREDIO SE IDENTIFICÓ Y GEORREFERENCIO MEDIANTE LABORES DE CAMPO.
146	PREDIO EL MANANTIAL (E.)	LUIS EDUARDO ORTIZ CASTAÑEDA Y DIOSELINA LOZADA GONZÁLEZ	NO ALLEGARON LOS DOCUMENTOS SOLICITADOS PARA LA ACTUALIZACIÓN, PERO SE IDENTIFICÓ Y GEORREFERENCIO EL PREDIO MEDIANTE LABORES DE CAMPO
147	EL DINDE (F)	ENRIQUE CHAVARRO GUEVARA	NO ALLEGARON LOS DOCUMENTOS SOLICITADOS PARA LA ACTUALIZACIÓN; EL PREDIO SE IDENTIFICÓ Y GEORREFERENCIO MEDIANTE LABORES DE CAMPO.
148	VERDUM-LOTE LEÓN (G)	HERMOGENES PERDOMO	EL PROPIETARIO DEL PREDIO MANIFIESTA NO ESTAR INTERESADO EN LA CONCESIÓN DE AGUA Y SE REHÚSA A PRESENTAR LA DOCUMENTACIÓN REQUERIDA PARA EL PROCESO DE ACTUALIZACIÓN; EL PREDIO SE IDENTIFICÓ Y GEORREFERENCIO MEDIANTE LABORES DE CAMPO
149	PREDIO PLACITAS (H)	SUC. FERNANDO POVEDA	NO ALLEGARON LOS DOCUMENTOS SOLICITADOS PARA LA ACTUALIZACIÓN, PERO SE IDENTIFICÓ Y GEORREFERENCIO EL PREDIO MEDIANTE LABORES DE CAMPO
	PREDIO SANTA ROSA	GILMA ROCHA DE TRUJILLO	LA PROPIETARIA DEL PREDIO MANIFIESTA NO ESTAR INTERESADA EN LA CONCESIÓN DE AGUA Y SE REHÚSA A PRESENTAR LA DOCUMENTACIÓN REQUERIDA PARA EL PROCESO DE ACTUALIZACIÓN.

LOTE BILBAO	HERMOGENES PERDOMO	EL SEÑOR HERMOGENES PERDOMO MANIFIESTA QUE EL PREDIO YA NO ES DE SU PROPIEDAD, Y SE ENCUENTRA EMBARGADO POR LA DIAN.
LA PRIMAVERA	ORLANDO CUADRADO	EL ACTUAL PROPIETARIO ES EL SEÑOR NELSON GARCÍA IDENTIFICADO CON CEDULA DE CIUDADANÍA 83.087.275 Y MANIFIESTA EN NO ESTAR INTERESADO EN CONSERVAR LA CONCESIÓN DE AGUA.

Tabla 15. Usuarios inscritos en reglamentación anteriormente establecida que no se lograron localizar y quienes manifestaron no estar interesados en obtener concesión de aguas
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.3. CLIMATOLOGÍA Y REQUERIMIENTOS HÍDRICOS

OBJETIVO

- Calcular los requerimientos hídricos- demanda de agua para tres cultivos de vocación de la zona en tres fases de desarrollo vegetativo para cada mes.

En el alcance del presente capítulo se busca caracterizar climatológicamente la cuenca hidrográfica del Rio Frio, mediante el análisis de cada uno de los factores que determinan el clima considerando como de mayor importancia la precipitación y la temperatura, ya que dichos factores definen en buena parte el régimen climático presente en la zona, es decir precisa los meses del año en los que las precipitaciones son altas y en los que se esperan eventos de tipo torrencial en la fuente y aquellos en los que estas disminuyen considerablemente hasta llegar a hacerse nulas, que serían los meses en los que lo caudales de la fuente disminuirían y los requerimientos de riego de los cultivos implantados en la zona aumentan

Considerando lo mencionado anteriormente, el capítulo de climatología es insumo esencial para la estimación del comportamiento de los caudales (máximos, mínimos y medios) y la determinación de los requerimientos hídricos de los cultivos establecidos en la cuenca hidrográfica del Rio Frio

De esta forma y para dar cumplimiento a los alcances del capítulo se llevaran a cabo las actividades mencionadas a continuación

2.3.1. Metodología Para El Desarrollo Del Estudio

1) **Recopilación y análisis de información:** información primaria y secundaria obtenida mediante un reconocimiento de la zona (visita de campo) e información derivada de las diferentes solicitudes tanto a entidades privadas como públicas relacionadas con el clima de la región.

2) **Definición y caracterización del área de estudio:** Considerando la información recopilada y relaciona con la cuenca hidrográfica del Rio Frio, se caracteriza el área de estudio.

3) **Ubicación de estaciones de utilidad:** Con la ayuda de la información contenida en el catálogo Nacional de Estaciones del IDEAM y luego de trazar los polígonos de Thiessen en el área, se escogen aquellas estaciones que se consideran de utilidad para los alcances del capítulo.

4) **Análisis de parámetros climáticos:** considerando la información reportada por la estaciones identificadas dentro de la zona o en aproximaciones a ella,

en las que se registren la variabilidad temporal de los distintos parámetros que definen el clima, se analizaran y caracterizaran con el fin de indicar el régimen que se presenta.

5) **Estudio de Precipitaciones:** Obteniendo los registros de las precipitaciones decadales, se realizará el estudio de precipitaciones, determinando la precipitación con la probabilidad de ocurrencia del 50% y 75%.

6) **Evapotranspiración Potencial:** según el modelo que más se ajuste a la disponibilidad de información climatológica obtenida, se calcula la evapotranspiración potencial.

7) **Determinación de Requerimientos Hídricos para Uso Agrícola:** se determinarán los requerimientos hídricos considerando las unidades cartográficas identificadas, las condiciones del clima y los cultivos identificados en la cuenca Hidrográfica del Rio Frio.

8) **Determinación de Requerimientos Hídricos para Pecuario:** A partir de la dotación de agua diaria por cabeza se estimarán los requerimientos hídricos para cada una de las especies identificadas en la cuenca Hidrográfica del Rio Frio.

9) **Determinación de Requerimientos Hídricos para Uso Humano:** Se realizará la proyección de crecimiento de la población con el fin de estimar la demanda para un periodo de diseño establecido. Para ello se aplicará la metodología expuesta en el RAS, 2000, para cada uno de los acueductos localizados en la cuenca Hidrográfica del Rio Frio y que capten sus aguas de dicha fuente.

En la **Figura 10** se resume el proceso metodológico.

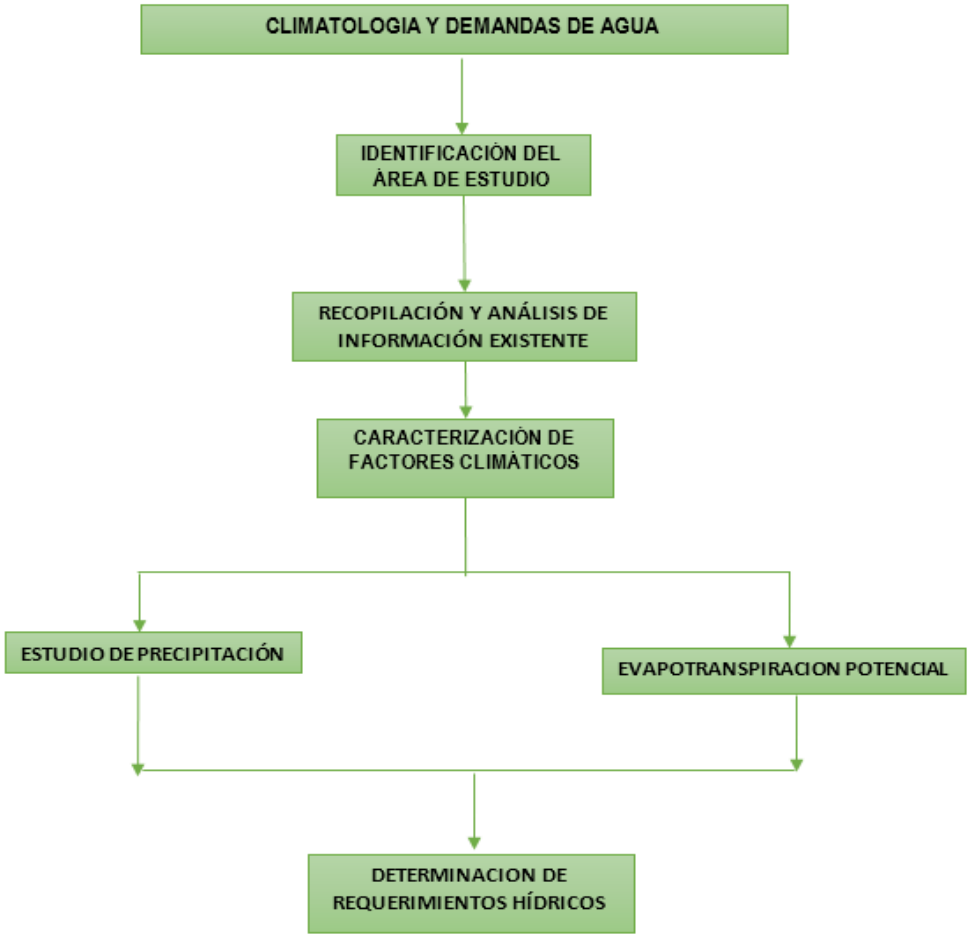


Figura 10. Modelo tipo del estudio climatológico.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.3.2. Recopilación Y Análisis De Información Básica Para El Desarrollo Del Estudio

Para la evaluación de las características principales de dicha cuenca, se empleará información de tipo primaria y secundaria. En este sentido, el proceso y las fuentes consultadas se relacionan a continuación.

- **Envió de Correspondencia**

  Mediante la realización, envió y radicación de oficios dirigidos a entidades con jurisdicción en el municipio de Campoalegre, se requirió información enfocada en la caracterización de la zona de estudio. A continuación se describen las instituciones y la información solicitada.

- ✓ **Alcaldía municipal de Campoalegre:** se solicitó el plan básico de ordenamiento territorial, cartografía básica, zonificación de suelos y uso potencial del suelo.

- ✓ **Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM:** se solicitó estudios de suelos, climatología, hidrología, calidad de aguas, uso del suelo, Geología, cartografía, área de influencia, listado de usuarios de la fuente con sus respectivas concesiones, vertimientos y aforos.

- **Documentación bibliografía**

Se recopila información bibliográfica con el fin de dar soporte teórico a la metodología que será aplicada durante el estudio climatológico y de demandas de agua. Así, toda la información recopilada y las fuentes consultadas se enuncian a continuación en la Tabla 16.

- ✓ Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Campoalegre. Alcaldía Municipal del Municipio de Campoalegre, 2005

- ✓ Plan de Ordenación y manejo de la Cuenca Alta del Rio Magdalena (POMAN) CAM, 1997.

- ✓ Información Cartográfica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC; las Planchas 345-II-A, 345-II-C y 345-II-D a Escala 1:25000.

- ✓ Catálogo nacional de estaciones, IDEAM, 2014.

- ✓ Registros Climatológicos e Hidrológicos suministrados por el IDEAM, 1994-2013.

FICHA BIBLIOGRÁFICA	LUGAR	FORMATO	CALIFICACIÓN
APARICIO M, Francisco Javier. Fundamentos de hidrología de Superficie. México D.F., 1987, p. 113; p. 142 – 143. Disponible en línea : **http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/adamoreno/HIDRO/Fundamentos_de_hidrologia_de_superficie_-_Aparicio.pdf** [Citado el 18 de abril de 2014]	Internet	Magnético .pdf	Excelente
ALCALDIA MUNICIPAL DEL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE, Plan Básico de	Alcaldía de Campoalegre	Magnético .pdf	Buena

FICHA BIBLIOGRÁFICA	LUGAR	FORMATO	CALIFICACIÓN
Ordenamiento Territorial del Municipio de Campoalegre. Campoalegre, Huila. 2005.			
CORPORACION AUTONOMA DEL ALTO MAGDALENA. Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Alta del Rio Magdalena. Neiva, Huila. 1997.	Base de Datos FUNDISPROS-CAM	Magnético .pdf	Buena
IDEAM. Catálogo nacional de estaciones del IDEAM. 2014.	Banco de información FUNDISPROS	Magnético .pdf	Excelente
INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Plancha del Municipio de Campoalegre. Escala 1:25000. Planchas, (345-II-A, 345-II-C y 345-II-D)	Banco de información FUNDISPROS	Magnético .dwg	Excelente

Tabla 16. Información recopilada para el desarrollo del estudio.
FUENTE: FUNDISPROS, 2014

2.3.3. Definición Y Caracterización Del Area De Estudio

La Zona de estudio hace referencia a la cuenca hidrográfica del Rio Frio y se encuentra ubicada en el municipio de Campoalegre en las estribaciones de la cordillera oriental en el sector de la Siberia, a los 2°39´48.7”N y 75°12´33.4”W .La fuente principal nace a una altura de 2675 m.s.n.m. y desemboca en el rio Neiva a los 2°43´2.8”N y 75°20´11.4”W a una altura de 500 m.s.n.m.

La caracterización climática se realizará considerando entonces la totalidad de la cuenca hidrográfica del rio Frio y las estaciones meteorológicas que presentan influencia en ella.

2.3.4. Ubicación De Estaciones Meteorológicas De Utilidad

Determinada el área de influencia de la cuenca hidrográfica, y a partir de la información suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM en el catálogo nacional de estaciones (2013), se realizó el inventario de estaciones meteorológicas que se encontraban cerca de la zona de estudio, seleccionando aquellas que según los polígonos de Thiessen trazados presentaban influencia.

Las estaciones seleccionadas se relacionan en la Tabla 17, donde se referencia sus principales características como: Localización geográfica, tipo de estación, etc.

Nº	ESTACIÓN	MUNICIPIO	TIPO	DPTO.	COORDENADAS	ELEV. (m.s.n.m.)
1	Hda Potosí	Campoalegre	CO	Huila	864206.58 mE – 790004.2 mN	680
2	Nuevo Paraíso	Campoalegre	PM	Huila	874452.02 mE – 780977.4 mN	1525
CO: Climatológica Ordinaria PM: Pluviométrica						

Tabla 17. Inventario de estaciones meteorológicas localizadas cerca de la zona de estudio.
FUENTE: IDEAM, 2014

Se aclara que sobre el Rio Frio no se localizan estaciones de tipo hidrométrico que relacionan diariamente los caudales presentes en la fuente.

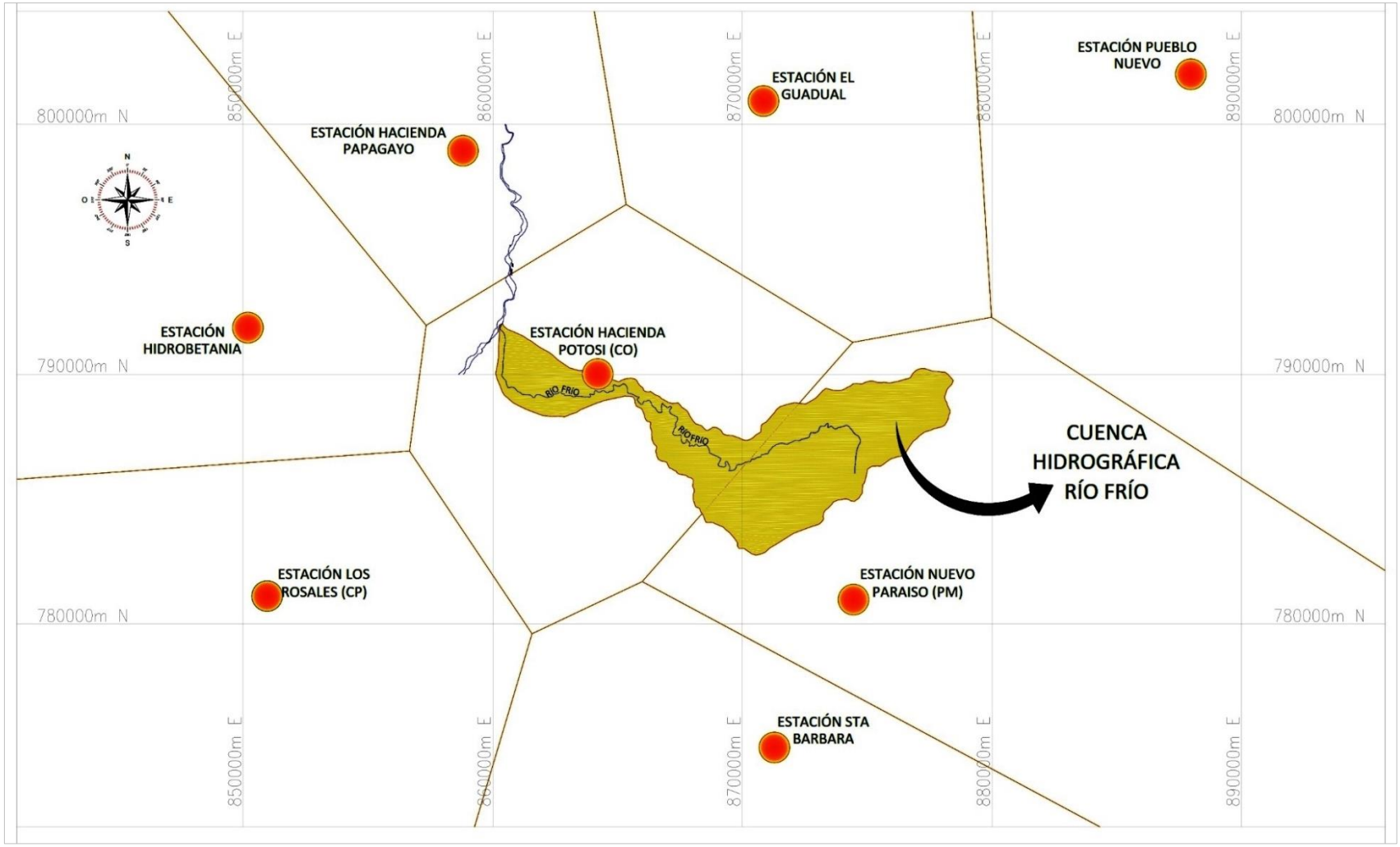


Figura 11. Polígonos de Thiessen y localización espacial de estaciones meteorológicas
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.3.5. Análisis De Parámetros Climáticos

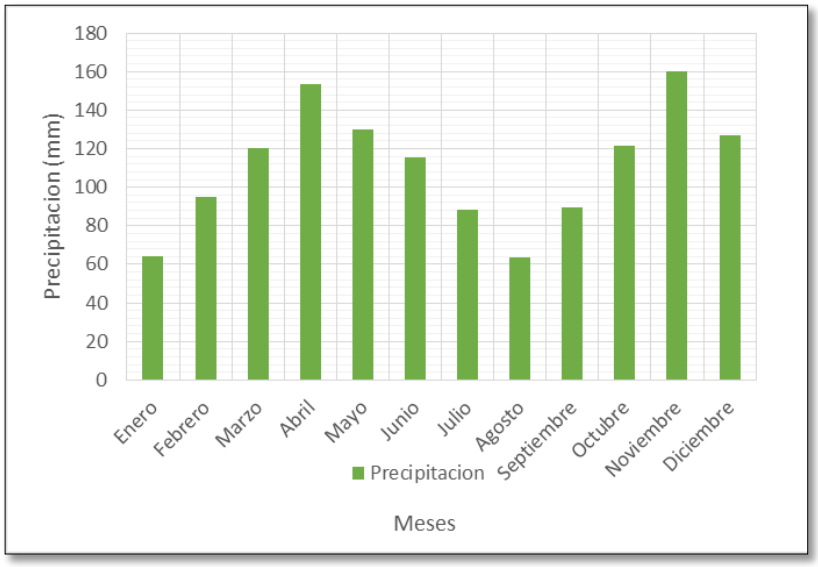
- **Análisis de Precipitación**

El parámetro precipitación es el principal aporte de agua en la superficie terrestre, y sus medidas son el punto de inicio para la mayoría de los estudios que correspondan al uso y control del recurso hídrico. Su importancia radica en que partir de su régimen se identifican periodos relacionados con déficit hídrico en el suelo o periodos de saturación del mismo y la ocurrencia de eventos de tipo torrencial.

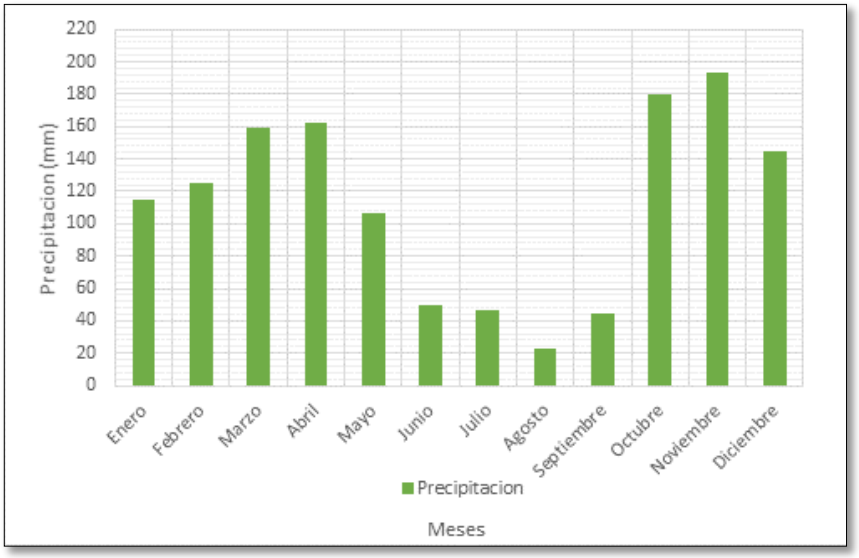
El análisis de precipitación que se llevará a cabo en el presente capítulo, se realizara a partir de la información recopilada de la estación Pluviométrica Nuevo Paraíso y climatológica Ordinaria Hacienda Potosí para un periodo representativo del comportamiento de las lluvias en la zona, que corresponden a los años 2002 a 2013 y 1994 – 2013 respectivamente.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic	Valor Anual
Est. Nuevo Paraíso	64.42	95.22	120.58	153.42	130	115.67	88.58	63.83	89.38	121.75	160.25	126.67	1329.76
Est. Hacienda Potosí	114.99	125.47	158.75	161.95	106.53	49.4	46.59	22.97	44.59	179.49	193.25	144.25	1348.19

Tabla 18. Distribución Mensual de Precipitación de las Estaciones Útiles
Fuente: IDEAM, 2014



Gráfica 1. Distribución Mensual de Precipitación De La Estación Nuevo Paraíso.
Fuente: FUNDISPROS, 2014



Gráfica 2. Registros medios diarios de precipitación de la estación Hacienda Potosí.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Considerando lo establecido en la Gráfica 1 y Gráfica 2 se tiene que el régimen de precipitaciones presente en la zona es de tipo bimodal, con dos periodos de lluvia y dos de estiaje bien diferenciados entre sí.

Según los registros de la estación Nuevo Paraíso, el primer periodo de altas precipitaciones se presenta entre marzo y junio y los valores medios mensuales registrados oscilan entre 120.58 y 153.42 mm, el segundo periodo de características similares está comprendido entre los meses de Octubre a Diciembre con valores medios de precipitación que varían entre 121.75 y 160.25 mm. La primera época de estiaje se presenta en los meses de enero y febrero con valores medios mensuales de precipitación de 64.42 y 95.22 mm respectivamente y el segundo periodo de bajas precipitaciones se presenta entre los meses de julio a septiembre con valores medios mensuales de precipitación de 63.83 y 89.38mm.

En la estación Hacienda Potosí la primera época de altas precipitaciones se presenta entre los meses de marzo y abril con valores promedios mensuales de precipitación iguales a 158.75 y 161.95 mm respectivamente, la segunda época de lluvias está comprendida entre los meses de Octubre y Diciembre con valores promedios mensuales de precipitación que oscilan entre 144.25 y 193.25mm. La primera época de estiaje se presenta en los meses de enero y febrero con valores de 114.99 y 125.47mm respectivamente; y la segunda época de estiaje más prolongada se presenta en los meses entre mayo y septiembre con valores medios mensuales que oscilan entre 22.97 y 106.53mm.

Considerando lo anterior se espera entonces que los mayores requerimientos hídricos de los cultivos se presenten en la mitad del año que es la época en las que según las dos estaciones se registran las menores precipitaciones.

- **Análisis de Temperatura**

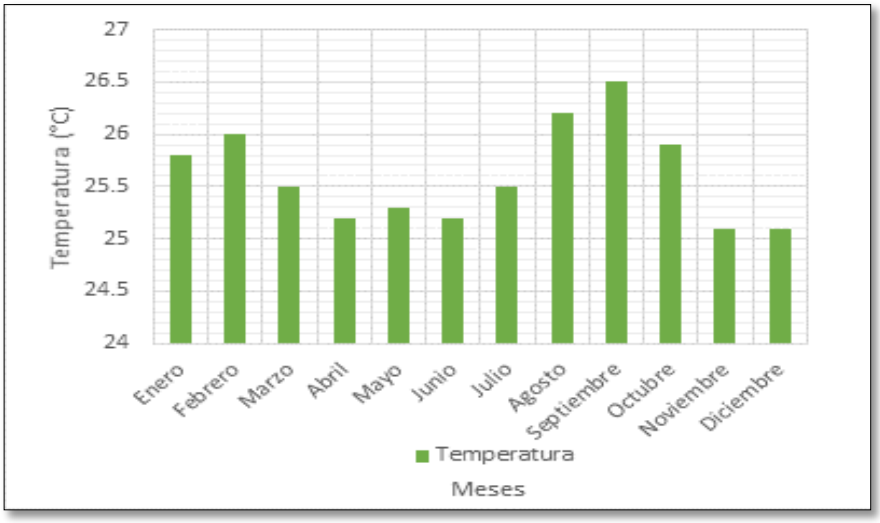
La temperatura se considera como uno de los parámetros climáticos de mayor importancia por que controla el nivel de evaporación, humedad relativa y la dirección de los vientos. También influyen en los factores biológicos, hidrológicos y económicos de una región. Esta depende de factores como la fuerza y dirección del viento, la altitud, la inclinación de los rayos solares y la altura sobre el nivel del mar.

Los datos obtenidos de la temperatura del área de estudio se caracterizaran a partir de los registros mensuales obtenidos en la estación climatológica Ordinaria Hacienda Potosí.

De esta manera, los registros medios mensuales de temperatura se relacionan en la Tabla 19 y se representa en la Gráfica 3.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Valor anual
Temp. (°C)	25.8	26	25.5	25.2	25.3	25.2	25.5	26.2	26.5	25.9	25.1	25.1	25.6

Tabla 19. Registros de temperatura media mensual multianual de la estación Hacienda Potosí.
Fuente: IDEAM, 2014



Gráfica 3. Registros de temperatura media mensual multianual de la estación Hacienda Potosí.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Según la gráfica anterior, los datos de mayor temperatura se presentan en los meses de Agosto y Septiembre con registros de 26.2 y 26.5 °C respetivamente, en los meses que presentan una alta precipitación la temperatura muestra un comportamiento descendiente. De esta forma los menores registros se presentan en los meses de Noviembre y Diciembre con registros de 25.1 °C. Según lo anterior los registros de la estación Hacienda Potosí, presenta una temperatura media multianual de 25.6°C.

- **Análisis de Humedad Relativa**

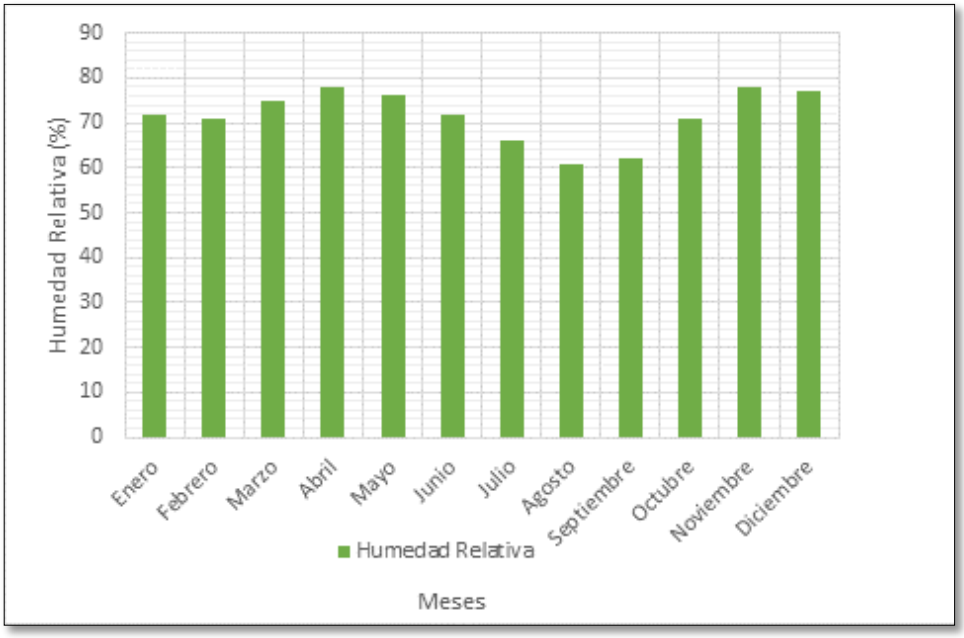
El parámetro de Humedad Relativa es la relación entre la cantidad de vapor de agua contenida en un volumen de aire y la que tendría si estuviese saturado a la temperatura en que se encuentra dicho aire. También se encuentran directamente relacionada con los ciclos de precipitación e inversamente proporcional a los de temperatura.

La caracterización de la humedad relativa de la zona de estudio se ejecutara a partir de los datos mensuales registrados por la estación Climatológica Ordinaria Hacienda Potosí por un periodo de tiempo, entre los años 1994 a 2013, en los cuales se muestran en forma confiable el comportamiento del parámetro en mención.

En la Tabla 20 y **Gráfica 4** se muestran los registros medios mensuales de humedad relativa de la estación Hacienda Potosí.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Valor anual
Humedad Relativa (%)	72	71	75	78	76	72	66	61	62	71	78	77	71

Tabla 20. Registros de humedad relativa media mensual multianual de la estación Hacienda Potosí.
FUENTE: IDEAM, 2014



Gráfica 4. Registros de humedad relativa media mensual multianual de la estación Hacienda Potosí.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Según lo mostrado, la variable de humedad relativa presenta un comportamiento similar al de la precipitación, siendo mayor en los meses de lluvias. El porcentaje de Humedad Relativa es mayor en los meses de Noviembre y Diciembre con un registro de 78 y 77% respectivamente. Por otro lado los meses que registran los menores porcentajes son Agosto y Septiembre con registros de 61 y 62% respectivamente. Según lo anterior se tiene para la estación Hacienda Potosí una media multianual de humedad relativa igual a 71%.

- **Análisis de Nubosidad**

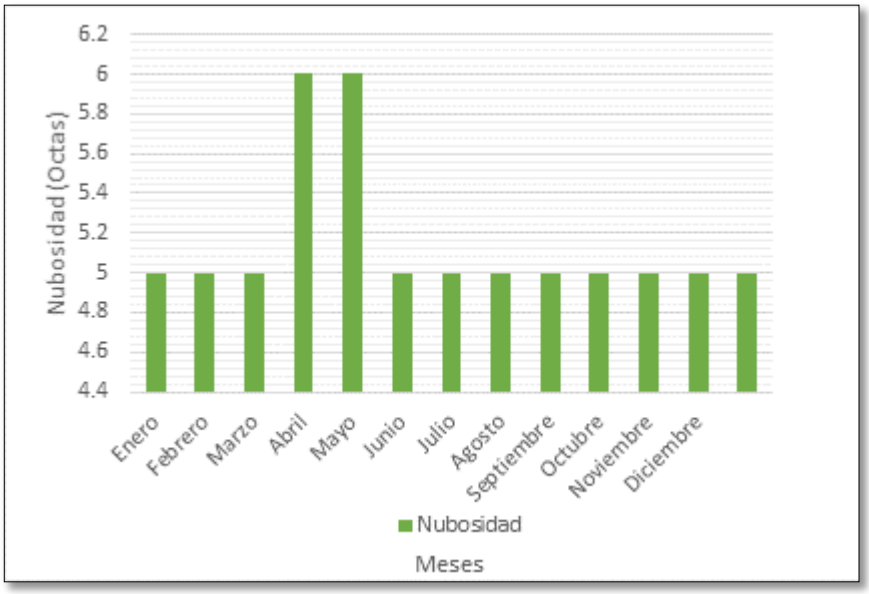
La nube es una masa visible que está formada por cristales de nieve o gotas de agua suspendidas en la atmosfera. Las nubes dispersan toda la luz visible y desempeñan una tarea muy importante ya que cambian la distribución de calor solar sobre la superficie terrestre y en la atmosfera.

La caracterización de la variable nubosidad se realiza a partir de los datos obtenidos de la estación Hacienda Potosí, cuyos registros mensuales corresponden a un periodo de tiempo entre los años 1994 a 2013, en los cuales se muestran de forma confiable el comportamiento de esta variable.

La nubosidad media multimensual de la estación Hacienda Potosí se relaciona en la Tabla 21 y en la Gráfica 5.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Valor anual
Nubosidad (Octas)	5	5	5	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5

Tabla 21. Registros de nubosidad media mensual multianual de la estación Hacienda Potosí.
FUENTE: IDEAM, 2014



Gráfica 5. Registros de nubosidad media mensual multianual de la estación Hacienda Potosí.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Según los registros mostrados, la estación reporta una nubosidad de 5 Octas durante casi todo el año, excepto para los meses de Abril y Mayo que presenta una nubosidad de 6 Octas. Según esto la nubosidad media mensual multianual reportada por la estación Hacienda Potosí es de 5 Octas.

Para algunas variables como Dirección y Velocidad del Viento, Brillo solar y Evaporación, no pudieron ser caracterizadas ya que a pesar de las consultas realizadas, las estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio, no registraban estas variables.

2.3.6. Estudio De Precipitaciones

Este es uno de los parámetros de mayor relevancia en los estudios hidrológicos, ya que los caudales están principalmente controlados por las precipitaciones. Aunque cabe decir que gran parte del agua precipitada se infiltra, queda almacenada en depresiones de terreno y es interceptada por la vegetación, la restante se convierte en escorrentía superficial que abastece los canales naturales. Esta relación permite

complementar los caudales para corrientes de agua que no cuentan con estaciones de medida, quedando en evidencia como los regímenes de lluvia influyen significativamente en los registros de caudal.

- **Distribución Temporal**

El cálculo del coeficiente pluviométrico permite determinar la distribución temporal de la precipitación, y dicho término hace referencia a la relación entre lo que llueve realmente en cada mes y lo que debería llover si la precipitación fuera uniforme en lo corrido de un año. Así con fundamento en este coeficiente se identifica claramente los periodos de lluvia y los de estiaje que son característicos de la zona.

Para el cálculo de dicho coeficiente se hizo uso de la siguiente expresión

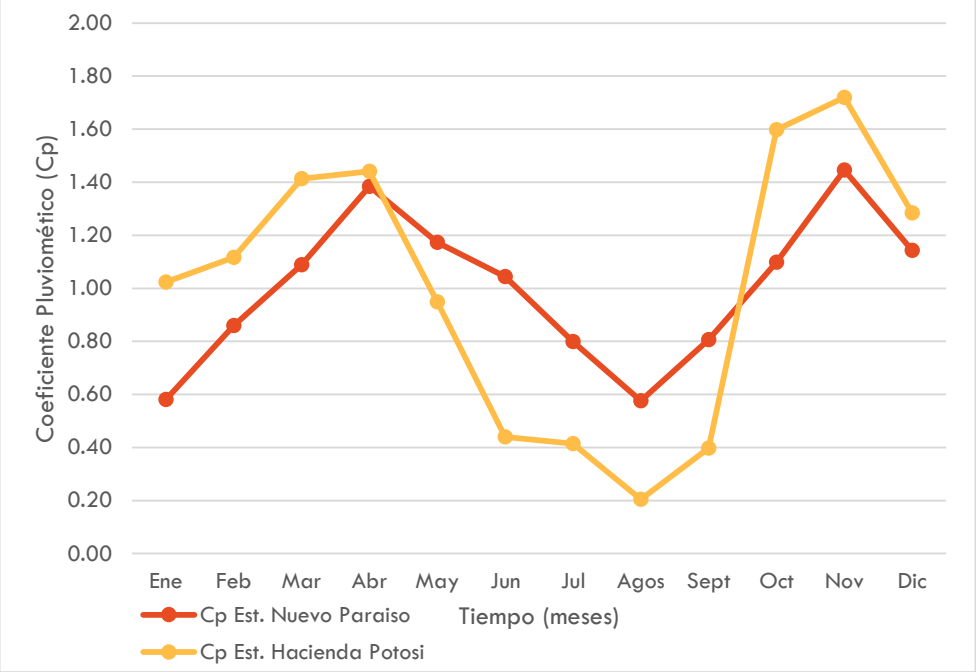
$$Cp = \frac{Pi}{P}$$

Donde:
Cp: Coeficiente pluviométrico para el mes “i”
Pi: Precipitación observada para el mes “i” (mm)
P: Precipitación promedia mensual

En la siguiente tabla se relacionan los valores obtenidos para el coeficiente pluviométrico de las estaciones seleccionadas y su representación se muestra en la Gráfica 6.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
Cp Est. Nuevo Paraíso	0.58	0.86	1.09	1.38	1.17	1.04	0.80	0.58	0.81	1.10	1.45	1.14
Cp Est. Hacienda Potosí	1.02	1.12	1.41	1.44	0.95	0.44	0.41	0.20	0.40	1.60	1.72	1.28

Tabla 22.Coeficiente Pluviométrico Estaciones de Utilidad
Fuente: FUNDISPROS, 2014



Gráfica 6. Régimen de lluvias presente en las estaciones meteorológicas seleccionadas
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Según el Coeficiente Pluviométrico (Cp) determinado para cada una de las estaciones, relaciona la precipitación media anual y el volumen total de cada mes. De esta forma en la estación Nuevo Paraíso se identificaron dos periodos de lluvia durante todo el año, las cuales tienen lugar en los meses de Marzo y Junio, presentando un pico en el mes de Abril con un Cp de 1.38, y en los meses de Octubre y Diciembre para el segundo semestre con un pico en el mes de Noviembre con un Cp de 1.45. Las épocas de estiaje se reconocen en los meses de enero y febrero para el primer semestre y en julio a septiembre para el segundo, siendo en Agosto el mes más seco con un Cp de 0.58.

Para la estación Hacienda potosí se identificaron dos periodos de lluvias durante el año que se muestran en los meses de marzo y abril para el primer semestre mostrando un pico en el mes de Abril con un valor del Cp de 1.44 y en los meses de Octubre a Diciembre para el segundo semestre mostrado un pico en el mes de Noviembre con un valor del Cp de 1.72. Las épocas de estiaje se reconocen en los meses de Enero y febrero para el primer semestre y de mayo a septiembre para el segundo semestre, siendo en el mes de Agosto el más crítico con un valor de Cp 0.20.

Distribución Espacial

A partir de los registros medios multianuales de precipitación de las estaciones que se mencionan en la **Tabla 17**, se realizaran las isoyetas representativas de las precipitaciones dentro del área de la cuenca Rio Frio, con el propósito de calcular la precipitación media.

$$\overline{hp} = \frac{1}{A_T}\sum_{i=1}^{n'} \overline{hp_i} A'_i$$

Nº	ESTACIÓN	MUNICIPIO	TIPO	DPTO.	COORDENADAS	ELEV. (m.s.n.m.)
1	**Hda Potosí**	**Campoalegre**	**CO**	**Huila**	**864206.58 mE – 790004.2 mN**	**680**
2	**Nuevo Paraíso**	**Campoalegre**	**PM**	**Huila**	**874452.02 mE – 780977.4 mN**	**1525**
3	**Los Rosales**	**Campoalegre**	**PM**	**Huila**	**850961.09 mE- 781117.6mN**	**553**

Tabla 23. Relación de Estaciones Utilizadas para la Elaboración de Isoyetas para un Periodo de Registros Comprendido entre 2002 – 2013
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Donde:
$\overline{hp}$**: Precipitación media (mm)**
n': Número de áreas
A: Área (Km2)

Según la metodología mencionada anteriormente, se realizó el cálculo de la precipitación media para la zona de estudio. En la siguiente tabla se muestra su cálculo:

N°	Precipitación Promedio (mm)	Área (m2)	Área (km2)	Precipitación Promedio (mm) * Área (Km2)
1.0	**1343.5**	**583266.5**	**0.58**	**783.6**
2.0	**1347.5**	**6102555.2**	**6.10**	**8223.2**
3.0	**1352.5**	**8406928.3**	**8.41**	**11370.4**
4.0	**1357.5**	**7506647.3**	**7.51**	**10190.3**
5.0	**1362.5**	**6325884.0**	**6.33**	**8619.0**
6.0	**1367.5**	**4808315.2**	**4.81**	**6575.4**
7.0	**1372.5**	**3099292.3**	**3.10**	**4253.8**
8.0	**1377.5**	**2554035.3**	**2.55**	**3518.2**
9.0	**1382.5**	**1784278.0**	**1.78**	**2466.8**
10.0	**1387.5**	**1754825.7**	**1.75**	**2434.8**

N°	Precipitación Promedio (mm)	Área (m2)	Área (km2)	Precipitación Promedio (mm) * Área (Km2)
11.0	**1392.5**	**1682872.5**	**1.68**	**2343.4**
12.0	**1397.5**	**891057.5**	**0.89**	**1245.3**
13.0	**1402.5**	**593916.2**	**0.59**	**833.0**
14.0	**1407.5**	**687805.5**	**0.69**	**968.1**
15.0	**1412.5**	**1513582.7**	**1.51**	**2137.9**
16.0	**1417.5**	**2468377.9**	**2.47**	**3498.9**
17.0	**1422.5**	**3214672.6**	**3.21**	**4572.9**
18.0	**1426.5**	**2105738.6**	**2.11**	**3003.8**
TOTAL			**56.08**	**77038.7**
Precipitación media			**1373.63**	

Tabla 24. Cálculo de la Precipitación Media en el Área de la Cuenca Rio Frio.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Plano de Isoyetas

Con el propósito de conocer la distribución espacial de la precipitación del área de la cuenca Rio Frio, se realizaron las isoyetas, las cuales representan el comportamiento de las lluvias en una determinada área. En la Figura 12 se muestran las isoyetas representativas de las precipitaciones dentro del área de la cuenca.

- **Precipitación con Probabilidad de Excedencia del 50% y 75%**

Ordenando los valores de la estación base de mayor a menor se calculó la precipitación con probabilidad de ocurrencia del 50% y 75%, los cuales se obtuvieron transformando los datos de frecuencia a probabilidad con la expresión (Tabla 25).

- **Precipitación con Probabilidad de Excedencia del 50% y 75%**

Ordenando los valores de la estación base de mayor a menor se calculó la precipitación con probabilidad de ocurrencia del 50% y 75%, los cuales se obtuvieron transformando los datos de frecuencia a probabilidad con la expresión (Tabla 25).

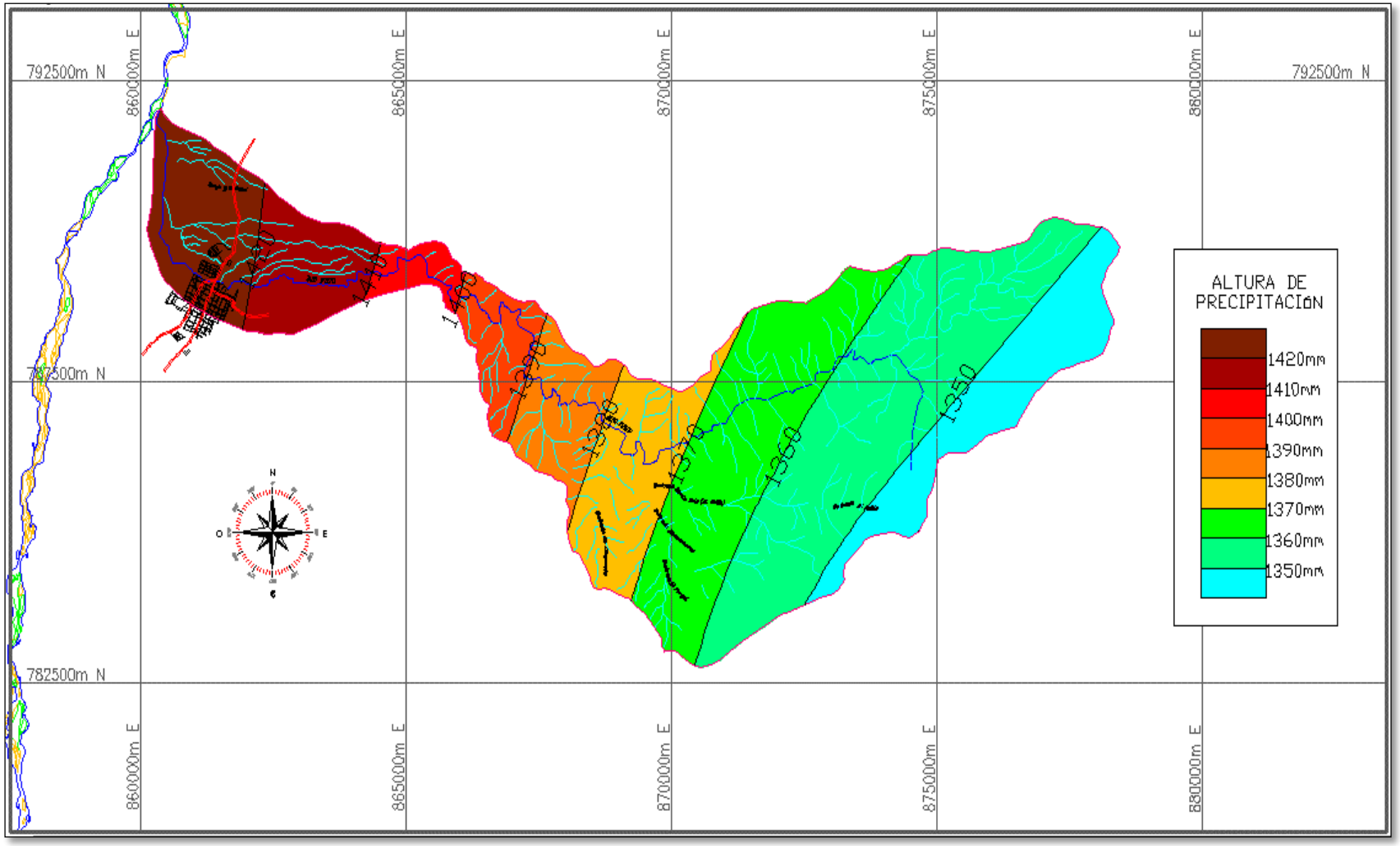


Figura 12. Distribución espacial Isoyetas cuenca hidrográfica Rio Frio.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

No. Orden	PR (%)	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1.0	**4.8**	153.2	163.2	118.6	253.0	137.7	204.6	182.0	170.0	151.1	126.0	242.1	119.0	117.6	191.5	182.5	57.5	53.6	61.0
2.0	**9.5**	137.0	86.5	116.0	91.3	108.2	111.0	106.4	159.9	133.2	76.1	167.8	111.1	101.0	57.5	117.5	52.2	52.3	48.2
3.0	**14.3**	120.9	80.5	87.0	87.3	73.4	92.0	105.9	126.0	94.5	74.6	166.9	97.9	81.7	43.0	95.0	45.0	33.2	18.9
4.0	**19.0**	87.1	71.0	75.6	78.0	71.1	67.2	102.2	121.0	89.6	72.0	117.6	94.3	79.0	37.9	59.0	33.0	29.2	13.4
5.0	**23.8**	69.5	67.8	53.0	72.7	59.2	60.8	86.2	118.0	87.2	69.6	113.2	91.0	70.8	23.1	53.8	24.8	26.3	13.0
6.0	**28.6**	47.6	58.8	31.3	68.6	58.5	60.2	62.2	104.3	86.9	66.9	108.0	81.0	59.1	22.7	43.0	22.3	19.1	13.0
7.0	**33.3**	46.5	51.0	30.8	64.2	52.8	57.0	50.0	96.4	78.7	56.7	74.4	65.9	49.0	21.5	29.9	21.9	17.4	12.2
8.0	**38.1**	40.1	37.0	30.7	47.3	52.8	45.0	49.6	53.9	74.8	56.3	69.0	56.1	48.0	18.3	29.5	20.0	16.0	12.0
9.0	**42.9**	36.2	33.8	29.7	45.0	30.0	40.3	26.9	37.6	65.7	51.3	48.2	48.9	46.2	18.1	26.5	18.1	15.9	9.9
10.0	**47.6**	35.6	32.7	28.1	33.5	24.0	31.6	23.0	33.4	57.8	48.2	47.3	35.0	36.0	18.0	26.0	16.0	11.7	9.9
	50.0	34.5	29.9	25.6	31.3	23.3	29.0	21.9	30.2	52.7	44.3	47.3	34.0	35.1	17.9	24.5	16.0	11.6	9.9
11.0	**52.4**	33.4	27.0	23.0	29.0	22.6	26.4	20.7	27.0	47.5	40.3	47.3	33.0	34.1	17.8	22.9	16.0	11.5	9.8
12.0	**57.1**	23.0	19.7	12.8	25.4	21.0	20.0	19.1	23.9	46.0	36.0	39.0	29.0	30.8	16.7	11.8	14.9	10.0	9.7
13.0	**61.9**	20.0	19.3	12.0	25.0	10.0	11.7	12.9	15.0	45.7	32.3	29.5	26.5	21.0	15.1	10.9	13.9	8.7	8.2
14.0	**66.7**	15.4	17.0	6.6	23.2	8.6	10.6	12.4	13.6	44.0	30.1	23.3	26.5	19.3	15.0	9.2	13.7	8.0	8.1
15.0	**71.4**	14.5	13.0	4.8	13.0	7.0	6.0	10.0	12.0	39.0	29.2	22.4	20.4	17.0	13.0	7.9	13.5	6.0	7.5
	75.0	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
16.0	**76.2**	4.0	9.4	4.5	10.7	6.3	6.0	7.6	9.1	31.5	11.0	10.9	12.3	12.4	9.5	5.2	13.2	5.1	6.8
17.0	**81.0**	0.0	6.8	3.4	10.0	1.9	5.5	7.0	9.0	29.0	9.0	9.1	12.0	11.5	6.6	2.1	12.5	3.3	5.7
18.0	**85.7**	0.0	3.3	1.8	6.9	0.4	4.0	1.4	6.0	25.2	7.7	7.1	6.8	10.2	3.4	0.9	7.0	2.0	4.2
19.0	**90.5**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	2.2	12.9	3.0	4.7	4.8	5.4	1.5	0.9	3.8	0.8	1.3
20.0	**95.2**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.9	6.5	2.8	0.0	3.0	3.0	0.0	0.0	3.4	0.0	1.2

Tabla 25. Precipitación Decadal Estación Hacienda Potosí (Probabilidad del 50% y 75%) periodo 1994-2013
Fuente: FUNDISPROS, 2014

No. Orden	PR (%)	JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1.0	**4.8**	106.4	41.4	53.0	18.9	16.3	35.2	46.8	39.8	86.6	186.4	131.5	199.0	111.0	176.6	184.2	118.1	206.6	63.1
2.0	**9.5**	39.7	40.8	47.0	11.2	15.4	31.0	45.3	22.7	53.3	130.2	109.2	122.0	99.2	148.7	167.9	106.0	199.3	50.3
3.0	**14.3**	36.2	35.9	31.2	10.6	12.5	29.0	31.7	21.9	51.7	60.6	106.5	117.0	95.0	120.3	146.8	96.2	143.8	47.2
4.0	**19.0**	32.0	28.8	19.8	10.0	11.2	28.0	27.7	21.4	50.3	51.0	102.7	116.3	89.0	119.5	112.2	94.2	99.0	39.0
5.0	**23.8**	29.5	20.3	16.4	9.6	8.4	17.9	24.2	13.0	49.3	45.5	101.2	104.7	83.0	108.0	83.7	91.2	76.8	36.8
6.0	**28.6**	20.2	18.0	13.6	8.1	8.0	15.1	23.5	9.0	47.0	45.0	98.2	103.3	68.9	92.0	73.1	85.3	76.0	35.1
7.0	**33.3**	18.3	14.2	12.0	8.0	7.9	14.8	15.2	8.6	17.7	44.0	92.4	100.3	67.3	80.0	71.8	68.5	75.0	28.5
8.0	**38.1**	17.0	13.7	11.2	7.7	7.4	12.0	13.5	7.7	16.5	42.0	91.1	84.8	57.0	75.0	69.6	67.8	72.6	24.3
9.0	**42.9**	16.6	13.2	10.4	7.2	6.5	10.8	13.1	7.6	13.1	26.7	90.0	82.2	54.0	73.0	59.6	66.8	65.5	21.3
10.0	**47.6**	15.4	12.6	10.0	7.1	6.4	9.8	10.5	7.4	12.5	26.0	68.7	82.2	43.6	71.9	59.2	45.6	51.8	21.0
	50.0	14.4	10.8	8.7	6.2	6.2	8.4	9.8	6.7	12.2	25.0	64.1	81.1	43.3	71.3	59.1	45.3	49.2	20.6
11.0	**52.4**	13.3	9.0	7.3	5.3	6.0	7.0	9.0	6.0	11.8	23.9	59.4	80.0	43.0	70.6	59.0	45.0	46.5	20.2
12.0	**57.1**	12.6	8.0	5.9	4.8	4.3	5.1	5.5	5.1	8.0	11.2	43.0	77.9	35.5	70.4	56.0	36.9	44.6	19.8
13.0	**61.9**	11.8	7.7	4.9	4.6	3.8	4.5	5.0	4.9	7.4	9.8	37.0	68.0	33.8	67.5	55.0	35.0	34.0	17.0
14.0	**66.7**	9.0	7.6	3.7	2.0	3.3	3.1	4.8	4.0	5.2	5.7	33.0	61.3	31.6	65.7	54.5	34.6	26.9	13.5
15.0	**71.4**	7.0	7.1	3.0	1.9	2.8	3.0	4.3	2.1	5.0	3.6	21.7	60.1	21.0	41.5	33.4	31.4	13.1	12.0
	75.0	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
16.0	**76.2**	4.6	6.0	2.0	1.2	2.0	2.7	4.3	0.3	4.4	3.2	16.0	51.5	16.6	40.1	33.2	26.5	11.1	11.6
17.0	**81.0**	4.5	4.7	1.7	1.1	1.2	2.7	4.0	0.0	2.6	2.1	14.6	43.0	15.8	27.0	32.7	26.2	5.3	10.2
18.0	**85.7**	3.7	0.9	1.0	0.5	0.7	2.5	3.0	0.0	2.5	1.2	7.0	34.0	10.0	22.7	29.0	25.6	4.6	6.9
19.0	**90.5**	2.8	0.3	0.9	0.1	0.4	0.0	2.6	0.0	1.4	0.0	4.3	29.7	3.4	15.0	2.9	4.0	2.3	3.1
20.0	**95.2**	2.6	0.0	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	7.7	0.2	0.6	0.0	0.0	1.5	0.0

Continuación Tabla 25. Precipitación Decadal Estación Hacienda Potosí (Probabilidad del 50% y 75%) periodo 1994-2013
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.3.7. Evapotranspiración Potencial (Etp)

La evapotranspiración potencial o ETP hace referencia a la cantidad de agua usada por el cultivo en el proceso de transpiración realizado por las hojas y a la evaporación directa desde la superficie del suelo, sin tener en cuenta los aportes aguas subterráneas ni las pérdidas por percolación. De esta manera la evapotranspiración depende, entre otros, de la latitud y longitud de la zona geográfica que se considere y de la interacción de factores climáticos, por lo que presenta variaciones significativas a lo largo del año, siendo mínima en periodos de invierno y máxima en periodos de verano.

Según lo anterior y para garantizar un adecuado riego, es necesario conocer la magnitud de la evapotranspiración a partir de las condiciones climáticas en la zona, o de otro modo, anticipar eventos climáticos que influirán en la magnitud de la demanda de agua de los cultivos.

Para este estudio, el cálculo de la evapotranspiración potencial se realizara por el método de Thorntwaite (1948), dado los resultados confiables que se han obtenido a través de esta metodología en zonas tropicales y la disponibilidad de la información climatológica necesaria para el desarrollo de la misma. Así, el parámetro que se tendrá en cuenta para el cálculo será la temperatura, ya que la ecuación a partir de la cual se determina la evapotranspiración potencial está en función de esta.

$$ETP = 1.6K_a\left(\frac{T_j}{I}\right)^a$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración potencial mensual (cm)
T_j: Temperatura media mensual en el mes *j* (°C)
K_a: Constante que depende de la latitud y mes del año
I: Índice de calor

El coeficiente *I* es constante de cada estación de observación y se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$I = \sum_{j-1}^{12}\left(\frac{T_j}{5}\right)^{1.514}$$

Igualmente, la constante *a* viene dada por la ecuación cúbica que se relaciona a continuación:

$$a = 0.675 * 10^{-6} I^3 - 0.771 * 10^{-4} I^2 + 1.792 * 10^{-2} I + 0.49$$

Por otra parte, de acuerdo a la latitud de la zona en la que se encuentra ubicada la estación Hacienda Potosí (2°41´48.5"N); se obtiene el K_a a partir del factor de corrección de evapotranspiración potencial mensual dado por el método de Thorntwaite como se observa en la Figura 13.

Sin embargo, dado a que esta información será utilizada en la realización de los balances hídricos, los cuales se realizaran con una periodicidad decadal, la Evapotranspiración potencial mensual obtenida, se deberá desagregar de la misma forma. Para esto se utilizaran las siguientes ecuaciones:

$$1ra\ decada = \left(10\ días * \frac{MA + 2M}{3}\right)$$

$$2da\ decada = (10\ días * M)$$

Cuadro 5.4. Factores de corrección de evapotranspiración potencial mensual, dados por el método de Thornthwaite, para ajustarlo al número de días del mes y a la duración del brillo solar diario, en los varios meses del año y en latitudes entre 15 grados Norte y 37 grados Sur

Lat.	EN.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
15ºN..	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	0.95	0.97
10ºN..	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.05	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
5ºN..	1.02	0.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.02
Ecuador	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5ºS..	1.06	0.95	1.04	1.00	1.02	0.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06
10ºS..	1.08	0.97	1.05	0.99	1.01	0.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
15ºS..	1.12.	0.98	1.05	0.98	0.98	0.94	0.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
20ºS..	1.14	1.00	1.05	0.97	0.96	0.91	0.95	0.99	1.00	1.08	1.09	1.15
22ºS..	1.14	1.00	1.05	0.97	0.95	0.90	0.94	0.99	1.00	1.09	1.10	1.16
23ºS..	1.15	1.00	1.05	0.97	0.95	0.89	0.94	0.98	1.00	1.09	1.10	1.17
24ºS..	1.16	1.01	1.05	0.96	0.94	0.89	0.93	0.98	1.00	1.10	1.11	1.17
25ºS..	1.17	1.01	1.05	0.96	0.94	0.88	0.93	0.98	1.00	1.10	1.11	1.18
26ºS..	1.17	1.01	1.05	0.96	0.94	0.87	0.92	0.98	1.00	1.10	1.11	1.18
27ºS..	1.16	1.02	1.05	0.96	0.93	0.87	0.92	0.97	1.00	1.11	1.12	1.19
28ºS..	1.19	1.02	1.06	0.95	0.93	0.86	0.91	0.97	1.00	1.11	1.13	1.20
29ºS..	1.19	1.03	1.06	0.95	0.92	0.86	0.90	0.96	1.00	1.12	1.13	1.20
30ºS..	1.20	1.03	1.06	0.95	0.92	0.85	0.90	0.96	1.00	1.12	1.14	1.21
31ºS..	1.20	1.03	1.06	0.95	0.91	0.84	0.89	0.96	1.00	1.12	1.14	1.22
32ºS..	1.21	1.03	1.06	0.95	0.91	0.84	0.89	0.95	1.00	1.12	1.15	1.23
33ºS..	1.22	1.04	1.06	0.94	0.90	0.83	0.88	0.95	1.00	1.13	1.16	1.23
34ºS..	1.22	1.04	1.06	0.94	0.89	0.82	0.87	0.94	1.00	1.13	1.16	1.24
35ºS..	1.23	1.04	1.06	0.94	0.89	0.82	0.87	0.94	1.00	1.13	1.17	1.25
36ºS..	1.24	1.04	1.06	0.94	0.88	0.81	0.86	0.94	1.00	1.13	1.17	1.26
37ºS..	1.25	1.05	1.06	0.94	0.88	0.80	0.86	0.93	1.00	1.14	1.18	1.27

Figura 13. Factores de corrección de evapotranspiración potencial mensual, dados por el método de Thornthwaite para latitudes entre 15 grados Norte y 37 grados Sur.
Fuente: MONSALVE, 1995.

$$3ra\ decada = \left(No.\ de\ días\ de\ la\ decada * \frac{MS + 2M}{3}\right)$$

Donde:
M: Etp (mm/día) mes actual.

MA: Etp (mm/día) del mes anterior.
MS: Etp (mm/día) del mes siguiente.

Los resultados que se obtuvieron se muestran en la Tabla 26.

MES	T	I	a	K	ETP (cm)	ETP (mm/mes)	ETP (mm/decada)
ENERO	**25.8**	11.99	3.42	**1.035**	12.66	**126.64**	**4.09**
1ª DÉCADA							39.63
2ª DÉCADA							40.85
3ª DÉCADA							45.38
FEBRERO	**26**	12.13	3.42	**0.9375**	11.78	**117.78**	**4.21**
1ª DÉCADA							41.66
2ª DÉCADA							42.06
3ª DÉCADA							32.93
MARZO	**25.5**	11.78	3.42	**1.0375**	12.20	**121.97**	**3.93**
1ª DÉCADA							40.25
2ª DÉCADA							39.35
3ª DÉCADA							42.82
ABRIL	**25.2**	11.57	3.42	**1.0125**	11.43	**114.31**	**3.81**
1ª DÉCADA							38.52
2ª DÉCADA							38.10
3ª DÉCADA							38.26
MAYO	**25.3**	11.64	3.42	**1.045**	11.96	**119.59**	**3.86**
1ª DÉCADA							38.42
2ª DÉCADA							38.58
3ª DÉCADA							42.30
JUNIO	**25.20**	11.57	3.42	**1.015**	11.46	**114.59**	**3.82**
1ª DÉCADA							38.32
2ª DÉCADA							38.20
3ª DÉCADA							38.67
JULIO	**25.5**	11.78	3.42	**1.045**	12.29	**122.85**	**3.96**
1ª DÉCADA							39.15
2ª DÉCADA							39.63
3ª DÉCADA							44.96
AGOSTO	**26.2**	12.28	3.42	**1.0425**	13.45	**134.45**	**4.34**
1ª DÉCADA							42.12
2ª DÉCADA							43.37
3ª DÉCADA							48.36
SEPTIEMBRE	**26.5**	12.49	3.42	**1.01**	13.54	**135.43**	**4.51**
1ª DÉCADA							44.55
2ª DÉCADA							45.14
3ª DÉCADA							43.93
OCTUBRE	**25.9**	12.06	3.42	**1.0375**	12.86	**128.64**	**4.15**
1ª DÉCADA							42.71
2ª DÉCADA							41.50
3ª DÉCADA							44.11
NOVIEMBRE	**25.1**	11.50	3.42	**1.01**	11.19	**111.93**	**3.73**
1ª DÉCADA							38.71
2ª DÉCADA							37.31
3ª DÉCADA							37.27
DICIEMBRE	**25.1**	11.50	3.42	**1.035**	11.53	**115.27**	**3.72**
1ª DÉCADA							37.23
2ª DÉCADA							37.18
3ª DÉCADA							42.25
TOTAL ANUAL		**142.3**				**1463.46**	

Tabla 26. ETP decadal estación Hacienda Potosí, método de Thornthwaite.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Según el análisis presentado en la Tabla 26, de los valores de ETP estimados, el valor mensual más alto se presenta en el mes de septiembre con un valor de 135.43mm y el más bajo se obtuvo en el mes de Noviembre con 111.93mm. La evapotranspiración potencial anual aproximada es de 1463.46mm.

2.3.8. Determinación De Requerimientos Hídricos Para Uso Agrícola

Balance Hídrico Agrícola

Los balances hídricos son metodologías que permiten estimar los periodos de déficit o excesos de humedad que se presentan en un suelo en el que se han analizado sus propiedades hidrofísicas y en el que se establece un tipo de cultivo. La estimación de dichos balances se realizan mediante una contabilidad en la que se tiene en cuenta principalmente la variación en los volúmenes de agua almacenados por el suelo, regulados, por las entradas de agua debidas a procesos como la precipitación y aplicación de riego y las salidas entre las que se incluyen procesos de evaporación, escorrentía superficial y percolación.

Los parámetros que constituyen el balance hídrico se analizan y algunos se calculan a continuación.

- ✓ **Capacidad de Almacenamiento del Suelo.**

Este parámetro hace referencia a la capacidad de almacenamiento de agua que presenta determinado suelo y que está en función de las propiedades hidrofísicas del mismo. Cuando la CAS es colmada se presentarán excesos.

La capacidad de almacenamiento se determina teniendo en cuenta los parámetros de retención de humedad y algunas propiedades físicas de los suelos y por medio de la siguiente expresión matemática (Caramori y Faria, 1987: citados por Gonzáles y Verá, 1995).

$$\boldsymbol{CAS = \frac{(CC - PMP) \times Da \times Pr}{100} \times 10}$$

Dónde:

CAS: Capacidad de Almacenamiento del Suelo (mm).
CC: Capacidad de campo (%)
PMP: Punto de marchitez permanente (%)
ρ_a: Densidad aparente del suelo (gr/cm³)
H: Profundidad de suelo (cm) a la que llegan las raíces.

En la cuenca hidrográfica del rio Frio, y según lo reportado en el estudio de comprobación de suelos se identificaron seis (6) unidades cartográficas. En la siguiente tabla se mencionan los principales parámetros hidrofísicos obtenidos para estas:

No	UNIDAD CARTOGRÁFICA	PARÁMETRO					
		TIPO DE SUELO	CAPACIDAD DE CAMPO (%)	PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE (%)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm3)	PROFUNDIDAD MUESTRA (CM)	PROFUNDIDAD EFECTIVA (CM)
1	PXFb2	Franco Arenoso	19,25	11,39	1,44	0-33	55
2	VXCa	Franco Arenoso	25,68	18,74	1,73	0-35	40
3	VXDa	Franco Arenoso	17,49	10,55	1,47	0-30	30
4	PXFb	Franco Arenoso	20,72	14,75	1,46	0-30	50
5	MXFf2	Franco Arenoso	22,91	13,36	1,57	0-30	90
6	PXAb	Franco Arenoso	15,33	6,79	1,62	0-30	35

Tabla 27. Parámetros hidrofísicos de las unidades cartográficas identificadas en la zona.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Según lo reportado en la tabla anterior, se calcula la capacidad de almacenamiento del suelo para cada una de las unidades cartográficas identificadas en la cuenca hidrográfica del Rio Frío. Los resultados se consignan en la siguiente tabla

No	UNIDAD CARTOGRÁFICA	CAS (mm)
1	PXFb2	62,25
2	VXCa	48,02
3	VXDa	30,61
4	PXFb	43,58
5	MXFf2	134,94
6	PXAb	48,42

Tabla 28. Capacidad de Almacenamiento del Suelo, CAS, para cada una de las unidades cartográficas identificadas en la zona.
FUENTE: FUNDISPROS, 2014

✓ Precipitación Efectiva

La precipitación efectiva en este caso hace referencia a aquella fracción de la precipitación total que queda disponible y que puede ser utilizada por las plantas para satisfacer sus necesidades hídricas. En su determinación no se considera ningún tipo de pérdida (infiltración, escorrentía o evaporación).

Para determinarla existen diversas metodologías, en este caso se utilizará la propuesta por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidad, en la que intervienen parámetros que dependen del clima, del suelo y de los cultivos y se determina por medio de la siguiente expresión

$$Pe = f(D) \times (1{,}25249 \times P^{0{,}82416} - 2{,}9362) \times (10^{0{,}000955 \times ETc})$$

Dónde:

Pe: Precipitación efectiva (mm)
f(D): Función correctora para un déficit de humedad en el suelo diferente de 75 mm (para D igual a 75 mm, f(D) es 1)
P: Precipitación media con 75% de probabilidad de ocurrencia
ETc: Evapotranspiración del cultivo (mm)

El valor de la función correctora se determina en función de la Capacidad de Almacenamiento del Suelo, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

CAS (mm)	20	25	27.5	50	62.5	75	100	125	150	175	200
Factor	0,73	0,77	0,86	0,93	0,97	1,00	1,02	1,04	1,06	1,07	1,08

A continuación se presenta la función correctora determinada para cada unidad cartográfica.

No	UNIDAD CARTOGRÁFICA	CAS (mm)	FACTOR DE CORRECIÓN
1	PXFb2	62,25	0,9692
2	VXCa	48,02	0,9238
3	VXDa	30,61	0,8697
4	PXFb	43,58	0,91
5	MXFf2	134,94	1,048
6	PXAb	48,42	0,9251

Tabla 29. Factor de corrección establecido a partir del CAS para cada una de las unidades cartográficas identificadas en la zona.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO

La cantidad efectiva de agua evapotranspirada por un cultivo determinado en una localidad y un tiempo dado, sin limitaciones de abastecimiento de agua, se denomina evapotranspiración máxima del cultivo (ETc), o uso consuntivo y se puede estimar mediante el uso de la siguiente expresión.

$$\mathbf{ETc = (Kc \times ETP)}$$

Dónde:

ETc: Evapotranspiración Cultivo (mm)
Kc: Coeficiente de Cultivo
ETP: Evapotranspiración Potencial (mm/unidad de tiempo para la que fue determinada)

✓ ***Coeficiente del cultivo Kc***

Es un coeficiente propio de cada cultivo en que se consideran las diferencias que existen entre los requerimientos hídricos de un cultivo y el de otro. Este coeficiente depende de diversos factores que se relacionan a continuación:

- Las características del cultivo (estructura y resistencia estomática).
- Los periodos de siembra.
- El ritmo del desarrollo vegetativo.
- La duración del periodo vegetativo.

El Kc es diferente en cada etapa del periodo vegetativo del cultivo (fase inicial, media y final), permitiendo de esta manera estimar cual es la cantidad de agua necesaria en cada fase.

Según la "***Encuesta Censo de Usuarios y Agropecuaria***" aplicada por FUNDISPROS a cada uno de los beneficiarios del rio Frio, se determinó que los cultivos que se riegan con aguas de la fuente mencionada son: Arroz, cacao, frutales, maíz, maracuyá, pastos, piña y tabaco. Algunos de dichos cultivos fueron asociados a partir de sus principales características fisiológicas. En la siguiente tabla se relaciona el coeficiente del cultivo (Kc) para cada uno de estos.

No	CULTIVO	kc		
		Fase Inicial	Fase Medio	Fase Final
1	Arroz	1.05	1.20	0.90
2	Cacao –Frutales – Maracuyá	1.00	1.05	1.05
3	Tabaco	0.75	1.10	0.65
4	Pastos	0.30	0.75	0.75
5	Maíz	0.3	0.95	0.6
6	Piña	0.5	0.95	0.7

Tabla 30. Coeficiente del cultivo (Kc) para cada uno de los cultivos de la zona.
Fuente: Durán et al, 2003[1]; FAO, 2006[2]; Gonzáles et al, 2010[3]

[1] Durán, Alfredo; Mora, Denis; Ramírez, Lenin. Compendio de información para la producción vegetal: el libro verde. San José: Editorial Limusa, 2003.
[2] FAO, Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2006.
[3] GONZÁLES, María Carmenza; SALDARRIAGA, Gabriel de Jesús; JARAMILLO, Oscar. Estimación de la Demanda de Agua: Conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial.

Es importante destacar que para la estimación de las demandas de agua, se considerará aquel coeficiente del cultivo que genere una mayor demanda de agua, que por lo regular hace referencia a la fase media del cultivo. Lo anterior con el fin de no someter a los productores a un estricto calendario de siembra, sino que su actividad la puedan realizar en cualquier periodo del año, a menos que existan restricciones de siembra.

ETP

La Evapotranspiración Potencial se refiere a la combinación de los fenómenos de transpiración y evaporación. Este parámetro se determinó en el numeral 1.5.7.

Considerando lo anterior, se presenta el balance agrícola para cada cultivo y en cada una de las unidades cartográficas identificadas.

Cálculo de los módulos de Riego

El módulo de riego hace referencia a la cantidad de agua que es necesario aplicar en determinada extensión, con el fin de brindar condiciones óptimas de humedad que permitan un desarrollo sostenible de los cultivos ahí establecidos.

El módulo depende de diversos factores, entre los cuales se tiene: el clima, el suelo, el tipo y la edad del cultivo, etc.

En el presente proyecto los módulos de riego se determinan considerando condiciones de máximo consumo, es decir aquella época en la que el uso consuntivo de los cultivos es mayor, garantizando con ello la aplicación de la cantidad de agua requerida en cualquier época del año.

A continuación se describen cada uno de los parámetros requeridos para el cálculo de los módulos de riego de los principales cultivos regados con el rio Frio.

- **LÁMINA DE AGUA APROVECHABLE (LAA)**

Dicha lamina hace referencia a la cantidad de agua disponible en determinado suelo para las planta, y depende de los parámetros de retención de humedad y de la profundidad efectiva radicular del cultivo. Entre mayor sea esta Lámina, mayor es el agua disponible para las plantas y mayor la cantidad de días que constituyen la frecuencia de Riego.

En: IDEAM. Estudio nacional del agua. Bogotá D.C. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2010. Capítulo 5.

$$LAA = \frac{(CC - PMP) \times \rho a \times Pr}{\rho w}$$

Dónde:
LAA: Lámina de agua aprovechable (cm)
CC: Capacidad de campo del suelo en términos de fracción
PMP: Punto de marchitez permanente del suelo en términos de fracción
ρ_a: Densidad aparente del suelo (gr/cm^3)
Pr: Profundidad efectiva radicular. (cm)
ρ_w: Densidad del agua (gr/cm^3)

Las profundidades efectivas[4] consideradas en los cultivos seleccionados se relacionan en la Tabla 31.

2.3.9. Lamina Neta De Riego (LN)

La lámina neta de riego corresponde a la humedad de déficit y como ya se definió anteriormente, es la cantidad de agua que debe quedar en la zona de raíces de las plantas, para llevar el suelo a capacidad de campo después de un riego, y que a su vez, corresponderá a la cantidad de agua que puede consumir el cultivo entre dos riegos consecutivos. Para determinar la lámina neta de riego, es necesario conocer la humedad aprovechable del suelo, el umbral de riego y la profundidad de raíces que se van a mojar. Entonces:

$$LN = \frac{LAA \times UR(\%)}{100}$$

Donde:
LN: Lamina neta de riego a reponer (mm)
LAA: Lámina de agua aprovechable (mm)
UR: Umbral de riego (%)
Nota: Un milímetro de lámina neta calculada corresponde a 10 m^3/ha

2.3.10. Umbral O Criterio De Riego (UR).

Indica que en la medida que disminuye el contenido de agua del suelo, aumenta la energía de retención de agua. Esto quiere decir que la humedad aprovechable del suelo (CC – PMP), no se encuentra igualmente disponible para los cultivos en todo su rango (CC = 1/3 atm y PMP = 15 atm). Por esto, es necesario regar cuando la humedad aprovechable del suelo o capacidad de almacenamiento del suelo (CAS) llegue a un valor umbral (UR) que no afecte el desarrollo de los cultivos.

[4] La Profundidad efectiva radicular hace referencia al 75% de la profundidad radicular, en donde se almacena el 90% del agua que se aplica como riego o lluvia natural y que es aprovechada por las plantas a través de sus raíces.

El valor de umbral de riego varía según la especie y según cuánto evapotranspira la planta. Mientras mayor es la evapotranspiración mayor debe ser el flujo de agua del suelo hacia las raíces, por lo tanto, mayor es la demanda de agua. Esto determinará que el umbral de riego sea más estrecho, ya que debe siempre estar disponible una gran cantidad de agua.

Para decidir el umbral de riego se considerarán varios factores:

- Suelo
- Sensibilidad de la especie vegetal a los déficit hídricos
- Evapotranspiración

Los umbrales de Riego a considerar serán los determinados en el Estudio FAO Riego y Drenaje 56, 1990.

No	CULTIVO	UMBRAL DE RIEGO (%)	PROFUNDIDAD EFECTIVA RADICULAR (cm)
1	Arroz	20	37.5
2	Cacao –Frutales – Maracuyá	30	75
3	Tabaco	35	45
4	Pastos	50	30
5	Maíz	55	75
6	Piña	35	100

Tabla 31. Umbral de riego y profundidad efectiva para cada uno de los cultivos de la zona.
Fuente: FAO, 2006; Rojas, 2010[5].

2.3.11. Lámina Bruta

La lámina bruta, o necesidad bruta, es la cantidad de agua que debe aplicarse en cada riego a la superficie del terreno, de manera que se pueda asegurar una penetración suficiente de agua que permita retener en la zona radicular la lámina neta (Ln).

En ninguno de los casos es posible lograr un 100% de eficiencia en la aplicación de agua ya que no toda el agua que penetra, es retenida en la zona radicular del cultivo. Existen perdidas inevitables, causadas por la des uniformidad en la aplicación de agua en el campo, por la percolación más abajo de la zona radicular y por el escurrimiento superficial.

Para estar seguro que la cantidad de agua neta que debe ser reemplazada en cada riego penetra y es retenida en la zona radicular, es necesario aplicar una mayor cantidad de agua al terreno, con el fin de contrarrestar las pérdidas. Esta cantidad

[5] ROJAS, Rafael M. Las Relaciones Agua Suelo Planta Atmósfera En Planificación, Diseño y Manejo de Proyectos de Aguas y Tierras. Mérida, 2010.

de agua se obtiene a través de la siguiente ecuación:

$$LB = \frac{LN}{Ea}$$

Dónde:
LB: Lámina bruta (mm)
LN: Lámina neta de riego (mm)
Ea: Eficiencia de aplicación del equipo de riego

La eficiencia de aplicación (Ea) es un parámetro que está estrechamente relacionado con el método de riego que se utilice para la aplicación de la lámina de agua requerida.

Con el riego se debe aplicar la cantidad de agua necesaria para elevar el contenido de agua del suelo a capacidad de campo. El volumen real que se requiere, va a depender de la eficiencia que provea el método de riego que se utilice. La eficiencia de aplicación es el cociente entre el volumen de agua que es necesario reponer en la zona de raíces y el volumen aplicado durante el riego. Dicha eficiencia se expresa como porcentaje.

Para un método de riego determinado, la eficiencia de aplicación depende de:
- Calidad del diseño del método
- Habilidad del regador u operador del equipo de riego
- Características de terreno

Los usuarios que abastecen sus cultivos con agua derivada del rio Frio, en su gran mayoría, conducen el caudal por canales abiertos y riegan mediante sistema de riego por superficie.

Finalmente el módulo de riego se obtiene mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$MR = \frac{A \times LB \times K}{Fr \times Jr}$$

Dónde:
A: Área de la parcela (Has)
Lb: Lamina bruta de riego expresada en centímetros
K: Factor de conversión a litros por segundo (K = 27.78)
Fr: Frecuencia de riego (días)
Jr: La jornada de riego se establece de horas

La **Frecuencia de riego** hace referencia al intervalo de tiempo que deben pasar entre riegos sucesivos, lo cual depende del tipo de cultivo, la pérdida de agua en el suelo y el sistema de riego implementado.

De esta forma, el riego se debe realizar cuando el contenido de agua disponible en el suelo sea lo suficiente alto, de manera que el suelo puede suministrar agua con la rapidez necesaria para compensar las exigencias de la planta sin que esta sufra algún trastorno que pueda reducir el rendimiento del cultivo. Para ello, el cálculo de la frecuencia de riego se realizará a partir de la evapotranspiración del cultivo (ETc) y de la lámina Neta (LN) como se muestra a continuación.

$$Fr = \frac{LN}{ETc}$$

Dónde:

Fr: Frecuencia de riego, en días.
Ln: Lamina neta de riego (mm).
ETc: Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Considerando lo anterior se calculan los balances hídricos para cada uno de los cultivos establecidos en cada unidad cartográfica localizada en la cuenca hidrográfica del Río Frío.

Cultivo	Arroz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.5	6.6	1.7	7.4	3.4	2.9	4.8	6.1	23.0	10.6	9.2	9.6	9.1	6.6	2.9	8.8	2.3	3.8
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	47.6	49.0	54.5	50.0	50.5	39.5	48.3	47.2	51.4	46.2	45.7	45.9	46.1	46.3	50.8	46.0	45.8	46.4
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.8	4.9	5.0	5.0	5.0	4.9	4.8	4.7	4.7	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-44.1	-42.5	-52.7	-42.6	-47.1	-36.6	-43.5	-41.1	-28.3	-35.6	-36.5	-36.3	-37.0	-39.7	-47.9	-37.1	-43.5	-42.6
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-67.8	-65.3	-81.1	-65.6	-72.4	-56.3	-66.9	-63.2	-43.6	-54.8	-56.2	-55.9	-57.0	-61.1	-73.6	-57.1	-66.9	-65.5
Frecuencia de riego		dias	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5	2.4
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Módulo de Riego (Jr 13 horas)		(lps/ha)	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Tabla 32. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Arroz a nivel decadal multianual para la serie MXFf2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Arroz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	2.3	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	1.7	0.5	12.0	35.8	12.1	27.2	22.6	19.0	7.5	7.7
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	47.0	47.6	54.0	50.5	52.0	58.0	53.5	54.2	52.7	51.3	49.8	52.9	46.4	44.8	44.7	44.7	44.6	50.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.7	4.8	4.9	5.1	5.2	5.3	5.3	5.4	5.3	5.1	5.0	4.8	4.6	4.5	4.5	4.5	4.5	4.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo		(mm)	-44.7	-44.3	-54.0	-50.5	-52.0	-58.0	-52.0	-54.2	-51.0	-50.8	-37.8	-17.1	-34.3	-17.6	-22.1	-25.7	-37.1	-43.0
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-68.8	-68.2	-83.0	-77.8	-80.1	-89.3	-80.0	-83.3	-78.4	-78.1	-58.2	-26.3	-52.8	-27.0	-34.0	-39.5	-57.1	-66.1
Frecuencia de riego		dias	2.4	2.4	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.4
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Módulo de Riego (Jr 13 horas)		(lps/ha)	1.5	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Continuación Tabla 32. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Arroz a nivel decadal multianual para la serie MXFf2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Cacao – Frutales Maracuyá
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.4	6.5	1.7	7.3	3.4	2.9	4.8	6.1	22.7	10.4	9.1	9.5	9.0	6.5	2.9	8.7	2.3	3.8
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	41.6	42.9	47.7	43.7	44.2	34.6	42.3	41.3	45.0	40.4	40.0	40.2	40.3	40.5	44.4	40.2	40.1	40.6
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.2	4.3	4.3	4.4	4.4	4.3	4.2	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.1	4.0	4.0	4.0	4.1
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-38.2	-36.4	-45.9	-36.5	-40.8	-31.7	-37.5	-35.3	-22.2	-30.0	-30.9	-30.7	-31.4	-34.0	-41.6	-31.5	-37.8	-36.8
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-58.7	-56.0	-70.7	-56.1	-62.8	-48.8	-57.7	-54.2	-34.2	-46.2	-47.5	-47.2	-48.3	-52.3	-63.9	-48.5	-58.2	-56.7
Frecuencia de riego		dias	8.1	7.9	7.8	7.7	7.6	7.8	8.0	8.2	8.3	8.3	8.4	8.4	8.4	8.3	8.4	8.4	8.4	8.3
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 20 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2

Tabla 33. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Cacao, Frutales y Maracuyá a nivel decadal multianual para la serie MXFf2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Cacao – Frutales Maracuyá
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	2.2	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	1.7	0.5	11.8	35.3	12.0	26.9	22.4	18.7	7.4	7.6
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	41.1	41.6	47.2	44.2	45.5	50.8	46.8	47.4	46.1	44.8	43.6	46.3	40.6	39.2	39.1	39.1	39.0	44.4
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.1	4.2	4.3	4.4	4.6	4.6	4.7	4.7	4.6	4.5	4.4	4.2	4.1	3.9	3.9	3.9	3.9	4.0
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-38.9	-38.4	-47.2	-44.2	-45.5	-50.8	-45.4	-47.4	-44.4	-44.4	-31.7	-11.0	-28.7	-12.3	-16.8	-20.3	-31.6	-36.8
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-59.8	-59.1	-72.6	-68.0	-70.1	-78.1	-69.8	-72.9	-68.3	-68.3	-48.8	-16.9	-44.1	-18.9	-25.8	-31.3	-48.6	-56.6
Frecuencia de riego		dias	8.2	8.1	7.9	7.6	7.4	7.3	7.2	7.1	7.3	7.5	7.7	8.0	8.3	8.6	8.6	8.6	8.6	8.4
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 20 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1

Continuación Tabla 33. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Cacao, Frutales y Maracuyá a nivel decadal multianual para la serie MXFf2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Tabaco
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.5	6.5	1.7	7.3	3.4	2.9	4.8	6.1	22.8	10.5	9.1	9.5	9.0	6.5	2.9	8.8	2.3	3.8
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	43.6	44.9	49.9	45.8	46.3	36.2	44.3	43.3	47.1	42.4	41.9	42.1	42.3	42.4	46.5	42.2	42.0	42.5
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.4	4.5	4.5	4.6	4.6	4.5	4.4	4.3	4.3	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.3
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-40.1	-38.4	-48.2	-38.5	-42.9	-33.3	-39.5	-37.2	-24.3	-31.9	-32.8	-32.6	-33.3	-35.9	-43.7	-33.4	-39.7	-38.8
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-61.7	-59.1	-74.2	-59.3	-66.0	-51.3	-60.7	-57.2	-37.4	-49.0	-50.4	-50.1	-51.2	-55.2	-67.2	-51.4	-61.1	-59.6
Frecuencia de riego		dias	5.4	5.3	5.2	5.2	5.1	5.2	5.3	5.5	5.5	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Módulo de Riego (Jr 21 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 18 horas)		(lps/ha)	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabla 34. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Tabaco a nivel decadal multianual para la serie MXFf2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Tabaco
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	2.2	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	1.7	0.5	11.9	35.5	12.0	27.0	22.5	18.8	7.5	7.6
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	43.1	43.6	49.5	46.3	47.7	53.2	49.0	49.7	48.3	47.0	45.6	48.5	42.6	41.0	41.0	40.9	40.9	46.5
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.3	4.4	4.5	4.6	4.8	4.8	4.9	5.0	4.8	4.7	4.6	4.4	4.3	4.1	4.1	4.1	4.1	4.2
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-40.8	-40.4	-49.5	-46.3	-47.7	-53.2	-47.6	-49.7	-46.6	-46.5	-33.8	-13.0	-30.6	-14.1	-18.5	-22.1	-33.4	-38.8
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-62.8	-62.1	-76.1	-71.3	-73.4	-81.8	-73.2	-76.4	-71.7	-71.5	-51.9	-20.0	-47.0	-21.6	-28.5	-34.0	-51.5	-59.8
Frecuencia de riego		dias	5.5	5.4	5.3	5.1	4.9	4.9	4.8	4.8	4.9	5.0	5.2	5.4	5.5	5.8	5.8	5.8	5.8	5.6
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 21 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8
Módulo de Riego (Jr 18 horas)		(lps/ha)	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Continuación Tabla 34. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Tabaco a nivel decadal multianual para la serie MXFf2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Pastos
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.4	6.3	1.7	7.1	3.3	2.8	4.7	5.9	22.1	10.2	8.9	9.2	8.7	6.4	2.8	8.5	2.2	3.7
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	29.7	30.6	34.0	31.2	31.5	24.7	30.2	29.5	32.1	28.9	28.6	28.7	28.8	28.9	31.7	28.7	28.6	29.0
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.0	3.1	3.1	3.1	3.2	3.1	3.0	3.0	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-26.4	-24.3	-32.4	-24.2	-28.3	-21.9	-25.5	-23.6	-10.0	-18.7	-19.7	-19.4	-20.1	-22.6	-28.9	-20.2	-26.4	-25.3
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-40.6	-37.4	-49.8	-37.2	-43.5	-33.7	-39.3	-36.3	-15.4	-28.8	-30.3	-29.9	-30.9	-34.7	-44.5	-31.1	-40.6	-39.0
Frecuencia de riego		dias	7.6	7.3	7.3	7.2	7.1	7.3	7.4	7.6	7.7	7.8	7.9	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.9	7.8
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Tabla 35. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Pastos a nivel decadal multianual para la serie MXFf2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Pastos
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	2.2	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	1.7	0.5	11.5	34.3	11.7	26.2	21.8	18.3	7.2	7.4
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	29.4	29.7	33.7	31.6	32.5	36.3	33.4	33.9	32.9	32.0	31.1	33.1	29.0	28.0	28.0	27.9	27.9	31.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.3	3.3	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.9
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-27.2	-26.6	-33.7	-31.6	-32.5	-36.3	-32.0	-33.9	-31.3	-31.6	-19.6	1.2	-17.4	-1.8	-6.1	-9.6	-20.6	-24.3
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-41.8	-41.0	-51.9	-48.6	-50.0	-55.8	-49.3	-52.1	-48.1	-48.6	-30.2	1.9	-26.7	-2.7	-9.4	-14.8	-31.8	-37.4
Frecuencia de riego		dias	7.7	7.6	7.3	7.1	6.9	6.8	6.7	6.6	6.8	7.0	7.2	7.5	7.7	8.0	8.0	8.1	8.1	7.8
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Continuación Tabla 35. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Pastos a nivel decadal multianual para la serie MXFf2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Maíz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.4	6.4	1.7	7.2	3.3	2.9	4.7	6.0	22.5	10.4	9.0	9.4	8.9	6.5	2.8	8.7	2.3	3.7
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	37.6	38.8	43.1	39.6	40.0	31.3	38.2	37.4	40.7	36.6	36.2	36.3	36.5	36.6	40.2	36.4	36.3	36.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.8	3.9	3.9	4.0	4.0	3.9	3.8	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.6	3.6	3.7
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-34.2	-32.4	-41.4	-32.4	-36.6	-28.4	-33.5	-31.4	-18.2	-26.2	-27.2	-26.9	-27.6	-30.2	-37.4	-27.7	-34.0	-33.0
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-52.7	-49.8	-63.7	-49.8	-56.3	-43.7	-51.5	-48.3	-28.0	-40.4	-41.8	-41.5	-42.5	-46.4	-57.5	-42.7	-52.3	-50.8
Frecuencia de riego		dias	16.4	15.9	15.8	15.6	15.5	15.8	16.2	16.5	16.7	16.9	17.1	17.0	16.9	16.9	16.9	17.0	17.0	16.8
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabla 36. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Maíz a nivel decadal multianual para la serie MXFf2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Maíz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	2.2	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	1.7	0.5	11.7	35.0	11.9	26.7	22.2	18.6	7.4	7.5
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	37.2	37.6	42.7	40.0	41.2	45.9	42.3	42.9	41.7	40.6	39.4	41.9	36.8	35.4	35.4	35.4	35.3	40.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.2	4.1	3.9	3.8	3.7	3.5	3.5	3.5	3.5	3.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-35.0	-34.5	-42.7	-40.0	-41.2	-45.9	-40.9	-42.9	-40.0	-40.1	-27.7	-6.9	-24.9	-8.8	-13.2	-16.8	-28.0	-32.6
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-53.8	-53.1	-65.7	-61.6	-63.4	-70.7	-62.9	-66.0	-61.6	-61.7	-42.6	-10.6	-38.3	-13.5	-20.3	-25.8	-43.0	-50.2
Frecuencia de riego		dias	16.6	16.4	15.9	15.5	15.0	14.8	14.6	14.4	14.8	15.2	15.7	16.2	16.8	17.4	17.5	17.5	17.5	17.0
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Continuación Tabla 36. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Maíz a nivel decadal multianual para la serie MXFf2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Piña																		
Área	1																		
Método de Riego	Superficie																		
Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.4	6.4	1.7	7.2	3.3	2.9	4.7	6.0	22.5	10.4	9.0	9.4	8.9	6.5	2.8	8.7	2.3	3.7
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	37.6	38.8	43.1	39.6	40.0	31.3	38.2	37.4	40.7	36.6	36.2	36.3	36.5	36.6	40.2	36.4	36.3	36.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.8	3.9	3.9	4.0	4.0	3.9	3.8	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.6	3.6	3.7
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-34.2	-32.4	-41.4	-32.4	-36.6	-28.4	-33.5	-31.4	-18.2	-26.2	-27.2	-26.9	-27.6	-30.2	-37.4	-27.7	-34.0	-33.0
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-52.7	-49.8	-63.7	-49.8	-56.3	-43.7	-51.5	-48.3	-28.0	-40.4	-41.8	-41.5	-42.5	-46.4	-57.5	-42.7	-52.3	-50.8
Frecuencia de riego		dias	13.9	13.5	13.4	13.3	13.1	13.4	13.7	14.0	14.2	14.3	14.5	14.4	14.4	14.3	14.4	14.4	14.5	14.3
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabla 37. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Piña a nivel decadal multianual para la serie MXFf2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Piña
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	2.2	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	1.7	0.5	11.7	35.0	11.9	26.7	22.2	18.6	7.4	7.5
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	37.2	37.6	42.7	40.0	41.2	45.9	42.3	42.9	41.7	40.6	39.4	41.9	36.8	35.4	35.4	35.4	35.3	40.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.2	4.1	3.9	3.8	3.7	3.5	3.5	3.5	3.5	3.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-35.0	-34.5	-42.7	-40.0	-41.2	-45.9	-40.9	-42.9	-40.0	-40.1	-27.7	-6.9	-24.9	-8.8	-13.2	-16.8	-28.0	-32.6
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-53.8	-53.1	-65.7	-61.6	-63.4	-70.7	-62.9	-66.0	-61.6	-61.7	-42.6	-10.6	-38.3	-13.5	-20.3	-25.8	-43.0	-50.2
Frecuencia de riego		dias	14.1	13.9	13.5	13.1	12.7	12.6	12.4	12.2	12.6	12.9	13.3	13.8	14.3	14.8	14.8	14.8	14.9	14.4
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Continuación Tabla 37. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Piña a nivel decadal multianual para la serie MXFf2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Arroz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.1	5.8	1.5	6.5	3.0	2.6	4.3	5.4	20.3	9.3	8.1	8.5	8.0	5.8	2.6	7.8	2.1	3.4
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	47.6	49.0	54.5	50.0	50.5	39.5	48.3	47.2	51.4	46.2	45.7	45.9	46.1	46.3	50.8	46.0	45.8	46.4
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.8	4.9	5.0	5.0	5.0	4.9	4.8	4.7	4.7	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-44.5	-43.2	-52.9	-43.5	-47.5	-36.9	-44.0	-41.8	-31.1	-36.9	-37.6	-37.4	-38.1	-40.5	-48.2	-38.2	-43.8	-43.0
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-68.4	-66.5	-81.4	-66.9	-73.0	-56.8	-67.7	-64.3	-47.8	-56.7	-57.8	-57.6	-58.6	-62.2	-74.1	-58.7	-67.3	-66.2
Frecuencia de riego		dias	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2	2.3	2.3	2.2
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Módulo de Riego (Jr 18 horas)		(lps/ha)	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Módulo de Riego (Jr 13 horas)		(lps/ha)	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Tabla 38. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Arroz a nivel decadal multianual para la serie PXAb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Arroz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	2.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	1.5	0.4	10.6	31.6	10.7	24.0	20.0	16.7	6.6	6.8
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	47.0	47.6	54.0	50.5	52.0	58.0	53.5	54.2	52.7	51.3	49.8	52.9	46.4	44.8	44.7	44.7	44.6	50.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.7	4.8	4.9	5.1	5.2	5.3	5.3	5.4	5.3	5.1	5.0	4.8	4.6	4.5	4.5	4.5	4.5	4.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-45.0	-44.7	-54.0	-50.5	-52.0	-58.0	-52.2	-54.2	-51.2	-50.8	-39.2	-21.3	-35.8	-20.8	-24.7	-27.9	-38.0	-43.9
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-69.2	-68.8	-83.0	-77.8	-80.1	-89.3	-80.3	-83.3	-78.7	-78.2	-60.3	-32.8	-55.0	-31.9	-38.1	-43.0	-58.4	-67.5
Frecuencia de riego		dias	2.2	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Módulo de Riego (Jr 18 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Módulo de Riego (Jr 13 horas)		(lps/ha)	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Continuación Tabla 38. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Arroz a nivel decadal multianual para la serie PXAb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Cacao – Frutales Maracuyá
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.0	5.7	1.5	6.4	3.0	2.5	4.2	5.3	20.1	9.2	8.0	8.4	7.9	5.8	2.5	7.7	2.0	3.3
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	41.6	42.9	47.7	43.7	44.2	34.6	42.3	41.3	45.0	40.4	40.0	40.2	40.3	40.5	44.4	40.2	40.1	40.6
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.2	4.3	4.3	4.4	4.4	4.3	4.2	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.1	4.0	4.0	4.0	4.1
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-38.6	-37.2	-46.1	-37.3	-41.2	-32.0	-38.0	-36.0	-24.9	-31.2	-32.0	-31.8	-32.4	-34.7	-41.9	-32.5	-38.1	-37.3
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-59.3	-57.2	-71.0	-57.4	-63.4	-49.3	-58.5	-55.3	-38.3	-48.0	-49.2	-48.9	-49.9	-53.5	-64.4	-50.0	-58.6	-57.4
Frecuencia de riego		dias	7.5	7.3	7.2	7.1	7.0	7.2	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.8	7.7
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 20 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.2

Tabla 39. Balance hídrico agrícola para los cultivo de Cacao, Frutales y Maracuyá a nivel decadal multianual para la serie PXAb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Cacao – Frutales Maracuyá
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	2.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	1.5	0.4	10.4	31.2	10.6	23.7	19.7	16.5	6.6	6.7
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	41.1	41.6	47.2	44.2	45.5	50.8	46.8	47.4	46.1	44.8	43.6	46.3	40.6	39.2	39.1	39.1	39.0	44.4
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.1	4.2	4.3	4.4	4.6	4.6	4.7	4.7	4.6	4.5	4.4	4.2	4.1	3.9	3.9	3.9	3.9	4.0
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-39.1	-38.8	-47.2	-44.2	-45.5	-50.8	-45.5	-47.4	-44.6	-44.4	-33.1	-15.1	-30.1	-15.5	-19.4	-22.5	-32.5	-37.7
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-60.2	-59.7	-72.6	-68.0	-70.1	-78.1	-70.0	-72.9	-68.6	-68.3	-51.0	-23.3	-46.3	-23.8	-29.8	-34.7	-50.0	-57.9
Frecuencia de riego		dias	7.6	7.5	7.3	7.0	6.8	6.7	6.7	6.6	6.7	6.9	7.1	7.4	7.7	7.9	8.0	8.0	8.0	7.7
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 20 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2

Continuación Tabla 39. Balance hídrico agrícola para los cultivo de Cacao, Frutales y Maracuyá a nivel decadal multianual para la serie PXAb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Tabaco																		
Área	1																		
Método de Riego	Superficie																		
Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.1	5.7	1.5	6.5	3.0	2.6	4.2	5.4	20.1	9.3	8.1	8.4	7.9	5.8	2.5	7.7	2.0	3.3
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	43.6	44.9	49.9	45.8	46.3	36.2	44.3	43.3	47.1	42.4	41.9	42.1	42.3	42.4	46.5	42.2	42.0	42.5
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.4	4.5	4.5	4.6	4.6	4.5	4.4	4.3	4.3	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.3
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-40.5	-39.2	-48.4	-39.4	-43.3	-33.7	-40.0	-37.9	-27.0	-33.1	-33.8	-33.7	-34.3	-36.7	-44.0	-34.4	-40.0	-39.2
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-62.4	-60.3	-74.5	-60.6	-66.6	-51.8	-61.6	-58.3	-41.5	-50.9	-52.1	-51.8	-52.8	-56.4	-67.7	-52.9	-61.5	-60.3
Frecuencia de riego		dias	5.0	4.8	4.8	4.8	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.1	5.2	5.2	5.2	5.1	5.2	5.2	5.2	5.1
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8
Módulo de Riego (Jr 21 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 18 horas)		(lps/ha)	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabla 40. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Tabaco a nivel decadal multianual para la serie PXAb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Tabaco
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	2.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	1.5	0.4	10.5	31.3	10.6	23.8	19.8	16.6	6.6	6.7
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	43.1	43.6	49.5	46.3	47.7	53.2	49.0	49.7	48.3	47.0	45.6	48.5	42.6	41.0	41.0	40.9	40.9	46.5
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.3	4.4	4.5	4.6	4.8	4.8	4.9	5.0	4.8	4.7	4.6	4.4	4.3	4.1	4.1	4.1	4.1	4.2
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-41.1	-40.8	-49.5	-46.3	-47.7	-53.2	-47.7	-49.7	-46.8	-46.6	-35.2	-17.2	-32.0	-17.2	-21.2	-24.3	-34.3	-39.7
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-63.2	-62.7	-76.1	-71.3	-73.4	-81.8	-73.4	-76.4	-72.0	-71.6	-54.1	-26.4	-49.2	-26.5	-32.6	-37.4	-52.8	-61.1
Frecuencia de riego		dias	5.1	5.0	4.8	4.7	4.6	4.5	4.4	4.4	4.5	4.6	4.8	4.9	5.1	5.3	5.3	5.3	5.3	5.2
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 21 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
Módulo de Riego (Jr 18 horas)		(lps/ha)	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Continuación Tabla 40. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Tabaco a nivel decadal multianual para la serie PXAb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Pastos
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.0	5.6	1.5	6.2	2.9	2.5	4.1	5.2	19.5	9.0	7.8	8.2	7.7	5.6	2.5	7.5	2.0	3.2
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	29.7	30.6	34.0	31.2	31.5	24.7	30.2	29.5	32.1	28.9	28.6	28.7	28.8	28.9	31.7	28.7	28.6	29.0
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.0	3.1	3.1	3.1	3.2	3.1	3.0	3.0	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-26.8	-25.1	-32.6	-25.0	-28.7	-22.2	-26.1	-24.3	-12.6	-19.9	-20.7	-20.5	-21.1	-23.3	-29.3	-21.2	-26.7	-25.8
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-41.2	-38.6	-50.1	-38.5	-44.1	-34.2	-40.1	-37.4	-19.4	-30.6	-31.9	-31.6	-32.5	-35.9	-45.0	-32.6	-41.0	-39.6
Frecuencia de riego		dias	7.0	6.8	6.7	6.6	6.6	6.7	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Tabla 41. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Pastos a nivel decadal multianual para la serie PXAb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Pastos
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	1.9	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.5	0.4	10.2	30.3	10.3	23.1	19.3	16.1	6.4	6.5
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	29.4	29.7	33.7	31.6	32.5	36.3	33.4	33.9	32.9	32.0	31.1	33.1	29.0	28.0	28.0	27.9	27.9	31.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.3	3.3	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.9
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-27.5	-27.0	-33.7	-31.6	-32.5	-36.3	-32.2	-33.9	-31.5	-31.6	-21.0	-2.8	-18.7	-4.8	-8.7	-11.8	-21.5	-25.2
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-42.2	-41.5	-51.9	-48.6	-50.0	-55.8	-49.5	-52.1	-48.4	-48.7	-32.3	-4.3	-28.8	-7.4	-13.4	-18.1	-33.1	-38.7
Frecuencia de riego		dias	7.1	7.0	6.8	6.6	6.4	6.3	6.2	6.1	6.3	6.5	6.7	6.9	7.1	7.4	7.4	7.4	7.4	7.2
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Continuación Tabla 41. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Pastos a nivel decadal multianual para la serie PXAb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Maíz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.0	5.7	1.5	6.4	3.0	2.5	4.2	5.3	19.9	9.1	8.0	8.3	7.8	5.7	2.5	7.6	2.0	3.3
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	37.6	38.8	43.1	39.6	40.0	31.3	38.2	37.4	40.7	36.6	36.2	36.3	36.5	36.6	40.2	36.4	36.3	36.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.8	3.9	3.9	4.0	4.0	3.9	3.8	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.6	3.6	3.7
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-34.6	-33.1	-41.6	-33.2	-37.0	-28.8	-34.1	-32.1	-20.8	-27.5	-28.2	-28.0	-28.7	-30.9	-37.7	-28.8	-34.3	-33.4
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-53.3	-51.0	-64.0	-51.1	-56.9	-44.2	-52.4	-49.3	-32.0	-42.2	-43.4	-43.2	-44.1	-47.6	-58.0	-44.2	-52.7	-51.4
Frecuencia de riego		dias	15.2	14.7	14.6	14.4	14.3	14.6	14.9	15.3	15.4	15.6	15.8	15.7	15.6	15.6	15.6	15.7	15.7	15.5
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabla 42. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Maíz a nivel decadal multianual para la serie PXAb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Maíz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	1.9	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.5	0.4	10.3	30.9	10.5	23.5	19.6	16.4	6.5	6.6
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	37.2	37.6	42.7	40.0	41.2	45.9	42.3	42.9	41.7	40.6	39.4	41.9	36.8	35.4	35.4	35.4	35.3	40.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.2	4.1	3.9	3.8	3.7	3.5	3.5	3.5	3.5	3.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-35.2	-34.9	-42.7	-40.0	-41.2	-45.9	-41.1	-42.9	-40.2	-40.2	-29.1	-11.0	-26.3	-11.9	-15.8	-19.0	-28.8	-33.5
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-54.2	-53.6	-65.7	-61.6	-63.4	-70.7	-63.2	-66.0	-61.9	-61.8	-44.7	-17.0	-40.5	-18.3	-24.3	-29.2	-44.3	-51.5
Frecuencia de riego		dias	15.3	15.2	14.7	14.3	13.9	13.7	13.5	13.3	13.7	14.1	14.5	15.0	15.5	16.1	16.1	16.1	16.2	15.6
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Continuación Tabla 42. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Maíz a nivel decadal multianual para la serie PXAb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Piña																		
Área	1																		
Método de Riego	Superficie																		
Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.0	5.7	1.5	6.4	3.0	2.5	4.2	5.3	19.9	9.1	8.0	8.3	7.8	5.7	2.5	7.6	2.0	3.3
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	37.6	38.8	43.1	39.6	40.0	31.3	38.2	37.4	40.7	36.6	36.2	36.3	36.5	36.6	40.2	36.4	36.3	36.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.8	3.9	3.9	4.0	4.0	3.9	3.8	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.6	3.6	3.7
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-34.6	-33.1	-41.6	-33.2	-37.0	-28.8	-34.1	-32.1	-20.8	-27.5	-28.2	-28.0	-28.7	-30.9	-37.7	-28.8	-34.3	-33.4
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-53.3	-51.0	-64.0	-51.1	-56.9	-44.2	-52.4	-49.3	-32.0	-42.2	-43.4	-43.2	-44.1	-47.6	-58.0	-44.2	-52.7	-51.4
Frecuencia de riego		dias	12.9	12.5	12.4	12.2	12.1	12.4	12.7	13.0	13.1	13.2	13.4	13.3	13.3	13.2	13.3	13.3	13.3	13.2
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabla 43. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Piña a nivel decadal multianual para la serie PXAb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Piña
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	1.9	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.5	0.4	10.3	30.9	10.5	23.5	19.6	16.4	6.5	6.6
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	37.2	37.6	42.7	40.0	41.2	45.9	42.3	42.9	41.7	40.6	39.4	41.9	36.8	35.4	35.4	35.4	35.3	40.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.2	4.1	3.9	3.8	3.7	3.5	3.5	3.5	3.5	3.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-35.2	-34.9	-42.7	-40.0	-41.2	-45.9	-41.1	-42.9	-40.2	-40.2	-29.1	-11.0	-26.3	-11.9	-15.8	-19.0	-28.8	-33.5
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-54.2	-53.6	-65.7	-61.6	-63.4	-70.7	-63.2	-66.0	-61.9	-61.8	-44.7	-17.0	-40.5	-18.3	-24.3	-29.2	-44.3	-51.5
Frecuencia de riego		dias	13.0	12.9	12.5	12.1	11.8	11.6	11.4	11.3	11.6	11.9	12.3	12.7	13.2	13.7	13.7	13.7	13.7	13.3
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Continuación Tabla 43. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Piña a nivel decadal multianual para la serie PXAb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Arroz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.0	5.7	1.5	6.4	3.0	2.5	4.2	5.3	20.0	9.2	8.0	8.3	7.9	5.7	2.5	7.7	2.0	3.3
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	47.6	49.0	54.5	50.0	50.5	39.5	48.3	47.2	51.4	46.2	45.7	45.9	46.1	46.3	50.8	46.0	45.8	46.4
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.8	4.9	5.0	5.0	5.0	4.9	4.8	4.7	4.7	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-44.5	-43.3	-53.0	-43.6	-47.5	-37.0	-44.1	-41.9	-31.4	-37.0	-37.7	-37.6	-38.2	-40.6	-48.2	-38.3	-43.8	-43.1
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-68.5	-66.6	-81.5	-67.1	-73.1	-56.9	-67.8	-64.4	-48.3	-57.0	-58.0	-57.8	-58.8	-62.4	-74.2	-58.9	-67.4	-66.3
Frecuencia de riego		dias	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Módulo de Riego (Jr 18 horas)		(lps/ha)	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Módulo de Riego (Jr 13 horas)		(lps/ha)	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Tabla 44. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Arroz a nivel decadal multianual para la serie PXFb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Arroz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	2.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	1.5	0.4	10.4	31.1	10.5	23.6	19.7	16.5	6.5	6.7
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	47.0	47.6	54.0	50.5	52.0	58.0	53.5	54.2	52.7	51.3	49.8	52.9	46.4	44.8	44.7	44.7	44.6	50.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.7	4.8	4.9	5.1	5.2	5.3	5.3	5.4	5.3	5.1	5.0	4.8	4.6	4.5	4.5	4.5	4.5	4.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-45.0	-44.8	-54.0	-50.5	-52.0	-58.0	-52.2	-54.2	-51.2	-50.8	-39.4	-21.8	-35.9	-21.2	-25.1	-28.2	-38.1	-44.0
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-69.3	-68.9	-83.0	-77.8	-80.1	-89.3	-80.3	-83.3	-78.8	-78.2	-60.6	-33.5	-55.3	-32.5	-38.6	-43.4	-58.6	-67.7
Frecuencia de riego		dias	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Módulo de Riego (Jr 18 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Módulo de Riego (Jr 13 horas)		(lps/ha)	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Continuación Tabla 44. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Arroz a nivel decadal multianual para la serie PXFb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Cacao – Frutales Maracuyá
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.0	5.6	1.5	6.3	2.9	2.5	4.2	5.3	19.7	9.1	7.9	8.2	7.8	5.7	2.5	7.6	2.0	3.3
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	41.6	42.9	47.7	43.7	44.2	34.6	42.3	41.3	45.0	40.4	40.0	40.2	40.3	40.5	44.4	40.2	40.1	40.6
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.2	4.3	4.3	4.4	4.4	4.3	4.2	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.1	4.0	4.0	4.0	4.1
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-38.6	-37.3	-46.2	-37.4	-41.2	-32.1	-38.1	-36.1	-25.2	-31.4	-32.1	-31.9	-32.6	-34.8	-41.9	-32.7	-38.1	-37.3
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-59.4	-57.3	-71.0	-57.6	-63.4	-49.3	-58.6	-55.5	-38.8	-48.3	-49.4	-49.1	-50.1	-53.6	-64.5	-50.2	-58.6	-57.4
Frecuencia de riego		dias	4.7	4.6	4.5	4.5	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.8	4.9	4.9	4.9	4.8	4.9	4.9	4.9	4.8
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 20 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.2

Tabla 45. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Cacao, Frutales y Maracuyá a nivel decadal multianual para la serie PXFb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Cacao – Frutales Maracuyá
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	1.9	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.5	0.4	10.3	30.7	10.4	23.3	19.4	16.3	6.5	6.6
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	41.1	41.6	47.2	44.2	45.5	50.8	46.8	47.4	46.1	44.8	43.6	46.3	40.6	39.2	39.1	39.1	39.0	44.4
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.1	4.2	4.3	4.4	4.6	4.6	4.7	4.7	4.6	4.5	4.4	4.2	4.1	3.9	3.9	3.9	3.9	4.0
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-39.2	-38.8	-47.2	-44.2	-45.5	-50.8	-45.5	-47.4	-44.6	-44.4	-33.3	-15.6	-30.3	-15.8	-19.7	-22.8	-32.6	-37.8
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-60.3	-59.8	-72.6	-68.0	-70.1	-78.1	-70.1	-72.9	-68.7	-68.4	-51.2	-24.1	-46.5	-24.4	-30.3	-35.1	-50.1	-58.1
Frecuencia de riego		dias	4.8	4.7	4.6	4.4	4.3	4.2	4.2	4.1	4.3	4.4	4.5	4.7	4.8	5.0	5.0	5.0	5.0	4.9
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 20 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1

Continuación Tabla 45. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Cacao, Frutales y Maracuyá a nivel decadal multianual para la serie PXFb.

Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Tabaco
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.0	5.6	1.5	6.3	2.9	2.5	4.2	5.3	19.8	9.1	7.9	8.3	7.8	5.7	2.5	7.6	2.0	3.3
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	43.6	44.9	49.9	45.8	46.3	36.2	44.3	43.3	47.1	42.4	41.9	42.1	42.3	42.4	46.5	42.2	42.0	42.5
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.4	4.5	4.5	4.6	4.6	4.5	4.4	4.3	4.3	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.3
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-40.6	-39.3	-48.4	-39.5	-43.3	-33.7	-40.1	-38.0	-27.3	-33.3	-34.0	-33.8	-34.4	-36.7	-44.0	-34.5	-40.0	-39.3
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-62.4	-60.4	-74.5	-60.7	-66.7	-51.9	-61.7	-58.5	-42.0	-51.2	-52.3	-52.0	-53.0	-56.5	-67.7	-53.1	-61.5	-60.4
Frecuencia de riego		dias	3.1	3.1	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.2
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8
Módulo de Riego (Jr 21 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 18 horas)		(lps/ha)	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabla 46. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Tabaco a nivel decadal multianual para la serie PXFb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Tabaco
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	1.9	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.5	0.4	10.3	30.8	10.4	23.4	19.5	16.3	6.5	6.6
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	43.1	43.6	49.5	46.3	47.7	53.2	49.0	49.7	48.3	47.0	45.6	48.5	42.6	41.0	41.0	40.9	40.9	46.5
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.3	4.4	4.5	4.6	4.8	4.8	4.9	5.0	4.8	4.7	4.6	4.4	4.3	4.1	4.1	4.1	4.1	4.2
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-41.1	-40.8	-49.5	-46.3	-47.7	-53.2	-47.8	-49.7	-46.8	-46.6	-35.3	-17.7	-32.1	-17.6	-21.5	-24.6	-34.4	-39.8
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-63.3	-62.8	-76.1	-71.3	-73.4	-81.8	-73.5	-76.4	-72.1	-71.6	-54.4	-27.2	-49.5	-27.1	-33.1	-37.9	-53.0	-61.3
Frecuencia de riego		dias	3.2	3.1	3.1	3.0	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.3	3.4	3.4	3.2
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8
Módulo de Riego (Jr 21 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
Módulo de Riego (Jr 18 horas)		(lps/ha)	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Continuación Tabla 46. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Tabaco a nivel decadal multianual para la serie PXFb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Pastos
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	2.9	5.5	1.4	6.1	2.8	2.4	4.0	5.1	19.2	8.8	7.7	8.0	7.6	5.5	2.4	7.4	2.0	3.2
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	29.7	30.6	34.0	31.2	31.5	24.7	30.2	29.5	32.1	28.9	28.6	28.7	28.8	28.9	31.7	28.7	28.6	29.0
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.0	3.1	3.1	3.1	3.2	3.1	3.0	3.0	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-26.8	-25.2	-32.6	-25.1	-28.7	-22.2	-26.1	-24.4	-12.9	-20.0	-20.9	-20.7	-21.2	-23.4	-29.3	-21.3	-26.7	-25.8
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-41.2	-38.7	-50.1	-38.6	-44.2	-34.2	-40.2	-37.5	-19.9	-30.8	-32.1	-31.8	-32.7	-36.0	-45.1	-32.8	-41.1	-39.7
Frecuencia de riego		dias	4.4	4.3	4.2	4.2	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.5	4.6	4.6	4.5	4.5	4.5	4.5	4.6	4.5
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Tabla 47. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Pastos a nivel decadal multianual para la serie PXFb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Pastos
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	1.9	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.4	0.4	10.0	29.8	10.1	22.8	18.9	15.9	6.3	6.4
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	29.4	29.7	33.7	31.6	32.5	36.3	33.4	33.9	32.9	32.0	31.1	33.1	29.0	28.0	28.0	27.9	27.9	31.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.3	3.3	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.9
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-27.5	-27.0	-33.7	-31.6	-32.5	-36.3	-32.2	-33.9	-31.5	-31.6	-21.1	-3.3	-18.9	-5.2	-9.0	-12.0	-21.6	-25.3
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-42.3	-41.6	-51.9	-48.6	-50.0	-55.8	-49.6	-52.1	-48.5	-48.7	-32.5	-5.1	-29.1	-8.0	-13.9	-18.5	-33.2	-38.9
Frecuencia de riego		dias	4.5	4.4	4.3	4.1	4.0	4.0	3.9	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.5	4.7	4.7	4.7	4.7	4.5
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Continuación Tabla 47. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Pastos a nivel decadal multianual para la serie PXFb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Maíz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.0	5.6	1.5	6.3	2.9	2.5	4.1	5.2	19.5	9.0	7.8	8.2	7.7	5.6	2.5	7.5	2.0	3.2
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	37.6	38.8	43.1	39.6	40.0	31.3	38.2	37.4	40.7	36.6	36.2	36.3	36.5	36.6	40.2	36.4	36.3	36.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.8	3.9	3.9	4.0	4.0	3.9	3.8	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.6	3.6	3.7
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-34.7	-33.2	-41.6	-33.3	-37.1	-28.8	-34.1	-32.2	-21.1	-27.6	-28.4	-28.2	-28.8	-31.0	-37.7	-28.9	-34.3	-33.5
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-53.4	-51.1	-64.1	-51.3	-57.0	-44.3	-52.5	-49.5	-32.5	-42.5	-43.6	-43.4	-44.3	-47.7	-58.0	-44.4	-52.8	-51.5
Frecuencia de riego		dias	9.6	9.3	9.2	9.1	9.0	9.2	9.4	9.6	9.7	9.8	9.9	9.9	9.9	9.8	9.8	9.9	9.9	9.8
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabla 48. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Maíz a nivel decadal multianual para la serie PXFb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Maíz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	1.9	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.5	0.4	10.2	30.4	10.3	23.1	19.3	16.1	6.4	6.5
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	37.2	37.6	42.7	40.0	41.2	45.9	42.3	42.9	41.7	40.6	39.4	41.9	36.8	35.4	35.4	35.4	35.3	40.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.2	4.1	3.9	3.8	3.7	3.5	3.5	3.5	3.5	3.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-35.3	-34.9	-42.7	-40.0	-41.2	-45.9	-41.1	-42.9	-40.3	-40.2	-29.2	-11.5	-26.5	-12.3	-16.1	-19.2	-28.9	-33.6
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-54.3	-53.7	-65.7	-61.6	-63.4	-70.7	-63.2	-66.0	-61.9	-61.8	-45.0	-17.7	-40.7	-18.9	-24.8	-29.6	-44.5	-51.7
Frecuencia de riego		dias	9.7	9.6	9.3	9.0	8.7	8.6	8.5	8.4	8.6	8.9	9.1	9.4	9.8	10.1	10.2	10.2	10.2	9.9
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Continuación Tabla 48. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Maíz a nivel decadal multianual para la serie PXFb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Piña
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.0	5.6	1.5	6.3	2.9	2.5	4.1	5.2	19.5	9.0	7.8	8.2	7.7	5.6	2.5	7.5	2.0	3.2
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	37.6	38.8	43.1	39.6	40.0	31.3	38.2	37.4	40.7	36.6	36.2	36.3	36.5	36.6	40.2	36.4	36.3	36.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.8	3.9	3.9	4.0	4.0	3.9	3.8	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.6	3.6	3.7
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-34.7	-33.2	-41.6	-33.3	-37.1	-28.8	-34.1	-32.2	-21.1	-27.6	-28.4	-28.2	-28.8	-31.0	-37.7	-28.9	-34.3	-33.5
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-53.4	-51.1	-64.1	-51.3	-57.0	-44.3	-52.5	-49.5	-32.5	-42.5	-43.6	-43.4	-44.3	-47.7	-58.0	-44.4	-52.8	-51.5
Frecuencia de riego		dias	8.1	7.9	7.8	7.7	7.6	7.8	8.0	8.2	8.2	8.3	8.4	8.4	8.4	8.3	8.4	8.4	8.4	8.3
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabla 49. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Piña a nivel decadal multianual para la serie PXFb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Piña
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	1.9	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.5	0.4	10.2	30.4	10.3	23.1	19.3	16.1	6.4	6.5
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	37.2	37.6	42.7	40.0	41.2	45.9	42.3	42.9	41.7	40.6	39.4	41.9	36.8	35.4	35.4	35.4	35.3	40.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.2	4.1	3.9	3.8	3.7	3.5	3.5	3.5	3.5	3.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-35.3	-34.9	-42.7	-40.0	-41.2	-45.9	-41.1	-42.9	-40.3	-40.2	-29.2	-11.5	-26.5	-12.3	-16.1	-19.2	-28.9	-33.6
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-54.3	-53.7	-65.7	-61.6	-63.4	-70.7	-63.2	-66.0	-61.9	-61.8	-45.0	-17.7	-40.7	-18.9	-24.8	-29.6	-44.5	-51.7
Frecuencia de riego		dias	8.2	8.1	7.9	7.6	7.4	7.3	7.2	7.1	7.3	7.5	7.7	8.0	8.3	8.6	8.6	8.6	8.6	8.4
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Continuación Tabla 49. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Piña a nivel decadal multianual para la serie PXFb.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Arroz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.2	6.1	1.6	6.8	3.2	2.7	4.5	5.7	21.3	9.8	8.5	8.9	8.4	6.1	2.7	8.2	2.2	3.5
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	47.6	49.0	54.5	50.0	50.5	39.5	48.3	47.2	51.4	46.2	45.7	45.9	46.1	46.3	50.8	46.0	45.8	46.4
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.8	4.9	5.0	5.0	5.0	4.9	4.8	4.7	4.7	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-44.3	-43.0	-52.9	-43.2	-47.3	-36.8	-43.8	-41.5	-30.1	-36.4	-37.2	-37.0	-37.7	-40.2	-48.1	-37.8	-43.7	-42.9
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-68.2	-66.1	-81.3	-66.4	-72.8	-56.6	-67.4	-63.9	-46.3	-56.1	-57.2	-57.0	-58.0	-61.8	-74.0	-58.2	-67.2	-66.0
Frecuencia de riego		dias	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.8
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Módulo de Riego (Jr 18 horas)		(lps/ha)	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Módulo de Riego (Jr 13 horas)		(lps/ha)	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Tabla 50. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Arroz a nivel decadal multianual para la serie PXFb2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Arroz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	2.1	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	1.6	0.4	11.1	33.2	11.2	25.2	20.9	17.5	7.0	7.1
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	47.0	47.6	54.0	50.5	52.0	58.0	53.5	54.2	52.7	51.3	49.8	52.9	46.4	44.8	44.7	44.7	44.6	50.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.7	4.8	4.9	5.1	5.2	5.3	5.3	5.4	5.3	5.1	5.0	4.8	4.6	4.5	4.5	4.5	4.5	4.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-44.9	-44.6	-54.0	-50.5	-52.0	-58.0	-52.1	-54.2	-51.1	-50.8	-38.7	-19.8	-35.2	-19.6	-23.8	-27.1	-37.7	-43.6
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-69.1	-68.6	-83.0	-77.8	-80.1	-89.3	-80.2	-83.3	-78.6	-78.2	-59.6	-30.4	-54.2	-30.2	-36.6	-41.7	-57.9	-67.0
Frecuencia de riego		dias	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Módulo de Riego (Jr 18 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Módulo de Riego (Jr 13 horas)		(lps/ha)	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Continuación Tabla 50. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Arroz a nivel decadal multianual para la serie PXFb2.
FUENTE: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Cacao – Frutales Maracuyá
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.2	6.0	1.6	6.7	3.1	2.7	4.4	5.6	21.0	9.7	8.4	8.8	8.3	6.0	2.6	8.1	2.1	3.5
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	41.6	42.9	47.7	43.7	44.2	34.6	42.3	41.3	45.0	40.4	40.0	40.2	40.3	40.5	44.4	40.2	40.1	40.6
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.2	4.3	4.3	4.4	4.4	4.3	4.2	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.1	4.0	4.0	4.0	4.1
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-38.4	-36.9	-46.1	-37.0	-41.0	-31.9	-37.8	-35.7	-24.0	-30.8	-31.6	-31.4	-32.0	-34.5	-41.8	-32.2	-38.0	-37.1
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-59.1	-56.8	-70.9	-56.9	-63.2	-49.1	-58.2	-54.9	-36.9	-47.4	-48.6	-48.3	-49.3	-53.0	-64.3	-49.5	-58.4	-57.1
Frecuencia de riego		dias	6.1	5.9	5.9	5.8	5.8	5.9	6.0	6.2	6.2	6.3	6.4	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 20 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.2

Tabla 51. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Cacao, Frutales y Maracuyá a nivel decadal multianual para la serie PXFb2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Cacao – Frutales Maracuyá
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	2.1	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	1.6	0.4	10.9	32.7	11.1	24.8	20.7	17.3	6.9	7.0
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	41.1	41.6	47.2	44.2	45.5	50.8	46.8	47.4	46.1	44.8	43.6	46.3	40.6	39.2	39.1	39.1	39.0	44.4
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.1	4.2	4.3	4.4	4.6	4.6	4.7	4.7	4.6	4.5	4.4	4.2	4.1	3.9	3.9	3.9	3.9	4.0
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-39.1	-38.7	-47.2	-44.2	-45.5	-50.8	-45.5	-47.4	-44.5	-44.4	-32.6	-13.6	-29.6	-14.3	-18.4	-21.8	-32.2	-37.3
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-60.1	-59.5	-72.6	-68.0	-70.1	-78.1	-69.9	-72.9	-68.5	-68.3	-50.2	-21.0	-45.5	-22.0	-28.4	-33.5	-49.5	-57.4
Frecuencia de riego		dias	6.2	6.1	5.9	5.8	5.6	5.5	5.4	5.4	5.5	5.7	5.8	6.0	6.3	6.5	6.5	6.5	6.5	6.3
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 20 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1

Continuación Tabla 51. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Cacao, Frutales y Maracuyá a nivel decadal multianual para la serie PXFb2.

Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Tabaco
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.2	6.0	1.6	6.8	3.1	2.7	4.4	5.6	21.1	9.7	8.5	8.8	8.3	6.1	2.7	8.1	2.1	3.5
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	43.6	44.9	49.9	45.8	46.3	36.2	44.3	43.3	47.1	42.4	41.9	42.1	42.3	42.4	46.5	42.2	42.0	42.5
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.4	4.5	4.5	4.6	4.6	4.5	4.4	4.3	4.3	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.3
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-40.4	-38.9	-48.3	-39.1	-43.1	-33.5	-39.8	-37.7	-26.0	-32.7	-33.5	-33.3	-33.9	-36.4	-43.9	-34.0	-39.9	-39.0
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-62.1	-59.9	-74.4	-60.1	-66.4	-51.6	-61.3	-57.9	-40.0	-50.3	-51.5	-51.2	-52.2	-56.0	-67.5	-52.4	-61.3	-60.1
Frecuencia de riego		dias	4.1	4.0	3.9	3.9	3.9	3.9	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8
Módulo de Riego (Jr 21 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 18 horas)		(lps/ha)	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabla 52. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Tabaco a nivel decadal multianual para la serie PXFb2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Tabaco
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	2.1	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	1.6	0.4	11.0	32.8	11.1	25.0	20.8	17.4	6.9	7.1
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	43.1	43.6	49.5	46.3	47.7	53.2	49.0	49.7	48.3	47.0	45.6	48.5	42.6	41.0	41.0	40.9	40.9	46.5
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.3	4.4	4.5	4.6	4.8	4.8	4.9	5.0	4.8	4.7	4.6	4.4	4.3	4.1	4.1	4.1	4.1	4.2
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-41.0	-40.6	-49.5	-46.3	-47.7	-53.2	-47.7	-49.7	-46.7	-46.5	-34.7	-15.7	-31.5	-16.1	-20.2	-23.5	-34.0	-39.4
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-63.1	-62.5	-76.1	-71.3	-73.4	-81.8	-73.4	-76.4	-71.9	-71.6	-53.3	-24.1	-48.4	-24.8	-31.1	-36.2	-52.3	-60.6
Frecuencia de riego		dias	4.1	4.1	4.0	3.8	3.7	3.7	3.6	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.2	4.3	4.3	4.4	4.4	4.2
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8
Módulo de Riego (Jr 21 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
Módulo de Riego (Jr 18 horas)		(lps/ha)	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Continuación Tabla 52. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Tabaco a nivel decadal multianual para la serie PXFb2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Pastos
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.1	5.8	1.5	6.5	3.0	2.6	4.3	5.5	20.4	9.4	8.2	8.6	8.1	5.9	2.6	7.9	2.1	3.4
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	29.7	30.6	34.0	31.2	31.5	24.7	30.2	29.5	32.1	28.9	28.6	28.7	28.8	28.9	31.7	28.7	28.6	29.0
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.0	3.1	3.1	3.1	3.2	3.1	3.0	3.0	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-26.6	-24.8	-32.5	-24.7	-28.5	-22.1	-25.9	-24.0	-11.7	-19.5	-20.4	-20.1	-20.7	-23.1	-29.2	-20.9	-26.6	-25.6
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-41.0	-38.2	-50.0	-38.0	-43.9	-34.0	-39.8	-37.0	-18.0	-30.0	-31.3	-31.0	-31.9	-35.5	-44.8	-32.1	-40.9	-39.4
Frecuencia de riego		dias	5.7	5.5	5.5	5.4	5.4	5.5	5.6	5.8	5.8	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Tabla 53. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Pastos a nivel decadal multianual para la serie PXFb2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Pastos
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	2.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	1.5	0.4	10.6	31.7	10.8	24.2	20.2	16.9	6.7	6.8
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	29.4	29.7	33.7	31.6	32.5	36.3	33.4	33.9	32.9	32.0	31.1	33.1	29.0	28.0	28.0	27.9	27.9	31.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.3	3.3	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.9
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-27.4	-26.9	-33.7	-31.6	-32.5	-36.3	-32.1	-33.9	-31.4	-31.6	-20.5	-1.3	-18.2	-3.7	-7.8	-11.0	-21.2	-24.9
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-42.1	-41.3	-51.9	-48.6	-50.0	-55.8	-49.4	-52.1	-48.3	-48.6	-31.5	-2.1	-28.1	-5.7	-12.0	-16.9	-32.6	-38.2
Frecuencia de riego		dias	5.8	5.7	5.5	5.4	5.2	5.1	5.1	5.0	5.2	5.3	5.5	5.6	5.8	6.1	6.1	6.1	6.1	5.9
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Continuación Tabla 53. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Pastos a nivel decadal multianual para la serie PXFb2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Maíz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.2	5.9	1.6	6.7	3.1	2.6	4.4	5.6	20.8	9.6	8.4	8.7	8.2	6.0	2.6	8.0	2.1	3.5
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	37.6	38.8	43.1	39.6	40.0	31.3	38.2	37.4	40.7	36.6	36.2	36.3	36.5	36.6	40.2	36.4	36.3	36.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.8	3.9	3.9	4.0	4.0	3.9	3.8	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.6	3.6	3.7
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-34.5	-32.9	-41.5	-32.9	-36.9	-28.6	-33.9	-31.8	-19.9	-27.0	-27.8	-27.7	-28.3	-30.7	-37.6	-28.4	-34.2	-33.3
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-53.1	-50.6	-63.9	-50.6	-56.7	-44.1	-52.1	-49.0	-30.6	-41.6	-42.8	-42.5	-43.5	-47.2	-57.8	-43.7	-52.6	-51.2
Frecuencia de riego		dias	12.4	12.0	11.9	11.8	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.8	12.9	12.8	12.8	12.7	12.8	12.8	12.9	12.7
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabla 54. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Maíz a nivel decadal multianual para la serie PXFb2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Maíz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	2.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	1.6	0.4	10.8	32.4	11.0	24.6	20.5	17.2	6.8	7.0
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	37.2	37.6	42.7	40.0	41.2	45.9	42.3	42.9	41.7	40.6	39.4	41.9	36.8	35.4	35.4	35.4	35.3	40.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.2	4.1	3.9	3.8	3.7	3.5	3.5	3.5	3.5	3.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-35.2	-34.7	-42.7	-40.0	-41.2	-45.9	-41.0	-42.9	-40.2	-40.1	-28.6	-9.5	-25.8	-10.8	-14.9	-18.2	-28.5	-33.2
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-54.1	-53.4	-65.7	-61.6	-63.4	-70.7	-63.1	-66.0	-61.8	-61.8	-44.0	-14.7	-39.7	-16.6	-22.9	-28.0	-43.9	-51.0
Frecuencia de riego		dias	12.6	12.4	12.0	11.7	11.3	11.2	11.0	10.9	11.2	11.5	11.8	12.3	12.7	13.2	13.2	13.2	13.2	12.8
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Continuación Tabla 54. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Maíz a nivel decadal multianual para la serie PXFb2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Piña
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.2	5.9	1.6	6.7	3.1	2.6	4.4	5.6	20.8	9.6	8.4	8.7	8.2	6.0	2.6	8.0	2.1	3.5
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	37.6	38.8	43.1	39.6	40.0	31.3	38.2	37.4	40.7	36.6	36.2	36.3	36.5	36.6	40.2	36.4	36.3	36.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.8	3.9	3.9	4.0	4.0	3.9	3.8	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.6	3.6	3.7
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-34.5	-32.9	-41.5	-32.9	-36.9	-28.6	-33.9	-31.8	-19.9	-27.0	-27.8	-27.7	-28.3	-30.7	-37.6	-28.4	-34.2	-33.3
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-53.1	-50.6	-63.9	-50.6	-56.7	-44.1	-52.1	-49.0	-30.6	-41.6	-42.8	-42.5	-43.5	-47.2	-57.8	-43.7	-52.6	-51.2
Frecuencia de riego		dias	10.5	10.2	10.1	10.0	9.9	10.1	10.4	10.6	10.7	10.8	10.9	10.9	10.9	10.8	10.8	10.9	10.9	10.8
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabla 55. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Piña a nivel decadal multianual para la serie PXFb2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Piña
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	2.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	1.6	0.4	10.8	32.4	11.0	24.6	20.5	17.2	6.8	7.0
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	37.2	37.6	42.7	40.0	41.2	45.9	42.3	42.9	41.7	40.6	39.4	41.9	36.8	35.4	35.4	35.4	35.3	40.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.2	4.1	3.9	3.8	3.7	3.5	3.5	3.5	3.5	3.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-35.2	-34.7	-42.7	-40.0	-41.2	-45.9	-41.0	-42.9	-40.2	-40.1	-28.6	-9.5	-25.8	-10.8	-14.9	-18.2	-28.5	-33.2
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-54.1	-53.4	-65.7	-61.6	-63.4	-70.7	-63.1	-66.0	-61.8	-61.8	-44.0	-14.7	-39.7	-16.6	-22.9	-28.0	-43.9	-51.0
Frecuencia de riego		dias	10.7	10.5	10.2	9.9	9.6	9.5	9.4	9.2	9.5	9.8	10.0	10.4	10.8	11.2	11.2	11.2	11.2	10.9
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Continuación Tabla 55. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Piña a nivel decadal multianual para la serie PXFb2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Arroz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.1	5.8	1.5	6.5	3.0	2.6	4.3	5.4	20.3	9.3	8.1	8.5	8.0	5.8	2.6	7.8	2.1	3.4
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	47.6	49.0	54.5	50.0	50.5	39.5	48.3	47.2	51.4	46.2	45.7	45.9	46.1	46.3	50.8	46.0	45.8	46.4
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.8	4.9	5.0	5.0	5.0	4.9	4.8	4.7	4.7	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-44.5	-43.2	-52.9	-43.5	-47.5	-36.9	-44.0	-41.8	-31.1	-36.9	-37.6	-37.4	-38.1	-40.5	-48.2	-38.2	-43.8	-43.0
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-68.4	-66.5	-81.4	-66.9	-73.0	-56.8	-67.7	-64.3	-47.8	-56.8	-57.8	-57.6	-58.6	-62.3	-74.2	-58.8	-67.4	-66.2
Frecuencia de riego		dias	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	1.9	2.0	2.0	2.0	1.9
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Módulo de Riego (Jr 18 horas)		(lps/ha)	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Módulo de Riego (Jr 13 horas)		(lps/ha)	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Tabla 56. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Arroz a nivel decadal multianual para la serie VXCa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Arroz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	2.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	1.5	0.4	10.6	31.6	10.7	24.0	20.0	16.7	6.6	6.8
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	47.0	47.6	54.0	50.5	52.0	58.0	53.5	54.2	52.7	51.3	49.8	52.9	46.4	44.8	44.7	44.7	44.6	50.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.7	4.8	4.9	5.1	5.2	5.3	5.3	5.4	5.3	5.1	5.0	4.8	4.6	4.5	4.5	4.5	4.5	4.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-45.0	-44.7	-54.0	-50.5	-52.0	-58.0	-52.2	-54.2	-51.2	-50.8	-39.2	-21.3	-35.8	-20.8	-24.8	-27.9	-38.0	-43.9
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-69.2	-68.8	-83.0	-77.8	-80.1	-89.3	-80.3	-83.3	-78.8	-78.2	-60.4	-32.8	-55.0	-32.0	-38.1	-43.0	-58.4	-67.6
Frecuencia de riego		dias	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Módulo de Riego (Jr 18 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Módulo de Riego (Jr 13 horas)		(lps/ha)	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Continuación Tabla 56. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Arroz a nivel decadal multianual para la serie VXCa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Cacao – Frutales – Maracuyá
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.0	5.7	1.5	6.4	3.0	2.5	4.2	5.3	20.0	9.2	8.0	8.4	7.9	5.7	2.5	7.7	2.0	3.3
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	41.6	42.9	47.7	43.7	44.2	34.6	42.3	41.3	45.0	40.4	40.0	40.2	40.3	40.5	44.4	40.2	40.1	40.6
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.2	4.3	4.3	4.4	4.4	4.3	4.2	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.1	4.0	4.0	4.0	4.1
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-38.6	-37.2	-46.1	-37.3	-41.2	-32.0	-38.0	-36.0	-24.9	-31.2	-32.0	-31.8	-32.4	-34.8	-41.9	-32.5	-38.1	-37.3
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-59.4	-57.2	-71.0	-57.4	-63.4	-49.3	-58.5	-55.3	-38.4	-48.1	-49.2	-48.9	-49.9	-53.5	-64.4	-50.1	-58.6	-57.4
Frecuencia de riego		dias	6.1	5.9	5.9	5.8	5.8	5.9	6.0	6.2	6.2	6.3	6.4	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Módulo de Riego (Jr 20 horas)		(lps/ha)	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

Tabla 57. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Cacao, Frutales y Maracuyá a nivel decadal multianual para la serie VXCa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Cacao – Frutales – Maracuyá
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	2.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	1.5	0.4	10.4	31.1	10.5	23.7	19.7	16.5	6.5	6.7
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	41.1	41.6	47.2	44.2	45.5	50.8	46.8	47.4	46.1	44.8	43.6	46.3	40.6	39.2	39.1	39.1	39.0	44.4
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.1	4.2	4.3	4.4	4.6	4.6	4.7	4.7	4.6	4.5	4.4	4.2	4.1	3.9	3.9	3.9	3.9	4.0
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-39.2	-38.8	-47.2	-44.2	-45.5	-50.8	-45.5	-47.4	-44.6	-44.4	-33.1	-15.2	-30.1	-15.5	-19.4	-22.6	-32.5	-37.7
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-60.2	-59.7	-72.6	-68.0	-70.1	-78.1	-70.0	-72.9	-68.6	-68.3	-51.0	-23.3	-46.3	-23.8	-29.9	-34.7	-50.0	-57.9
Frecuencia de riego		dias	6.2	6.1	5.9	5.8	5.6	5.5	5.4	5.4	5.5	5.7	5.8	6.0	6.3	6.5	6.5	6.5	6.5	6.3
Módulo de Riego (Jr 20 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Módulo de Riego (Jr 12 horas)		(lps/ha)	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

Continuación Tabla 57. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Cacao, Frutales y Maracuyá a nivel decadal multianual para la serie VXCa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Tabaco
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.0	5.7	1.5	6.4	3.0	2.5	4.2	5.4	20.1	9.2	8.1	8.4	7.9	5.8	2.5	7.7	2.0	3.3
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	43.6	44.9	49.9	45.8	46.3	36.2	44.3	43.3	47.1	42.4	41.9	42.1	42.3	42.4	46.5	42.2	42.0	42.5
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.4	4.5	4.5	4.6	4.6	4.5	4.4	4.3	4.3	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.3
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-40.5	-39.2	-48.4	-39.4	-43.3	-33.7	-40.0	-37.9	-27.0	-33.1	-33.9	-33.7	-34.3	-36.7	-44.0	-34.4	-40.0	-39.2
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-62.4	-60.3	-74.5	-60.6	-66.6	-51.8	-61.6	-58.3	-41.5	-51.0	-52.1	-51.8	-52.8	-56.4	-67.7	-53.0	-61.5	-60.3
Frecuencia de riego		dias	4.3	4.2	4.2	4.1	4.1	4.2	4.3	4.4	4.4	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.4
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8
Módulo de Riego (Jr 21 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 18 horas)		(lps/ha)	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabla 58. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Tabaco a nivel decadal multianual para la serie VXCa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Tabaco
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	2.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	1.5	0.4	10.5	31.3	10.6	23.8	19.8	16.6	6.6	6.7
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	43.1	43.6	49.5	46.3	47.7	53.2	49.0	49.7	48.3	47.0	45.6	48.5	42.6	41.0	41.0	40.9	40.9	46.5
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.3	4.4	4.5	4.6	4.8	4.8	4.9	5.0	4.8	4.7	4.6	4.4	4.3	4.1	4.1	4.1	4.1	4.2
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-41.1	-40.8	-49.5	-46.3	-47.7	-53.2	-47.7	-49.7	-46.8	-46.6	-35.2	-17.2	-32.0	-17.3	-21.2	-24.4	-34.3	-39.7
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-63.2	-62.7	-76.1	-71.3	-73.4	-81.8	-73.4	-76.4	-72.0	-71.6	-54.1	-26.5	-49.2	-26.6	-32.6	-37.5	-52.8	-61.1
Frecuencia de riego		dias	4.4	4.3	4.2	4.1	4.0	3.9	3.9	3.8	3.9	4.0	4.1	4.3	4.4	4.6	4.6	4.6	4.6	4.5
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8
Módulo de Riego (Jr 21 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
Módulo de Riego (Jr 18 horas)		(lps/ha)	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Continuación Tabla 58. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Tabaco a nivel decadal multianual para la serie VXCa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Pastos																		
Área	1																		
Método de Riego	Superficie																		
Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.0	5.6	1.5	6.2	2.9	2.5	4.1	5.2	19.5	9.0	7.8	8.2	7.7	5.6	2.4	7.5	2.0	3.2
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	29.7	30.6	34.0	31.2	31.5	24.7	30.2	29.5	32.1	28.9	28.6	28.7	28.8	28.9	31.7	28.7	28.6	29.0
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.0	3.1	3.1	3.1	3.2	3.1	3.0	3.0	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-26.8	-25.1	-32.6	-25.0	-28.7	-22.2	-26.1	-24.3	-12.7	-19.9	-20.7	-20.5	-21.1	-23.3	-29.3	-21.2	-26.7	-25.8
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-41.2	-38.6	-50.1	-38.5	-44.1	-34.2	-40.1	-37.4	-19.5	-30.6	-31.9	-31.6	-32.5	-35.9	-45.0	-32.7	-41.0	-39.6
Frecuencia de riego		dias	6.1	5.9	5.8	5.8	5.7	5.8	6.0	6.1	6.2	6.2	6.3	6.3	6.3	6.2	6.2	6.3	6.3	6.2
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Tabla 59. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Pastos a nivel decadal multianual para la serie VXCa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Pastos
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	1.9	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.5	0.4	10.1	30.3	10.3	23.1	19.2	16.1	6.4	6.5
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	29.4	29.7	33.7	31.6	32.5	36.3	33.4	33.9	32.9	32.0	31.1	33.1	29.0	28.0	28.0	27.9	27.9	31.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.3	3.3	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.9
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-27.5	-27.0	-33.7	-31.6	-32.5	-36.3	-32.2	-33.9	-31.5	-31.6	-21.0	-2.8	-18.7	-4.9	-8.7	-11.8	-21.5	-25.2
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-42.2	-41.5	-51.9	-48.6	-50.0	-55.8	-49.5	-52.1	-48.4	-48.7	-32.3	-4.4	-28.8	-7.5	-13.4	-18.2	-33.1	-38.7
Frecuencia de riego		dias	6.1	6.1	5.9	5.7	5.5	5.5	5.4	5.3	5.5	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4	6.4	6.5	6.5	6.3
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Continuación Tabla 59. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Pastos a nivel decadal multianual para la serie VXCa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Maíz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.0	5.7	1.5	6.4	2.9	2.5	4.2	5.3	19.8	9.1	8.0	8.3	7.8	5.7	2.5	7.6	2.0	3.3
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	37.6	38.8	43.1	39.6	40.0	31.3	38.2	37.4	40.7	36.6	36.2	36.3	36.5	36.6	40.2	36.4	36.3	36.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.8	3.9	3.9	4.0	4.0	3.9	3.8	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.6	3.6	3.7
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-34.6	-33.2	-41.6	-33.2	-37.0	-28.8	-34.1	-32.1	-20.8	-27.5	-28.2	-28.1	-28.7	-30.9	-37.7	-28.8	-34.3	-33.4
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-53.3	-51.0	-64.0	-51.1	-56.9	-44.2	-52.4	-49.4	-32.1	-42.3	-43.4	-43.2	-44.1	-47.6	-58.0	-44.3	-52.7	-51.5
Frecuencia de riego		dias	13.2	12.8	12.6	12.5	12.4	12.7	13.0	13.2	13.4	13.5	13.7	13.6	13.6	13.5	13.6	13.6	13.6	13.5
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabla 60. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Maíz a nivel decadal multianual para la serie VXCa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Maíz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	1.9	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.5	0.4	10.3	30.8	10.5	23.5	19.6	16.4	6.5	6.6
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	37.2	37.6	42.7	40.0	41.2	45.9	42.3	42.9	41.7	40.6	39.4	41.9	36.8	35.4	35.4	35.4	35.3	40.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.2	4.1	3.9	3.8	3.7	3.5	3.5	3.5	3.5	3.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-35.3	-34.9	-42.7	-40.0	-41.2	-45.9	-41.1	-42.9	-40.2	-40.2	-29.1	-11.1	-26.3	-12.0	-15.9	-19.0	-28.8	-33.5
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-54.2	-53.6	-65.7	-61.6	-63.4	-70.7	-63.2	-66.0	-61.9	-61.8	-44.8	-17.0	-40.5	-18.4	-24.4	-29.2	-44.4	-51.5
Frecuencia de riego		dias	13.3	13.2	12.8	12.4	12.0	11.9	11.7	11.5	11.9	12.2	12.6	13.0	13.5	14.0	14.0	14.0	14.0	13.6
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Continuación Tabla 60. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Maíz a nivel decadal multianual para la serie VXCa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Piña
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	3.0	5.7	1.5	6.4	2.9	2.5	4.2	5.3	19.8	9.1	8.0	8.3	7.8	5.7	2.5	7.6	2.0	3.3
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	37.6	38.8	43.1	39.6	40.0	31.3	38.2	37.4	40.7	36.6	36.2	36.3	36.5	36.6	40.2	36.4	36.3	36.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.8	3.9	3.9	4.0	4.0	3.9	3.8	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.6	3.6	3.7
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-34.6	-33.2	-41.6	-33.2	-37.0	-28.8	-34.1	-32.1	-20.8	-27.5	-28.2	-28.1	-28.7	-30.9	-37.7	-28.8	-34.3	-33.4
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-53.3	-51.0	-64.0	-51.1	-56.9	-44.2	-52.4	-49.4	-32.1	-42.3	-43.4	-43.2	-44.1	-47.6	-58.0	-44.3	-52.7	-51.5
Frecuencia de riego		dias	11.2	10.8	10.7	10.6	10.5	10.7	11.0	11.2	11.4	11.5	11.6	11.6	11.5	11.5	11.5	11.5	11.6	11.4
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabla 61. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Piña a nivel decadal multianual para la serie VXCa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Piña
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	1.9	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.5	0.4	10.3	30.8	10.5	23.5	19.6	16.4	6.5	6.6
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	37.2	37.6	42.7	40.0	41.2	45.9	42.3	42.9	41.7	40.6	39.4	41.9	36.8	35.4	35.4	35.4	35.3	40.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.2	4.1	3.9	3.8	3.7	3.5	3.5	3.5	3.5	3.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-35.3	-34.9	-42.7	-40.0	-41.2	-45.9	-41.1	-42.9	-40.2	-40.2	-29.1	-11.1	-26.3	-12.0	-15.9	-19.0	-28.8	-33.5
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-54.2	-53.6	-65.7	-61.6	-63.4	-70.7	-63.2	-66.0	-61.9	-61.8	-44.8	-17.0	-40.5	-18.4	-24.4	-29.2	-44.4	-51.5
Frecuencia de riego		dias	11.3	11.2	10.8	10.5	10.2	10.1	9.9	9.8	10.1	10.4	10.7	11.0	11.4	11.9	11.9	11.9	11.9	11.5
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Continuación Tabla 61. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Piña a nivel decadal multianual para la serie VXCa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Arroz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	2.9	5.4	1.4	6.1	2.8	2.4	4.0	5.1	19.1	8.8	7.7	8.0	7.5	5.5	2.4	7.3	1.9	3.2
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	47.6	49.0	54.5	50.0	50.5	39.5	48.3	47.2	51.4	46.2	45.7	45.9	46.1	46.3	50.8	46.0	45.8	46.4
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.8	4.9	5.0	5.0	5.0	4.9	4.8	4.7	4.7	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-44.7	-43.6	-53.0	-43.9	-47.6	-37.1	-44.3	-42.1	-32.3	-37.4	-38.1	-37.9	-38.6	-40.8	-48.4	-38.6	-43.9	-43.2
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-68.7	-67.0	-81.6	-67.5	-73.3	-57.1	-68.1	-64.8	-49.6	-57.6	-58.6	-58.4	-59.3	-62.8	-74.4	-59.5	-67.5	-66.5
Frecuencia de riego		dias	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Módulo de Riego (Jr 18 horas)		(lps/ha)	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Módulo de Riego (Jr 13 horas)		(lps/ha)	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Tabla 62. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Arroz a nivel decadal multianual para la serie VXDa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Arroz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	1.9	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.4	0.4	9.9	29.8	10.1	22.6	18.8	15.7	6.2	6.4
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	47.0	47.6	54.0	50.5	52.0	58.0	53.5	54.2	52.7	51.3	49.8	52.9	46.4	44.8	44.7	44.7	44.6	50.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.7	4.8	4.9	5.1	5.2	5.3	5.3	5.4	5.3	5.1	5.0	4.8	4.6	4.5	4.5	4.5	4.5	4.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-45.1	-44.9	-54.0	-50.5	-52.0	-58.0	-52.3	-54.2	-51.3	-50.9	-39.8	-23.2	-36.4	-22.2	-25.9	-28.9	-38.4	-44.3
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-69.4	-69.0	-83.0	-77.8	-80.1	-89.3	-80.4	-83.3	-78.9	-78.2	-61.3	-35.7	-56.0	-34.2	-39.9	-44.5	-59.0	-68.2
Frecuencia de riego		dias	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Módulo de Riego (Jr 18 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Módulo de Riego (Jr 13 horas)		(lps/ha)	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Continuación Tabla 62. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Arroz a nivel decadal multianual para la serie VXDa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	**Cacao – Frutales – Maracuyá**
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		**Unidad**	**Valor decadal (36 decadas)**																	
			ENERO			**FEBRERO**			**MARZO**			**ABRIL**			**MAYO**			**JUNIO**		
			1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	2.9	5.4	1.4	6.0	2.8	2.4	4.0	5.0	18.9	8.7	7.6	7.9	7.4	5.4	2.4	7.3	1.9	3.1
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	41.6	42.9	47.7	43.7	44.2	34.6	42.3	41.3	45.0	40.4	40.0	40.2	40.3	40.5	44.4	40.2	40.1	40.6
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.2	4.3	4.3	4.4	4.4	4.3	4.2	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.1	4.0	4.0	4.0	4.1
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-38.8	-37.5	-46.2	-37.7	-41.4	-32.2	-38.3	-36.3	-26.1	-31.8	-32.5	-32.3	-32.9	-35.1	-42.0	-33.0	-38.2	-37.5
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-59.6	-57.7	-71.1	-58.0	-63.6	-49.5	-58.9	-55.8	-40.2	-48.9	-49.9	-49.7	-50.6	-54.0	-64.7	-50.8	-58.8	-57.7
Frecuencia de riego		dias	5.5	5.4	5.3	5.2	5.2	5.3	5.4	5.6	5.6	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 20 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.2

Tabla 63. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Cacao, Frutales y Maracuyá a nivel decadal multianual para la serie VXDa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Cacao – Frutales – Maracuyá
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	1.8	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.4	0.4	9.8	29.3	9.9	22.3	18.6	15.6	6.2	6.3
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	41.1	41.6	47.2	44.2	45.5	50.8	46.8	47.4	46.1	44.8	43.6	46.3	40.6	39.2	39.1	39.1	39.0	44.4
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.1	4.2	4.3	4.4	4.6	4.6	4.7	4.7	4.6	4.5	4.4	4.2	4.1	3.9	3.9	3.9	3.9	4.0
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-39.3	-39.0	-47.2	-44.2	-45.5	-50.8	-45.6	-47.4	-44.7	-44.5	-33.8	-17.0	-30.7	-16.9	-20.6	-23.5	-32.9	-38.1
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-60.4	-60.0	-72.6	-68.0	-70.1	-78.1	-70.1	-72.9	-68.8	-68.4	-51.9	-26.1	-47.3	-26.0	-31.6	-36.2	-50.6	-58.6
Frecuencia de riego		dias	5.6	5.5	5.3	5.2	5.0	5.0	4.9	4.8	5.0	5.1	5.3	5.5	5.6	5.9	5.9	5.9	5.9	5.7
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 20 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1

Continuación Tabla 63. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Cacao, Frutales y Maracuyá a nivel decadal multianual para la serie VXDa.

Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Tabaco
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	2.9	5.4	1.4	6.1	2.8	2.4	4.0	5.1	18.9	8.7	7.6	7.9	7.5	5.4	2.4	7.3	1.9	3.1
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	43.6	44.9	49.9	45.8	46.3	36.2	44.3	43.3	47.1	42.4	41.9	42.1	42.3	42.4	46.5	42.2	42.0	42.5
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.4	4.5	4.5	4.6	4.6	4.5	4.4	4.3	4.3	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.3
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-40.7	-39.5	-48.5	-39.8	-43.5	-33.8	-40.3	-38.2	-28.2	-33.7	-34.3	-34.2	-34.8	-37.0	-44.1	-34.9	-40.1	-39.4
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-62.7	-60.8	-74.6	-61.2	-66.9	-52.0	-62.0	-58.8	-43.3	-51.8	-52.8	-52.6	-53.5	-56.9	-67.9	-53.7	-61.7	-60.6
Frecuencia de riego		dias	3.7	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.6	3.7	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8
Módulo de Riego (Jr 21 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 18 horas)		(lps/ha)	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabla 64. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Tabaco a nivel decadal multianual para la serie VXDa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Tabaco
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	1.9	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.4	0.4	9.9	29.5	10.0	22.4	18.6	15.6	6.2	6.3
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	43.1	43.6	49.5	46.3	47.7	53.2	49.0	49.7	48.3	47.0	45.6	48.5	42.6	41.0	41.0	40.9	40.9	46.5
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.3	4.4	4.5	4.6	4.8	4.8	4.9	5.0	4.8	4.7	4.6	4.4	4.3	4.1	4.1	4.1	4.1	4.2
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-41.2	-40.9	-49.5	-46.3	-47.7	-53.2	-47.8	-49.7	-46.9	-46.6	-35.8	-19.1	-32.6	-18.7	-22.4	-25.3	-34.7	-40.1
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-63.4	-63.0	-76.1	-71.3	-73.4	-81.8	-73.6	-76.4	-72.2	-71.7	-55.1	-29.3	-50.2	-28.7	-34.4	-39.0	-53.4	-61.8
Frecuencia de riego		dias	3.7	3.7	3.6	3.5	3.4	3.3	3.3	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.8	3.9	3.9	3.9	3.9	3.8
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8
Módulo de Riego (Jr 21 horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
Módulo de Riego (Jr 18 horas)		(lps/ha)	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Continuación Tabla 64. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Tabaco a nivel decadal multianual para la serie VXDa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Pastos																		
Área	1																		
Método de Riego	Superficie																		
Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	2.8	5.2	1.4	5.9	2.7	2.3	3.9	4.9	18.3	8.4	7.4	7.7	7.3	5.3	2.3	7.1	1.9	3.1
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	29.7	30.6	34.0	31.2	31.5	24.7	30.2	29.5	32.1	28.9	28.6	28.7	28.8	28.9	31.7	28.7	28.6	29.0
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.0	3.1	3.1	3.1	3.2	3.1	3.0	3.0	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-26.9	-25.4	-32.7	-25.4	-28.8	-22.4	-26.3	-24.6	-13.8	-20.4	-21.2	-21.0	-21.6	-23.7	-29.4	-21.7	-26.8	-26.0
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-41.4	-39.1	-50.2	-39.0	-44.3	-34.4	-40.5	-37.9	-21.2	-31.4	-32.6	-32.3	-33.2	-36.4	-45.3	-33.3	-41.2	-39.9
Frecuencia de riego		dias	5.1	5.0	4.9	4.9	4.9	5.0	5.1	5.2	5.2	5.3	5.4	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Tabla 65. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Pastos a nivel decadal multianual para la serie VXDa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Pastos
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	1.8	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.4	0.4	9.5	28.5	9.7	21.8	18.1	15.2	6.0	6.1
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	29.4	29.7	33.7	31.6	32.5	36.3	33.4	33.9	32.9	32.0	31.1	33.1	29.0	28.0	28.0	27.9	27.9	31.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.3	3.3	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.9
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-27.6	-27.1	-33.7	-31.6	-32.5	-36.3	-32.3	-33.9	-31.6	-31.6	-21.6	-4.6	-19.4	-6.2	-9.8	-12.7	-21.9	-25.6
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-42.4	-41.8	-51.9	-48.6	-50.0	-55.8	-49.6	-52.1	-48.6	-48.7	-33.2	-7.1	-29.8	-9.6	-15.1	-19.6	-33.7	-39.3
Frecuencia de riego		dias	5.2	5.1	5.0	4.8	4.7	4.6	4.6	4.5	4.6	4.8	4.9	5.1	5.3	5.5	5.5	5.5	5.5	5.3
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Continuación Tabla 65. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Pastos a nivel decadal multianual para la serie VXDa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Maíz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	2.8	5.3	1.4	6.0	2.8	2.4	3.9	5.0	18.7	8.6	7.5	7.8	7.4	5.4	2.3	7.2	1.9	3.1
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	37.6	38.8	43.1	39.6	40.0	31.3	38.2	37.4	40.7	36.6	36.2	36.3	36.5	36.6	40.2	36.4	36.3	36.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.8	3.9	3.9	4.0	4.0	3.9	3.8	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.6	3.6	3.7
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-34.8	-33.5	-41.7	-33.6	-37.2	-28.9	-34.3	-32.4	-22.0	-28.0	-28.7	-28.5	-29.1	-31.3	-37.8	-29.2	-34.4	-33.6
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-53.6	-51.5	-64.2	-51.7	-57.2	-44.5	-52.8	-49.8	-33.9	-43.1	-44.2	-43.9	-44.8	-48.1	-58.2	-44.9	-52.9	-51.8
Frecuencia de riego		dias	11.2	10.8	10.7	10.6	10.5	10.8	11.0	11.3	11.4	11.5	11.6	11.6	11.5	11.5	11.5	11.6	11.6	11.5
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabla 66. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Maíz a nivel decadal multianual para la serie VXDa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Maíz
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	1.8	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.4	0.4	9.7	29.0	9.8	22.1	18.4	15.4	6.1	6.2
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	37.2	37.6	42.7	40.0	41.2	45.9	42.3	42.9	41.7	40.6	39.4	41.9	36.8	35.4	35.4	35.4	35.3	40.1
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.2	4.1	3.9	3.8	3.7	3.5	3.5	3.5	3.5	3.6
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-35.4	-35.0	-42.7	-40.0	-41.2	-45.9	-41.2	-42.9	-40.3	-40.2	-29.7	-12.9	-26.9	-13.3	-17.0	-19.9	-29.2	-33.9
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-54.4	-53.9	-65.7	-61.6	-63.4	-70.7	-63.3	-66.0	-62.0	-61.8	-45.7	-19.8	-41.4	-20.5	-26.1	-30.7	-44.9	-52.1
Frecuencia de riego		dias	11.3	11.2	10.8	10.5	10.2	10.1	9.9	9.8	10.1	10.4	10.7	11.0	11.4	11.9	11.9	11.9	11.9	11.5
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Continuación Tabla 66. Balance hídrico agrícola para el cultivo de Maíz a nivel decadal multianual para la serie VXDa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Piña
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación		(mm)	70.5	73.6	78.4	70.7	82.0	73.3	78.7	82.1	119.3	101.2	94.0	84.6	110.6	80.6	99.1	79.8	52.3	48.7
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	6.6	10.3	4.6	11.3	6.5	6.0	8.2	9.8	33.4	15.6	13.8	14.3	13.6	10.4	5.9	13.3	5.3	7.0
Precipitación Efectiva		(mm)	2.8	5.4	1.4	6.0	2.8	2.4	4.0	5.0	18.8	8.6	7.5	7.8	7.4	5.4	2.4	7.2	1.9	3.1
ETP		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	39.6	40.9	45.4	41.7	42.1	32.9	40.3	39.3	42.8	38.5	38.1	38.3	38.4	38.6	42.3	38.3	38.2	38.7
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	4.0	4.1	4.1	4.2	4.2	4.1	4.0	3.9	3.9	3.9	3.8	3.8	3.8	3.9	3.8	3.8	3.8	3.9
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-36.8	-35.5	-44.0	-35.7	-39.3	-30.5	-36.3	-34.3	-24.1	-29.9	-30.6	-30.4	-31.0	-33.2	-39.9	-31.1	-36.3	-35.6
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-56.6	-54.6	-67.6	-54.8	-60.4	-47.0	-55.8	-52.8	-37.0	-46.0	-47.0	-46.8	-47.7	-51.1	-61.4	-47.8	-55.8	-54.7
Frecuencia de riego		dias	9.0	8.7	8.7	8.6	8.5	8.7	8.9	9.1	9.2	9.3	9.4	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.2
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1

Tabla 67. Balance hídrico agrícola para los cultivos de Piña a nivel decadal multianual para la serie VXDa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cultivo	Piña
Área	1
Método de Riego	Superficie

Parámetros		Unidad	Valor decadal (36 decadas)																	
			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Precipitación		(mm)	46.6	41.9	39.6	25.2	36.8	60.4	53.3	63.0	85.5	109.4	135.7	152.3	132.7	119.7	129.2	101.3	110.8	67.6
Precipitación (%probabilidad de excedencia)		(mm)	5.2	6.3	2.3	1.4	2.2	2.8	4.3	0.8	4.6	3.3	17.4	53.7	17.7	40.5	33.3	27.7	11.6	11.7
Precipitación Efectiva		(mm)	1.8	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.4	0.4	9.8	29.2	9.9	22.2	18.5	15.5	6.1	6.3
ETP		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Kc(Coeficiente de Cultivo)		-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Uc (Uso Consuntivo)		(mm)	39.2	39.6	45.0	42.1	43.4	48.4	44.6	45.1	43.9	42.7	41.5	44.1	38.7	37.3	37.3	37.2	37.2	42.2
Uc (Uso Consuntivo)		(mm/dia)	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.5	4.4	4.3	4.1	4.0	3.9	3.7	3.7	3.7	3.7	3.8
Demanda Neta (Precipitación efectiva - Uso Consuntivo)		(mm)	-37.3	-37.0	-45.0	-42.1	-43.4	-48.4	-43.4	-45.1	-42.5	-42.3	-31.7	-14.9	-28.8	-15.1	-18.8	-21.7	-31.0	-36.0
Eficiencia	Conducción																			
	Distribución																			
	Aplicación		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta		(mm)	-57.4	-56.9	-69.2	-64.8	-66.7	-74.4	-66.7	-69.5	-65.4	-65.1	-48.8	-23.0	-44.3	-23.2	-28.9	-33.4	-47.8	-55.3
Frecuencia de riego		dias	9.1	9.0	8.7	8.5	8.2	8.1	8.0	7.9	8.1	8.4	8.6	8.9	9.2	9.6	9.6	9.6	9.6	9.3
Módulo de Riego (Jr 24 horas)		(lps/ha)	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Módulo de Riego (Jr 18horas)		(lps/ha)	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Módulo de Riego (Jr 15 horas)		(lps/ha)	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1

Continuación Tabla **67.** Balance hídrico agrícola para los cultivos de Piña a nivel decadal multianual para la serie VXDa.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.3.12. Determinación De Requerimientos Hídricos Para Uso Pecuario

La dotación diaria de agua para las especies pecuarias que se encuentran en la zona, se estimó a partir de lo afirmado por Pérez Acero[6], el cual indica que el ganado vacuno requiere 50 lt/vaca-día, los equinos 40 lt/caballo-día, porcinos 10 lt/cerdo-día y aves 0.20 lt/ave-día.

Igualmente, para el caso de los estanques piscícolas, cuya densidad promedio es de 5 peces por metro cuadrado, y que de acuerdo a lo expuesto por Giraldo y Rodríguez[7], en estanques con recambio constante se requiere una entrada de agua de 1 a 3 lps en una densidad de hasta 4 peces por metro cuadrado; se ha considerado un recambio de agua del 2.6% diario del volumen total del lago, el cual ha sido calculado a partir del espejo de agua y considerando una profundidad promedio de 1 m, con el fin de garantizar una entrada de agua de 3.0 lps*Ha que mantenga las condiciones de aireación y fitosanitarias adecuadas para la producción.

2.3.13. Determinación De Requerimientos Hídricos Para Uso Humano

El acueducto de la cabecera del municipio Campoalegre, así como el de la vereda el Palmar Bajo capta sus aguas en la cuenca alta del rio Frío. Para determinar cuál es el caudal necesario para dichos usos y que deberá ser considerado en la actualización de la reglamentación de la fuente en mención, se proyecta el crecimiento de la población con el fin de estimar la demanda para un periodo de diseño establecido.

Para determinar la población proyectada al final del periodo de diseño, se utiliza la metodología propuesta por el RAS 2000[8], la cual se describe a continuación.

1. Censo

Se obtuvo la información de tres censos de población realizados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE en el municipio de Campoalegre para los años 1985, 1993 y 2005 obteniéndose la información relacionada en la siguiente tabla.

[6] PÉREZ ACERO, José Joaquín. Instalaciones agropecuarias. Bogotá: Usta, 1995. 578 p.
[7] GIRALDO, Juan Felipe; RODRÍGUEZ, Miguel Ángel. Viabilidad en la estructuración de una pyme dedicada al procesamiento y comercialización de la Mojarra Roja. Chía : Universidad de La Sabana, 2003.
[8] MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000: Guía RAS 2000 “Definición del nivel de complejidad y evaluación de la población, la dotación y la demanda del agua”. Bogotá D.C.: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo económico, 2003.

AÑO	POBLACIÓN (Hab.)		TOTAL
	ZONA URBANA	ZONA RURAL	
1985	16785	8328	25113
1993	19329	6866	26195
2005	24252	8206	32458

Tabla 68. Censos de población en el municipio de Campoalegre, Huila.
Fuente: DANE

2. Métodos de cálculo

Según el RAS 2000 el método considerado para la proyección de la población depende del nivel de complejidad del sistema y este depende a su vez de dos factores:

- Población proyectada al periodo de diseño.
- Capacidad económica de los usuarios.

En la siguiente tabla se relaciona la asignación del nivel de complejidad proporcionada en el RAS 2000.

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios
Bajo	<2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	>60000	Alta

Tabla 69. Asignación de complejidad del sistema.
Fuente: RAS, 2000

Método por emplear	Nivel de complejidad			
	Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
Aritmético, geométrico y exponencial	X	X		
Aritmético + geométrico + exponencial +otros			X	X
Por componentes (demográfico)			X	X
Detallar por zonas y detallar densidades			X	X

Tabla 70. Métodos de cálculo permitidos según el nivel de complejidad del sistema.
Fuente: RAS, 2000

Método aritmético o lineal

Este método presume una población constante e independiente del tamaño de ésta. El RAS 2000 indica que el método supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación para calcular la población proyectada es la relacionada a continuación.

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

Donde:

P_f: Población proyectada.
P_{uc}: Población del último censo
P_{ci}: Población del censo inicial
T_{uc}: Año del último censo
T_{ci}: Año del censo inicial
T_f: Año de la proyección

Método Geométrico

El RAS 2000, indica que este método es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. La ecuación empleada es:

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

Donde r hace referencia a la tasa de crecimiento anual en forma decimal, calculada de la siguiente manera:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}}\right)^{\frac{1}{(T_{uc} - T_{ci})}} - 1$$

Método exponencial

Este método supone un crecimiento de la población de tipo exponencial y requiere por lo menos tres censos. La ecuación útil es la siguiente:

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

Donde k es la tasa de crecimiento de la población, calculada como el promedio de las tasas determinadas para cada par de censo.

$$k = \frac{LnP_{cp} - LnP_{Ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$$

Donde:
P_{cp}: Población del censo posterior
P_{ca}: Población del censo anterior
T_{cp}: Año del censo posterior
T_{ca}: Año del censo anterior

La población se proyectó hacia el año 2038, a partir del 2005, año en el que se registra el último censo realizado por el DANE en la zona. A continuación se presentan los resultados obtenidos por cada una de las metodologías descritas anteriormente.

Método Aritmético

Año	Población	2038
1985	16785	--
1993	19329	36573
2005	24252	37790

Tabla 71. Proyección de la población de la cabecera en el municipio de Campoalegre a través del Método Aritmético.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Método Geométrico

Año	Población	r	2038
1985	16785	0.0186	--
1993	19329	0.0191	44510
2005	24252		45261

Tabla 72. Proyección de la población de la cabecera en el municipio de Campoalegre a través del Método Geométrico.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Método Exponencial

Año	Población	K	2038
1985	16785	0.0176	
1993	19329	0.0189	**44211**
2005	24252		
Promedio		**0.0183**	

Tabla 73. Proyección de la población de la cabecera en el municipio de Campoalegre a través del Método Exponencial.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

De acuerdo a la Tabla 71, Tabla 72 y Tabla 73, y los resultados obtenidos de la aplicación de los anteriores métodos, se tiene que el nivel de complejidad del sistema es Medio Alto, la población proyectada a final del periodo es decir al año 2038 se encuentra en el rango entre 12501 a 60000.

De los resultados obtenidos y considerando la aplicabilidad de los tres métodos al nivel de complejidad asignado al sistema, se considerará como población de diseño la mayor obtenida, esta es la derivada del método geométrico, es decir, 45261 habitantes.

Para el caso del acueducto veredal del Palmar Bajo, dada la ausencia de información respecto a censos poblacionales de dicha localidad, la proyección de la población se realizó manteniendo el comportamiento de crecimiento poblacional de la zona rural del municipio de Campoalegre. Para ello, se proyectó la población rural aplicando las metodologías descritas en el RAS 2000, a partir de la información suministrada por censos del DANE. Los resultados se relacionan a continuación:

Método Aritmético

Año	Población	2038
1985	8328	--
1993	6866	8005
2005	8206	11891

Tabla 74. Proyección de la población rural en el municipio de Campoalegre a través del Método Aritmético.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Método Geométrico

Año	Población	r	2038
1985	8328	-0.0007	--
1993	6866	0.0150	8009

Año	Población	r	2038
2005	8206	--	13399

Tabla 75. Proyección de la población rural en el municipio de Campoalegre a través del Método Geométrico.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Método Exponencial

Año	Población	K	2038
1985	8328	-0.0241	
1993	6866	0.0149	**6514**
2005	8206		
Promedio		**-0.0046**	

Tabla 76. Proyección de la población rural en el municipio de Campoalegre a través del Método Exponencial.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Dado que el método geométrico presenta el mayor número de habitantes para el año 2038, este se tomará como referencia para la proyección de la población de la vereda del Palmar Bajo. Así, se tiene que la población rural del municipio de Campoalegre aumentaría en un porcentaje del 160%; según lo anterior y a partir de la información de usuarios reportada por la Junta Administrativa del Acueducto del Palmar Bajo, en la cual se reconocen 936 usuarios, se tendrían para el año 2030, 1528 usuarios.

Dotación Neta

La dotación neta hace referencia a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades de un habitante y en la que no se consideran pérdidas.

Dotación neta máxima

Según lo establecido en la Resolución 2320 del 2009, la dotación neta máxima depende del nivel de complejidad del sistema, y varía en función del clima de la población, considerando aquellas sobre los 1000 m.s.n.m. como poblaciones con clima frío o templado, y aquellas ubicadas por debajo de dicha altura como poblaciones con clima cálido.

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta máxima para poblaciones con Clima Frio o Templado (L/hab-día)	Dotación neta máxima para poblaciones con Clima Cálido (L/hab-día)
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta máxima para poblaciones con Clima Frio o Templado (L/hab-día)	Dotación neta máxima para poblaciones con Clima Cálido (L/hab-día)
Alto	140	150

Tabla 77. Dotación neta máxima de acuerdo al nivel de complejidad del sistema.
Fuente: RAS, 2000.

Así, considerando lo establecido en la tabla anterior para el acueducto de Campoalegre, dada su complejidad Media Alta y la altura de la cabecera municipal, la cual se ubica a 666 m.s.n.m., su dotación neta máxima será de 135 L/hab-día. Por otro lado, para el acueducto de la vereda Palmar Bajo, cuya complejidad es Baja, se establece una dotación neta máxima de 100 L/hab-día.

Correcciones a la dotación neta

- ***Efecto del clima en la dotación neta:***

Teniendo en cuenta el clima predominante en el municipio, la dotación neta se puede afectar considerando lo establecido en la siguiente tabla.

Nivel de complejidad del sistema	Clima cálido (Más de 28°C)	Clima templado (Entre 20°C y 28°C)	Clima frío (Menos de 20°C)
Bajo	+15%	+10%	No se admite corrección por clima
Medio	+15%	+10%	
Medio alto	+20%	+15%	
Alto	+20%	+15%	

Tabla 78. Corrección a la dotación neta según el clima y complejidad del sistema.
Fuente: RAS, 2000.

Según los datos registrados por la estación Climatológica Ordinaria Hacienda Potosí, la temperatura media anual es de 25.6°C por lo cual la afectación a la demanda neta es de +15%, en el caso del acueducto municipal; y del +10%, en el caso del acueducto veredal.

De acuerdo a lo anterior, la demanda neta sería entonces, para el acueducto del municipio de Campoalegre, de 155.3 L/hab-día. Igualmente, para el acueducto de la vereda Palmar Bajo, sería de 110 L/hab-día.

- ***Pérdidas***

De acuerdo a lo expuesto por la Resolución 2320 de 2009, las pérdidas técnicas máximas admisibles no deberán superar el 25%. Por lo tanto, se asumirá este

porcentaje de pérdida para cada uno de los acueductos anteriormente mencionados.

Dotación bruta

La dotación bruta se establece según la siguiente ecuación:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p}$$

$$d_{bruta}Acueducto\ Municipal = \frac{155.3\ \ l/hab.día}{1 - 0.25}$$

$$d_{bruta}Acueducto\ Veredal = \frac{110\ \ l/hab.día}{1 - 0.25}$$

Según lo anterior la demanda bruta, para el acueducto del municipio de Campoalegre sería de 207.0 L/hab-día; y para el acueducto de la vereda Palmar Bajo sería de 146.7 L/hab-día.

DEMANDA

Caudal medio diario

Es el caudal calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta. Se determina mediante la siguiente expresión.

$$Q_{med} = \frac{p \times d_{bruta}}{86400}$$

$$Q_{med}Acueducto\ Municipal = \frac{45261 \times 207.0}{86400}$$

$$Q_{med}Acueducto\ Veredal = \frac{1528 \times 146.7}{86400}$$

El caudal medio diario para el acueducto del municipio de Campoalegre es de 108.4 lps, y para el acueducto de la vereda Palmar Bajo es de 2.6 lps.

Caudal máximo diario

Caudal que corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un periodo de un año y se calcula mediante la siguiente expresión.

$$QMD = Q_{med} \times K_1$$

El coeficiente de consumo máximo o K_1 se determina según el nivel de complejidad del sistema como se establece en la Tabla 79.

Nivel de complejidad del sistema	Coeficiente de consumo máximo diario – K_1
Bajo	1.30
Medio	1.30
Medio alto	1.20
Alto	1.20

Tabla 79. Coeficiente de consumo máximo diario.
Fuente: RAS, 2000.

Dada la complejidad de los sistemas de los acueductos evaluados se tiene para el acueducto del municipio de Campoalegre un Coeficiente de consumo máximo diario de 1.2, siendo el caudal máximo diario de 130.08 lps. En el caso del acueducto de la vereda Palmar Bajo se tiene un Coeficiente de 1.3, siendo su caudal máximo diario de 3.38 lps.

De acuerdo a los resultados obtenidos aplicando la metodología del RAS 2000 y las modificaciones a la misma contenidas en la Resolución 2320 de 2009, se tiene que la demanda del acueducto del municipio de Campoalegre sería de 108.4 lps, y la del acueducto de la vereda Palmar Bajo sería de 2.6 lps.

2.3.14. Demandas Hídricas Totales

A partir de los usos del recurso hídrico establecidos en la cuenca del Río Frío, se determinó la demanda de agua para cada uno de ellos, a partir de lo cual se realizó el Cuadro de Distribución de Caudales (Ver ***Anexo 3***), en el que se asignó la cantidad de agua requerida para los usos solicitados por cada uno de los propietarios de los predios que hacen uso del agua del río Frío. Así, como se presenta en la

USO DOMÉSTICO					
ACUEDUCTO	**MODULO (lt*Hab*Día)**		**N° PERSONAS**	**MODULO (lps*Hab)**	**DEMANDA (lps)**
MPIO CAMPOALEGRE	207.0		45261	0.002	108.4
VDA PALMAR BAJO	146.7		1528	0.002	2.6
RURAL	146.7		233	0.002	0.40
TOTAL	47022			111.4	
USO AGRÍCOLA					
CULTIVOS	**MODULO INVIERNO (lps)**	**MODULO VERANO (lps)**	**AREA INVIERNO (Ha)**	**AREA VERANO (Ha)**	**DEMANDA INVIERNO (lps)**	**DEMANDA VERANO (lps)**
ARROZ	1.8	1.0	117.6	57.9	211.65	57.9
CACAO	1.0	1.0	135.5	135.5	61.0	135.5

TABACO	1.0	1.0	18.9	9.3	18.9	9.3
FRUTALES	1.0	1.0	7.3	7.3	7.3	7.3
MARACUYA	1.0	1.0	0.01	0.01	0.01	0.01
CAÑA	0.8	0.8	3.3	1.6	2.6	1.3
PIÑA	0.8	0.8	2.9	1.4	2.3	1.2
MAIZ	0.8	0.8	10.1	5.0	8.1	4.0
PASTOS	0.6	0.6	21.1	10.4	12.6	6.2
TOTAL			**316.50**	**228.29**	**324.4**	**222.5**

USO PECUARIO				
ANIMAL	**MÓDULO (l*día)**	**MODULO (lps)**	**N°**	**DEMANDA (lps)**
VACUNO	50	0.0006	280	0.162
EQUINO	40	0.0005	11	0.005
PORCINO	10	0.0001	18	0.002
AVES	0.2	0.000002	1343	0.003
TOTAL			**1652**	**0.17**

USO PISCÍCOLA				
AREA INVIERNO (Ha)	**AREA VERANO (Ha)**	**MODULO (lps*Ha)**	**DEMANDA INVIERNO (lps)**	**DEMANDA VERANO (lps)**
46922.5	23461.3	0.00035	**16.4**	**8.2**

USO RECREACIONAL	
DEMANDA INVIERNO (lps)	**DEMANDA VERANO (lps)**
0.8	0.6

USO INDUSTRIAL	
DEMANDA INVIERNO (lps)	**DEMANDA VERANO (lps)**
0.6	0.4

BALANCE OFERTA VS DEMANDA		
	INVIERNO	**VERANO**
OFERTA HÍDRICA TOTAL (lps)	**605.0**	**466.0**
OFERTA HÍDRICA NETA (lps)	**453.8**	**349.5**
DEMANDA TOTAL (lps)	**453.8**	**343.3**

Tabla 80, el uso agrícola representa el mayor consumo de agua, seguido por el uso humano.

En cuanto al uso agrícola es importante aclarar que los módulos de riego que se tienen en cuenta en la demanda hídrica hacen referencia a una jornada de riego de 24 horas, según lo dispuesto en el cuadro de distribución. De la misma manera, con el fin de realizar una distribución más equitativa, se restringe el cultivo de arroz en la época de verano y se les otorga a dichos usuarios un caudal de 1.0 lps*Ha para que puedan establecer otros tipos de cultivos. Igualmente, se restringe en la época de invierno el riego del cultivo de cacao.

Por otro lado, el área agrícola será reducida en un porcentaje igual al 65% en época de transición invierno verano, y 32% en verano, al igual que la piscicultura que se reducirá en un 50% en época verano.

Finalmente, se tiene que la demanda hídrica total para la corriente de río Frío es de 453.8 lps y 343.3 lps para la época de transición invierno verano y verano, respectivamente.

USO DOMÉSTICO					
ACUEDUCTO		**MODULO (lt*Hab*Día)**	**N° PERSONAS**	**MODULO (lps*Hab)**	**DEMANDA (lps)**
MPIO CAMPOALEGRE		207.0	45261	0.002	108.4
VDA PALMAR BAJO		146.7	1528	0.002	2.6
RURAL		146.7	233	0.002	0.40
TOTAL		47022		111.4	
USO AGRÍCOLA					
CULTIVOS	**MODULO INVIERNO (lps)**	**MODULO VERANO (lps)**	**AREA INVIERNO (Ha)**	**AREA VERANO (Ha)**	**DEMANDA INVIERNO (lps)**	**DEMANDA VERANO (lps)**
ARROZ	1.8	1.0	117.6	57.9	211.65	57.9
CACAO	1.0	1.0	135.5	135.5	61.0	135.5
TABACO	1.0	1.0	18.9	9.3	18.9	9.3
FRUTALES	1.0	1.0	7.3	7.3	7.3	7.3
MARACUYA	1.0	1.0	0.01	0.01	0.01	0.01
CAÑA	0.8	0.8	3.3	1.6	2.6	1.3
PIÑA	0.8	0.8	2.9	1.4	2.3	1.2
MAIZ	0.8	0.8	10.1	5.0	8.1	4.0
PASTOS	0.6	0.6	21.1	10.4	12.6	6.2
TOTAL			**316.50**	**228.29**	**324.4**	**222.5**
USO PECUARIO					
ANIMAL	**MÓDULO (l*día)**	**MODULO (lps)**	**N°**	**DEMANDA (lps)**	
VACUNO	50	0.0006	280	0.162	
EQUINO	40	0.0005	11	0.005	
PORCINO	10	0.0001	18	0.002	
AVES	0.2	0.000002	1343	0.003	
TOTAL			**1652**	**0.17**	
USO PISCÍCOLA					
AREA INVIERNO (Ha)		**AREA VERANO (Ha)**	**MODULO (lps*Ha)**	**DEMANDA INVIERNO (lps)**	**DEMANDA VERANO (lps)**
46922.5		23461.3	0.00035	**16.4**	**8.2**
USO RECREACIONAL					
DEMANDA INVIERNO (lps)			**DEMANDA VERANO (lps)**		
0.8			0.6		
USO INDUSTRIAL					
DEMANDA INVIERNO (lps)			**DEMANDA VERANO (lps)**		
0.6			0.4		
BALANCE OFERTA VS DEMANDA					
		INVIERNO	**VERANO**		
OFERTA HÍDRICA TOTAL (lps)		**605.0**	**466.0**		
OFERTA HÍDRICA NETA (lps)		**453.8**	**349.5**		
DEMANDA TOTAL (lps)		**453.8**	**343.3**		

Tabla 80. Demanda de hídrica en el río Frío.
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

2.4. HIDROLOGÍA

Objetivos

- Realizar la cuantificación de los caudales medios, mínimos y máximos en la fuente de estudio, es cada uno de los sitio de análisis
- Realizar 10 aforos en sitios críticos, seleccionados en coordinación con la interventora
- Elaborar el balance hídrico – oferta / demanda.
- Calcular el Índice de Escasez de la corriente en estudio.

A partir del análisis hidrológico del Río Frio se estimarán cuantitativamente los caudales que se presente sobre dicho cauce, y se aportará información confiable relacionada con la disponibilidad de agua en diferentes puntos de la fuente estudiada en épocas de verano (caudales mínimos) y la ocurrencia de caudales máximos generados por las épocas de lluvias de alta intensidad y asociados a diversos periodos de retorno.

De esta forma, y dado que el estudio hidrológico del río Frío se realizará en el marco de los objetivos establecidos en la presente reglamentación, a partir de lo cual se pretende distribuir el agua disponible en dicha fuente, garantizando una igualdad de abastecimiento a los usuarios de la misma, sin olvidar que según lo establecido en la Resolución 865 del 2004 es necesario prever un caudal que garantice el comportamiento del cauce como elemento hídrico, sin que presenten afectaciones en mayores proporciones. Dicha información será de gran utilidad a la hora de iniciar el proceso de reglamentación, ya que estimará la oferta hídrica así como el caudal ecológico para diversas zonas establecidas de la cuenca hidrográfica Rio Frio.

Metodología del análisis hidrológico

Para el desarrollo del componente hidrológico, se plantearán metodologías que se ajusten al tipo, calidad y cantidad de información disponible. De esta manera, el análisis hidrológico contará con dos escenarios, el primero cuando la cuenca en estudio tiene estaciones hidrométricas y el segundo cuando no está instrumentada. En el caso del Rio Frio, la cual presenta este último escenario, se emplearán modelos de lluvia-escorrentía para estimar los caudales que se puedan presentar en diferentes periodos de retorno.

El fin último del análisis de caudales en la fuente de estudio es la reglamentación del recurso hídrico, especialmente en las épocas de estiaje; igualmente, los

caudales máximos serán estimados con el fin de dimensionar, en caso que se requiera a futuro, estructuras hidráulicas sobre el cauce del Rio Frio.

Según lo anterior, las actividades a realizar en el análisis hidrológico son:

1. **Identificación de la fuente objeto de estudio,** la cual corresponde a la fuente a reglamentar, es decir, el río Frío

2. **Recopilación y análisis de información básica,** referente a información primaria y secundaria que permita caracterizar la cuenca hidrográfica del río Frío.

3. **Delimitación de la cuenca hidrográfica,** la cual se realizará a partir de la cartografía de la zona de estudio, teniendo en cuenta el concepto de divisoria topográfica contenida en las planchas del IGAC No. 345-II-A, 345-II-C Y 345-II-D a escala 1:25000.

4. **Caracterización fisiográfica y morfométrica de la cuenca hidrográfica,** la cual permitirá establecer el comportamiento de la cuenca bajo eventos torrenciales o de estiaje.

5. **Análisis de caudales,** el cual se realizará a partir de modelos lluvia – escorrentía o paramétricos.

6. **Aforos líquidos de la fuente en estudio,** los cuales se realizarán por el consultor. Adicionalmente, se solicitará a las entidades pertinentes posibles aforos realizados por ellos en el río Frío.

7. **Caudal Ecológico, e**stimado mediante la aplicación de alguno de los métodos establecidos en la resolución 865 del 2004.

8. **Análisis de oferta y demanda,** a través del cual se cuantificará, a partir de los usos actuales legalizados mediante resolución de concesión de aguas, la cantidad de agua disponible en la fuente. Igualmente, se vinculará el caudal ecológico estimado.

9. **Cálculo del Índice de Escasez,** el cual indica la demanda de agua que ejercen las actividades tanto económicas como sociales en su uso y aprovechamiento frente a la oferta hídrica disponible.

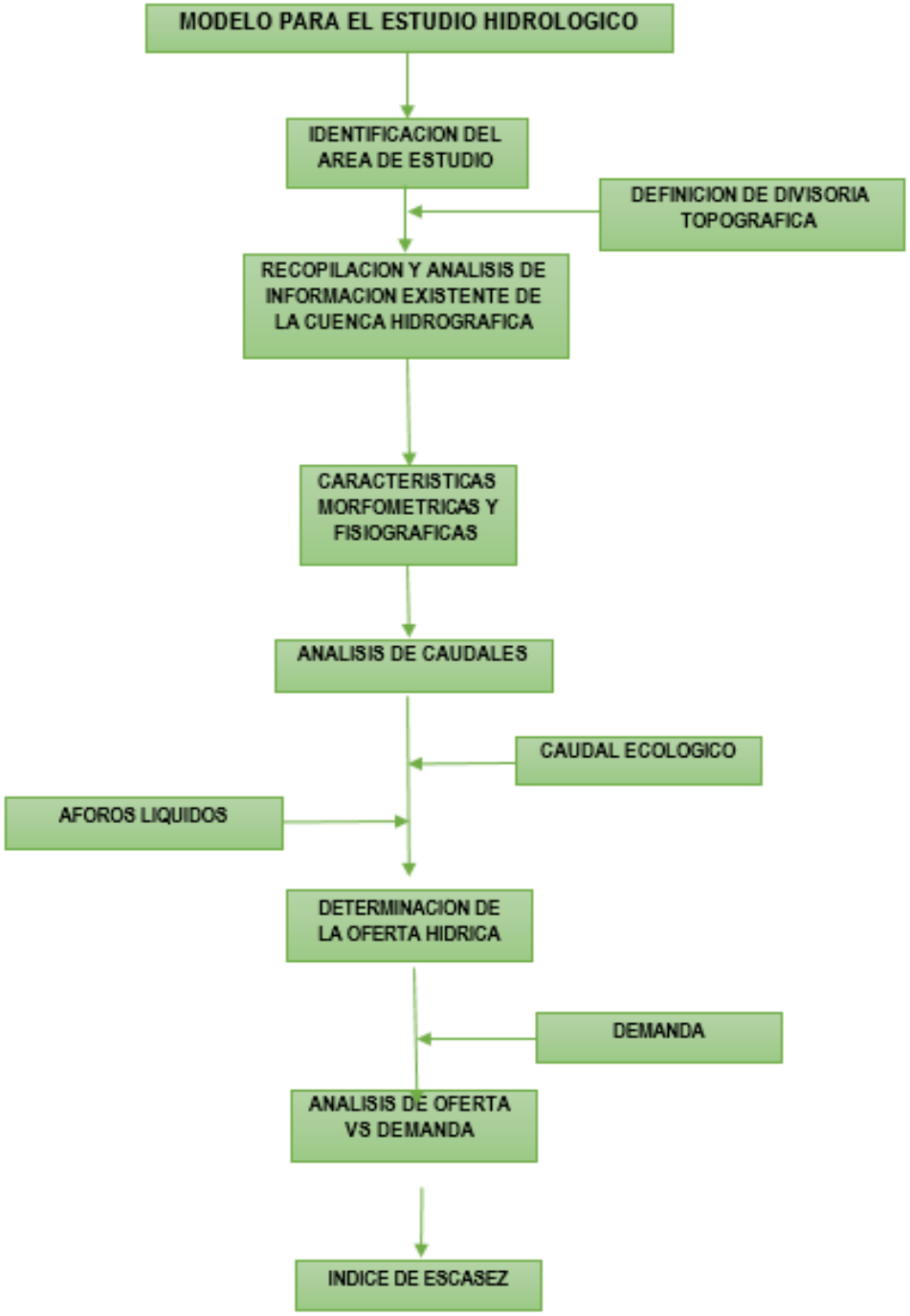


Figura 14. Modelo tipo del estudio hidrológico.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.4.1. Definición Y Caracterización Del Área De Estudio

El río Frío nace en jurisdicción del Municipio de Campoalegre en las estribaciones de la Cordillera Oriental en el sector de La Siberia, a los 2675 m.s.n.m. y desemboca en el Río Neiva a los 500 m.s.n.m. Tiene una longitud de 25.15 km, y a lo largo de su recorrido recibe los siguientes afluentes: Quebrada El Roble, Manzanares, Montebello, Vergel, entre otros, los cuales hacen parte de una red de drenaje subparalelo. Esta cuenca presenta un grado de erosión severo a medio, con cárcavas, surcos y surquillos.

Esta fuente hídrica abastece el acueducto del municipio de Campoalegre, cuya captación se localiza 5 Km aguas arriba del perímetro urbano a 570 m.s.n.m. Sin embargo, El río Frío a su paso por el casco urbano es foco de contaminación al recibir residuos sólidos, plásticos y orgánicos producidos en los principales barrios del municipio.

2.4.2. Identificación Del Cuerpo De Agua Según Mapa De Zonificación

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 en inmodificable.

El primer dígito define el área hidrográfica, la cual establece las principales cuencas aportantes de primer orden. El segundo dígito del código define la zona hidrográfica, la cual hace referencia a la región natural que agrupa varias cuencas en un gran sistema de drenaje. Luego, cada una de estas zonas se subdivide en sub-zonas hidrográficas de segundo orden, las cuales se representan por el tercer y cuarto dígito. Estas se identifican como un subsistema hídrico con características de relieve y drenaje homogéneo, integrado por cuencas de las partes altas, medias o bajas de una zona hidrográfica y que captan agua y sedimentos de los tributarios de diferente orden tales como nacimientos de agua, arroyos, quebradas y ríos.
Los dígitos siguientes deben ser asignados por la Corporación Autónoma, la cual debe realizar la zonificación hidrográfica regional con apoyo de la cartográfia base oficial y el DEM.

De acuerdo a la información descrita anteriormente, la cuenca hidrográfica Río Frío pertenece al área hidrográfica MAGDALENA – CAUCA, zona hidrográfica ALTO MAGADALENA y subzona hidrográfica RIO NEIVA.

Área Hidrográfica	Código	Zona hidrográfica	Código	Subzona hidrográfica	Código	Nivel subsiguiente	Código	Microcuenca	Código total	Drenaje	Código
MAGDALENA - CAUCA	2	ALTO MAGDALENA	1	RIO NEIVA	10			R. FRÍO CAMPOALEGRE	211006004000000		

Tabla 81. Codificación cuenca hídrica Río Frio
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.4.3. Caracterización Fisiográfica Y Morfométrica De La Cuenca

A partir de la cartografía existente, específicamente de las planchas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi 345 II A, 345 II C y 345 II D a escala 1:25000, se localizó la fuente hídrica en estudio y manteniendo el concepto de divisoria topográfica, se definió la cuenca hidrográfica del río Frío, estableciendo sus principales características fisiográficas y morfométricas.

Características Fisiográficas

Las características fisiográficas de la cuenca están influenciadas principalmente por el área, perímetro, pendiente, tipo de suelo, red de drenaje, forma y elevación. Estas variables físicas son de gran importancia para conocer el comportamiento a través del tiempo de los elementos del régimen hidrológico.

Área

El área que se obtiene para la cuenca del río Frío, la cual hace referencia al área plana (Proyección horizontal) incluida dentro de la divisoria topográfica desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Rio Neiva, es de **56.08 Km²**.

Perímetro

El perímetro que se calcula para la divisoria topográfica del río Frío medido hasta su desembocadura, es de **50.93 Km**.

Pendiente Media de la Cuenca

Hace referencia al grado de inclinación del terreno y es la variable que controla en gran parte la velocidad con que se presenta la escorrentía superficial, afectando en forma directa el tiempo que tarda el agua de la lluvia para concentrarse en los lechos fluviales que hacen parte de la red de drenaje de la cuenca. La pendiente media de

la cuenca del río Frío se calcula por el criterio de Alvord mediante la siguiente expresión.

$$S = \frac{D \times L}{A}$$

Dónde:

S: Pendiente media de la cuenca (%)
D: Distancia vertical entre curvas de nivel (Km)
L: Longitud total de las curvas de nivel, encerradas por el parteaguas (Km)
A: Área de la cuenca (Km²)

De esta forma, para la cuenca del río Frío, se tiene:

$$\boldsymbol{S = \frac{0.05\ Km\ \text{x}\ 457.728\ Km}{56.084\ \text{Km}^2}\ \text{x}\ 100}$$

$$\boldsymbol{S = 40.80\%}$$

Longitud del Cauce Principal

Cuando se presenta una mayor longitud del cauce, se encuentra un mayor tiempo de concentración de aguas y en caso de una crecida existe una mayor atenuación de la onda. La longitud del cauce principal en el Río Frío es de **25.15 Km** hasta su desembocadura en el Rio Neiva.

Pendiente Media del Cauce

La pendiente media del cauce es la diferencia total de la elevación del lecho del rio dividido por la longitud entre esos dos puntos. Esta variable influye en el tiempo de concentración de las aguas, porque a mayor pendiente, mayor es la velocidad de escurrimiento de la cuenca. De acuerdo a lo anterior, para el cauce del río Frío, se tiene:

$$\boldsymbol{Pc = \frac{Cota\ Nacimiento - Cota\ Desembocadura}{Longitud\ del\ Cauce}\ x\ 100}$$

$$\boldsymbol{Pc = \frac{2675m - 500m}{25152.8333m}\ x\ 100}$$

$$\boldsymbol{Pc = 8.64\%}$$

Densidad de Drenaje

Este parámetro relaciona la longitud total de los cursos de agua de una cuenca y su área total. De esta manera, teóricamente las cuencas que presentan mayor densidad de drenaje poseen una mayor capacidad para recaudar el agua lluvia y viceversa. Así, la densidad de drenaje se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{Dd = \frac{L}{A}}$$

L: Longitud total de las corriente de agua en Km.

A: Área de cuenca

De esta forma, para la cuenca del río Frío, se tiene una densidad de drenaje de **3.14 Km/Km²**, lo cual, según Monsalve (1995), corresponde a una cuenca excepcionalmente bien drenada.

$$\boldsymbol{Dd = \frac{176.47623 Km}{56.084 Km^2}}$$

$$\boldsymbol{Dd = 3.146\ km/km^2}$$

Características Morfométricas

La forma de determinar las características morfométricas está principalmente fundamentada en la descripción hecha por diversos autores. Estos parámetros permiten caracterizar ciertos comportamientos en relación con los aumentos de caudal que puedan presentarse en la cuenca.

Forma de la Cuenca

Este parámetro es de gran importancia ya que se relaciona con el tiempo de concentración, que es el tiempo que le toma al agua viajar desde la divisoria topográfica (límite de la cuenca) hasta la salida de la misma.

Para explicar la forma de la cuenca cuantitativamente, esta es comparada con figuras geométricas. Para ello se utilizó el índice de Gravelius, que relaciona el perímetro de la cuenca y la longitud de la circunferencia de un círculo de área igual a la de la cuenca.

$$Kc = 0.28\left(\frac{P}{\sqrt{A}}\right)$$

Dónde:

Kc: Coeficiente de compacidad de Gravelius

P: Perímetro de la cuenca (Km)

A: Área de la Cuenca (Km²)

El Índice de Gravelius, también conocido como Coeficiente de Compacidad, guarda estrecha relación con el tiempo de concentración, que es el tiempo que tarda una gota de lluvia en moverse desde la parte más lejana de la cuenca hasta el desagüe. Así, cuanto más irregular sea la cuenca mayor será su coeficiente, tal que, si este coeficiente se acerca a la unidad, la forma de la cuenca será casi redonda y por lo tanto presentará una mayor tendencia a las crecientes, ya que las distancias relativas de los puntos de la divisoria con respecto a uno central no presentan diferencias mayores y el tiempo de concentración se hace menor, por lo tanto mayor será la posibilidad de que las ondas de crecida sean continuas. Se distinguen cuatro clases de formas relacionadas en la Tabla 82.

CLASE DE FORMA	RANGOS DE CLASE	FORMA DE LA CUENCA
Kc 1	1.00 – 1.25	Casi redonda a Oval redonda
Kc 2	1.25 – 1.50	Oval redonda a Oval oblonga
Kc 3	1.50 – 1.75	Oval oblonga a Rectangular oblonga
Kc 4	> 1.75	Rectangular a Muy lobuladas

Tabla 82. Clasificación morfométrica de la cuenca según el Índice de Gravelius.
Fuente: INE 2004 (citado por FERNANDEZ).

Así, para la cuenca del río Frío se tiene:

$$Kc = 0.28 \frac{50.932\ Km}{\sqrt{56.084\ km^2}}$$

$$Kc = 1.90$$

De acuerdo a lo anterior, la cuenca del río Frío presenta un Índice de Compacidad de **1.90,** lo cual indica según el índice de Gravelius, que la cuenca tiene una forma **Rectangular a Muy Lobulada.**

Tiempo de Concentración de las Aguas

Este parámetro es también definido como "Tiempo de Viaje" del agua que cae como lluvia en el sitio más alejado de la cuenca con relación a la estación de salida de la corriente de drenaje, por el camino más largo, en forma de flujo superficial. Se considera como una constante de la cuenca y depende de las características fisiográficas de la vertiente, de la cobertura vegetal y del manejo de la tierra.

Para estimar el tiempo de concentración en la cuenca, se aplica la ecuación propuesta por el Servicio de Conservación de suelos de los Estados Unidos.

$$T_C = \frac{(10/6)L^{0.8}(2540 - 22.86\,CN)^{0.70}}{14104\,CN^{0.70}S^{0.5}}$$

Dónde:
Tc: Tiempo de concentración (horas)
CN: Número de curva del SCS
L: Longitud del cauce principal (m)
S: Pendiente media de la cuenca (m/m)

$$\boldsymbol{T_C = \frac{(10/6)(25153)^{0.8}(57.6)^{0.70}}{14104\,(57.6)^{0.70}0.408^{0.5}}}$$

$$T_C = 5.21\ horas$$

Las características fisiográficas y morfométricas de la cuenca del río Frío determinadas en el presente estudio, se relacionan en la Tabla 83.

PARÁMETRO	UNIDAD	CUENCA
Fuente Hídrica	**Río Frio**	
Área	Km²	56.084
Perímetro	Km	50.932
Cota de Nacimiento río	m.s.n.m.	2675
Cota Desembocadura río	m.s.n.m.	500
Longitud del cauce	Km	25.153
Longitud total de las corriente de agua	km	176.476
Pendiente media del cauce (m/m)	m/m	0.0864
Índice de Gravelius		1.90
Tiempo de concentración	Horas	5.21
Pendiente media de la cuenca	m/Km	408.0
Densidad de drenaje	Km/Km²	3.146

Tabla 83. Características Fisiográficas y Morfométricas de la Río Frío.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.4.4. Estimación De Caudales

La estimación de caudales máximos, mínimos y medios en la cuenca hidrográfica del Rio Frio se realizaron en cada una de las zonas delimitadas según los puntos de muestreo adoptados para el ordenamiento del recurso hídrico de la fuente, dicha zonificación genera cuatro puntos de estudio que se muestran en la siguiente figura. En la siguiente tabla se presentan el área de cada una de estas zonas.

Zona	Área (km^2)
0	45.53
1	1.42
2	1.28
3	2.63
4	5.22
Área cuenca hidrográfica total	**56.08**

Tabla 84. Área para cada zona de estudio delimitada en la cuenca hidrográfica del río Frio
Fuente: FUNDISPROS, 2014

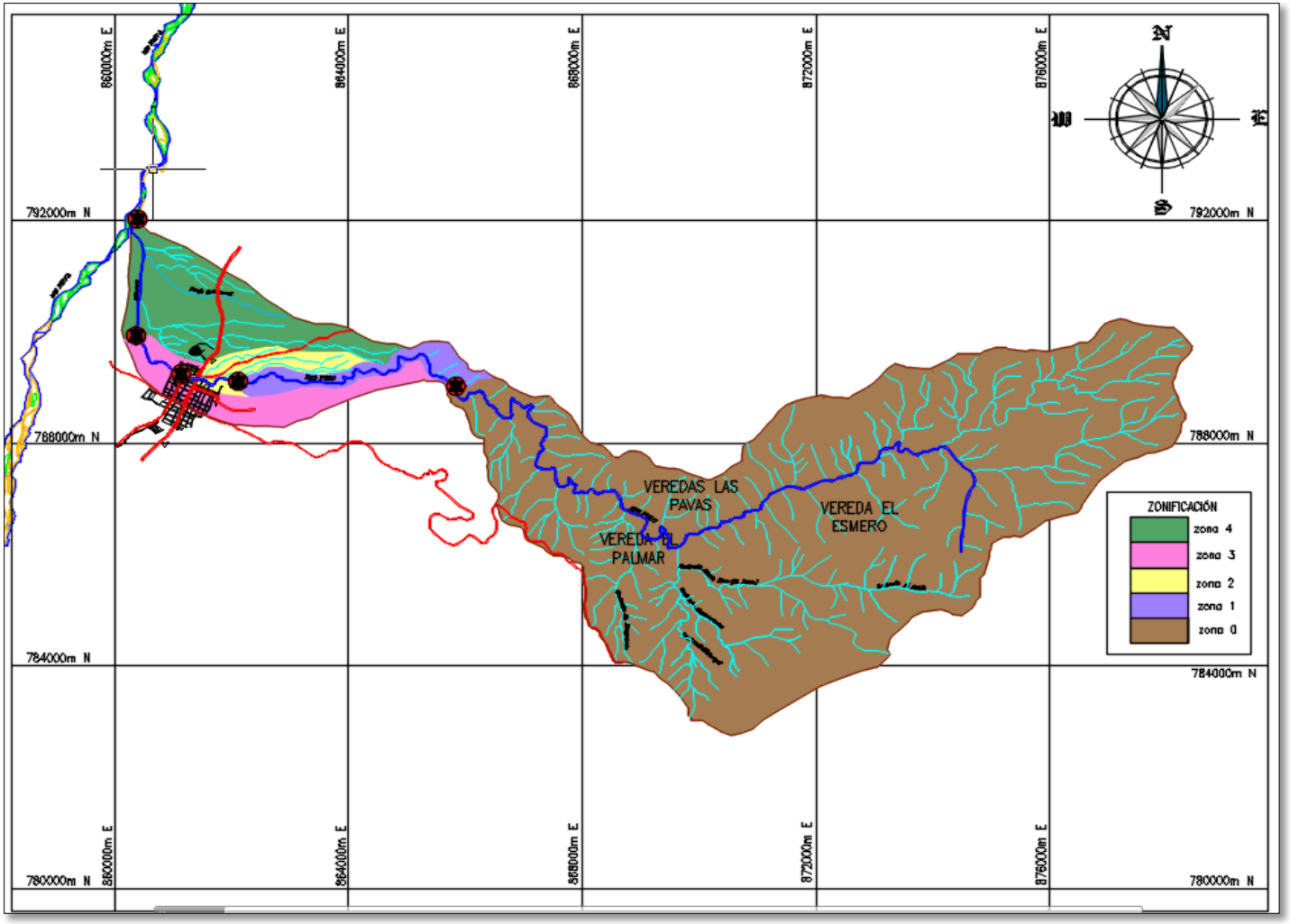


Figura 15. Zonificación propuesta para el análisis hidrológico en la cuenta hidrológica del río Frío .
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

Zona 0: Zona que se delimitó considerando el río Frío desde su nacimiento hasta el sitio en el que se ubica el primer usuario.
Zona 1: Delimitada desde la terminación de la zona cero (0) hasta la desembocadura de la quebrada El Vergel margen derecha aguas abajo del río Frío.
Zona 2. Delimitada desde la desembocadura de la quebrada El Vergel hasta la desembocadura de la quebrada Lavapatas en la margen izquierda aguas abajo del río Frío.
Zona 3: Delimitada desde la desembocadura de la quebrada Lavapatas en la margen izquierda aguas abajo del río Frío hasta la descarga del canal artificial de la quebrada Caraguaja en la margen izquierda del río Frío aguas abajo.
Zona 4: Delimitada desde la descarga del canal artificial de la quebrada Caraguaja en la margen izquierda aguas abajo del río Frío, hasta la desembocadura del río Frío sobre la margen derecha del rio Neiva Aguas abajo del mismo.

Caudales Máximos

En el diseño de estructuras hidráulicas y gestión del riesgo resulta indispensable conocer los caudales máximos que se pueden presentar en diferentes periodos de retorno. Cuando no se dispone de estaciones hidrométricas sobre la fuente de estudio es posible aplicar modelos que relacionan la precipitación con la escorrentía, y de este modo estimar los caudales que se presentan para un área determinada, producto de un evento torrencial.

Considerando las precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno y las características de cada una de las zonas de estudio de la cuenca del río Frío, se simuló el hidrograma de salida en cada zona de interés.

La simulación se realizó en el modelo HEC-HMS, del Centro de Ingeniería Hidrológica de los EE.UU. Dicho modelo requiere que se le definan los métodos que se usaran para calcular las pérdidas o aquella parte de la precipitación que no se convertirá en flujo superficial y el método para trasformar el exceso de precipitación en caudal.
Basados en la disponibilidad de información y su aplicabilidad al área de estudio, se utilizó el método de numero de curva del SCS e hidrograma unitario sintético del SCS, para estimar las perdidas y transformación respectivamente.
Los datos de precipitación para diferentes periodos de retorno se obtuvieron a partir de la construcción de las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF), para esto se consideraron los registros pluviométricos de la estación Hacienda Potosí la cual cuenta con mayor número de años y se ubicada en el área de estudio.

Número de Curva del Servicio de Conservación de Suelos

El número de curva es un parámetro que permite conocer la fracción lluvia que se convierte en escorrentía, a partir de la estimación de las abstracciones o pérdidas iniciales que se dan como resultado de la capacidad de infiltración del

suelo e intercepción de la vegetación. A medida que transcurre la lluvia y si la intensidad de la precipitación supera la tasa de infiltración del suelo, es de esperarse que se genere un flujo superficial del agua que alimentará los cauces. Para su determinación se requiere conocer características básicas del área de estudio tales como tipo, uso y tratamiento del suelo, cobertura vegetal y condición de humedad antecedentes del suelo, la cual depende de las precipitaciones que anteceden al evento considerado.
La siguiente ecuación permite estimar el exceso de precipitación.

$$P_e = \frac{(P - I_o)^2}{P - I_o + S}$$

Dónde:

Pe = Exceso de precipitación acumulada para un tiempo *t* (mm)
P = Precipitación neta (mm)
Io= Abstracción inicial
S = Potencial máximo de retención, la cual mide la capacidad de la cuenca para perder o retener la precipitación de una tormenta.

A partir del resultado de muchas cuencas experimentales el SCS desarrollo una relación empírica de I_o y S.

$$I_O = 0.2\,S$$

Entonces,

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

La máxima retención S, y las características de la cuenca se relacionan a través del número de curva (CN).

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

La Tabla 85 presenta las características y valores adoptados para determinar el número de curva de la cuenca del río Frío.

Parámetro	Valor	Observaciones
Grupo hidrológico del suelo	B	Textura franco arcillosa Moderado potencial escorrentía
Uso y tratamiento del suelo	Área forestal con pastos y rastrojos Pastos naturales Cultivos y pastos manejados	Condición hidrológica buena Condición hidrológica buena Condición hidrológica regular
Número de curva (CN)	57.6	Valor ponderado
Máxima retención (S)	186.97	Adimensional
Abstracción inicial (I_o)	37.39	mm

Condición de humedad antecedente (AMC)	Normal (II)	
Precipitación máxima 24 horas	120	mm

Tabla 85. Parámetros usados para la aplicación del método de número de curva del SCS para la cuenca del río Frío.
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

El número de curva se obtiene a partir de tablas según lo expuesto en Monsalve, 1995. Puesto que el uso y tratamiento no es el mismo en la totalidad de la cuenca, el CN es resultado de una ponderación.

A continuación se presenta una breve explicación de algunos de los parámetros considerados con el fin de tener más claridad sobre estos.

- Grupo hidrológico del suelo: Hace referencia a la capacidad de escurrimiento del suelo, la cual depende de la porosidad y textura del mismo pues esto afecta el desplazamiento del agua a capas más profundas.
- Uso y tratamiento del suelo: Las actividades que se desarrollan en un área dada, así como las prácticas de manejo que se lleven a cabo influyen en la cantidad de agua que escurrirá sobre la superficie del suelo.
- Condición hidrológica: Depende del tipo y densidad de la vegetación.
- Condición de Humedad Antecedente: Corresponde a la sumatoria total de agua precipitada los 5 días previos al evento de lluvia considerado (precipitación máxima en 24 horas).

Hidrograma Unitario (HU) del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos.

El hidrograma del SCS es un modelo paramétrico producto de análisis de un gran número de hidrogramas de cuencas agrícolas. Se define como hidrograma unitario al hidrograma de escorrentía que resulta de un centímetro de lluvia neta, homogénea y constante sobre la cuenca en un tiempo definido.
En el modelo de HEC-HMS cuando se trabaja con este método se requiere como dato de entrada el tiempo de retraso de la cuenca (t_{lag}), usando para su cálculo la ecuación que se presenta a continuación.

$$t_l = \frac{L^{0.8}\,(2540 - 22.86\,CN)^{0.7}}{141040\,CN^{0.7}S^{0.5}}$$

t_l= Tiempo de retraso o desfase de la cuenca en horas
CN = Numero de curva
L = Longitud del cauce principal (m)
S = Pendiente promedia del terreno de la cuenca (m/m).

Zona	Longitud Cauce(m)	Pendiente Terreno(m/m)	Tiempo de retraso (horas)
0	15763,9415	0.302	2.50
1	4939,7697	0,276	1,03
2	1118,9371	0,121	0,48
3	1154,3754	0,109	0,51
4	2175,8096	0,129	0,78

Tabla 86. Tiempo de retraso en cada zona de estudio sobre el cauce del río Frío
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)

Con el fin de conocer los caudales máximos en diferentes frecuencias (periodos de retorno) se requiere que la información pluviométrica se encuentre disponible en forma de intensidades, por lo que es necesaria la construcción de las curvas IDF.

Las curvas IDF son el resultado de la relación entre la intensidad de precipitación para diferentes intervalos de duración sobre un periodo de retorno considerado.

Vargas, 1998., citado en el Manual de Drenaje para Carreteras de INVIAS, presenta una metodología por medio de la cual se dedujeron curvas IDF por correlación con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, la cual se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$i = \frac{a\,T^b M^d}{(t/60)^c}$$

Dónde:

i = Intensidad de precipitación en mm/hora
T = Periodo de retorno en años
M = Precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual
t = Duración de la lluvia en minutos
a,b,c,d = Parámetros de ajuste de la regresión

Los parámetros en mención, estimados en dicho estudio, se seleccionan según la región de estudio, como se puede observar en la tabla a continuación.

REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.50	0.10
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquía (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Tabla 87. Valores de los coeficientes a, b, c y d para cálculos de curva IDF.
Fuente: Manual de Diseño para Carreteras INVIAS, 2009.

Por la ubicación de la cuenca del río Frío se establece que los coeficientes a usar son los correspondientes a la región Andina.

Los registros de precipitaciones máximas en 24 horas requeridos para la construcción de las curvas se toman de la estación Hacienda Potosí, los cuales se presentan en la Tabla 88.

AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR MAX
1994	61,0	50,0	61,0	90,0	78,0	13,0	20,0	8,0	47,0	71	37,0	43,0	90,0
1995	5,8	9,3	61,0	120,0	54,0	13,0	33,0	5,0	5,0	41,0	35,0	33,0	120,0
1996	60,0	40,0	65,0	24,0	14,0	29,0	9,0	7,0	9,0	67,0	32,0	21,0	67,0
1997	40,0	15,0	50,0	37,6	21,0	29,0	4,6	2,5	11,6	84,0	66,0	30,4	84,0
1998	61,6	10,0	40,3	17,0	57,0	6,8	18,7	9,0	10,5	46,0	50,0	34,0	61,6
1999	69,0	80,0	32,2	35,0	56,0	29,0	5,0	3,1	30,0	42,0	46,3	32,2	80,0
2000	95,0	37,5	72,0	24,4	17,5	11,0	15,0	10,0	76,1	34,7	12,0	67,0	95,0
2001	14,0	33,0	12,0	6,7	34,0	10,0	7,0	2,6	9,5	40,8	108,0	52,8	108,0
2002	23,1	40,7	16,0	78,0	45,0	13,0	34,0	19,0	8,4	32,0	70,0	20,2	78,0
2003	84,3	52,0	63,0	75,0	5,4	16,4	13,0	5,6	22,0	97,0	29,8	53,0	97,0
2004	31,0	12,9	28,0	38,0	52,0	5,1	31,0	2,0	3,2	49,0	27,0	90,0	90,0
2005	28,6	58,7	75,0	42,0	11,2	13,0	3,0	23,0	15,0	71,0	79,7	54,0	79,7
2006	40,9	43,7	51	74	32	20,5	21	3,4	8	39	55	29	74,0
2007	23	17	11	61	44	8	43	20	7	48	29	61	61,0
2008	25	58	63	51	26	5,2	12	19	40	76	79	18	79,0
2009	27	39	53	48	83	34	10		6,2	50	83	30	83,0
2010	3,2	48	9,8	76	89	8,8	85	5	7,4	53		15,9	89,0
2011				80,9	80	32,6	21,9	7,5	12,1	80,6	45	25,2	80,9
2012	67,5	13	22	0	4,9	6	8,8	5,4	14,2	39,3	46,9	87	87,0
2013	22,9	102,2	25,6	50,6	31,6				45,5	56,6		68,6	102,2

Tabla 88. Precipitación máxima en 24 horas (mm) estación Hacienda Potosi
Fuente: IDEAM, 2014.

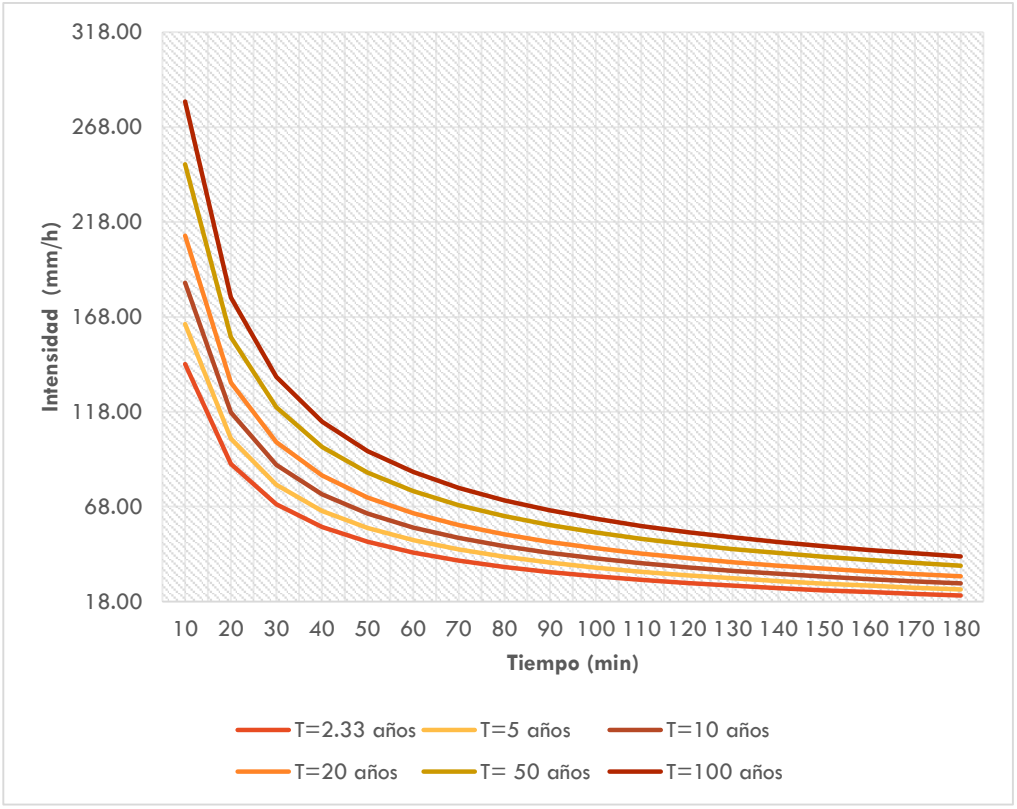
Las intensidades de precipitación calculadas a partir de los anteriores datos se presentan en la Tabla 89.

ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA ORDINARIA HDA. POTOSI INTENSIDAD PRECIPITACIÓN (mm/h)

TIEMPO (min)	PERIODO DE RETORNO					
	2,33	5	10	20	50	100
10	143,09	164,17	185,99	210,70	248,48	281,50
20	90,56	103,90	117,71	133,35	157,26	178,16
30	69,30	79,51	90,07	102,04	120,34	136,33
40	57,31	65,76	74,49	84,39	99,53	112,75
50	49,46	56,75	64,29	72,84	85,90	97,31
60	43,86	50,32	57,00	64,58	76,16	86,28
70	39,61	45,45	51,49	58,33	68,79	77,93
80	36,27	41,62	47,15	53,41	62,99	71,36
90	33,56	38,50	43,62	49,42	58,28	66,02
100	31,30	35,92	40,69	46,10	54,36	61,59
110	29,40	33,73	38,21	43,29	51,05	57,83
120	27,76	31,84	36,08	40,87	48,20	54,60
130	26,33	30,21	34,22	38,77	45,72	51,79
140	25,07	28,76	32,59	36,92	43,54	49,32
150	23,95	27,48	31,14	35,27	41,60	47,13
160	22,96	26,34	29,84	33,80	39,86	45,16
170	22,06	25,30	28,67	32,48	38,30	43,39
180	21,24	24,37	27,61	31,27	36,88	41,78

Tabla 89. Intensidad, duración, frecuencia de la precipitación- Estación Climatologica Hacinda Potosi
Fuente: Manual de Diseño para Carreteras INVIAS, 2009.

El rango de duración de las precipitaciones aquí presentadas corresponde a 180 minutos, dentro los cuales se están considerando lluvias de corta y larga duración.
La Gráfica 7 corresponde a las curvas IDF. Como se puede observar en la gráfica al aumentar la duración de la lluvia la intensidad disminuye.



Gráfica 7. Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia estación Hacienda Potosí
Fuente: FUNDISPROS, 2014

A partir de la información de la curvas se determina la profundidad de la precipitación (mm).

ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA HACIENDA POTOSÍ CURVAS DE MASAS AGUACEROS PUNTUALES (mm)

TIEMPO (min)	PERIODO DE RETORNO					
	2,33	5	10	20	50	100
0	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
10	23,85	27,36	31,00	35,12	41,41	46,92
20	30,19	34,63	39,24	44,45	52,42	59,39
30	34,65	39,75	45,03	51,02	60,17	68,16
40	38,21	43,84	49,66	56,26	66,35	75,17
50	41,22	47,29	53,58	60,70	71,58	81,09
60	43,86	50,32	57,00	64,58	76,16	86,28
70	46,22	53,02	60,07	68,05	80,26	90,92
80	48,36	55,49	62,86	71,21	83,98	95,14
90	50,34	57,75	65,43	74,12	87,41	99,03
100	52,17	59,86	67,82	76,83	90,60	102,64
110	53,89	61,83	70,05	79,36	93,59	106,02
120	55,51	63,69	72,15	81,74	96,40	109,21
130	57,04	65,45	74,14	84,00	99,06	112,22
140	58,50	67,12	76,03	86,14	101,58	115,08
150	59,89	68,71	77,84	88,18	104,00	117,81
160	61,21	70,23	79,57	90,14	106,30	120,43
170	62,49	71,70	81,22	92,02	108,52	122,94
180	63,72	73,10	82,82	93,82	110,65	125,35

Tabla 90. Precipitaciones puntuales para la estación Hacienda Potosí
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

Posteriormente se calcularon los incrementos puntuales para el tiempo dado, y mediante su organización se obtienen los incrementos arreglados de los hietogramas de precipitación.

INCREMENTO ARREGLADOS DE LLUVIAS PUNTUALES DE LOS HIETOGRAMAS DE PRECIPITACIÓN (mm)

TIEMPO (min)	PERIODO DE RETORNO					
	2,33	**5**	**10**	**20**	**50**	**100**
0-10	1,23	1,41	1,59	1,81	2,13	2,41
10-20	1,33	1,52	1,73	1,96	2,31	2,61
20-30	1,46	1,67	1,89	2,14	2,53	2,86
30-40	1,62	1,86	2,10	2,38	2,81	3,18
40-50	1,84	2,11	2,39	2,70	3,19	3,61
50-60	2,15	2,46	2,79	3,16	3,73	4,22
60-70	2,64	3,02	3,43	3,88	4,58	5,19
70-80	3,56	4,08	4,63	5,24	6,18	7,00
80-90	6,34	7,27	8,24	9,33	11,01	12,47
90-100	23,85	27,36	31,00	35,12	41,41	46,92
100-110	4,46	5,12	5,80	6,57	7,75	8,78
110-120	3,01	3,46	3,91	4,43	5,23	5,92
120-130	2,36	2,71	3,07	3,47	4,10	4,64
130-140	1,98	2,27	2,57	2,91	3,43	3,89
140-150	1,72	1,97	2,23	2,53	2,98	3,38
160-170	1,53	1,76	1,99	2,26	2,66	3,01
170-180	1,39	1,59	1,80	2,04	2,41	2,73
180-190	1,27	1,46	1,66	1,88	2,21	2,51
TOTAL (mm)	**63,72**	**73,10**	**82,82**	**93,82**	**110,65**	**125,35**

Tabla 91. Incrementos arreglados de precipitaciones puntuales estación Hda. Potosí
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

Como resultado de la simulación en HEC-HMS se obtuvieron los caudales máximos en cada zona de estudio sobre el cauce del río Frío.

Periodo de Retorno (años)	Caudal Máximo (m^3/seg)					
	Zona 0	**Zona 1**	**Zona 2**	**Zona 3**	**Zona 4**	**CUENCA COMPLETA**
2.33	11,34	0,66	0,74	1,5	2,68	9,52
5	19,9	1,14	1,33	2,66	4,6	16,72
10	30,77	1,76	2,17	4,34	7,25	25,92
20	45,33	2,6	3,32	6,7	10,89	38,2
50	71,6	4,15	5,58	11,05	17,67	64,3
100	97,71	5,7	7,9	15,4	24,45	87,27

Tabla 92. Caudales máximos obtenidos a partir del modelo lluvia escorrentía HMS para la cuenca del río Frío
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

Caudales Mínimos

Haciendo uso del modelo agregado de tanques se estimaron los caudales mínimos que se presentan en cada zona de estudio. Este modelo ha sido implementado por el posgrado de Recursos Hidráulicos de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, a través de una hoja de cálculo programada tipo caja negra, la cual simula los caudales mínimos y medios. El modelo representa por medio de tanques los procesos físicos de la cuenca, tales como: infiltración, evaporación, percolación y flujo superficial.

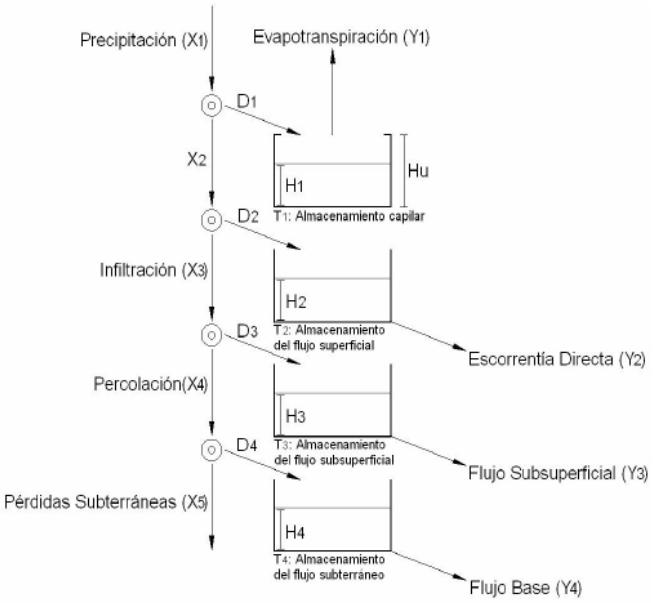
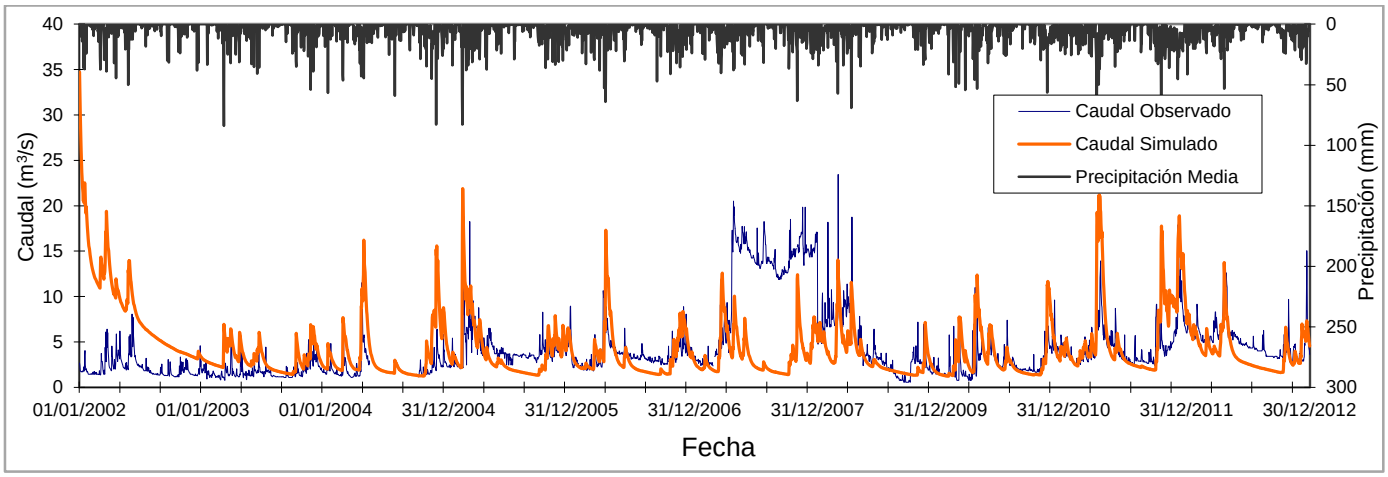


Figura 16. Esquema conceptual del modelo de tanques.
Fuente: AMAYA et. al. 2009.

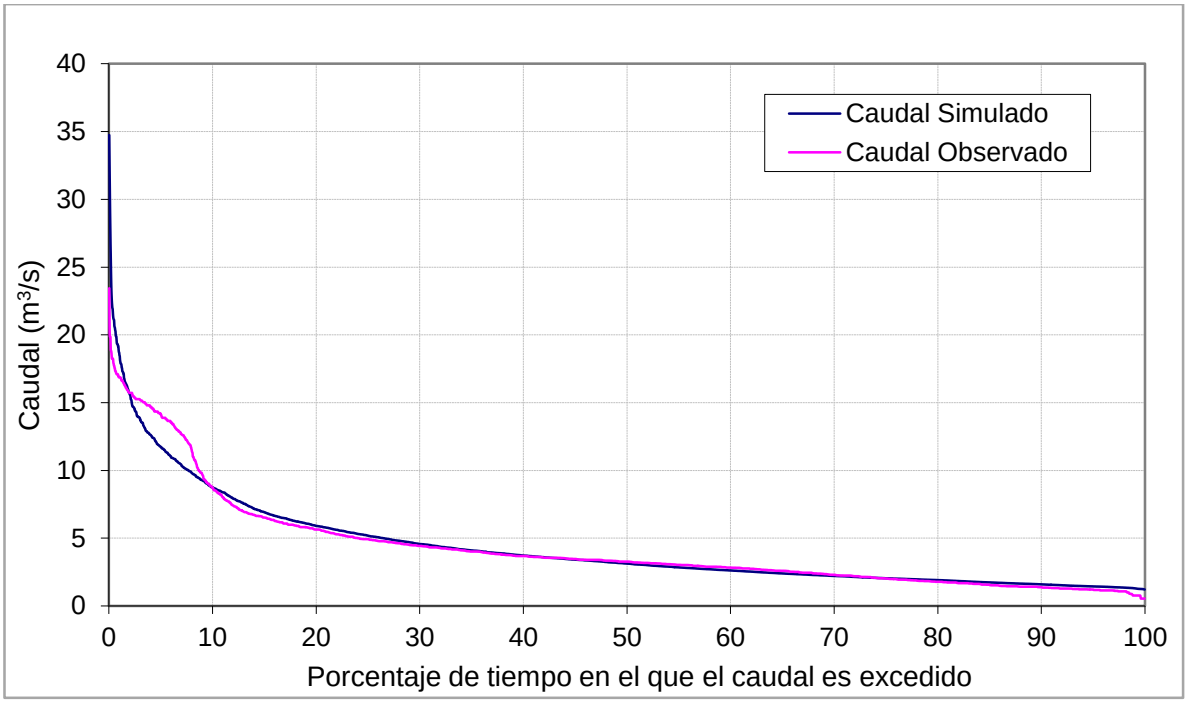
La simulación se realiza a partir de datos de caudales de una cuenca con características similares a la cuenca objeto de estudio. El modelo debe calibrarse, lo cual se realiza mediante la comparación de los caudales reales con los caudales simulados (obtenidos de la relación lluvia-escorrentía), y el ajuste de los diferentes parámetros como almacenamiento máximo capilar, conductividad capa superficial e inferior, perdidas subterráneas y tiempo de residencia del flujo superficial, subsuperficial y flujo base.

De esta forma, por vecindad geográfica, se trabajó con la cuenca del Rio Iquira, cuya área es de 123.4 km^2, y la cual contaba con datos de caudales diarios de la estación Bocatoma. Igualmente se ubicaron las estaciones pluviométricas útiles mediante los polígonos de Thiessen, y como resultado de esto se tienen que las estaciones La Mina y Las Herreras, tienen una influencia del 63% y 37% respectivamente sobre esta área.
En el caso de la cuenca del río Frío, las estaciones pluviométricas útiles son Nuevo Paraíso y Hacienda Potosí, su grado de influencia varía conforme a la zona de estudio que ha sido delimitada.

Con el ingreso de los datos diarios de precipitación al modelo, este simula una precipitación que compara con los datos reales, obteniendo en este caso un error del 0%. Posteriormente se ajustan los parámetros dentro de los rangos establecidos mediante el análisis visual de las serie gráfica con la simulada, hasta lograr que estas muestren un comportamiento similar, así mismo cuando la curva de duración simulada sea similar a la real, o al menos desde el 5% del porcentaje de tiempo en el que el caudal es excedido.



Gráfica 8. Comportamiento de caudales observados y caudales simulados en la calibración del Modelo Agregado de Tanques.
Fuente: FUNDISPROS, 2014.



Gráfica 9. Curva de duración Caudal simulado – Caudal observado en la calibración del Modelo Agregado de Tanques.
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

Una vez completado el proceso de calibración se procede a simular los caudales para las cinco áreas en las que se dividió la cuenca del río Frío, ingresando las

estaciones pluviométricas útiles con sus respectivos registros, y ajustando en cada caso los porcentajes de influencia y el área. Ante la ausencia de información se suponen que los parámetros calibrados para la cuenca de referencia son iguales para la cuenca de estudio.

De las series de caudales simulados se descarta el primer año, pues este presenta valores atípicos, esto debido a que el modelo usa estos datos en el proceso de ajuste y estabilización.

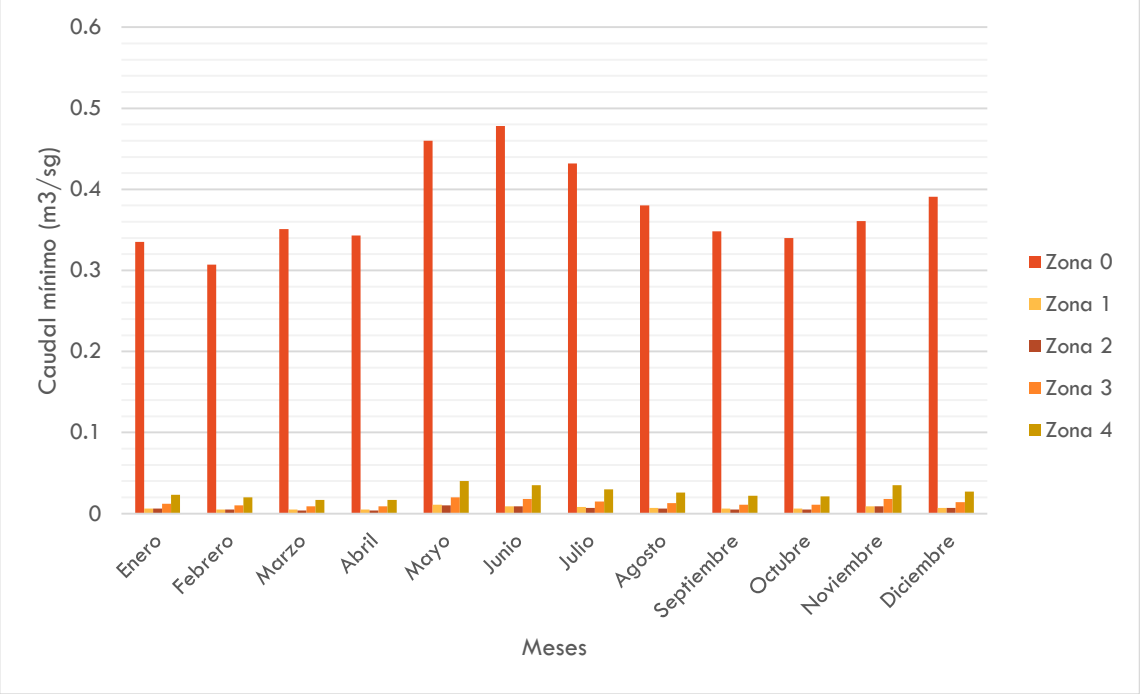
Los caudales reales disponibles para el estudio comprenden el periodo de 2001-2012, con ausencia del año 2008.

Análisis caudales mínimos

A continuación se presentan los caudales mínimos multianuales simulados en cada zona de estudio sobre el río Frio.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Valor anual
Zonas	**CAUDAL MÍNIMO (m^3/seg)**												
0	0.335	0.307	0.351	0.343	0.460	0.478	0.432	0.380	0.348	0.340	0.361	0.391	0.307
1	0.006	0.005	0.005	0.005	0.011	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.009	0.007	0.005
2	0.006	0.005	0.004	0.004	0.010	0.009	0.007	0.006	0.005	0.005	0.009	0.007	0.004
3	0.012	0.010	0.009	0.009	0.020	0.018	0.015	0.013	0.011	0.011	0.018	0.014	0.009
4	0.023	0.020	0.017	0.017	0.040	0.035	0.030	0.026	0.022	0.021	0.035	0.027	0.017
Área Total	0.382	0.347	0.386	0.378	0.541	0.549	0.492	0.432	0.392	0.383	0.432	0.446	0.347

Tabla 93. Valores de caudales mínimos mensuales multianuales estimados para las zonas de estudio.
Fuente: FUNDISPROS, 2014.



Gráfica 10. Valores de caudales mínimos mensuales multianuales estimados para las zonas de estudio sobre el cauce del Rio Frio.
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

Como se puede observar en las anteriores graficas el caudal presenta dos épocas de mínimos bajos y dos de mínimos altos. La primera época de mínimos bajos corresponde a los meses de enero, febrero, marzo y abril, y agosto septiembre y octubre para el segundo periodo del año. En cuando los valores más altos se presentan en los meses de mayo, junio, noviembre y diciembre. Siendo febrero el mes más crítico en cuanto a disponibilidad de agua debido a que presenta los mínimos más bajos a lo largo del año.

Funciones de distribución de probabilidad para la serie de caudales mínimos

Con el fin de conocer el comportamiento futuro de una variable a partir de información histórica se estiman los parámetros de una función de probabilidad y el factor de frecuencia. En el presente estudio se considerarán las funciones de distribución de probabilidad de Gumbel y Log Normal, y con el fin de seleccionar la que mejor se ajusta para la estimación de caudales mínimos a diferentes periodos de retorno, se llevó a cabo la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov y el coeficiente de determinación R^2, los cuales otorgan, según sus resultados, criterios de selección.

- Test Kolmogorov – Smirnov

Este test busca medir la correlación entre la distribución de un conjunto de datos, de este modo es posible interpolar y extrapolar información.

El Test de Kolmogorov – Smirnov se determina mediante la obtención del valor absoluto más alto de las diferencias de las frecuencias observadas y acumuladas. Esta diferencia se denomina por la letra D (discrepancia máxima absoluta) y la expresión para su cálculo de presenta a continuación.

$$D = Sup|F_n(X)_i - F(X)_i|$$

Luego asumiendo un valor de significancia (nivel de confianza) y con el tamaño de la muestra se ubica el valor crítico de D de las tablas de prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov – Smirnov. Si D_c calculado es menor al D_t obtenido de la tabla, se acepta que el ajuste es adecuado para el nivel de confiabilidad asumido.

El nivel de confianza asumido para el presente estudio fue de 95%, y con un tamaño de muestra de 9, se obtiene de las tablas un D de 0.43001.

- Coeficiente de determinación R^2

Cuando el test de Kolmogorov – Smirnov resulta aceptable para ambas distribuciones, el coeficiente R^2 permite decidir con cuál de estas se trabajará, pues valores cercanos a la unidad indican una mejor correlación entre los datos. Dicho coeficiente se calculó aplicando la siguiente ecuación:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(F_n(x))_i - F(x)_i)^2}{\sum(F_n(x)_i - \overline{F_n(x)_i})^2}$$

Ajustes a la función de distribución de probabilidad de Gumbel

La frecuencia teórica acumulada en la distribución de probabilidad de Gumbel se calcula con la siguiente expresión:

$$(X) = e^{-e^{-d(x-u)}}$$

Dónde:
e: Neperiano
d y μ: Parámetros de la Distribución de Gumbel

Los parámetros de la distribución se determinan mediante el uso de las siguientes ecuaciones.

$$d = \frac{1}{0.779696\ x\ S}$$
$$\mu = \bar{x} - 0.450047\ x\ S$$

Dónde:
S: Desviación estándar
Con los datos de la serie ordenados de menor a mayor, y estimados los parámetros de Gumbel se calcula la frecuencia teórica.

La frecuencia acumulada se calcula mediante la expresión de Weibull, presentada a continuación.

$$Fn(X) = \frac{n}{N+1}$$

$F_n(X)$: Frecuencia Observada Acumulada
n: Número del dato
N: Número total de datos.

Todos estos cálculos se realizaron para cada una de las series de caudales mínimos simulados en cada zona de estudio sobre el cauce del río Frío. A continuación se presentan los resultados de la prueba de bondad de ajuste y el coeficiente de determinación para la función de distribución de probabilidad de Gumbel aplicada a la serie de caudales mínimos obtenidos en cada zona de estudio.

FDP Ajustada Gumbel				
ZONA	**Dc**	**Dt**	**Ajuste K-**	**R2**
0	0.118	0.43001	ACEPTA	0.935
1	0.155	0.43001	ACEPTA	0.909
2	0.155	0.43001	ACEPTA	0.909
3	0.155	0.43001	ACEPTA	0.909
4	0.087	0.43001	ACEPTA	0.949

Tabla 94. Resultados del Test de Bondad de Ajuste y Coeficiente de Determinación para Gumbel aplicado a la serie de caudales mínimos estimados en cada zona de estudio.
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

Según las pruebas anteriores la función de distribución de la probabilidad de Gumbel presenta un buen ajuste, el valor que adoptan los coeficientes de determinación indica que esta función explica en un porcentaje equivalente las variaciones de frecuencias observadas.

Ajuste a la función de distribución de probabilidad Log Normal

La función de distribución de probabilidad Log Normal está representada por la siguiente ecuación:

$$F(x) = \frac{1}{2\pi x(\beta)} \int_0^x e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - a}{\beta}\right)^2} dx$$

Los parámetros contenidos en la anterior expresión se definen así:

$$a = \sum_{i=1}^{n} \frac{\ln x_i}{n}$$

$$\beta = \left[\sum_{i=1}^{n} \frac{(\ln x_i - a)^2}{n} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Dónde:

χ: Representa el valor a asumir por la variable aleatoria

α, β: Parámetros de la función

e: Euler

Debido a la complejidad de la función de distribución, se estandarizó expresándose de la siguiente forma:

$$z = \frac{\ln x - a}{\beta}$$

Haciendo uso de las tablas de distribución de probabilidades de la normal estándar, se determina la frecuencia teórica para el valor de *z* correspondiente. Las siguientes tablas muestran los ajustes de la función de probabilidad Log Normal para la serie de caudales mínimos estimados en cada zona de estudio sobre el cauce del río Frío.
Al aplicar el test de bondad de ajuste y coeficiente de determinación a la distribución de probabilidad Log Normal, con un nivel de confianza del 95% y 9 datos, se tiene los resultados de la Tabla 95.

FDP AJUSTADA LOG NORMAL				
ZONA	**Dc**	**Dt**	**Ajuste K-S**	**R2**
0	0.144	0.43001	ACEPTA	0.899
1	0.140	0.43001	ACEPTA	0.918
2	0.140	0.43001	ACEPTA	0.918
3	0.140	0.43001	ACEPTA	0.918
4	0.073	0.43001	ACEPTA	0.953

Tabla 95. Resultados del Test de Bondad de Ajuste y Coeficiente de Determinación del Ajuste Log Normal para la serie de caudales mínimos estimados en cada zona de estudio
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

La función de distribución de probabilidad Log Normal, al igual que la de Gumbel, resulta aceptable para ser aplicada a la serie de caudales mínimos estimados en las zonas de estudio, sin embargo los valores de los coeficientes de determinación permiten definir que es más adecuado trabajar con la función de distribución de probabilidad de Gumbel en el caso de la Zona 0 ya que este toma un valor del 93.5%, mientras que para las zonas restantes Log Normal expresa una mejor correlación, tal como se puede observar en la Tabla 95.

Conforme a lo anterior se estimaron los caudales mínimos para diferentes periodos de retorno bajo la distribución de probabilidad de Gumbel (Zona 0) y Log Normal (Zona 1, 2, 3 y 4) a partir de las series de caudales mínimos

obtenidos de la aplicación del modelo agregado de tanques, en cada zona de estudio sobre el cauce del río Frío, lo cual se muestra en la Tabla 96.

ZONAS	ÁREA (Km^2)	CAUDALES DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO (m^3/sg)					
		2.33	5	10	25	50	100
0	45.53	0.367	0.337	0.321	0.305	0.296	0.289
1	1.42	0.007	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004
2	1.28	0.007	0.006	0.005	0.004	0.004	0.004
3	2.63	0.014	0.011	0.010	0.009	0.008	0.008
4	5.22	0.053	0.045	0.041	0.036	0.034	0.032
AREA TOTAL	56.08	0.448	0.406	0.382	0.360	0.347	0.336

Tabla 96. Caudales mínimos para diferentes periodos de retorno en cada zona de estudio sobre el cauce del. Rio Frio según la Función de Distribución de Probabilidad de Gumbel.

Fuente: FUNDISPROS, 2014.

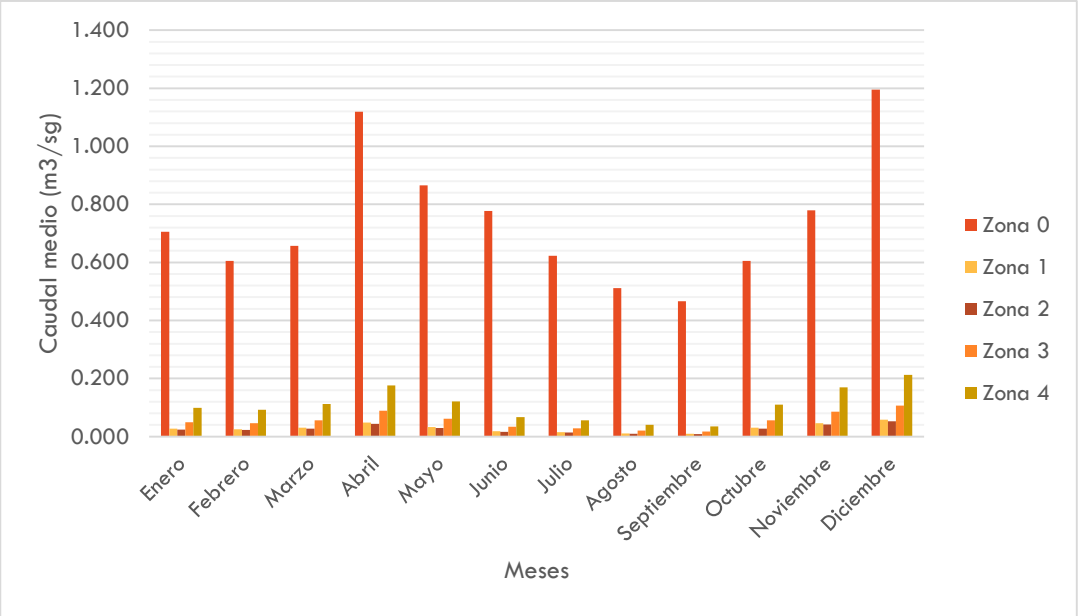
Análisis caudales medios

El modelo agregado de tanques como se mencionó anteriormente también es aplicado para la estimación de caudales medios. De este modo se obtuvieron las series de caudales medios para cada zona de estudio. La Tabla 97 muestra los caudales medios multianuales estimados.

MESES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Valor anual
ZONA	CAUDAL MEDIO (m^3/seg)												
0	0.705	0.606	0.657	1.119	0.866	0.777	0.622	0.512	0.466	0.605	0.780	1.196	0.743
1	0.027	0.025	0.030	0.048	0.033	0.018	0.015	0.011	0.009	0.030	0.046	0.058	0.029
2	0.024	0.023	0.027	0.043	0.030	0.017	0.014	0.010	0.008	0.027	0.041	0.052	0.026
3	0.050	0.046	0.056	0.089	0.061	0.034	0.028	0.020	0.017	0.056	0.085	0.107	0.054
4	0.099	0.092	0.112	0.176	0.121	0.067	0.055	0.040	0.034	0.110	0.169	0.213	0.107
Total	0.905	0.791	0.883	1.476	1.111	0.913	0.734	0.593	0.535	0.828	1.121	1.626	0.960

Tabla 97. Valores de caudales medios mensuales multianuales estimados para cada zona de estudio sobre la Río Frío.

Fuente: FUNDISPROS, 2014.



Gráfica 11. Valores de caudales medios mensuales multianuales estimados para cada zona de estudio sobre el cauce del Rio Frio.
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

Los caudales medios para todas las zonas de estudio presentan un comportamiento bimodal, con dos periodos de caudales medios máximos y dos de caudales medios mínimos, alcanzando los valores más altos para los meses de abril y diciembre; mientras los valores más bajos se dan en los meses de febrero, para el primer semestre del año, y agosto y septiembre para el segundo semestre.

2.4.5. Campaña De Aforos Puntuales

Con el fin de realizar un seguimiento al comportamiento del recurso hídrico enmarcado en el cauce del río Frío, se programó una campaña de aforos, la cual se realizó en los sitios puntuales de recargas del cauce principal, en algunos tributarios y usuarios. De esta forma, los aforos realizados se relacionan en la Tabla 98.

Sito De Aforo	localización		cauce aforado	caudal aforado (lps)		
	x (m)	y (m)		1 campañ	2 campañ	3 campañ
Rio Frio Antes Del Primer Tomo – Captación Por Mangueras	865873.7163	789033.4135	Rio Frio	964.18	488.71	526.16
Rio Frio Antes De La Bocatoma Del Acueducto Municipal De Campoalegre	865383.358	789507.5268	Rio Frio	809.07	671.41	590.86
Rio Frio Antes De La Descarga De Drenaje (Transporta A.R Piscícola)	862123.3491	789095.5236	Rio Frio	78.25	5.17	5.56

Rio Frio Después De La Descarga De Drenaje (Transporta A.R Piscícola)	862062.8885	789137.7676	Rio Frio	132.92	12.81	12.51
Quebrada El Vergel Antes De Desembocar A Rio Frio	861947.7526	789209.551	Qda El Vergel	10.02	18.47	
Rio Frio Después De La Descarga De La Quebrada El Vergel	861890.9718	789184.2892	Rio Frio	159.80		
Rio Frio Antes De La Descarga De La Quebrada Lavapatas	861206.8617	759284.4011	Rio Frio	107.36	33.58	27.01
Quebrada Lavapatas Antes De Desembocar A Rio Frio	861167.9752	789247.2353	Qda Lavapatas	23.59	21.62	14.29
Tomo El Viso - Después Del Canal De La Quebrada La Caraguaja (Rio Frio + Caraguaja)	860384.0862	790068.8188	Rio Frio	232.65	736.97	256.56
Al Canal De Transbase Quebrada Caraguaja A Rio Frio	860253.9594	789910.3132	Qda. Caraguaja		723.23	354.33
Rio Frio Antes De Transbase Qda. Caraguaja	860408.6338	789827.8794	Rio Frio	266.79		83.68
Qda Acropolis + A.R Ptar Campoalegre	860428.352	790570.6148	Qda. Acropolis	13.21		
Rio Frio Antes De La Desembocadura En Río Neiva	860384.0862	790068.8188	Rio Frio		150.17	509.56

Tabla 98. Resumen de los aforos realizados sobre el Río Frio, tributarios y usos del mismo.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.4.6. Estimación Del Caudal Ecológico

2.4.6.1. Reducción por caudal ecológico

El IDEAM, 2010 define el caudal ecológico como "*aquel caudal que mantiene el funcionamiento, composición y estructura del ecosistema fluvial que el cauce contiene en condiciones naturales*". El caudal ecológico debe ser considerado al momento de establecer la oferta hídrica neta de una fuente, esto con el fin que conservar el equilibrio ambiental aún en épocas de estiaje.

2.4.6.1.1 Metodología

Las metodologías para la estimación del caudal ecológico son variadas y van desde las que consideran pocos factores hasta análisis complejos. La resolución 0865 del 2004 establece las metodologías relacionadas a continuación:

- ***Hidrológicas:*** Está determinado por el comportamiento de los caudales en los sitios de interés, para ello es necesario contar con registros históricos de caudales.

- ***Hidráulicas:*** Prioriza la conservación del funcionamiento o dinámica del ecosistema fluvial a lo largo de la distribución longitudinal del rio.
- ***Simulación de los Hábitats****:* Evalúa el caudal necesario para el desarrollo de especies en cierto estado de desarrollo.
- ***Mínimo histórico:*** El Estudio Nacional del Agua (2000), propone como caudal mínimo ecológico el caudal promedio multianual de mínimo 5 a máximo 10 años, que permanezca el 97.5% del tiempo, a partir de curvas de duración de caudales medios diarios.
- ***Porcentaje de Descuento:*** Propuesto por el IDEAM, el cual establece como caudal mínimo ecológico el 25% del caudal medio mensual multianual más bajo del cauce en estudio.

La oferta hídrica para la época de verano ha sido establecida teniendo en cuenta los resultados del Modelo Agregado de Tanques, cuya periodicidad diaria permite la determinación del caudal medio para todos los meses del año y para el periodo simulado. De esta manera, la oferta hídrica total para cada zona en estudio será el caudal medio mensual multianual más bajo de los meses que corresponden a la época de estiaje, al cual se le aplicará el porcentaje de descuento propuesto por el IDEAM.

Por otro lado, los caudales simulados por el Modelo Agregado de Tanques en los meses que corresponden a la época de invierno en la Zona 0, son mayores al menor de los aforos realizados sobre la fuente antes de cualquier uso en la misma época. Por lo tanto, dicho aforo será considerado como la oferta hídrica de la zona en mención y a este se le aplicará el porcentaje de descuento para caudal ecológico propuesto por el IDEAM.

En la misma época y para las otras zonas de estudio, la oferta hídrica total se estableció a partir de los resultados del Modelo Agregado de Tanques, a los cuales se les aplicará el mismo porcentaje de descuento.

2.4.6.1.2. Cálculo

<u>Caudal ecológico de verano</u>

Caudal ecológico zona 0.

$$Q_{ecoZ0} = 466\ lps \times 25\%$$
$$Q_{ecoZ0} = 117\ lps$$

Caudal ecológico zona 1.

$$Q_{ecoZ1} = 9lps \times 25\%$$
$$Q_{ecoZ1} = 2.3lps$$

Caudal ecológico zona 2.

$$Q_{ecoZ2} = 8lps \times 25\%$$
$$Q_{ecoZ2} = 2\ lps$$

Caudal ecológico zona 3.

$$Q_{ecoZ3} = 17\ lps \times 25\%$$
$$Q_{ecoZ3} = 4.25\ lps$$

Caudal ecológico zona 4.

$$Q_{ecoZ4} = 34lps \times 25\%$$
$$Q_{ecoZ4} = 8.5\ lps$$

<u>Caudal ecológico de invierno</u>

Caudal ecológico zona 0.

$$Q_{ecoZ0} = 526\ lps \times 25\%$$
$$Q_{ecoZ0} = 131.5\ lps$$

Caudal ecológico zona 1.

$$Q_{ecoZ1} = 30lps \times 25\%$$
$$Q_{ecoZ1} = 7.5\ lps$$

Caudal ecológico zona 2.

$$Q_{ecoZ2} = 27lps \times 25\%$$
$$Q_{ecoZ2} = 6.75\ lps$$

Caudal ecológico zona 3.

$$Q_{ecoZ3} = 56lps \times 25\%$$
$$Q_{ecoZ3} = 14\ lps$$

Caudal ecológico zona 4.

$$Q_{ecoZ4} = 110lps \times 25\%$$
$$Q_{ecoZ4} = 27.5\ lps$$

2.4.6.2. Reducción por calidad de agua

Adicional, en la resolución 0865 del 2004 se establece que la oferta hídrica total debe reducirse por concepto de calidad de agua; dicha reducción varía entre el 0% para agua de buena calidad hasta el 25% para aguas contaminadas.
FUNDISPROS acogió como indicativo para reducir la oferta hídrica total, el Índice de Calidad de Agua (ICA) propuesto por la Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos y adaptado a fuentes tropicales por Rojas, 1991. El cálculo de dicho índice para cada zona en estudio se presenta en el capítulo de Calidad de Aguas.

2.4.7. Oferta Hídrica Neta O Caudal Base De Reparto

La oferta hídrica neta de un afluente hace referencia al caudal que realmente está disponible y que puede ser aprovechado para diferentes usos; dicho caudal se obtiene luego de reducir la oferta hídrica total por calidad de agua y por caudal ecológico.

2.4.7.1. Oferta hídrica total.

La oferta hídrica total hace referencia a la porción de agua que después de haberse precipitado sobre la cuenca y satisfecho las cuotas de

evapotranspiración e infiltración del suelo, escurre por las corrientes superficiales.

El ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en la resolución 0865 del 2004 establece que "Cuando existe información histórica confiable de los caudales con series extensas, el caudal medio anual del río es la oferta hídrica de esa cuenca". Sin embargo, el consultor con el fin de considerar una oferta hídrica próxima a la condición real de la fuente durante la totalidad del año, realizó diversas campañas de aforos en las zonas establecidas para el estudio hidrológico. A continuación se relaciona las diversas metodologías empleadas para la determinación de la oferta hídrica total.

2.4.7.1.1. Metodología Resolución 0865 del 2004

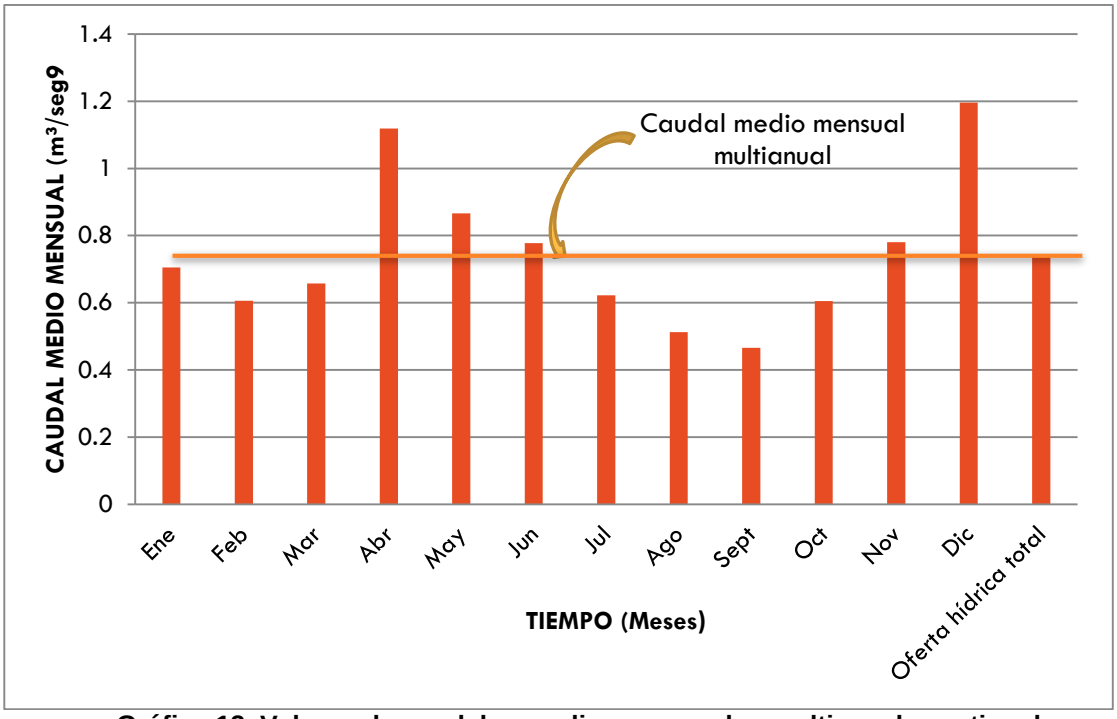
Como se relacionaba en el numeral anterior, el MAVDT, 2004 establece que "Cuando existe información histórica confiable de los caudales con series extensas, el caudal medio anual del río es la oferta hídrica de esa cuenca".

La metodología aplicada para la estimación de los caudales presentes en las diferentes zonas delimitadas en la cuenca hidrográfica del rio Frio, aunque hace referencia a un modelo lluvia escorrentía, sus resultados son datos de caudales diarios que permiten la aplicación de la metodología propuesta por el MAVDT. Así pues, si se consideran los valores relacionados en la siguiente tabla que hacen referencia a los caudales medios mensuales multianuales; la oferta hídrica para cada zona sería la presentada en la última columna.

MESES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Caudal medio anual (m^3/seg)
ZONA	**CAUDAL MEDIO (m^3/seg)**												
0	0.705	0.606	0.657	1.119	0.866	0.777	0.622	0.512	0.466	0.605	0.78	1.196	**0.743**
1	0.027	0.025	0.03	0.048	0.033	0.018	0.015	0.011	0.009	0.03	0.046	0.058	**0.029**
2	0.024	0.023	0.027	0.043	0.03	0.017	0.014	0.01	0.008	0.027	0.041	0.052	**0.026**
3	0.05	0.046	0.056	0.089	0.061	0.034	0.028	0.02	0.017	0.056	0.085	0.107	**0.054**
4	0.099	0.092	0.112	0.176	0.121	0.067	0.055	0.04	0.034	0.11	0.169	0.213	**0.107**
Caudal Total	**0.905**	**0.791**	**0.883**	**1.476**	**1.111**	**0.913**	**0.734**	**0.593**	**0.535**	**0.828**	**1.121**	**1.626**	**0.96**

Tabla 99. Valores de caudales medios mensuales multianuales estimados para cada zona de estudio sobre el Río Frío.
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

Según la tabla anterior y el concepto emitido por el MAVDT, 2004, la oferta hídrica total del rio Frío antes de cualquier uso es decir en la Zona 0, es de 0.713 m^3/seg. Ahora bien, si se compara dicho caudal con los caudales promedios mensuales, se puede observar que existen meses del año en los que los caudales medios son menores a la oferta, tal y como se evidencia en la Gráfica 12.

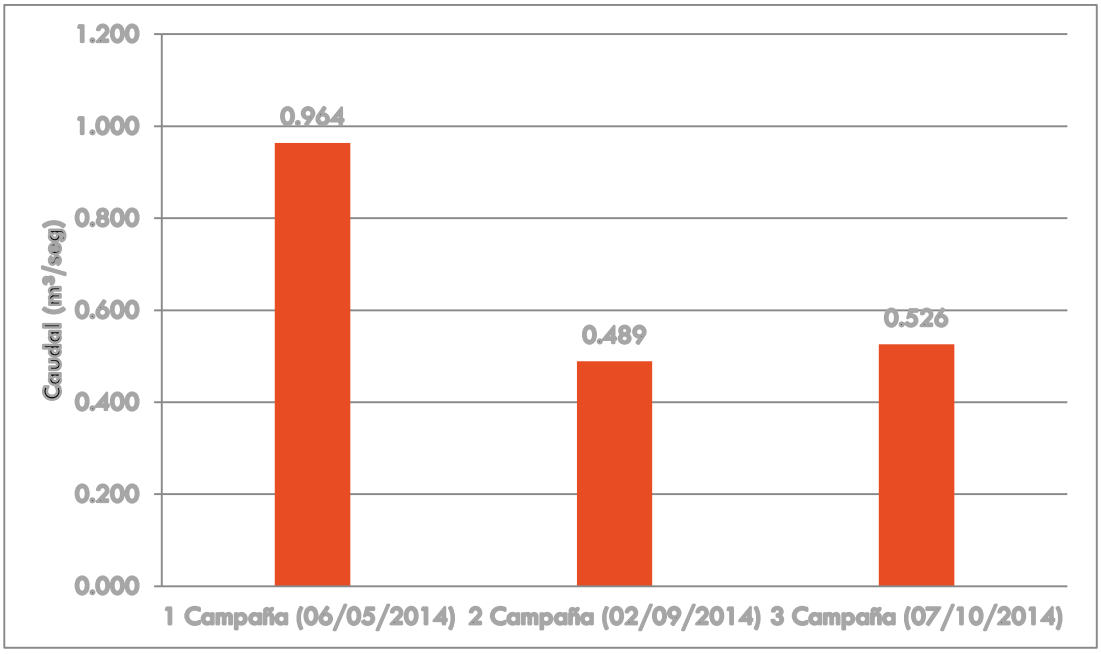


Gráfica 12. Valores de caudales medios mensuales multianuales estimados y oferta hídrica total zona 0 metodología MAVDT, 2004
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

En la gráfica anterior se observa que en 7 de los 12 meses del año (enero, febrero, marzo, julio, agosto, septiembre y octubre) los caudales medios mensuales multianuales estimados son menores que el caudal que se determina como oferta hídrica total, razón por la cual dicho caudal no será considerado en la cuantificación del caudal base de reparto.

2.4.7.1.2. Metodología aforos puntuales

En las zonas delimitadas en la cuenca hidrográfica del Río Frío se ejecutaron tres campañas de aforos que serán de utilidad en la definición de la oferta hídrica total del río. En la siguiente gráfica se relacionan únicamente los aforos realizados en la zona 0 (cero), es decir antes de cualquier uso. Los aforos aguas abajo no se consideraron por que no representan en realidad la oferta hídrica debido a las derivaciones de caudal que se tienen.



Gráfica 13. Campañas de aforos de tipo puntual realizadas en la zona 0 de la cuenca hidrográfica de Rio Frío
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

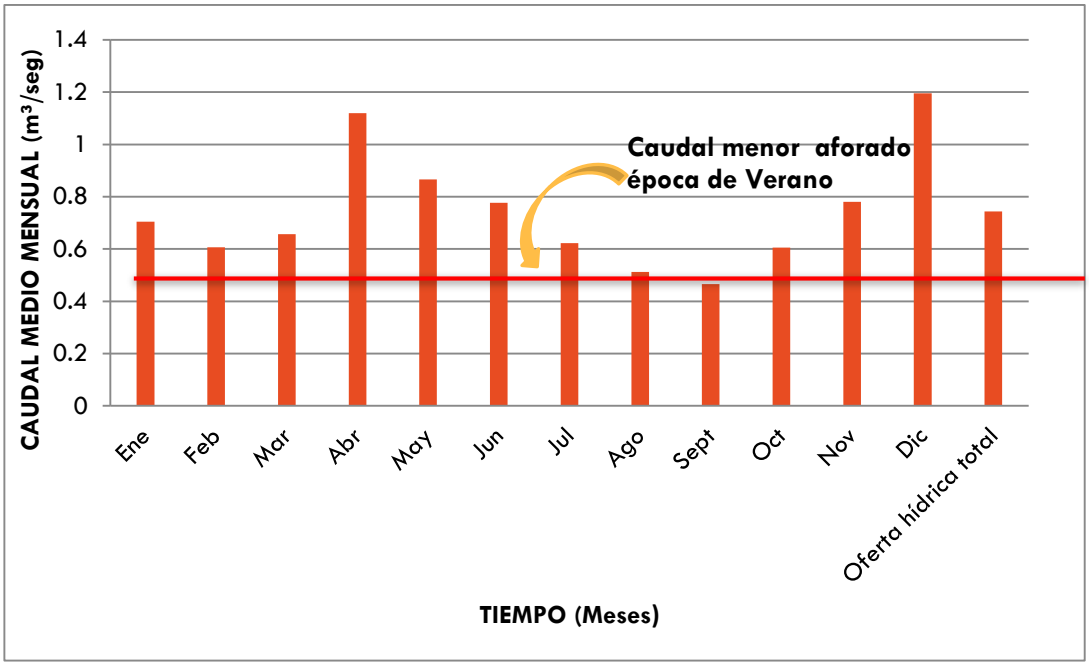
De los aforos líquidos puntuales se tiene que antes de cualquier usuario el menor caudal medido se presentó en la segunda campaña, es decir en el mes de septiembre. Al observar los valores de precipitación registrados por las estaciones Nuevo Paraíso y Hacienda Potosí, se puede evidenciar que el mes de septiembre hace referencia a un mes de baja pluviosidad por lo que dicho valor es coherente con la época de estiaje.

2.4.7.1.3. Determinación de la oferta hídrica total.

Para la determinación de la oferta hídrica total del Río Frío en la Zona 0, se realizan los siguientes análisis.

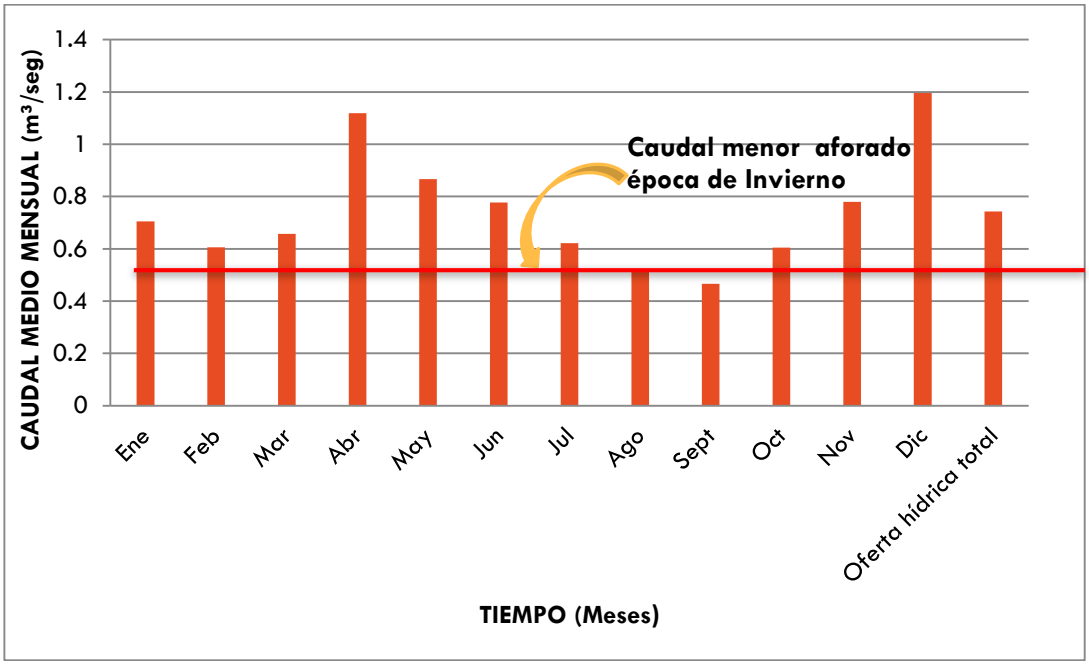
- La metodología propuesta por el MAVDT, no es considerada para la determinación de la oferta hídrica total del río Frío, debido a que como se mencionaba existen meses del año en los que el caudal medio mensual multianual es menor.

- De los aforos realizados antes de cualquier uso se tiene que el menor de la época de verano es de 0.489 m^3/seg que al ser comparado con los caudales medios mensuales multianuales, tan solo un mes registra un caudal más bajo que el aforado, tal y como se muestra en la Gráfica 14.



Gráfica 14. Caudales medios estimados comparados con el menor caudal aforado en época de verano en la zona 0 de la cuenca hidrográfica del rio Frio
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

- De los aforos realizados en las épocas de invierno antes de cualquier uso se tiene que el menor es de 0.526 m³/seg, el cual al ser comparado con los caudales medios mensuales multianuales que corresponden a dicha época se observa que estos últimos son mayores (Gráfica 15).



Gráfica 15. Caudales medios estimados comparados con el menor caudal aforado en época de invierno en la zona 0 de la cuenca hidrográfica del rio Frio
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

- Considerando lo anterior, para la época de verano se determina como oferta hídrica total el caudal medio mensual multianual más bajo, estimado mediante la aplicación del Modelo Agregado de Tanques. Dicho caudal es de 0.466 m^3/seg y se presenta en el mes de septiembre; este caudal es aún más bajo que el menor caudal aforado en dicha época.

- Por otro lado, para la época de invierno se estableció como oferta hídrica total el caudal menor aforado en dicha época y que corresponde a 0.526 m^3/seg, dado que de esta forma se garantiza la oferta en el río Frío.

La determinación de la oferta hídrica total del Río Frío en las Zonas 1, 2, 3 y 4, se realiza a partir de los resultados obtenidos en el Modelo Agregado de Tanques, estableciéndose esta como el menor caudal medio mensual multianual para la época de verano y la época de invierno.

De esta manera, para la época de verano los caudales establecidos como oferta hídrica son 9.0 lps, 8.0 lps, 17.0 lps y 34 lps para las zonas 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

De la misma manera, para la época de invierno los caudales establecidos como oferta hídrica son 30.0, 27.0, 56.0 y 110.0 lps, para las zonas 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

2.4.7.1.4. Determinación de la oferta hídrica neta.

La oferta hídrica neta o caudal base de reparto se determina luego de reducir la oferta hídrica total por caudal ecológico y calidad de agua. La reducción por caudal ecológico se consideró igual al 25% del caudal menor aforado en invierno para la Zona 0, y al 25% del caudal medio mensual multianual más bajo estimado para cada una de las otras zonas de estudio y para la época de verano y de invierno.

Por su parte, la reducción por calidad de agua ha sido establecida para cada zona a partir del Índice de Calidad de Agua (ICA) como se muestra en la Tabla 100. Así, para la zona 0 no se aplicará ningún tipo de reducción; para la zona 1, dicho porcentaje será del 5%; y para la zona 2, 3 y 4, del 10% para cada una.

ZONAS DE RÍO FRIO	SITIOS DE MUESTREO	ÍNDICE DE CALIDAD	% DE REDUCCIÓN
1	A01	74,97	5%
	A02	77,19	5%
2	A03	52,65	10%
	A04	62,20	10%
3	A05	69,35	10%
	A06	67,82	10%

ZONAS DE RÍO FRIO	SITIOS DE MUESTREO	ÍNDICE DE CALIDAD	% DE REDUCCIÓN
4	A07	56,52	10%
	A08	62,43	10%

Tabla 100. Porcentaje de reducción de caudal por calidad de agua en las zonas establecidas para Río Frío Campoalegre.
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

De acuerdo a lo anterior, la oferta hídrica neta para cada zona en época de verano será:

Oferta hídrica neta zona 0.

$$Ohn = 466\ lps - 116.5\ lps$$
$$Ohn = 349.5\ lps$$

Oferta hídrica neta zona 1.

$$Ohn = 9\ lps - 2.25\ lps - 0.45\ lps$$
$$Ohn = 6.3\ lps$$

Oferta hídrica neta zona 2.

$$Ohn = 8\ lps - 2.0\ lps - 0.8\ lps$$
$$Ohn = 5.2\ lps$$

Oferta hídrica neta zona 3.

$$Ohn = 17\ lps - 4.25\ lps - 1.7\ lps$$
$$Ohn = 11.05\ lps$$

Oferta hídrica neta zona 4.

$$Ohn = 34\ lps - 8.5\ lps - 3.4$$
$$Ohn = 22.1\ lps$$

De la misma manera, la oferta hídrica neta para cada zona en época de invierno será:

***Oferta hídrica neta* zona 0.**

$$Q_{ecoZ0} = 526\ lps - 131.5$$
$$Q_{ecoZ0} = 394.5\ lps$$

***Oferta hídrica neta* zona 1.**

$$Q_{ecoZ1} = 30lps - 7.5 - 1.5$$
$$Q_{ecoZ1} = 21.0\ lps$$

Oferta hídrica neta zona 2.

$$Q_{ecoZ2} = 27lps - 6.75 - 2.7$$
$$Q_{ecoZ2} = 17.55\ lps$$

Oferta hídrica neta zona 3.

$$Q_{ecoZ3} = 56\ lps - 14.0 - 5.6$$
$$Q_{ecoZ3} = 36.4\ lps$$

Oferta hídrica neta zona 4.

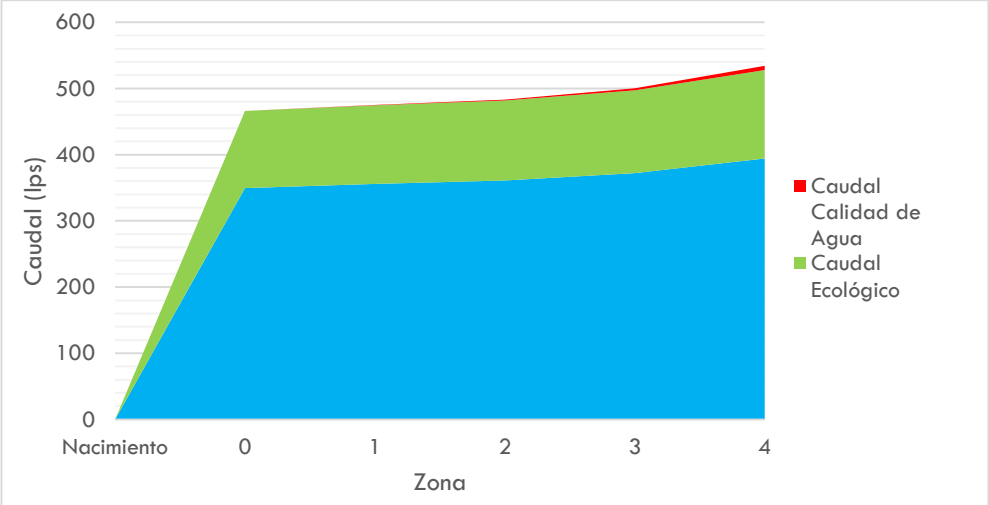
$$Q_{ecoZ4} = 110lps - 27.5 - 11.0$$
$$Q_{ecoZ4} = 71.5\ lps$$

La oferta hídrica neta para cada zona de estudio y las épocas de verano e invierno se relacionan a continuación:

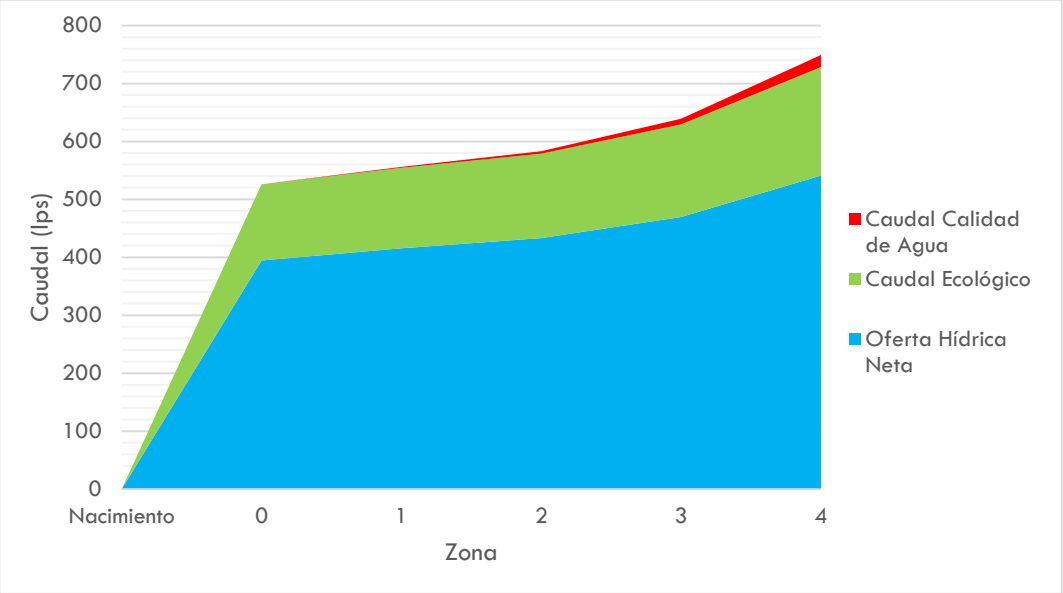
ÉPOCA		ZONA				
		0	1	2	3	4
VERANO	Oferta Hídrica Total (lps)	466.0	9.0	8.0	17.0	34.0
	Caudal Ecológico (lps)	116.5	2.3	2.0	4.3	8.5
	Caudal Calidad de Agua (lps)	0.0	0.5	0.8	1.7	3.4
	Oferta Hídrica Neta (lps)	349.5	6.3	5.2	11.1	22.1
INVIERNO	Oferta Hídrica Total (lps)	526.0	30.0	27.0	56.0	110.0
	Caudal Ecológico (lps)	131.5	7.5	6.8	14.0	27.5
	Caudal Calidad de Agua (lps)	0.0	1.5	2.7	5.6	11.0
	Oferta Hídrica Neta (lps)	394.5	21.0	17.6	36.4	71.5

Tabla 101. Oferta hídrica total y neta para cada zona de estudio en el río Frío.
FUENTE: FUNDISPROS, 2014

Es importante aclarar que la oferta hídrica neta en cada zona hace referencia al rendimiento hídrico de cada una de ellas y no considera el caudal generado en la zona anterior ni los usos o beneficios derivados de la misma.



Gráfica 16. Oferta hídrica neta (caudal base de reparto), caudal ecológico y caudal de calidad de agua para cada zona de estudio de la cuenca hidrográfica del río Frío en época de verano.
Fuente: FUNDISPROS, 2014.



Gráfica 17. Oferta hídrica neta (caudal base de reparto), caudal ecológico y caudal de calidad de agua para cada zona de estudio de la cuenca hidrográfica del río Frío en época de invierno.
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

2.4.8. Cálculo Del Índice De Escasez

Según la resolución 0865 del 2004 el índice de escasez "*representa la demanda de agua que ejercen en su conjunto las actividades económicas y sociales para su uso y aprovechamiento frente a la oferta hídrica neta*". En el 2010 el IDEAM en el Estudio Nacional de Agua definió este índice como Índice de Uso del Agua (IUA).

2.4.8.1. Metodología

Su cálculo se lleva a cabo por medio de la siguiente expresión:

$$Ie = \frac{Dh}{Oh} \times FR \times 100$$

Donde:

Ie: Índice de escasez en porcentaje
Dh: Demanda hídrica en metros cúbicos (m^3).
Oh: Oferta hídrica superficial neta en metros cúbicos (m^3).
Fr: Factor de reducción por calidad de agua y el caudal ecológico
100: Para expresarlo en porcentaje

- ***Demanda hídrica:*** La demanda hídrica de una fuente está dada por los usos que le dan a la misma por parte de los diferentes sectores socioeconómicos como son:

- Uso doméstico
- Uso industrial
- Sector servicios
- Sector agrícola
- Uso pecuario

En la Resolución 0865 del 2004 así como en el Estudio Nacional del Agua elaborado en el 2010 por el IDEAM, se proponen diversas metodologías para el cálculo de demandas hídricas de una fuente determinada, la aplicación de estas metodologías depende del escenario presente y de la información disponible. En el caso del río Frío se aplicará la metodología cuando existe información media, esta se describe a continuación.

Escenario cuando existe información media

Esta metodología establece que la demanda hídrica está representada por el volumen de agua utilizado por las actividades socioeconómicas en un espacio y tiempo determinado y corresponde a la sumatoria de las demandas sectoriales. Para ellos se plantea la siguiente expresión.

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

Donde:

DT: Demanda Total de Agua
DUD: Demanda de Agua para Uso Doméstico
DUI: Demanda de Agua para Uso Industrial
DUS: Demanda de Agua para el Sector Servicios
DUA: Demanda de Agua para Uso Agrícola
DUP: Demanda de Agua para Uso Pecuario

Según la resolución 0865 del 2004, el índice de escasez se agrupa en cinco categorías, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Categoría	Rango	Color	Explicación
Alto	>50%	Rojo	Demanda alta
Medio alto	21-50%	Naranja	Demanda apreciable
Medio	11-20%	Amarillo	Demanda baja
Mínimo	1-10%	Verde	Demanda muy baja
No significativo	<1%	Azul	Demanda no significativa

Tabla 102. Categorías para el índice de escasez
Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004

2.4.8.2. Cálculo

Oferta hídrica total: La oferta hídrica se determinó para cada zona en el numeral 1.6.7.1. En la siguiente tabla se relaciona nuevamente los resultados.

ZONA	OFERTA HÍDRICA NETA VERANO (lps)	OFERTA HÍDRICA NETA INVIERNO (lps)
0	349.5	394.5
1	6.3	21.0
2	5.2	17.6
3	11.1	36.4
4	22.1	71.5

Tabla 103. Oferta hídrica total determinada para cada zona de estudio de la cuenca hidrográfica del río Frío
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

Demanda hídrica:

De acuerdo a lo establecido en el Capítulo 1.5. Climatología y Requerimientos Hídricos, en el que se calcularon las demandas de agua para el sector agrícola, pecuario y doméstico, se tiene que el 99.3% de los usos se localizan en la Zona 1 de la cuenca hidrográfica del río Frío, y solo un uso se encuentra en la Zona 4. La demanda hídrica de los diferentes sectores y zonas se relacionan en la Tabla 104.

SECTOR	DEMANDA HÍDRICA VERANO (m^3/sg)		DEMANDA HÍDRICA INVIERNO (m^3/sg)	
	ZONA 1	ZONA 4	ZONA 1	ZONA 4
DOMÉSTICO	0.111	0.000	0.111	0.000
AGRÍCOLA	0.174	0.021	0.205	0.032
PECUARIO	0.0001	0.000	0.0001	0.000
PISCÍCOLA	0.006	0.000	0.012	0.000
INDUSTRIAL	0.001	0.000	0.001	0.000
RECREACIONAL	0.001	0.000	0.001	0.000
TOTAL	**0.293**	**0.021**	**0.330**	**0.032**

Tabla 104. Demanda hídrica para la cuenca hidrográfica del río Frío
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

De esta forma, se tiene que el sector doméstico tiene una demanda de 0.111 m^3/sg, el sector agrícola 0.174 m^3/sg, el sector pecuario 0.0001 m^3/sg, el sector piscícola 0.006 m^3/sg, el sector industrial 0.001 m^3/sg al igual que el uso recreacional, para una demanda total para la época de verano en la Zona 1 de 0.293 m^3/sg.

De la misma manera, el sector doméstico tiene una demanda de 0.111 m^3/sg, el sector agrícola 0.205 m^3/sg, el sector pecuario 0.0001 m^3/sg, el sector piscícola 0.012 m^3/sg, el sector industrial 0.001 m^3/sg y el uso recreacional 0.001 m^3/sg, para una demanda total para la época de invierno en la Zona 1 de 0.330 m^3/sg. Por otro lado, en la Zona 4 solamente se presenta demanda por el uso agrícola, el cual en verano corresponde a 0.021 m^3/sg y en invierno a 0.032 m^3/sg.

De acuerdo a lo anterior y a lo dispuesto para su cálculo, el Índice de Escasez será determinado teniendo en cuenta la Oferta Hídrica Total de la Zona anterior a la que presenta la demanda hídrica. Así, para la demanda de la Zona 1 se dispondrá de la oferta hídrica total de la Zona 0, y para la demanda de la Zona 4 se dispondrá de la oferta hídrica total de las zonas 1, 2 y 3.

ÉPOCA		ZONA 1	ZONA 4
VERANO	Demanda Hídrica (m3/sg)	0.293	0.021
	Oferta Hídrica (m3/sg)	0.466	0.034
	Factor de Reducción	0.25	0.35
	Índice de Escasez	62.9	61.8
INVIERNO	Demanda Hídrica (m3/sg)	0.330	0.032
	Oferta Hídrica (m3/sg)	0.526	0.113
	Factor de Reducción	0.25	0.35
	Índice de Escasez	62.7	28.3

Tabla 105. Índice de Escasez para la cuenca hidrográfica del río Frío
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

De acuerdo a lo presentado en la Tabla 105, se tiene que el Índice de Escasez de la Zona 1 se encuentra dentro de la categoría Alta, al ser la demanda mayor al 50% de la oferta hídrica.

De la misma manera, el Índice de Escasez de la Zona 4 en época de verano se encuentra dentro de la categoría Alta; sin embargo, en la época de invierno esta es Media Alta, ya que la demanda corresponde al 28.3% de la oferta hídrica.

2.5. AGROLOGIA (Comprobación de Suelos)

OBJETIVOS

- Tomar 6 muestras de suelo en diferentes sitios del área en donde se realizará el proyecto, debidamente identificados con GPS, para realizar la respectiva comprobación de unidades de suelos existentes.

- Realizar 6 pruebas de infiltración en diferentes sitios del área en donde se desarrollará el proyecto, debidamente identificados con GPS, los sitios con los resultados de los análisis respectivos e interpretación de estos.

Descripción del área de estudio

El área de la zona de estudio, perteneciente a la cuenca hidrográfica del Rio Frio y se encuentra ubicada en el municipio de Campoalegre-Huila, en las estribaciones de la cordillera oriental, a los 2°39´48.7”N y 75°12´33.4”W .La fuente principal nace a una altura de 2675 m.s.n.m. y desemboca en el rio Neiva a los 2°43´2.8”N y 75°20´11.4”W a una altura de 500 m.s.n.m.

El Municipio de Campoalegre está ubicado en el centro del Departamento del Huila, a 22 Km de la ciudad de Neiva, limita al norte con el municipio de Rivera, al sur con los municipios de El Hobo y Algeciras, al oriente con el municipio de Algeciras y al occidente con los municipios de Yaguará y Palermo.

Geología

Litología. Campoalegre se encuentra en el sector sur Valle Superior del Magdalena, en la subcuenca de Neiva. Esta subcuenca tectónica ha sido rellenada por sedimentos Mesozoicos y Cenozoicos, los cuales yacen sobre un basamento ígneo-metamórfico, como parte del macizo de Garzón (precámbrico). Y de la unidad de Intrusivos Jurásicos.

Las rocas metamórficas de alto grado e ígneas del Macizo de Garzón e Intrusivos Jurásicos, presentan relieves escarpados, drenajes subdendríticos con control estructural, densidad de zonas de escurrimiento alta y baja permeabilidad del terreno. Son rocas duras de alta estabilidad geotécnica y baja importancia hidrogeológica.

Se aprecian también depósitos cuaternarios que conforman relieves tabulares (depósitos fluviales y fluvio-lacustre), cóncavos (depósitos lacustres) y ondulados (depósitos de ladera). El material varía de areniscas y conglomerados a limos y arcillas, no litificados, susceptibles a la erosión, socavación y deslizamientos, dependiendo de las condiciones morfológicas, litológicas y de los agentes erosivos actuantes.

Geología estructural. La zona del municipio de Campoalegre corresponde a una depresión tectónica activa, limitada por fallas inversas a ambos lados de las cordilleras oriental y central. Las fallas que limitan la depresión son inversas; los pliegues y fallas presentan una tendencia longitudinal de dirección NNE-SSW a NESW. La principal falla es la de Algeciras (falla rumbo deslizante lateral derecho de dirección N40o 50º E) que presentan evidencias neotectónicas y alto fracturamiento asociado, ocasionando fenómenos de inestabilidad geotécnica.

Geología económica. La geología de área presenta depósitos aluviales construidos por el río Magdalena y sus afluentes de la cordillera oriental, la cual está constituida principalmente por rocas ígneas intrusivas. En cuanto a la geología del depósito cuenta con suelos areno-arcillosos desarrollados sobre aluviones recientes del río Neiva y demás quebradas tributarias. El afloramiento es de varias hectáreas de extensión, con topografía tan plana que el nivel de agua freática no permite ahondar más de un metro de excavación del depósito.

En las Veredas Llano Norte, El Viso, y La Vuelta, se localizan terrazas deposicionales que corresponden a materiales arenosos y limosos con niveles de gravas y gravillas en una matriz arenosa, que forman niveles de materiales gruesos de profundidad. Dicho material es utilizado en el área de la construcción (arena, balastro y piedra), por sus buenas características, lo que los hacen atractivos no solo para Campoalegre sino para los municipios aledaños (Rivera, Hobo, Neiva entre otros).

La extracción de éste material se efectúa sin ningún control, pues las volquetas y retroexcavadoras entran a lecho del río, despoblando la poca vegetación que está establecida y dejando depresiones que originan en algunos casos el cambio del curso del río, causando daños en las parcelas a los moradores de la región.

Sistema Orográfico. Su espina dorsal corresponde a la Serranía denominada Loma de Los Perros, sistema orográfico paralelo a la cresta principal de la cordillera Oriental y que conforman el límite occidental del valle de Algeciras sirviendo de división de aguas entre este municipio y el de Campoalegre.

Esta Serranía se inicia en el nudo orográfico de Siberia desde el cerro denominado Cresta de Gallo a los 3250 m.s.n.m., accidente geográfico compartido con Algeciras y Rivera, tomando desde allí dirección sur oriental, pasando por los altos de El Roble 2800 m.s.n.m., la Ceja o Cascajosa a 1550 m.s.n.m., y terminando en el cerro de la Ensillada a 1250 m.s.n.m., pasando por la depresión donde se encajona el río Neiva antes de salir al Llano Grande.

En la margen izquierda del Río Neiva la Serranía de los Perros vuelve a elevarse hasta el cerro de Vilaco a 1700 m.s.n.m., de donde se desprende el cerro de Mamarón a 1200 m.s.n.m. y entra hacer parte de los municipios del Hobo y Algeciras hasta terminar en el cerro de Miraflores a la altura del municipio de Gigante, origen del río Blanco principal afluente del río Neiva.

A partir de la Serranía de los Perros se desprenden otras ramificaciones que conforman las hoyas hidrográficas de las quebradas Rivera, Río Frío, la Caraguaja y Otás. Como un sistema orográfico totalmente independiente y de constitución geológica diferente se encuentra la serranía de Seboruco, que conforma la división de aguas entre el río Magdalena y la quebrada la Ciénaga, que corre paralela al Río Neiva donde finalmente vierte sus aguas cerca de la desembocadura de éste en el Magdalena.

La serranía de Seboruco sirve en su flanco occidental de muro de contención natural al embalse de la represa de Betania, presentando pendientes muy fuertes de rocas sedimentarias y se inicia a la altura de la población del Hobo, terminando en la desembocadura del Río Neiva en el río Magdalena. La altura máxima es el Cerro de Seboruco a 680 m.s.n.m.

En el municipio de Campoalegre se identifican dos grandes paisajes, que van directamente relacionado con el clima.

Abanicos Aluviales Coalescentes poco disectados (Fpa): Sobre el flanco occidental de la cordillera oriental, ocupando la zona de piedemonte se presentan extensas y continuas superficies de relieve plano, moderadamente inclinadas, pertenecientes a una serie de abanicos coalescentes con ápices apuntando hacia la cordillera y alimentados por descargas de materiales transportados y acumulados sobre el piedemonte. Este relieve es plano o ligeramente ondulado, en la zona que bordea el río Magdalena, río Neiva, río Frío, quebrada Sardinata, y quebrada La Ciénaga; destacándose la presencia de depósitos de terrazas de origen coluvio-aluviales conformado por tres niveles: Reciente, subreciente y antiguos.

Esta zona comprende las veredas: parte baja de Vilaco Bajo y Vega de oriente, Horizonte, Río Neiva Bajo, Río Neiva, La Esperanza, Llano Sur, La Vuelta, El Viso, Llano Norte, El Rincón, La Sardinata, Piravante Bajo, Bejucal Bajo, Palmar Bajo, parte baja de San Isidro y Otas; donde se cultiva principalmente arroz, con presencia de clima cálido seco y muy seco (CSa, CSb).

Montañas denudacionales sobre el Macizo de Garzón (Dmg): Esta unidad de carácter morfoestructural denudativo está localizada sobre la parte más oriental del departamento del Huila, y se extiende desde el sur, en los límites con el departamento del Caquetá, hasta el sector norte en los límites con el departamento de Cundinamarca. Presenta un relieve montañoso, fuertemente fallado y escarpado, formando cimas y crestas alargadas, con laderas disectadas y entalladas por drenajes menores. El macizo está constituido por rocas metamórficas que varían en composición desde anfíbolitas, granulitas, cuarcitas entre otras, que hacen que varíe de un sitio a otro. A esta zona corresponde la mayoría de las veredas de Campoalegre como son: Alto Bejucal, El Peñón, Los Planes, Alto la Villa Hermosa, Pavas, Guamal-Buenos aires, Esmero, El Roble, Piravante Alto, Palmar Alto, San Isidro parte alta, Chía, Guayabo, Buenavista, parte alta de Otas, Vilaco Alto, Vilaco Bajo.

Es aquí donde se produce la mayor diversidad de productos agrícolas para el municipio, la ciudad de Neiva y el centro del país; como el café, cacao, tomate, maracuyá, guanábana, cítricos, fríjol, papaya entre otros. A esta unidad geomorfológica, corresponde los climas cálido y húmedo (CH), clima medio y húmedo (MH), clima frío y muy frio pluvial (MFH), donde representa para el municipio la mayor diversidad de productos agrícolas y pecuarios.

Geomorfología

La geomorfología es el análisis de los paisajes de una zona determinada y los factores que los producen, en el cual se indican las unidades genéticas del relieve que coinciden con el conjunto de geoformas, los elementos litológicos y los procesos activos y fósiles; estos elementos deben ser analizados con los mapas de pendientes, procesos erosivos dominantes.

Se utilizan tres parámetros para el análisis como son la morfometría, morfología y la morfodinámica. La morfometría se refiere al relieve y la pendiente; la morfología estudia la interacción de fenómenos climáticos, geológicos, hidrológicos y antrópicos y la morfodinámica se refiere a los procesos erosivos y de remoción en masa que actúan sobre la superficie. La importancia en definitiva recae sobre los grupos de geoformas y las principales unidades del relieve, por medio de las cuales se clasifican las formas según su origen: De origen estructural, denudativo, fluvial, glacial, periglacial, entre otros.

Según el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Alta del Río Magdalena POMAM - Volumen I Tomo B Geomorfología y Suelos. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM, 1997, en el área de estudio se encuentran presentes 4 unidades geomorfológicas; Una correspondiente al paisaje de Lomerío Estructural, otra a Piedemonte, y dos correspondiente a Valle.

Paisaje de lomerío estructural

Este paisaje acompaña las montañas estructurales-denudacionales que acaban de presentarse y conforman con ellas la mayor parte del relieve de la Fosa Tectónica del Magdalena.

El relieve es quebrado y fuertemente ondulado, de laderas cortas e irregulares se encuentra a altitudes menores de 1.000 m.s.n.m
El clima es seco, caracterizado por lluvias fuertes y de corta duración. La vegetación xerofítica está acorde con las condiciones climáticas.

Los caños y riachuelos autóctonos de este paisaje son frecuentemente de escurrimiento esporádico, estacional y es común encontrar sus cauces colmatados de sedimentos arenosos, en la época de verano.

De acuerdo a las variaciones litológicas y a las clases de dinámica y procesos erosivos que se encuentran, este paisaje se encontró la unidad LE.

Paisaje de piedemonte

Corresponde este paisaje al modelado de los abanicos, conos y glacís (explanadas) que se encuentran distribuidos en toda la región de estudio, a lo largo y al pie de las montañas, lomeríos y demás relieves, formando planos inclinados de algunos centenares de metros y hasta de varios kilómetros, tanto de largo como de ancho.

La pendiente es suave en la mayoría de los casos. Pequeños abanicos no cartografiables a la escala de esta publicación se observan por todas partes, algunos corresponden a conos de derrubios, otros a glacis o explanadas que no son otra cosa que planos inclinados que forman la transición entre las montañas y lomeríos y los vallecitos coluvio aluviales que forman la red de drenaje en toda la región de estudio.

Los abanicos y conos más extensivos, arriba citados, se encuentran a altitudes menores de 1.000 m.s.n.m; también existen abanicos importantes, aunque no tan extensos a mayores altitudes.

A excepción de los glacis (o explanadas) que generalmente corresponden a superficies de erosión inclinadas por efecto del buzamiento suave de estratos rocosos, los abanicos están constituidos por varios metros de depósitos aluviales, coluvio aluviales o diluviales, de diversa granulometría, naturaleza litológica y edad.

La posición relativa que ocupan estas formas, su grado de disección y de alteración de los materiales, son entre otros, los criterios que se tienen en cuenta para establecer su edad relativa. Es así como se han cartografiado, en el sur del Huila, abanicos, conos y glacís (explanadas), disectados y no disectados, del Cuaternario Reciente, Medio y Antiguo, los cuales conforman dos unidades geomorfológicas, identificadas con los símbolos PB y PC, que se encuentran a continuación:

Unidad Geomorfológica "PB"

Características Morfológicas. Los fragmentos de roca están bastante meteorizados y el material matriz es de texturas moderadamente finas; los suelos son generalmente, de complejo de cambio desaturado, ácidos y presentan horizontes B arcillosos y de colores rojizos.

Dinámica Actual y Procesos de Erosión. La superficie de estas formas está afectada por surcos y algunas cárcavas formadas por la concentración de las aguas de escorrentía. La erosión laminar es ligera y los suelos moderadamente profundos. En algunos sectores se observan afloramientos de bloques rocosos, descubiertos por efecto de la denudación del suelo superficial.

Paisaje de Valle

Corresponde al conjunto de vegas, terrazas y depresiones originadas por la acumulación de sedimentos de origen aluvial, coluvial y lacustre. Los valles de los ríos principales y sus tributarios son de escasa anchura debido a que se trata de la cuenca superior del Magdalena, a pocos kilómetros de su nacimiento en donde su curso tiene lugar en terrenos montañosos y en esta circunstancia la dinámica de las aguas es de incisión más bien que de acumulación de sedimentos. En la parte más septentrional del estudio los valles más importantes sólo alcanzan 4 a 5 kilómetros de amplitud.

Se han cartografiado una unidad geomorfológica atendiendo a la posición relativa de las terrazas y a su origen aluvial o fluvio lacustre. Se ha identificado con el símbolo VA, el cual se describe a continuación.
Unidad Geomorfológica "VA"

Descripción Morfológica. Está formada por las vegas y las terrazas bajas, holocénicas y actuales, de los ríos principales. Están constituidas por aluviones y coluvios de texturas gruesas, arenosas y pedregosas.

Dinámica Actual y Procesos de Erosión. La parte más baja de los valles está sujeta a fenómenos de inundación y de incisión del cauce por la fuerza de corte y arrastre de partículas en suspensión, de las aguas corrientes.

2.5.1. Clasificación. Identificación de Suelos de la Zona de Parcelación y ubicación de calicatas

2.5.1.1. Identificación unidades cartográficas de suelos de la zona.

Para realizar la identificación de las unidades cartográficas de suelos para el proyecto de reglamentación y ordenamiento de cuenca de Rio Frio en el Municipio de Campoalegre-Huila, se utilizó el Estudio General de Suelos del Departamento del Huila (IGAC), El mapa de suelos del Dpto. del Huila (IGAC) y la metodología de levantamiento de suelos del IGAC. Una vez definida el área y el objetivo del estudio se procede a la adquisición de material entre los cuales se destaca cartografía disponible, mapas de apoyo con la ubicación de los usuarios y mapas con el área de influencia del proyecto. Basados en la información se monta esta misma área en la cartografía y Mapa de suelos del IGAC, con la ayuda de AutoCAD 2013, se ubican las unidades cartográficas de suelo existentes en el área del proyecto, se mide el área de cada unidad cartográfica y su porcentaje sobre el área total.

2.5.1.2. Identificación y marcación de calicatas en plano de serie de suelos.

Una vez delimitado e identificado las áreas de las unidades cartográficas presentes bajo el área que será objeto de estudio se procede a identificar las zonas de muestreo, con programas de modelos digitales (software Argis, Google

Earth y AutoCAD planos con curvas de nivel) se observan las formas de la tierra que permiten deducir y estudiar los cambios que dieron origen a las formas y la naturaleza de los materiales que forman las distintas clases de suelo, marcando los sitios de identificación y de comprobación para la selección de los perfiles modales que representan los suelos característicos del área de influencia del proyecto.

Después de esta etapa de identificación y marcación, se procedió con el trabajo en campo, llevando a cabo la descripción completa de perfiles u observación de caracterización.

Según el libro Metodología para levantamientos edafológicos del IGAC para realizar un levantamiento general o de reconocimiento (4° orden), la densidad promedio de observaciones para las áreas de muestreo es de una observación detallada por cada cambio en el paisaje o en el subpaisaje, o por cada cambio notable en la pendiente, en el resto del área se hacen las observaciones detalladas y de identificación necesarias para la caracterización de nuevos suelos y para validar los resultados de las áreas de muestreo. Teniendo en cuenta se realizaron el siguiente número de actividades.

2.5.1.3. Realización física de calicatas en campo.

Ubicados los puntos de muestreo sobre el área estimada del proyecto en el plano, se procede a realizar la ubicación en campo con la ayuda de un GPS. Ubicado el punto se verifica que el muestreo se realizará en un predio perteneciente a un usuario.

N°	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (MSNM)
1	862104	791229	608
2	860616	792028	508
3	861879	794444	525
4	863384	787994	554
5	864889	789131	685
6	863609	789513	660

Tabla 106. Coordenadas de ubicación de los puntos de muestreo de suelo, Reglamentacion y ordenamiento de la corriente Rio Frio. Mpio Campoalegre-Huila
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Si el propietario autoriza el trabajo, se procede a marcar la calicata de 1m de ancho x 1m de largo x 1,2 m de profundidad, de lo contrario si el usuario no autoriza la calicata en su predio, o se ve afectado el cultivo establecido por la construcción de la misma, se reubica el punto en otro predio cercano perteneciente a la misma unidad cartográfica de suelo.

Figura 17. Elaboración de las calicatas
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.5.2. Estudio Y Descripción De Perfiles

2.5.2.1. Visita a campo descripción de perfiles en las calicatas

El perfil del suelo es un corte vertical del terreno, que permite estudiar el suelo en su conjunto desde la superficie hasta una profundidad de 1,2 m. Al observar un perfil se pueden distinguir capas que se denominan horizontes, ya que su disposición suele ser horizontal. Cada horizonte presenta características y propiedades más o menos diferentes, de ahí que sea muy importante su identificación para estudiarlos, describirlos y muestrearlos separadamente. Se les asigna una letra en función de sus características para diferenciarlos entre sí dentro del perfil.

- **Horizonte de Diagnostico**

Es el conjunto de horizontes edáficos que presentan características similares y que son indicativas de determinadas clases de suelos. Los horizontes que identificamos en un perfil tienen algunas características diferentes, de ahí que los separemos al estudiar el suelo, pero puede ocurrir que reúnan características comunes a la hora de clasificarlo.

Es común la presencia de varios horizontes A, B o C. Para fines de taxonomía, estos se unen para establecer los horizontes diagnósticos y a la hora de clasificar el suelo actúan como uno sólo. Se distinguen dentro de los horizontes de diagnóstico los epipedones, horizontes diagnóstico superficiales, y endopedones, horizontes diagnóstico subsuperficiales. El número de horizontes diagnóstico varía en función de la taxonomía elegida para clasificar los suelos.

Para hacer la descripción del perfil del suelo y la determinación de la textura a nivel de campo, se sigue el siguiente procedimiento:

Se hace un reconocimiento general de la zona de estudio, haciendo la separación de los diferentes relieves o cambios topográficos (Fotointerpretación) y se ubican las diferentes zonas para hacer los cateos.

Se escoge en cada zona un sitio representativo para realizar los diferentes cateos de acuerdo a las unidades de mapeo. Estas calicatas tienen una dimensión aproximada de 1.0 x 1.0 x 1.2 m

En la calicata se encuentra expuesto el perfil completo del suelo hasta la profundidad de 1.20 m, cuyo objeto es hacer la descripción completa y detallada del suelo y muestrearlo para establecer todas sus propiedades físico-químicas y características modales con la intención de Caracterizar la población de suelos, Definir sus limitantes de uso, establecer su uso y manejo más racional.

Para la Descripción del perfil se llena un formato, propio para cada zona de estudio, Se hace una descripción del paisaje que rodea el perfil, relieve macro, pendiente, susceptibilidad a erosión, vegetación natural, clima edáfico, nivel freático, drenaje externo, drenaje natural, material parental, aptitud de riego, inundabilidad. Después de la descripción fisiográfica, se procede a separar los horizontes del suelo de acuerdo a su color y características diferenciables observadas en campo, se describen las principales características del perfil, como profundidad efectiva, clase de limitante, textura, estructura, presencia de poros, nivel freático y drenaje interno.

Los horizontes o capas del suelo junto con las variables que lo describen se nombran y se clasifican siguiendo la terminología y metodología empleada por el SSS (1975, 1998) citada por Jaramillo 2002. Las propiedades del suelo que se describen en el perfil son:

- **Color**

El color del suelo es una propiedad que permite inferir otras, la naturaleza de los posibles componentes del suelo y la respuesta que se puede esperar de las plantas. Para su determinación se utiliza un código desarrollado por un profesor de arte, Munsell. La descripción se realiza comparando directamente el suelo con una tabla de colores. Cada color viene compuesto por tres parámetros, matiz, brillo y croma, cuya combinación define un color. Cada página de la tabla representa un matiz y dentro de cada una hay ordenadas y abscisas, la ordenada representa el brillo y la abscisa el croma.

Es la característica morfológica más visible y manifiesta del suelo, las posibles causas del color del suelo son:

Por la materia orgánica; a medida que aumenta en el suelo, se hace más oscuro su color, el humus da colores más oscuros que los de la materia orgánica, la

turba genera colores negros (presente en los suelos orgánicos), en climas fríos por la baja mineralización de la materia orgánica, está se acumula y origina colores negros.

Suelos bien drenados y con predominio de arena en zonas con temperaturas altas generalmente originan colores claros.

Por la presencia de óxidos de hierro; los colores rojos o pardo rojizos (ladrillo), originados por óxidos no hidratados, son clara demostración de suelos bien drenados o no aireados, indican también gran evolución genética del suelo, es decir máxima meteorización, los colores amarillos o pardo amarillentos en el subsuelo también son debidos a la presencia de óxidos de hierro, los colores amarillentos son más frecuentes que los rojos en climas o regiones húmedas.

Otras causas; los colores grises o gleysados se presentan en horizontes que permanecen saturados con agua y cuya ausencia de oxigeno es marcada.

Son indicativos del mal drenaje interno, algunos colores azulosos se encuentran cuando hay dominio total de hierro en forma ferrosa (Fe2O) en condiciones de completa ausencia de oxigeno (suelos saturados con agua).

Los suelos con drenaje pobre casi siempre presentan moteados o manchas de color gris alternando con manchas o moteados pardo rojizos.

Los colores blancos pueden aparecer en suelos áridos y semiáridos, generalmente estos colores blancos son índice de improductividad.

Permite apreciar los materiales que han dado origen al suelo, la presencia de materia orgánica, los efectos del clima, los efectos de la humedad en el suelo o condiciones de drenaje y fluctuaciones de nivel freático.

Así que la interpretación del color del suelo determina algunas condiciones importantes del suelo; los colores rojos y amarillos identifican mejores condiciones de drenaje, pues éstos son producto de la oxidación de los compuestos de hierro cuando hay oxígeno y ausencia de agua. Cuando el nivel freático es fluctuante y se mantiene alto durante un espacio de tiempo moderado su presencia deja moteados con manchas de color pudiendo ser estos grises, amarillos o rojos. El contenido de materia orgánica es una característica comúnmente deducible del color; de forma aproximada, se relaciona también con la humedad, el drenaje, la temperatura y los organismos.

La unidad cartográfica PXFb2 presenta color negro oscuros en su epipedon, la unidad VXCa, presenta un color Marrón grisáceo oscuro, las unidades VXDa, PXFb, MXFf2 presentan color Marrón grisáceo muy oscuro y la unidad PXAb presenta una coloración marrón. Estos colores oscuros de deben a los contenidos de materia orgánica que se descompone en humus, también se asocia a la presencia de Carbonatos de Ca^{2+} o Mg^{2+}.

La unidad PXFb2 presenta un color marrón en el horizonte B, asociado a Materia orgánica ácida parcialmente descompuesta y Combinaciones de óxidos de Fe y materiales orgánicos, las unidades VXDa, PXFb, MXFf2 y PXAb presentan en los horizontes B marrón, Marrón oscuro, marrón, Marrón fuerte, Marrón y cutanes de óxido debido a un drenaje regular, clima cálido seco y sus componentes mineralógicos presente en los diferentes perfiles.

La unidad PXFb2, presenta una coloración Marrón amarillenta en el horizonte C, la unidad VXCa presenta un color Gris verdoso oscuro en el horizonte C1, cambia su coloración en el horizonte C2 a marrón y en el horizonte C3 presenta nuevamente un color gris muy oscuro, este tipo de coloraciones son indicadores de un drenaje interno deficiente y presencia de un ambiente anaeróbico cuando el suelo se satura con agua. Para la unidad cartográfica VXDa en el horizonte C1 presenta una color Marrón oliva claro, el horizonte C2 presenta una coloración marrón fuerte con moteados de color marrón grisáceo oscuro indicando que el suelo se está meteorizando en un ambiente aeróbico (oxidación). El horizonte C1 de la unidad PXFb presenta un color Marrón amarillento oscuro, en los horizontes C2 y C3 presentan coloración marrón esto es debido a un buen drenaje, clima cálido seco y a sus componentes mineralógicos, la unidad MXFf2 presentan una coloración Marrón amarillento oscuro y en el horizonte C2 presenta una coloración marrón amarillenta, lo cual nos indica suelos con media a baja fertilidad y presencia de óxidos de hidratos de Fe^{3+} y por último en la unidad PXAb presenta una coloración marrón grisáceo oscura en su horizonte C1 y gris oscuro con moteados de rojizo oscuro y cutanes de óxido en el horizonte C2 indicando un drenaje deficiente.

- **Límites entre horizontes.**

Describe su topografía o forma en que se presenta una capa sobre otra y la nitidez que depende de la transición entre cada horizonte.

La topografía predominante en los límites de los horizontes de las seis unidades es quebrada, varia en su amplitud siendo en algunos casos claros o difusos dependiendo en la forma y el tiempo en que fueron depositados. En un minino de amplitud se observó topografías onduladas, irregulares (difusas y gradual).

- **Estructura.**

Las partículas que componen el suelo se unen en unidades de mayor tamaño, recibiendo éstas el nombre de agregado. El aspecto que al suelo le confiere la forma, tamaño y distribución espacial de dichos agregados se denomina estructura. Un horizonte poseerá una estructura que se describe en términos de forma, tamaño y grado de diferenciación de los agregados.

La estructura de un suelo nos informa sobre aspectos como aireación, facilidad o no para erosionarse, para el desarrollo del sistema radicular o para el movimiento del agua en el perfil del suelo. Atendiendo a la forma, la estructura de un suelo puede ser:

Prismática: Los agregados tienen forma de columnas, es típica de horizontes ricos en arcillas.

Bloques: Recuerda a los terrones originados por la labranza. Típica de suelos en zonas áridas o semiáridas.

Granular: Es una estructura favorable, típica de medios biológicamente activos, ricos en materia orgánica. Los agregados tienen forma de esferas imperfectas.

Migajosa: Estructura muy parecida a la granular, se diferencia en que la materia orgánica se encuentra más evolucionada y es una estructura más porosa.

El tipo de estructura predominante es de bloque subangular de clase media y grado moderado, con una mínima variación de clase gruesa, fina y muy fina, y grados fuertes a débiles, indicando la resistencia del suelo a la penetración y movimiento del agua. En el caso de la unidad cartográfica VXDa en el horizonte C2 su estructura varia a una estructura granular de clase muy fina, grado suelto y para el caso de la unidad PXFb en el horizonte C3 su estructura indica que es de tipo granula con clase media y grado suelto indicando que el movimiento del agua por este tipo de suelos es más fácil.

- **Consistencia.**

Se expresa en función del grado y la clase de cohesión y adhesión, y de la resistencia a la deformación o ruptura que impongan los materiales edáficos.

El análisis de la consistencia, es importante porque determina la tendencia de la masa del suelo para adherirse a cuerpos extraños, como el caso del arado en la preparación del suelo; por esta razón, dentro de esta propiedad debe definirse la consistencia en seco que expresa la dureza, en húmedo la friabilidad y en mojado la plasticidad y pegajosidad. La friabilidad es la facilidad del suelo de desmenuzarse, la plasticidad es el cambio de forma del suelo sin romperse cuando se le somete a un esfuerzo de deformación y la pegajosidad es la propiedad del suelo a pegarse a un cuerpo extraño.

Los suelos de la unidad PXFb2 presentaron una consistencia en seco ligeramente dura y en los horizontes más profundos muy dura por su parte la consistencia en húmedo es friable y su consistencia en mojado no plásticos no pegajoso.

En la unidad VXCa los suelos presentaron una consistencia en seco ligeramente dura en todos sus horizontes, la consistencia en húmedo es friable en su primer horizonte y firme en sus horizontes más profundos, la consistencia en mojado ligeramente plástico a moderadamente pegajoso y luego no plástico no pegajosos.

En unidad cartográfica VXDa se presenta consistencias en seco que varían desde ligeramente duras a extremadamente duras y de blandas a sueltas, la consistencia en húmedo varía desde friable en su primer horizonte hasta extremadamente firme además de blandos y sueltos en sus horizontes más profundos. La consistencia en mojado predominante es no plástico, no pegajoso.

La unidad PXFb muestra una consistencia en seco que va desde ligeramente dura a dura y luego se presenta suelta, la consistencia en húmedo varía desde friable a firme y suelta, esta unidad presenta una consistencia en mojado ligeramente pegajoso, no pegajoso en el horizonte siguiente, no pegajoso, moderadamente pegajosos y no plástico para los horizontes que poseen mayor profundidad.

El punto de muestreo 5 perteneciente a la unidad MXFf2 presenta una consistencia en seco que varía a través de sus horizontes de ligeramente dura a una consistencia dura, su consistencia en húmedo es friable y cambia a firme para sus horizontes intermedios y luego tiende a una consistencia friable para sus horizontes más profundos, por su parte las consistencias en mojado predominantes en sus primeros horizontes son moderadamente plásticas y ligeramente pegajosas, en el caso de los horizontes con mayor profundidad se presenta una consistencia no plástica , no pegajosa.

Para la unidad PXAb se observó que presenta consistencia en seco que van desde ligeramente duras a duras para todos sus horizontes, la consistencia en húmedo varia a través de sus horizontes y van desde consistencias friables a firmes y muy firmes, en el caso de la consistencia en mojado la tendencia es no plástica, no pegajosa a ligeramente plástico.

- **Profundidad Efectiva**

Es la profundidad a la cual pueden llegar las raíces de las plantas sin obstáculos físicos de ninguna naturaleza y lograr un buen anclaje. A mayor profundidad efectiva mayor capacidad de almacenamiento de agua y menor restricción para penetración de las raíces de las plantas.

Los suelos del área del área de estudio son superficiales para las unidades cartográficas PXFb2, VXCa, VXDa, PXFb y PXAb con profundidades de 50, 40, 30, 50 y 35 cm y moderadamente profundos para la unidad cartográfica MXFf2 con profundidad de 90 cm.

Las restricciones en la profundidad efectiva de la zona de estudio, se deben fundamentalmente a que tienen unas capas endurecidas por el exceso de mecanización para el cultivo del arroz; ocasionando alto grado de compactación del suelo. Dicha compactación limita la penetración de las raíces de las plantas, disminuye significativamente la permeabilidad y ocasiona la alta densidad aparente; la preparación de estos suelos debe hacerse con humedad a capacidad de campo.

CLASE	PROFUNDIDAD DEL SUELO (cm)
Muy superficial	<25
Superficial	25-50
Moderadamente profunda	50-100
Profunda	100-150
Muy profunda	>150

Tabla 107. Profundidad efectiva (hasta donde pueden penetrar las raíces libremente)
Fuente: (Jaramillo D. 2002)

- **Raíces y Macro organismos.**

Se refiere a la cantidad y el tamaño de raíces y macro organismos presentes en cada horizonte del suelo analizado.

Se observó en las seis unidades raíces finas medias y muchas en el horizonte superficial, en los horizontes intermedios finas comunes a medias y pocas y disminuyen al profundizar en los perfiles, de comunes a pocas.

- **Observaciones.**

Se describe si hay presencia de Cutanes o moteados en el suelo, si hay pedregosidad, cantidad y tamaño, entre otras observaciones (ver anexo Perfiles).

Con el fin de obtener la comprobación de suelos para el área de estudio, basados en la delimitación del estudio general de suelos del IGAC se identificaron 6 unidades cartográficas predominantes en el área de estudio, por ello, se decidió a realizar el análisis detallado de cada unidad mediante muestreos de la descripción completa de cada uno de los perfiles (calicatas), que se describen a continuación:

PERFIL DE SUELO 1

Unidad Cartográfica: Asociación PXFb2
Unidad Taxonómica: Typic Ustorthents
Describió: Fundispros
Fecha: julio de 2014
Localización: Vda Viso, Finca Bella Vista, Daniel Sabedra
Altitud: 608 msnm
Paisaje: Piedemonte
Tipo de Relieve: Terrazas
Forma del terreno: plano ha ligeramente ondulado
Pendiente: 3-5%
Susceptibilidad a la erosión: ligera
Vegetación natural: Igua, Pate Vaca, Mirto
Clima edáfico: Isohipertérmico
Régimen de humedad del suelo: Ústico
Profundidad efectiva: 50 cm Superficial
Inundabilidad: no presenta

Drenaje: presenta drenaje natural y externo bueno
Uso actual: Plátano, Cacao, Ganado
Material Parental: Sedimentario, areniscas

Descripción del Perfil:

A 0-10 cm: Límites Quebrado y Claro, color Negro 10 YR 2/1, textura Franco arenosa, estructura tipo bloques subangulares, clase media, grado moderada, consistencia en seco ligeramente dura, friable, no plástico, no pegajoso, poros finos y medios muchos, actividad de macroorganismos mucha, raicillas finas, medias y gruesas muchas.

AB 10-20 cm: Límites Quebrado y Gradual, color Marrón Grisáceo Oscuro (10YR 4/2), textura Franco Arenosa, estructura en bloques subangulares, clase media, grado moderada, consistencia en seco ligeramente dura, consistencia en húmedo friable, no plástico, no pegajoso, poros finos y medio muchos, actividad de macroorganismos común, raicillas finas medias y gruesas muchas.

B 20 -33 cm: Limites Quebrado y Gradual, color marrón (10 YR 4/3), Textura franco arenosa, estructura en bloques subangulares, clase media, grado moderada, consistencia en seco ligeramente dura, consistencia en húmedo friable, no plástico, no pegajoso, poros finos y medio muchos, actividad de macroorganismos común, raicillas medias y finas comunes, rocosidad pequeñas y comunes.

BC 33-55 cm: Límites Quebrado y difuso, color marrón amarillento oscuro (10 YR 4/6), Textura franco arenosa, Estructura tipo angular, clase gruesa, grado moderada, consistencia en seco ligeramente dura, consistencia en húmedo friable, no plástico, no pegajoso, poros finos y medio muchos, actividad de macroorganismos común, raicillas medias y finas comunes, Rocosidad medias muchas, porosas sedimentareas,

C 55-120 cm: color marrón amarillento (10YR 5/6), Textura franco arenosa, estructura tipo bloques subangulares, clase gruesa grado moderada, consistencia en seco muy dura, consistencia en húmedo friable, en mojado no plástico no pegajoso, poros finos y medios muchos, actividad de macroorganismos poca, raicillas finas pocas, rocosidad alta tamaño de 10 a 30 cm.

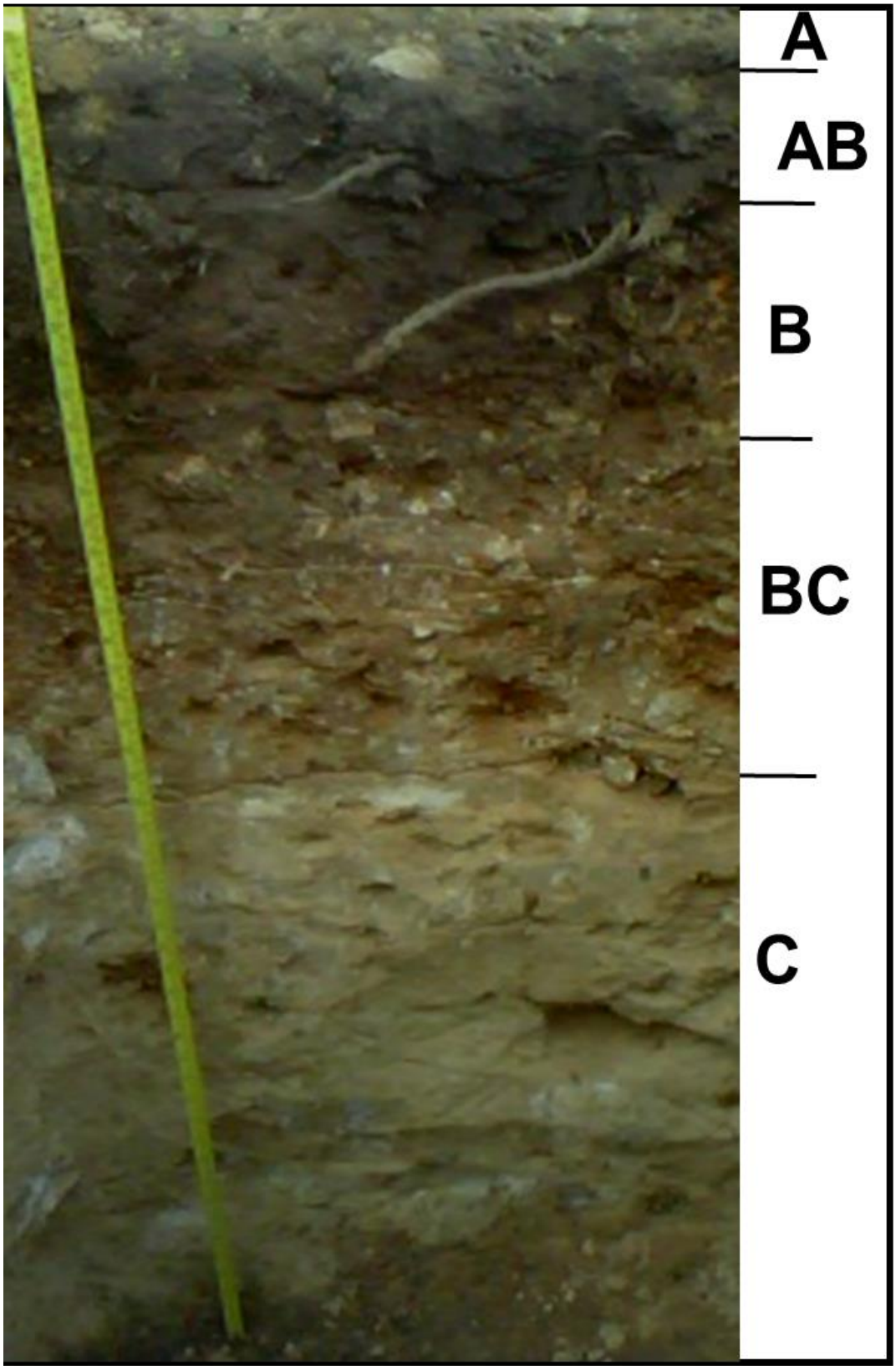


Figura 18. Perfil de suelo N°1, Reglamentación y ordenamiento corriente Rio Frio (Campoalegre -Huila)
Fuente: FUNDISPROS, 2014

PERFIL DE SUELO 2

Unidad Cartográfica: Complejo VXCa
Unidad Taxonómica: Tropic Fluvaquents
Describió: Fundispros
Fecha: julio de 2014
Localización: Finca El Balso
Altitud: 508 msnm
Paisaje: Valle
Tipo de Relieve: Terrazas
Forma del terreno: plano
Pendiente: 2-3%
Susceptibilidad a la erosión: No se observa
Vegetación natural: Caracolí, Yarumo, Guayabo, Guácimo, árbol de pana, Balso
Clima edáfico: Isohipertérmico
Régimen de humedad del suelo: Ústico
Profundidad efectiva: 40 cm Superficial
Inundabilidad: si debido al riego superficial, frecuente
Drenaje: presenta drenaje natural y externo regular
Uso actual: Arroz
Material Parental: Sedimentario, areniscas

Descripción del Perfil:

Ap 0-35 cm: Limites Quebrado Claro, color Marrón grisáceo oscuro, textura franco arenosa estructura tipo bloques subangulares, clase media grado moderado, consistencia en seco, ligeramente duro, consistencia en húmedo friable, ligeramente plástico, poros finos y medios muchos, actividad de macroorganismos común, raicillas finas muchas, rocosidad pequeñas pocas, se observan Cutanes de óxido, muchos.

C1 35-65 cm: Limites ondulado y claro, color Gris verdoso oscuro (Gley 1 4/10Y), textura franco arenosa en laboratorio, franco arcillo arenosa organolépticamente, estructura tipo bloques subangulares, clase media grado moderado, consistencia en seco, ligeramente duro, en húmedo firme, en mojado, ligeramente pegajoso, poros finos comunes, actividad de macroorganismos poca, raicillas pocas, no se observan rocas, presenta lamelas de arena de 10 a 60 cm, mal drenaje y material vegetal enterrado.

C2 65-90 cm: Limites quebrado y claro, color marrón (10 YR 4/3), textura franco arenosa estructura tipo bloques subangulares, clase media grado moderado, consistencia en seco, ligeramente duro, en húmedo firme, en mojado, no plástico no pegajoso, poros finos muchos, actividad de macroorganismos poca, raicillas no se observan, rocosidad finas y medias muchas redondeadas y angulares.

C3 90-120 cm: color gris muy oscuro, textura franco arenosa en laboratorio, arenosa organolépticamente, estructura tipo bloques subangulares, clase fina grado moderada, consistencia seco ligeramente dura, consistencia en húmedo firme, no plástico, no pegajoso, poros finos muchos, actividad de macroorganismos poca, raicillas no se observan, rocosidad finas y medias muchas redondeadas y angulares.

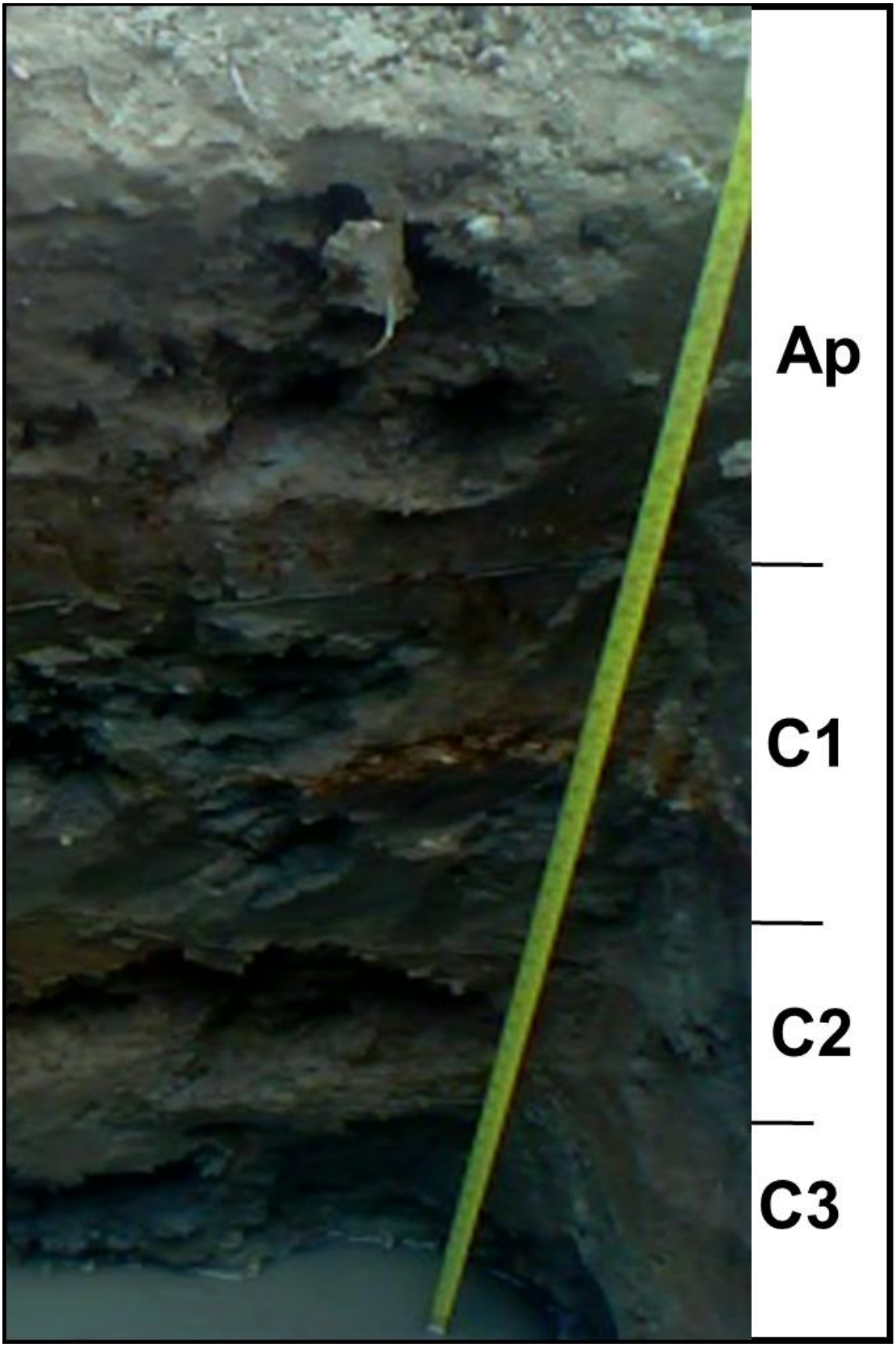


Figura 19. Perfil de suelo N°2, Reglamentación y ordenamiento corriente Rio Frio (Campoalegre -Huila)
Fuente: FUNDISPROS, 2014

PERFIL DE SUELO 3

Unidad Cartográfica: Asociación VXDa
Unidad Taxonómica: Typic Ustipsamments
Describió: Fundispros
Fecha: julio de 2014
Localización: Vda Viso, Mpio de campoalegré, Finca Liborio Cuellar
Altitud: 525 msnm
Paisaje: Valle
Tipo de Relieve: Terrazas
Forma del terreno: plano
Pendiente: 3-5%
Susceptibilidad a la erosión: No se observa
Vegetación natural: Mango
Clima edáfico: Isohipertérmico
Régimen de humedad del suelo: Ústico
Profundidad efectiva: 30 cm Superficial
Inundabilidad: si inducida, para riego superficial
Drenaje: bueno
Uso actual: Pasto, Caña agria y algodón
Material Parental: areniscas

Descripción del Perfil:

A 0-16 cm: Limites quebrado y gradual, color Marrón grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2), textura franco arenosa, estructura tipo bloques subangulares, clase media, grado moderada, consistencia en seco ligeramente dura, consistencia en húmedo friable, consistencia en mojado, no plástico, no pegajoso, poros finos y medios muchos, actividad de macroorganismos, mucha, raicillas finas y medias muchas, rocosidad medianas pocas.

B 16-43 cm: Limites Quebrado y gradual, color Marrón Oscuro (7.5 YR 3/2), textura franco arenosa en laboratorio, arenosa franca organolépticamente, estructura tipo bloques subangulares, clase gruesa, grado fuerte, consistencia en seco extremadamente dura, consistencia en huemedo extremadamente firme, no plástico, no pegajoso, poros finos comunes, actividad de macroorganismos poca, raicillas finas comunes, rocosidad muchas, pequeñas, nódulos d 0.2 a 1.6 cm.

C1 43-84 cm: Limites Quebrado y claro, color marrón oliva claro (2.5 Y 5/4), Textura franco arenosa en laboratorio, arenosa organolépticamente, estructura tipo bloques subangulares, clase fina, grado débil, consistencia en seco blanda, consistencia en húmedo muy friable, no plástico, no pegajoso, poros finos comunes, actividad de macroorganismos poca, raicillas finas comunes, rocosidad no se observa, presenta moteos de suelo de color marrón grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2).

C2 84-120 cm: suelos moteados de marrón fuerte y marrón grisáceo oscuro, (7.5 YR 5/6, 10 YR 4/2), textura franco arenosa en laboratorio, arenosa organolépticamente, estructura granular muy fina, suelta, no plástico, no pegajoso, poros finos comunes, actividad de macroorganismos poca, raicillas finas comunes, rocosidad arenas gruesas, se observan Cutanes de óxido.

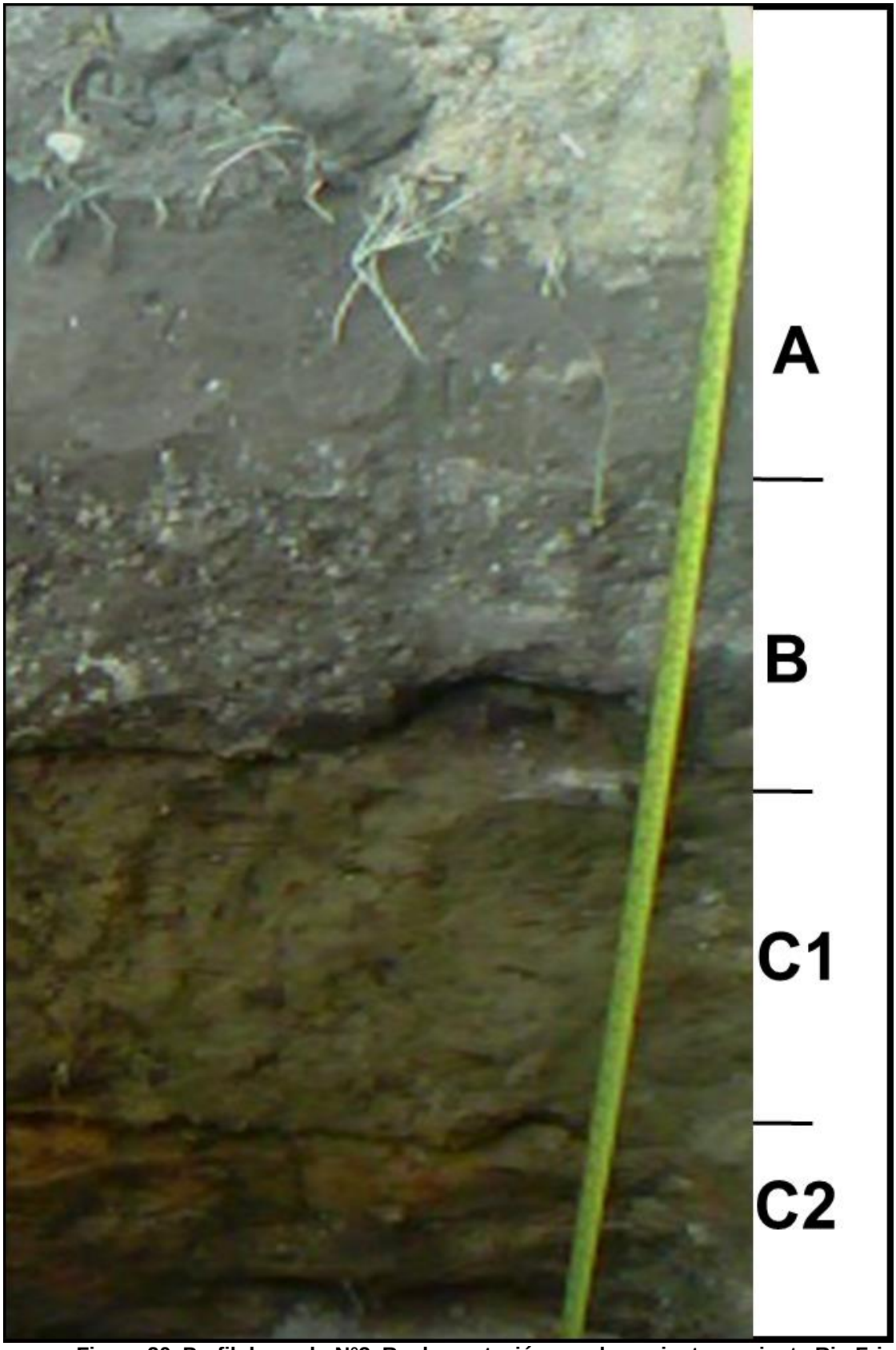


Figura 20. Perfil de suelo N°3, Reglamentación y ordenamiento corriente Rio Frio (Campoalegre -Huila)
Fuente: FUNDISPROS, 2014

PERFIL DE SUELO 4

Unidad Cartográfica: Asociación PXFb
Unidad Taxonómica: Typic Ustorthents
Describió: Fundispros
Fecha: julio de 2014
Localización:, Finca San Francisco
Altitud: 554 msnm
Paisaje: Piedemonte
Tipo de Relieve: abanicos
Forma del terreno: Ligeramente inclinada
Pendiente: 5-7%
Susceptibilidad a la erosión: No se observa
Vegetación natural: Yarumo, Caracoli, Caimo, Guamo, Cambulo, Cachimbo
Clima edáfico: Isohipertérmico
Régimen de humedad del suelo: Ústico
Profundidad efectiva: 50 cm Superficial
Inundabilidad: no
Drenaje: bueno
Uso actual: Cacao, Bosque
Material Parental: Sedimentario

Descripción del Perfil:

A 0-15 cm: Limites quebrado y claro, color marrón grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura franco arenosa, estructura tipo bloques subangulares, clase media, grado moderado, consistencia en seco ligeramente dura, en húmedo friable, ligeramente pegajoso, poros finos y medios muchos, actividad de macroorganismos mucha, raicillas gruesas finas y media muchas, rocas pequeñas y medianas comunes.

B 15-50 cm: Limites quebrado y claro, color marrón (10YR4/3), textura franco arenosa, estructura tipo bloques subangulares, clase media, grado fuerte, consistencia en seco, dura consistencia en húmedo firme, en mojado ligeramente pegajoso, poros finos muchos, medios y gruesos pocos, actividad de macroorganismos mucha, rocosidad pequeñas muchas, nódulos pequeños y medianos muchos.

C1 50-80 cm: Límites quebrado y difuso, color marrón amarillento oscuro (10 YR 4/4), textura franco arenosa, estructura tipo bloques subangulares, clase media grado moderado, consistencia en seco ligeramente dura, en húmedo friable, en mojado no pegajoso, poros finos muchos, medios comunes, actividad de macroorganismos común, raicillas medias pocas, rocosidad arenas gruesas con pirita.

C2 80-110 cm: Limites ondulado y gradual, color marrón 7.5 YR 4/4, textura franco arenosa estructura tipo bloques subangulares, clase media grado moderada, consistencia en seco ligeramente dura, consistencia en húmedo friable, en mojado moderadamente pegajoso, poros finos comunes, actividad de macroorganismos común, raicillas finas y medias pocas, rocosidad medias pocas.

C3 110-127 cm: color marrón 10 YR 5/3, textura franco arenoso en laboratorio, arenoso organolépticamente, estructura tipo granular, clase media, grado y consistencia en seco y húmedo suelta, consistencia en mojado no plástico, poros finos muchos, actividad de

macroorganismos común, raicillas no se observan, rocosidad medias, pequeñas redondeadas muchas, gravas de 0.2 a 8 cm en matriz arenosa.

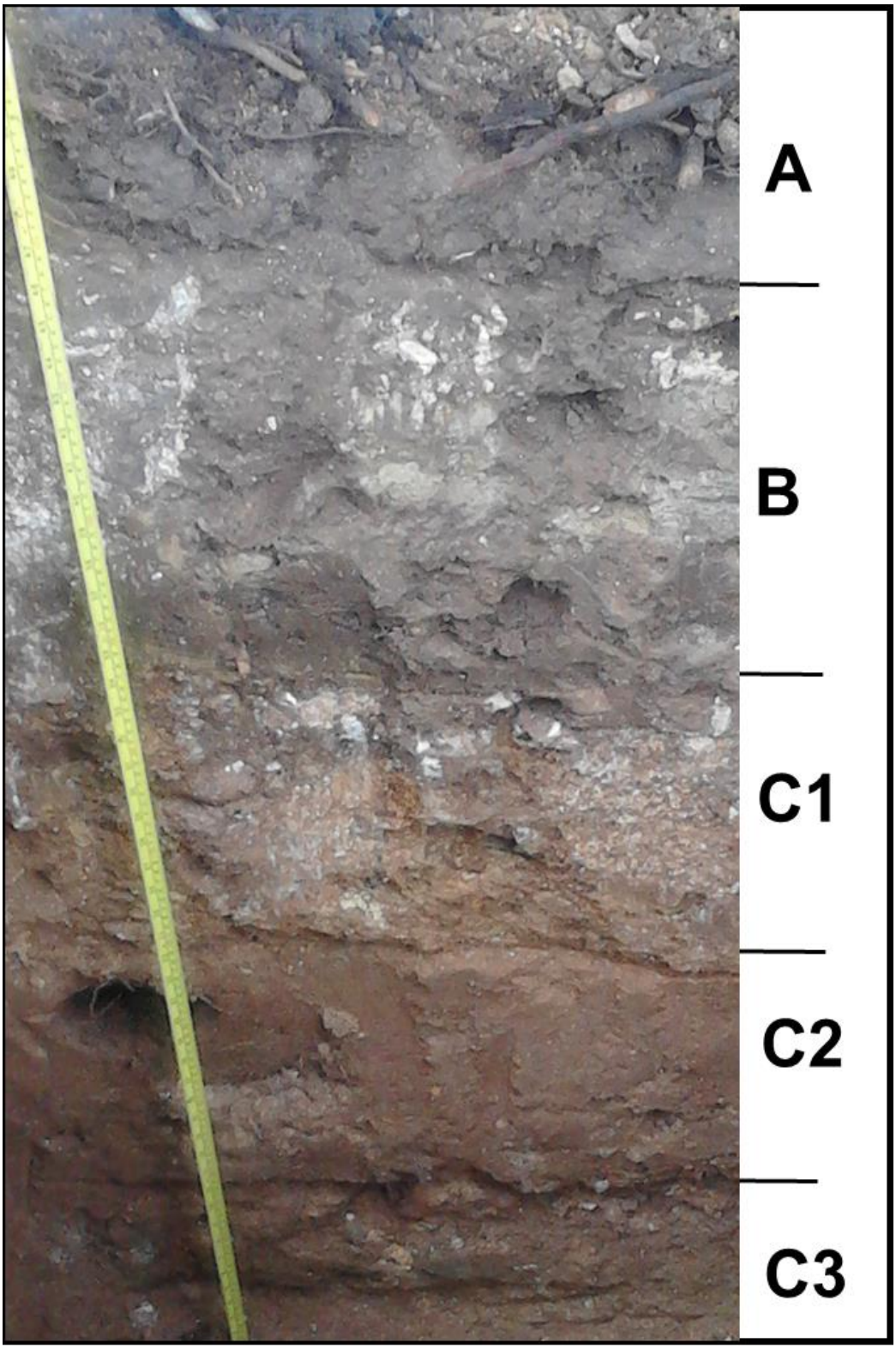


Figura 21. Perfil de suelo N°4, Reglamentación y ordenamiento corriente Rio Frio (Campoalegre -Huila)
Fuente: FUNDISPROS, 2014

PERFIL DE SUELO 5
Unidad Cartográfica: Asociación MXFf2
Unidad Taxonómica: Typic Ustropepts
Describió: Fundispros
Fecha: julio de 2014
Localización: Finca El Triunfo, Orlando Fierro, Vda. Palmar Mpio Campoalegre
Altitud: 685 msnm
Paisaje: Montaña
Tipo de Relieve: Lomas
Forma del terreno: Fuertemente inclinada
Pendiente: 7-12%
Susceptibilidad a la erosión: moderada
Vegetación natural: Cambulo, Guamo, Nogal
Clima edáfico: Isohipertérmico
Régimen de humedad del suelo: Ústico
Profundidad efectiva: 90 cm Moderadamente Profunda
Inundabilidad: no
Drenaje: bueno
Uso actual: Cacao
Material Parental: Sedimentario, arenoso

Descripción del Perfil:
A 0-30 cm: Limites Gradual y quebrado, color marrón grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2), textura franco arenosa, estructura tipo bloques subangulares, clase media, grado moderado, consistencia en seco ligeramente dura, consistencia en húmedo friable, consistencia en mojado ligeramente plástico, poros finos y medios muchos, actividad de macroorganismos mucha, raicillas grandes, medias y finabien drenados muchas, presenta un mantillo superficial de 5 cm.

AB 30-55 cm: Limites Gradual y quebrado, color marrón 7.5 YR 4/3, textura franco arenosa, estructura tipo bloques subangulares, clase gruesa, gado moderado, consistencia en seco dura, en húmedo firme, en mojado ligeramente pegajoso, poros finos muchos, medios comunes, actividad de macroorganismos común, raicillas comunes, presenta nódulos redondeados, pequeños y medios muchos.

B 55-70 cm: Limites Gradual y quebrado, color marrón fuerte (7.5 YR 4/6), textura franco arenosa, estructura en bloques subangulares clase gruesa, grado moderado, consistencia en seco dura, en húmedo firme, en mojado moderadamente plástico, poros finos muchos, medios pocos, actividad de macroorganismos común, raicillas comunes, rocosidad medias pocas y pequeñas comunes.

C1 70-110 cm: Limites quebrado y difuso, color marrón amarillento oscuro (10 YR 4/4), textura franco arenosa en laboratorio, arenosa franca organolépticamente, estructura tipo bloques subangulares, clase fina, grado débil, consistencia en seco dura, en húmedo friable, en mojado no plástico, no pegajoso, poros finos muchos, medios pocos, actividad de macroorganismos poca, raicillas pocas, rocosidad finas y medias muchas, se observa pirita.

C2 110-120 cm: color marrón amarillento (10 YR 5/4), textura franco arenosa en laboratorio, arenosa franca organolépticamente, estructura tipo bloques subangulares, clase muy fina, grado, débil, consistencia en seco, ligeramente dura, en húmedo friable,

en mojado no plástico, no pegajoso. Poros finos muchos, actividad de macroorganismos común, raicillas comunes, rocosidad grandes pocas.

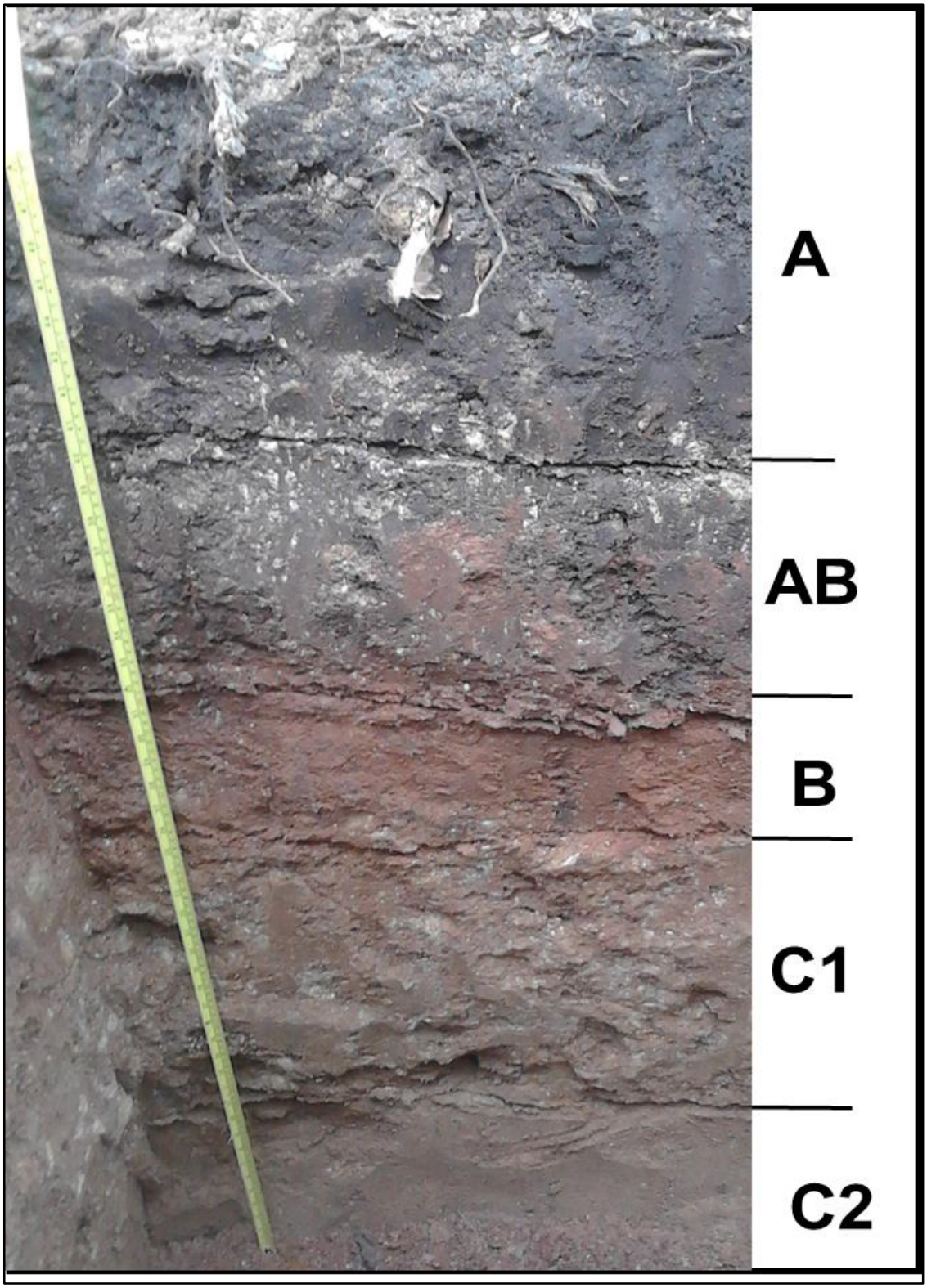


Figura 22. Perfil de suelo N°5, Reglamentación y ordenamiento corriente Rio Frio (Campoalegre -Huila)
Fuente: FUNDISPROS, 2014

PERFIL DE SUELO 6

Unidad Cartográfica: Asociación PXAb
Unidad Taxonómica: Fluventic Haplustolls
Describió: Fundispros
Fecha: julio de 2014
Localización: Finca Humberto Cortes, Mpio Campoalegre
Altitud: 660 msnm
Paisaje: Piedemonte
Tipo de Relieve: Lomerío
Forma del terreno: Fuertemente inclinada
Pendiente: 7-12%
Susceptibilidad a la erosión: ligera
Vegetación natural: Balso, Dinde, Guácimo, Caguanejo
Clima edáfico: Isohipertérmico
Régimen de humedad del suelo: Ústico
Profundidad efectiva: 35 cm superficial
Inundabilidad: se inunda para el riego del Arroz, frecuente
Drenaje: externo bueno, interno regular, Nivel Freático: a 110 cm
Uso actual: Tabaco
Material Parental: Sedimentario

Descripción del Perfil:

A 0-25 cm: Límites quebrado y gradual, color marrón (10 YR 4/3), textura franco arenosa en laboratorio, arenosa franca organolépticamente, estructura en bloques subangulares, clase media, grado moderado, consistencia en seco ligeramente dura, friable en húmedo, en mojado no plástico, no pegajoso, poros finos muchos, medios pocos, actividad de macroorganismos común, raicillas muchas, rocosidad pequeñas muchas, se observan restos vegetales enterrados y Cutanes de óxido.

B 25-80 cm: Limites irregular y difuso, color marrón (10 YR 4/3), presenta Cutanes de óxido de color marrón fuerte (7.5 YR ¾), textura franco arenosa en laboratorio, arenosa franca organolépticamente, estructura tipo bloques subangulares, clase gruesa, grado fuerte, consistencia en seco dura, muy firme en húmedo, no plástico, no pegajoso en mojado, poros finos muchos, actividad de macroorganismos común, raicillas finas y medias comunes, rocosidad grandes y medias pocas, finas muchas, presenta lamelas de arena finas.

C1 80-95 cm: Límites irregular y gradual, color marrón grisáceo oscuro (10 YR 4/2), presenta Cutanes de óxido pardo rojizo oscuro (5 YR 3/3), textura franco arenosa, estructura tipo bloques subangulares, clase media, grado moderado, consistencia en seco ligeramente dura, consistencia en húmedo firme, en mojado ligeramente plástico, poros finos y medios comunes, actividad de macroorganismos poca, raicillas media pocas, finas comunes, rocosidad pequeñas comunes.

C2 95-120 cm: color gris oscuro (5Y4/1), textura franco arenosa, estructura tipo bloques subangulares, clase gruesa, grado fuerte, consistencia en seco dura, consistencia en húmedo muy firme, en mojado no plástico, no pegajoso, poros finos comunes, actividad de macroorganismos poca, raicillas finas comunes, rocosidad medias y pequeñas comunes, se evidencia un mal drenaje con presencia de Cutanes de óxido de color pardo rojizo oscuro (5 YR ¾)

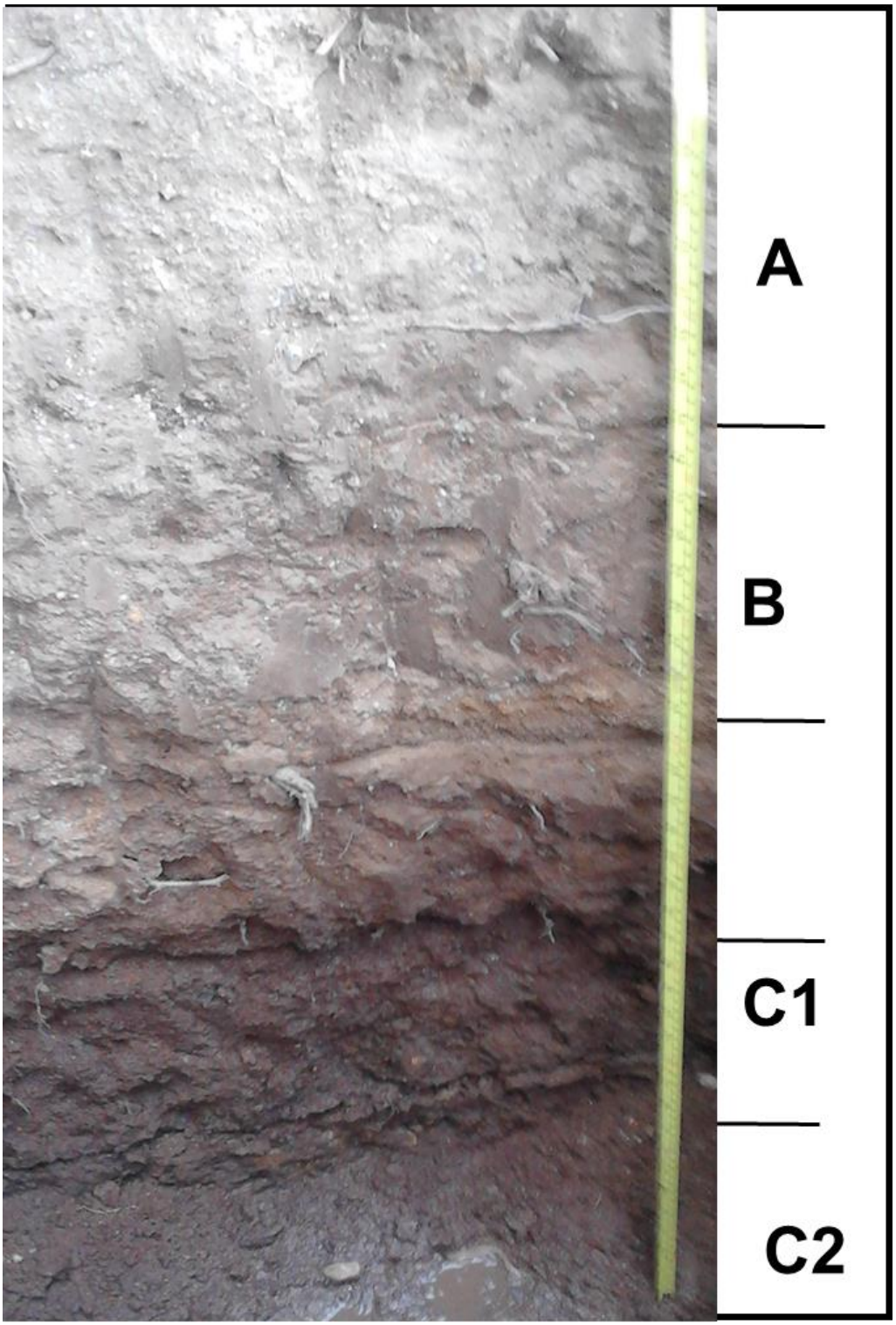


Figura 23. Perfil de suelo N°6, Reglamentación y ordenamiento corriente Rio Frio (Campoalegre -Huila)
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.5.2.2. Toma de muestras representativas de suelos para análisis de las propiedades físicas y químicas.

Se tomó 1 kilogramo del primer horizonte a una profundidad de 0-30 cm en cada perfil para el análisis de las propiedades físico-químicas del suelo, y un tanto igual de cada horizonte B y C para la prueba de textura por el método de Bouyoucos.

2.5.2.3. Envió de muestras al Laboratorio para análisis de propiedades físico-químicas.

Las muestras fueron entregadas al laboratorio LABGAA, de la universidad Surcolombiana Neiva, para su respectivo análisis.

Imagen 6. Muestras de suelo, LABGAA Universidad Surcolombiana Neiva-Huila
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.5.3. Estudio De Las Propiedades Hidrofisicas En El Suelo

2.5.3.1 Realización de prueba en campo de conductividad hidráulica

Esta propiedad hidrodinámica del suelo permite medir la velocidad con que se mueve el agua en el suelo expresada en m.día-1 es muy importante para diseñar sistemas de drenaje. La conductividad hidráulica del suelo es dependiente de la humedad, es máxima cuando está saturado, pues todos los poros están llenos con agua y actúan como conductores; además, a mayor tamaño de poros, mayor es la conductividad, por lo cual es una propiedad que depende fuertemente de la estructura y la textura.

Se realizaron seis pruebas de conductividad hidráulica, una en cada punto de muestreo de suelo, por el método de Pozo barrenado inverso. Para su realización se instaló el equipo en el orificio perforado con el barreno de 10 cm de diámetro,

Se tomó la altura del pozo barrenado y se llenó con agua hasta cerca de la superficie, para luego hacer lecturas del descenso del agua en el pozo cada minuto durante un tiempo de 15 minutos. Los datos se tabulan y se calcula la conductividad hidráulica saturada.

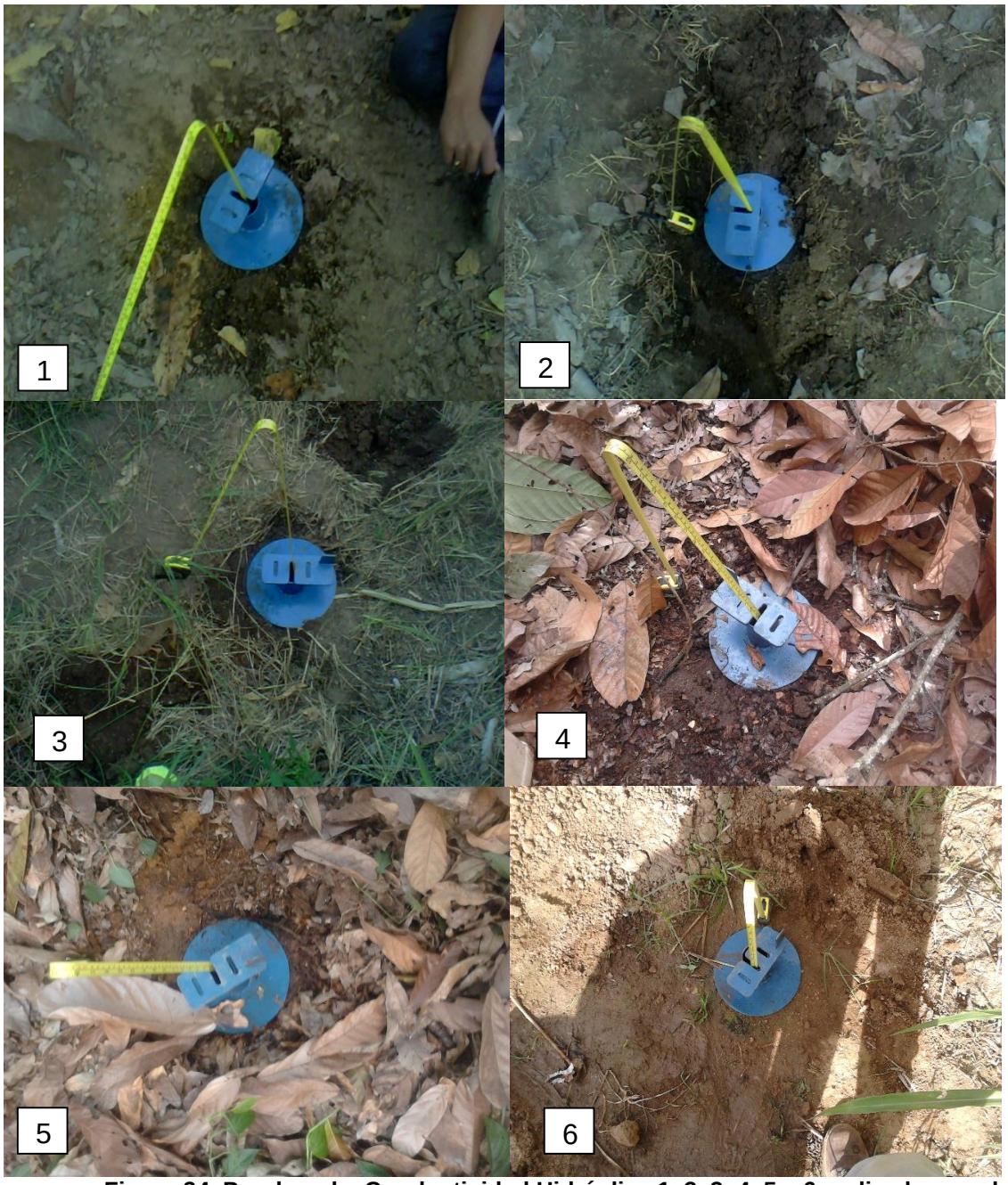


Figura 24. Pruebas de Conductividad Hidráulica 1, 2, 3, 4, 5 y 6 realizadas en el Área de influencia de la Reglamentación y ordenamiento de la corriente Rio Frio, Campoalegre-Huila

Fuente: FUNDISPROS, 20141.8.3.2 Realización de prueba en campo de infiltración (método anillos infiltrometros).

La infiltración es la propiedad que mide la velocidad de la entrada del agua en el suelo muy útil para diseños de riego porque esta define el tiempo en que debe

permanecer el agua sobre la superficie del suelo. Se utilizó el anillo infiltrómetro de 30 cm de diámetro y el anillo externo de 46 cm de diámetro, se colocaron fijamente en la superficie del suelo con la ayuda de un martillo, se llenó con agua tomando lecturas en el anillo a 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 30, 60, 90 y 120 minutos y realizando las respectivas recargas en los casos de requeridos.
Se realizó seis pruebas de infiltración por el método de los anillos infiltrometros, una en cada punto de muestreo.

Figura 25. Pruebas de Infiltración 1, 2, 3 y 4 realizadas en el Área de influencia de la Reglamentación y ordenamiento de la corriente Rio Frio, Campoalegre-Huila
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.5.3.2 Cálculos de infiltración básica y conductividad hidráulica oficina

Infiltración básica

Se presentan los datos de campo obtenidos durante la realización de las pruebas de infiltración básica del suelo.

Unidad Cartográfica PXFb2

tiempo (min)	Lamina(cm)	Recarga (cm)	Recarga (cm)	Lacum (cm)
0	21,6			0
1	19			2,6
2	17,5			4,1
3	16,7			4,9
4	15,5			6,1
5	14,7			6,9
10	12,2			9,4
15	9,2			12,4
30	5,2	22		16,4
60		12,5		25,9
90		7	22	31,4
120			13	40,4

***Lacum: Lamina acumulada**

Tabla 108. Datos de la prueba de infiltración unidad cartográfica PXFb2, Rio Frio, Mpio. Campoalegre -Huila
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Unidad cartográfica VXCa

tiempo (min)	Lamina(cm)	Recarga (cm)	Recarga (cm)	Lacum (cm)
0	22			0
1	22			0
2	22			0
3	21,8			0,2
4	21,8			0,2
5	21,8			0,2
10	21,5			0,5
15	21			1
30	21			1
60	20,5			1,5
90	20			2
120	19,5			2,5

Lacum: Lamina acumulada

Tabla 109. Datos de la prueba de infiltración unidad cartográfica VXCa, Rio Frio, Mpio. Campoalegre -Huila
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Unidad cartográfica VXDa

tiempo (min)	Lamina(cm)	Recarga (cm)	Recarga (cm)	Lacum (cm)
0	22			0
1	21			1
2	19,5			2,5
3	18,8			3,2
4	18,2			3,8
5	17,3			4,7
10	15,4			6,6
15	14,2			7,8
30	11,5			10,5
60	7,8	22		14,2
90		14,2		22
120		10		26,2

Lacum: Lamina acumulada

Tabla 110. Datos de la prueba de infiltración unidad cartográfica VXDa, Rio Frio, Mpio. Campoalegre -Huila
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Unidad cartográfica PXFb

tiempo (min)	Lamina(cm)	Recarga (cm)	Recarga (cm)	Lacum (cm)
0	22,5			0
1	20,6			1,9
2	19,9			2,6
3	19,3			3,2
4	18,7			3,8
5	18,3			4,2
10	16,8			5,7
15	15,5			7
30	12,9			9,6
60	10,9			11,6
90	9,2	22,5		13,3
120		17,8		18

Lacum: Lamina acumulada

Tabla 111. Datos de la prueba de infiltración unidad cartográfica PXFb, Rio Frio, Mpio. Campoalegre -Huila
Fuente: FUNDISPROS-2014

Unidad cartográfica MXFf2

tiempo (min)	Lamina(cm)	Recarga (cm)	Recarga (cm)	Recarga (cm)	Lacum (cm)
0	22				0
1	15				7
2	11				11
3	7,3				14,7
4	5,3				16,7
5	4,5				17,5
10	2,8	22			19,2
15		17			24,2
30		10,9			30,3
60		4,6	22		36,6
90			4,8	22	53,8
120				6,2	69,6

Lacum: Lamina acumulada

Tabla 112. Datos de la prueba de infiltración unidad cartográfica MXFf2, Rio Frio, Mpio. Campoalegre -Huila
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

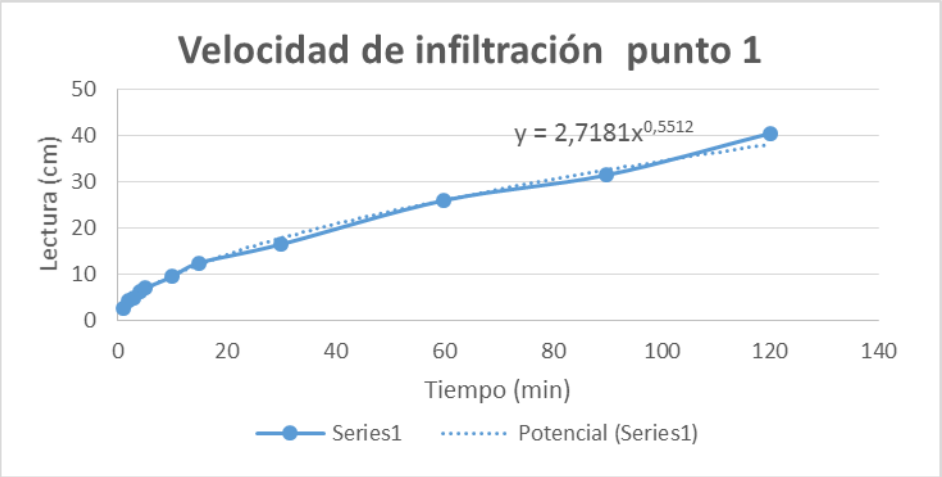
Unidad cartográfica PXAb

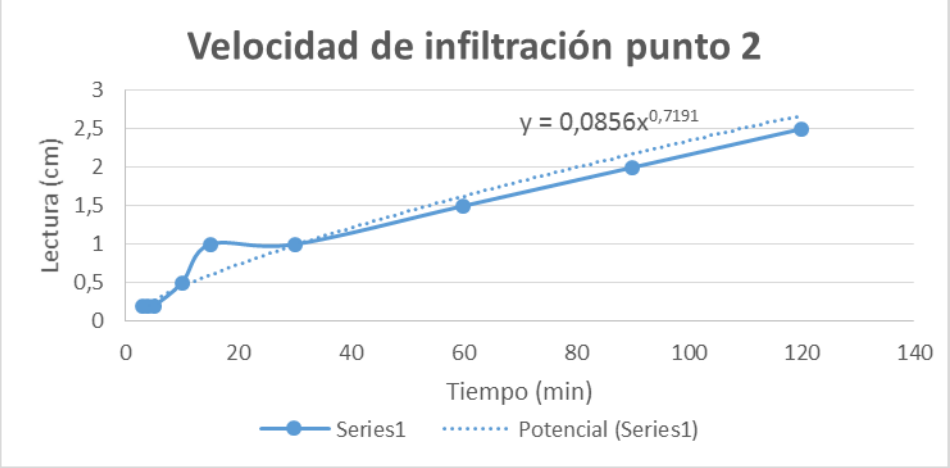
tiempo (min)	Lamina(cm)	Recarga (cm)	Recarga (cm)	Recarga (cm)	Lacum (cm)
0	17				0
1	14				3
2	13,5				3,5
3	13				4
4	12,5				4,5
5	12				5
10	11				6
15	9,5				7,5
30	5,2	17			11,8
60		7	17		21,8
90			8		30,8
120			4,1		34,7

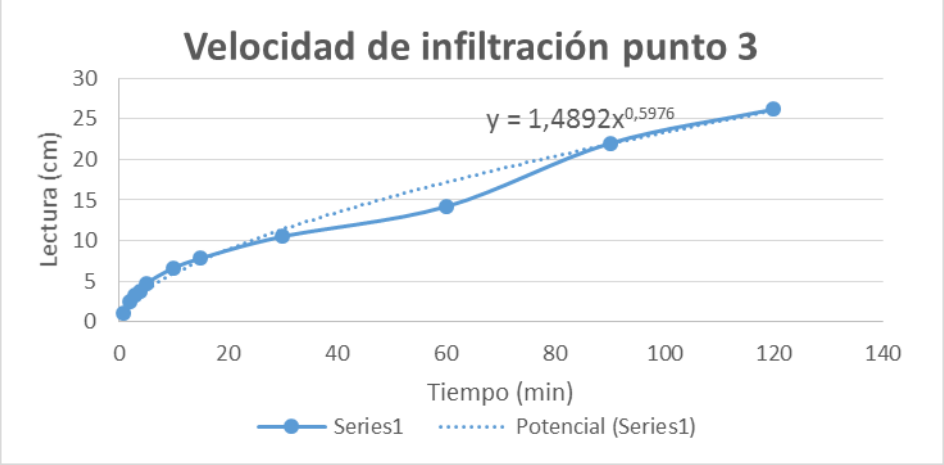
Lacum: Lamina acumulada

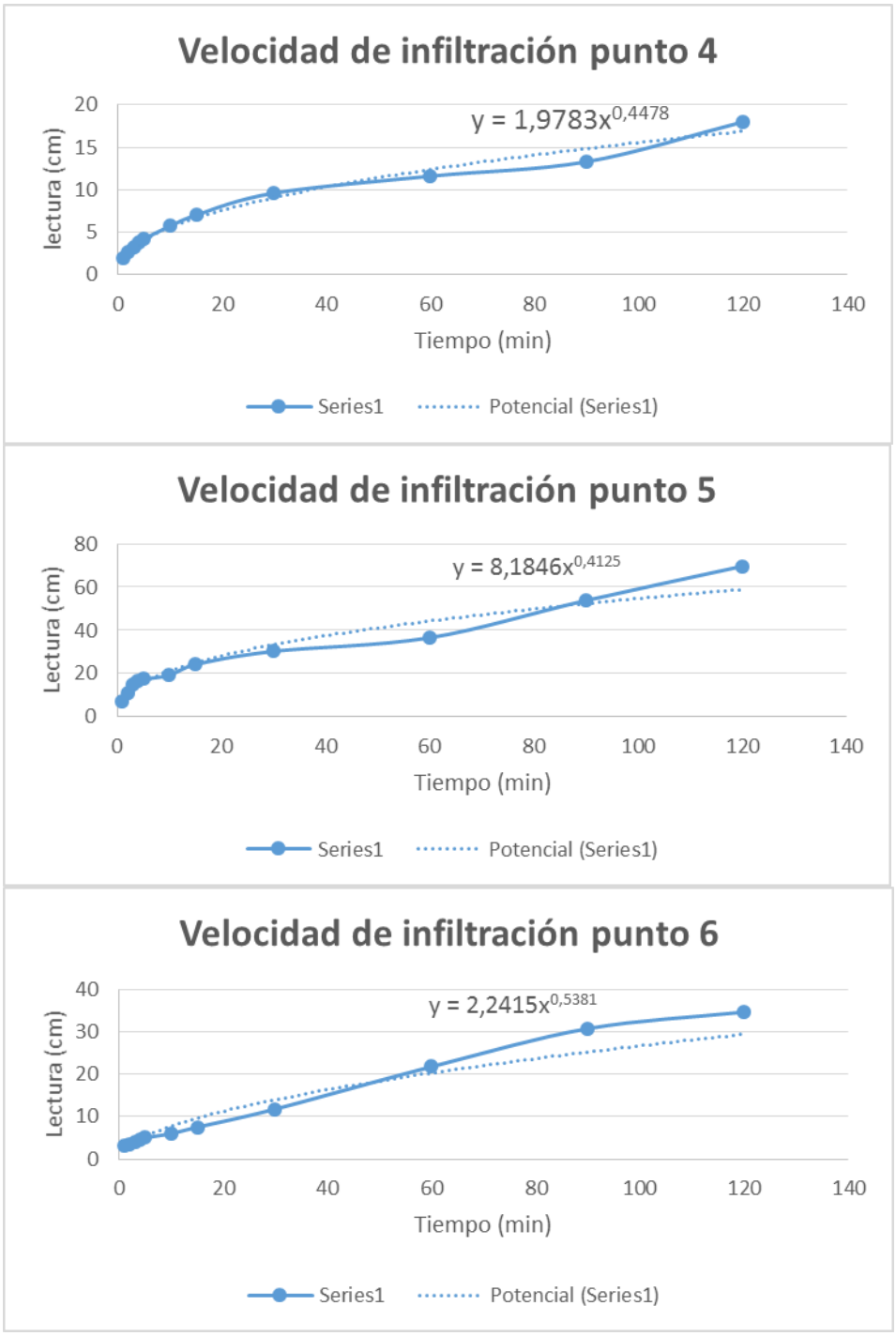
Tabla 113. Datos de la prueba de infiltración unidad cartográfica PXAb, Rio Frio, Mpio. Campoalegre -Huila
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La infiltración básica se calculó con la ecuación de Kosticov, Con los datos obtenidos en campo. Se graficó la velocidad de infiltración para cada una de las seis (6) unidades cartográficas hallando la función de infiltración.


Velocidad de infiltración punto 1
Lectura (cm)
Tiempo (min)
y = 2,7181x^0,5512
Series1
Potencial (Series1)


Velocidad de infiltración punto 2
Lectura (cm)
Tiempo (min)
y = 0,0856x^0,7191
Series1
Potencial (Series1)


Velocidad de infiltración punto 3
Lectura (cm)
Tiempo (min)
y = 1,4892x^0,5976
Series1
Potencial (Series1)



Gráfica 18. Graficas de la velocidad de infiltración de las seis (6) unidades cartográficas, Rio Frio Mpio Campoalegre – Huila.
Fuente: CONSORCIO INGENIERIA-FUNDISPROS, 2014.

N°	UNIDAD CARTOGRÁFICA	Ib (cm)	CLASIFICACION
1	PXFb2	7,30	Moderadamente rápida
2	VXCa	0,87	Moderadamente lenta
3	VXDa	5,87	Moderada
4	PXFb	2,16	Moderada
5	MXFf2	6,46	Moderadamente rápida
6	PXAb	5,39	Moderada

Tabla 114. Resultados de las pruebas de infiltración básica.
Fuente: CONSORCIO INGENIERIA-FUNDISPROS, 2014

Los resultados mostrados en la tabla anterior de las seis (6) unidades cartograficas muestran la clasificacion de la infiltracion según el valor calculado de la (Ib infiltracion basica) las cuales muestran infiltraciones moderadas y moderadamente rapidas en la mayoria de las unidades, solo la serie VXCa muestra infiltracion moderadamente lenta muy favorable para el cultivo de arroz.

Conductividad Hidráulica del suelo

Se presentan los datos recolectados en campo, durante la realización de las pruebas de conductividad hidráulica saturada del suelo.

	PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		PUNTO 4		PUNTO 5		PUNTO 6	
tiempo(min)	Lamina (cm)	Lacum (cm)	Lamina (cm)	Lacum (cm)	Lamina (cm)	Lacum (cm)	Lamina (cm)	Lacum (cm)	Lamina (cm)	Lacum (cm)	Lamina (cm)	Lacum (cm)
0	5	0	10	0	15	0	15	0	12	0	12	0
1	8.1	3.1	13	3	18.5	3.5	22	7	15.1	3.1	14.2	2.2
2	11.5	6.5	13.7	3.7	22.1	7.1	28	13	16.5	4.5	15	3
3	23	18	14.3	4.3	24.5	9.5	31.2	16.2	17.4	5.4	20	8
4	25.5	20.5	15.4	5.4	26.5	11.5	33.5	18.5	18	6	22	10
5	28	23	15.9	5.9	28.5	13.5	36.6	21.6	18.4	6.4	23.4	11.4
6	29	24	16.6	6.6	29.7	14.7	38	23	18.9	6.9	25	13
7	30.5	25.5	17.1	7.1	31.2	16.2	39.7	24.7	19.3	7.3	26.2	14.2
8	31.7	26.7	17.6	7.6	32	17	41.3	26.3	19.7	7.7	27.4	15.4
9	32.7	27.7	18.2	8.2	32.6	17.6	42.5	27.5	20.1	8.1	28.7	16.7
10	33.2	28.2	18.5	8.5	33.4	18.4	43.8	28.8	20.3	8.3	29.8	17.8
11	34	29	19	9	34.6	19.6	44.8	29.8	20.7	8.7	30.9	18.9

	PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		PUNTO 4		PUNTO 5		PUNTO 6	
tiempo(min)	Lamina (cm)	Lacum (cm)	Lamina (cm)	Lacum (cm)	Lamina (cm)	Lacum (cm)	Lamina (cm)	Lacum (cm)	Lamina (cm)	Lacum (cm)	Lamina (cm)	Lacum (cm)
12	35.5	30.5	19.2	9.2	35.8	20.8	45.5	30.5	21	9	32	20
13	35.7	30.7	19.5	9.5	36.2	21.2	46.3	31.3	21.3	9.3	32.9	20.9
14	36.2	31.2	19.8	9.8	36.8	21.8	47.2	32.2	21.5	9.5	33.5	21.5
15	37.7	32.7	20.3	10.3	37.2	22.2	48.5	33.5	21.5	9.5	35	23
Profundidad:	87 cm		66 cm		64 cm		64 cm		65 cm		73 cm	

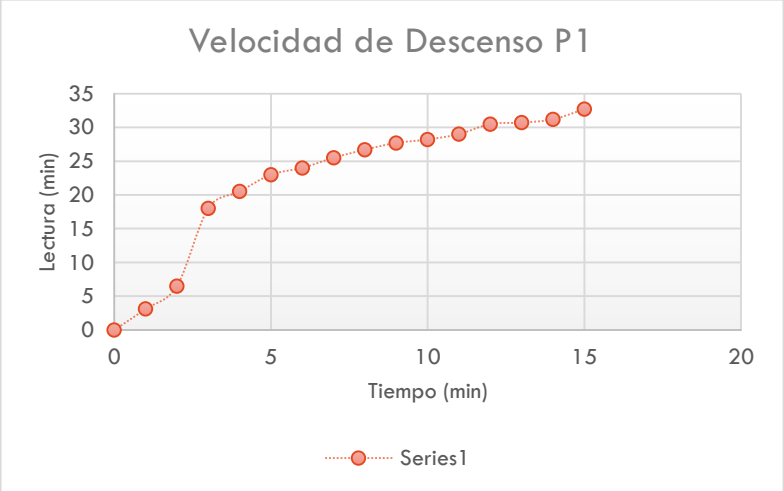
La conductividad hidráulica se realizó por el método del pozo barrenado inverso utilizando la ecuación de Auger Hole:

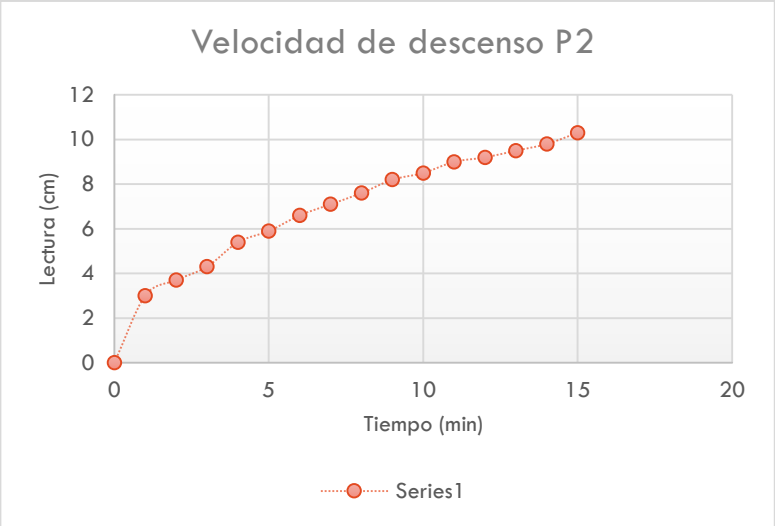
$$K = 432\ x\ r\ x \frac{Ln\left(h_0 + \frac{r}{2}\right) - Ln(h_n + \frac{r}{2})}{t_0 - t_n}$$

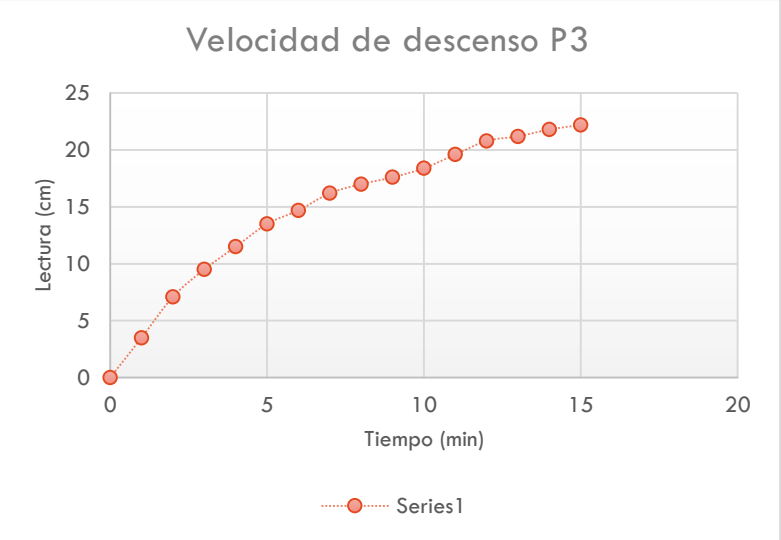
Muestra de cálculo de la conductividad hidráulica saturada para el punto 1.

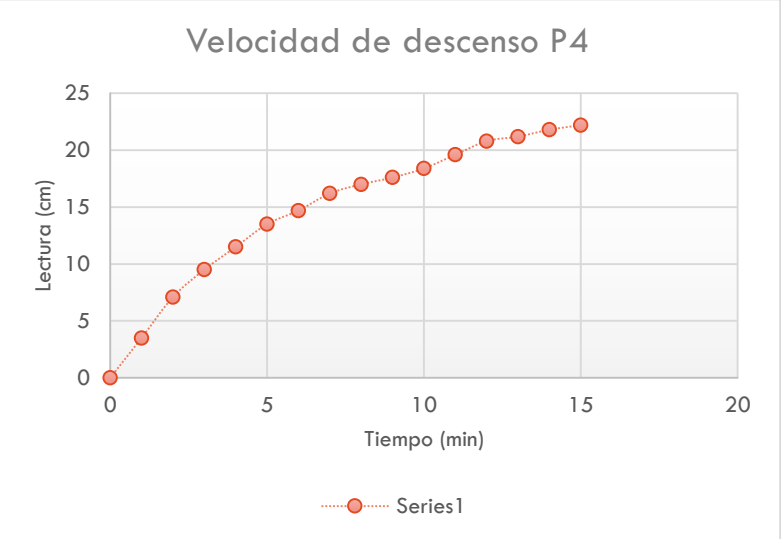
$$K = 432\ x\ 5\ x \frac{Ln\left(87 + \frac{5}{2}\right) - Ln(54.30 + \frac{5}{2})}{900} = 1.09\ m/dia$$

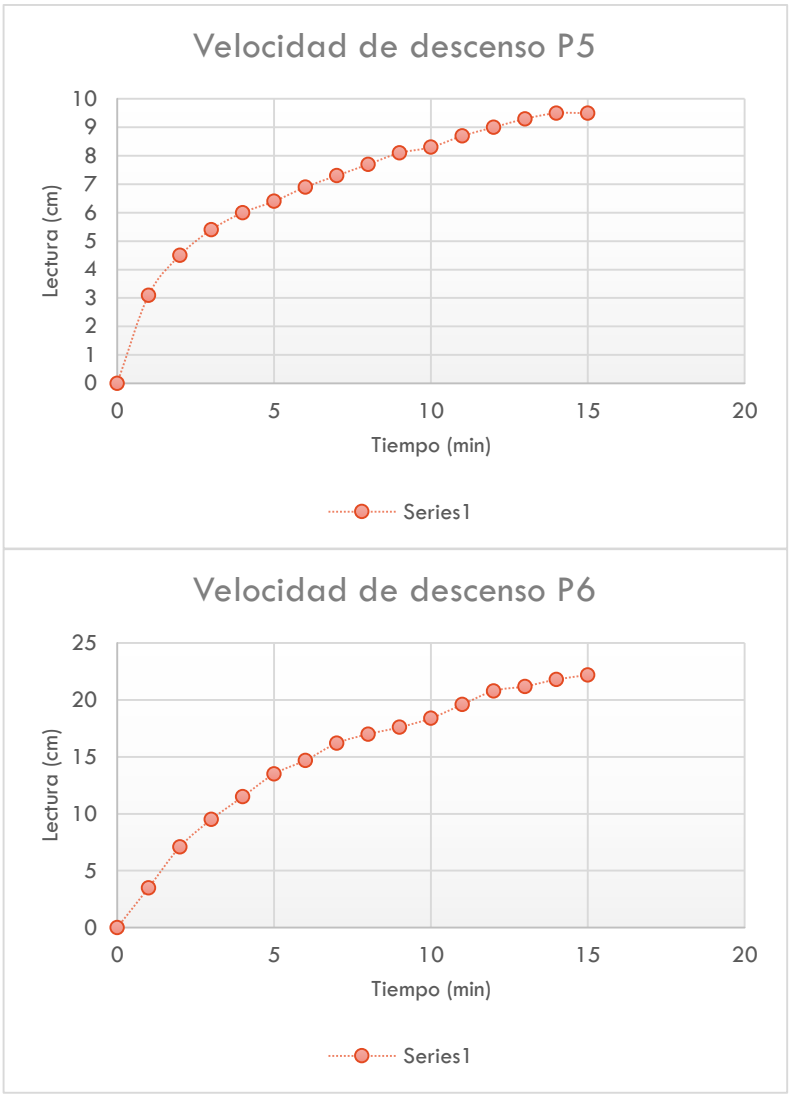
En las gráficas se observa la velocidad de descenso del agua cada minuto durante el ensayo.




Velocidad de descenso P2
Lectura (cm)
Tiempo (min)
Series1


Velocidad de descenso P3
Lectura (cm)
Tiempo (min)
Series1


Velocidad de descenso P4
Lectura (cm)
Tiempo (min)
Series1



Gráfica 19. Velocidades de descenso en los ensayos de conductividad hidráulica puntos 1, 2, 3,4
Fuente: FUNDISPROS 2014

PUNTO	UCS*	K (m/día)	Clasificación
1	PXFb2	1.09	Alta
2	VXCa	0.39	Media
3	VXDa	0.97	Media
4	PXFb	1.68	Alta
5	MXFf2	0.36	Media
6	PXAb	0.87	Media

*USC: Unidad Cartográfica de Suelo

Tabla 115. Resultados de las pruebas de conductividad hidráulica.
Fuente: FUNDISPROS 2014

La conductividad hidráulica para las unidades cartográficas del área de estudio, dieron entre un rango de conductividad media a alta, la conductividad hidráulica alta indica un libre movimiento del agua en las capas del suelo sin presentar

problemas de drenaje, mientras que en la conductividad hidráulica media indica un movimiento moderado del agua, que puede deberse a la reducción de la porosidad en el suelo.

2.5.4. Análisis De Resultados De Propiedades Físico-Químicas De Laboratorio

2.5.4.1 Análisis de Resultados de Textura, Capacidad de Campo, Punto de Marchites Permanente, Densidades, Porosidad.

Como resultado de esta actividad se determinaron en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Surcolombiana, las siguientes características: retención de humedad (método de la membrana de Richards) Capacidad de Campo a 0.03 Mpa y Punto de Marchitez Permanentes a 1.5 Mpa, Textura (método de Bouyoucos), Densidad aparente (método del terrón parafinado) y Densidad real (método del picnómetro).

La porosidad total en % se determinó mediante la relación entre la densidad aparente y la densidad real.

- **Retención de Humedad.**

La retención de humedad se da entre la capacidad de campo (0.3 y 1.0 bar) y el punto de marchitez permanente (15 bar), el agua retenida entre estos valores de tensión es el agua aprovechable y de la que disponen las plantas para su desarrollo.
Es una de las propiedades físicas más importantes por ser la capacidad que tiene el suelo para retener y almacenar el agua aprovechable para las plantas, incluyendo sustancias disueltas como sales y gases. La cantidad de agua en el perfil del suelo depende del movimiento del agua en el suelo y el movimiento depende del espacio poroso. Cuando un suelo se satura todos los espacios porosos se encuentran ocupados; si el agua drena, queda libre el espacio poroso grande y el agua que aún queda retenida por los poros pequeños, es el agua aprovechable por las plantas; si el agua queda fuertemente retenida en las partículas del suelo, las plantas no la pueden utilizar y se requiere de mucha energía para extraerla.

El método más usado en laboratorio para medir los coeficientes de humedad del suelo es el de la placa de presión o membrana de Richards. El cual somete a una muestra de suelo a una serie de presiones en una olla metálica conectada a un compresor. Cuando se iguala la presión que suministramos a la fuerza de succión, el agua sale del suelo.

Las medidas de fuerzas de retención del agua del suelo llegan hasta 16.000 gr/cm2. Para simplificar los datos se utilizan unidades de pF que representan los valores de los logaritmos decimales de las fuerzas de succión medidas en gr/cm2

(una fuerza de 1000gr/cm2 equivale a un pF de 3). También son frecuentes las medidas expresadas en atmósferas.

Las unidades de suelo muestreadas PXFb2, VXCa, VXDa, PXFb, MXFf2 y PXAb, presentan capacidades de campo de 19.25%, 25.68%, 17.49%, 20.72%, 22.91% y 15.33% respectivamente y retención de humedad a punto de marchitez permanente de 11.39%, 18.74%, 10.55%, 14.75%, 13.36% y 6.79% mediante los cuales se obtuvieron niveles de agua aprovechable de 7.86%, 6.94%, 6.94%, 5.97%, 9.55% y 8.54 encontrándose dentro de los rangos comunes para suelos de textura moderadamente gruesa.

- **La Textura**

Es una propiedad del suelo que nos informa sobre la distribución de los componentes minerales del suelo, arcilla, limo y arena. La proporción de ellos nos define la textura del suelo; también se le conoce como granulometría del suelo. A groso modo se distinguen tres tipos de textura; fina o pesada, media o equilibrada y gruesa o ligera, en función del tamaño de las partículas. Cuando en el suelo predomina la fracción arcilla se dice que la textura es fina; gruesa cuando lo es la fracción arena y equilibrada cuando no hay predominio neto de ninguna fracción. La textura es una de las propiedades del suelo más estables y a partir de ella se pueden inferir propiedades del suelo relacionadas con su uso y comportamiento, como:

- Capacidad de retención de agua útil para plantas
- Facilidad para la circulación del agua.
- Facilidad para el laboreo.
- Velocidad de entrada de agua en el suelo.
- Riesgo de erosión hídrica y/o eólica.
- Capacidad de almacenamiento de nutrientes.
- Capacidad de retención de contaminantes.
- Riesgo de compactación

De forma generalizada los suelos arcillosos pueden retener más agua y poseen una permeabilidad limitada, mientras que los arenosos tienen una alta permeabilidad y una escasa capacidad de retención.

Para establecer la textura o clase textural, se utiliza un diagrama triangular en el que cada lado representa una fracción. Existen diferentes diagramas texturales según la clasificación granulométrica empleada, ya que la consideración de las fracciones limo y arena difieren de una a otra clasificación.

Para determinar la clasificación textural, las muestras de laboratorio se trabajaron por el método de Bouyoucos, para lo cual se determinó la cantidad de sólidos en suspensión por medio del hidrómetro. La profundidad del centro de flotación del hidrómetro varía con la densidad de la suspensión y también con la textura.

Después de 40 segundos se hacen lecturas para determinar la cantidad de partículas mayores de 50 micras de diámetro (arenas); las partículas menores de 5 micras (limos); y a las 2 horas las partículas menores de 2 micras de diámetro (arcillas).
Esta propiedad se usa comúnmente como criterio para determinar en un suelo la permeabilidad del suelo, la capacidad de retención de humedad, la plasticidad, la aireación, la densidad, la capacidad de campo, la profundidad radicular, las condiciones de labranza y en general en la fertilidad del suelo.

Nombres vulgares de los suelos(textura general)	Arenoso	Limoso	Arcilloso	Clase textural
Suelos arenosos (textura gruesa)	86-100	0-14	0-10	Arenoso
	70-86	0-30	0-15	arenoso Franco
Suelos francos (textura moderadamente gruesa)	50-70	0-50	0-20	Franco arenoso
Suelos francos (textura mediana)	23-52	28-50	7-27	Franco
	20-50	74-88	0-27	Franco limoso
	0-20	88-100	0-12	Limoso
Suelos francos (textura moderadamente fina)	20-45	15-52	27-40	Franco arcilloso
	45-80	0-28	20-35	Franco arenoso arcilloso
	0-20	40-73	27-40	Franco limoso arcilloso
Suelos arcillosos (textura fina)	45-65	0-20	35-55	Arcilloso arenoso
	0-20	40-60	40-60	Arcilloso limoso
	0-45	0-40	40-100	Arcilloso

Tabla 116. Clasificación de la textura USDA
Fuente:ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6706s/x6706s06.htm

En el punto de muestreo de suelo Nº 1, en la unidad cartográfica PXFb2, en los horizontes A, B y C dieron como resultado suelos con textura franco arenosa, los cuales se clasifican como moderadamente gruesas, el porcentaje de arena para el primer horizonte es de 85.41%, para el segundo horizonte aumenta a 87.41% y disminuye a 83.37% para el tercer horizonte, en el caso del porcentaje de los limos presentes en esta unidad cartográfica aumentan conforme es mayor su profundidad, de 4.96% a 7.04%, por su parte el contenido de arcillas a través del perfil se presenta de manera variada debido a que en el primer horizonte se presenta un porcentaje de 9.63, disminuye en el segundo horizonte a 6.59% y nuevamente aumenta su porcentaje a 9.59%.
El punto de muestreo de suelo Nº 2, en la unidad cartográfica VXCa, en los horizontes A, y sus tres horizontes C1, C2 y C3 dieron como resultado suelos con textura franco arenosa clasificados como moderadamente gruesas, el contenido de arenas presente en estos horizontes es de 89.37%, 91.37%, 85.13% y 85.17% , para el contenido de limos se presentaron valores de 3.04%, 2.04,%, 7.96%, y 6.96% respectivamente y las arcillas presentaron valores de 7.59%, 6.59%, 6.91% y 7.87% sin correlación alguna, para cada contenido de fracción mineral presente en sus horizontes muestreados.

En el punto de muestreo de suelo Nº 3, en la unidad cartográfica VXDa, presenta horizontes A, B y dos horizontes C: C1 y C2, es un suelo con textura franco arenosa moderadamente gruesa en general. Tanto las arcillas como los limos son independientes al grado de profundidad del suelo y no presentan correlación en cada horizonte.

La textura en el punto de muestreo Nº 4 se clasifica de acuerdo a su porcentaje de fracción mineral como un suelo franco arenosa de textura moderadamente gruesa para todos sus horizontes (A, B, C1, C2 y C3), la unidad cartográfica presente en estos suelos es la unidad PXFb, el porcentaje de arena presente aumenta progresivamente con respecto a la profundidad de perfil, el porcentaje de limos presenta valores de 7.08%, 5.08%, 5.96%, 3,96% y 3.88% los cuales no tienen correlación entre sí y las arcillas son independientes al grado de profundidad del suelo.

La textura analizada en laboratorio para la muestra del punto 5 se clasificó según el triángulo textural como franco arenosa para todos sus horizontes A, AB, B, C1 y C2, comprendidos en la unidad MXFf2 de acuerdo a la cantidad de fracción mineral presente en todos sus horizontes no poseen correlación entre si ya que sus porcentajes presentan una variación a lo largo del perfil.

En La unidad cartográfica PXAb se realizó el muestreo Nº 6 donde el resultado obtenido en la evaluación de los horizontes A, B, C1 y C2 corresponde a suelos con textura franco arenosa, moderadamente gruesa, sus porcentajes de fracción mineral (arena, Limo y arcilla) varían a lo largo del perfil y no poseen similitud alguna en cada uno de sus horizonte.

- **Densidad Aparente y Densidad Real**

La Densidad Aparente: Es la resultante de la relación masa a volumen. En el suelo, esta propiedad se determina bajo las formas de densidad real y densidad aparente. Difieren en que se incluya o no el volumen ocupado por el espacio poroso, la densidad real no considera este volumen, en tanto que la aparente si lo considera.

La densidad aparente es frecuentemente determinada, varía generalmente entre 1.0 y 1.8 gr/cm^3, y en suelos orgánicos se pueden encontrar valores inferiores a la unidad; la densidad aparente es importante para calcular la lámina de riego, la porosidad y estimar el grado de compactación del suelo.
El método utilizado para determinar la densidad aparente fue el método del terrón parafinado el cual consiste en separar cuidadosamente del suelo in situ terrones aproximadamente entre 50 a 100 gramos y luego pesarlos; recubrirlos con parafina, volverlos a pesar y determinar su volumen, mediante el desplazamiento que produce el terrón parafinado en el agua.

TEXTURA	DENSIDAD APARENTE RANGO CRITICO ($g.cm^3$)	GRADO DE COMPACTACION
Fina	< 1.3	No Compactado
Mediana	>1.40	Ligeramente Compactado
Gruesa	>1.6	Compactado

Tabla 117. Clasificación del grado de compactación de acuerdo a la Textura y la Densidad Aparente.
Fuente: (Cortes Malagón, 1984)

La densidad aparente para la unidad cartográfica PXFb2 es de 1.44 $g.cm^{-3}$ la cual se encuentra dentro del rango de una densidad media, para las unidades VXCa, VXDa, PXFb, MXFf2 y PXAb pertenecientes a la zona de estudio las densidades aparentes son de 1.73, 1.47, 1.46, 1.57, 1.62 $g.cm^{-3}$ respectivamente son clasificadas como densidades altas, los valores de 1.47, 1.46 y 1.57 para las unidades VXDa, PXFb y MXFf2 se encuentran dentro del rango de densidades aparentes para suelos franco arenosos, mientras que los valores 1,73 y 1.62 de las unidades VXCa y PXAb están por encima del rango común para suelos franco arenosos indicando suelos compactados. Cuyo principal causante son las fuerzas de las ruedas de la maquinaria y los implementos agrícolas, especialmente cuando el suelo está húmedo o saturado, momento en que suelo es más propenso a la deformación.

La compactación reduce el espacio poroso entre los agregados del suelo. Obstaculizando el almacenamiento o movimiento del aire y el agua del suelo. Impidiendo el libre desarrollo de las raíces y de la fauna del suelo.

Para evitar la compactación en el suelo se recomienda NO hacer laboreo del suelo cuando el suelo este mojado, CORPOICA recomienda que la mecanización del suelo puede iniciarse cuando la humedad del suelo este por debajo de los 30 cm, o cuando al tomar un puñado de suelo y apretarlo este se desmorona ya es apto para iniciar labores, pero si el suelo mantiene su forma, es porque está muy húmedo y se debe esperar hasta que se seque.

Para la recuperación de suelos compactados la FAO recomienda dejar la tierra en reposo por 2 a 3 años para su regeneración con arbustos naturales o vegetación forestal. Alternativamente, la siembra de especies seleccionadas efectivas en la regeneración de la estructura del suelo puede enriquecer el barbecho natural. Un cultivo de cobertura puede ser sembrado para que sirva

como un barbecho sembrado. Las especies promisorias de cultivos de cobertura que han dado muestras de ser potenciales subsoladores biológicos son el pasto Bahía (Paspalum notatum), Festuca elatior, el pasto Guinea (Panicum maximum), El rábano forrajero entre otras especies forrajeras y los arbustos fijadores de nitrógeno y algunas malezas con raíces principales fuertes.

La Densidad Real: Es el cociente entre la masa de suelo seco y el volumen ocupado por las partículas sólidas, es decir, el volumen de suelo descontando los poros. La densidad real de los suelos es casi constante e igual a 2.6 gr/cm^3 pudiendo disminuir cuando aumenta la materia orgánica. La determinación de la densidad real se lleva a cabo mediante el uso del picnómetro, pesando una cantidad definida del suelo y posteriormente llenándolo con agua, mediante el peso del picnómetro más agua.

DENSIDAD REAL (g.cm-3)	DENSIDAD APARENTE (g.cm-3)	POROSIDAD (%)	CLASIFICACION
<2.4	<1.0	<40	Muy bajo
2.4-2.6	1.0-1.2	40-45	Bajo
2.6-2.8	1.2-1.45	45-55	Medio
>2.8	1.45-1.60	55-65	Alto

Tabla 118. Clasificación de la densidad aparente y real.
Fuente: (CAIRO P. 1995)

Los valores obtenidos en laboratorio de la densidad real de las muestras de suelos evaluadas en unidades cartográficas PXFb2, VXCa, VXDa, PXFb, MXFf2 y PXAb de acuerdo a la zona de estudio son de 2.31, 2.36, 2.36, 2.41, 235 y 2.34 g.cm^{-3} Muestra que son suelos con poca capacidad de retención de agua y pobre contenido de materia orgánica debido a las prácticas excesivas de labranza.

Porosidad

Tiene relación directa con las densidades aparente y real, para determinar la proporción de espacios respecto a los sólidos y que determinan la capacidad de retener aire y agua por los poros del suelo.

Para los suelos muestreados del área de estudio en las unidades PXFb2, VXCa, VXDa, PXFb, MXFf2 y PXAb tienen porcentajes de porosidad de: 38%, 27%, 38%, 39%, 33% y 31%, porosidades clasificadas como muy bajas para todas las unidades cartográficas. Acorde con los valores de la densidad aparente alta confirma la compactación de dichos suelos y la disminución de materia orgánica, presente en cada perfil, una porosidad muy baja en suelos con texturas franco arenosas es un indicador de la poca capacidad que tienen este tipo de suelos para la retención y almacenamiento de agua.

Nº PERFIL	UNIDAD DE SUELO	MUESTRA LAB.	PROF.HORIZ. (cm)	COLOR	FRACCION (%)		TEXTURA	Da g.cm-3	Dr g.cm-3		POROSIDAD (%)	HUMEDAD				
												CC 0.3 bar (%)	PMP 15 bar (%)	AGUA APROV. (%)	Ib (cm/hr)	K (m/dia)
1	PXFb2	1A	0-20	10 YR 2/1	A	85.41	Franco Arenoso	1.44	2.31		38	19.25	11.39	7.86	7.30 Moderadamente rápida	1.09 alta
					L	4.96										
					AR	9.63										
		1B	20-55	10 YR 4/3	A	87.41	Franco Arenoso									
					L	6.00										
					AR	6.59										
		1C	55-120	10 YR 5/6	A	83.37	Franco Arenoso									
					L	7.04										
					AR	9.59										
2	VXCa	2A	0-35	10 YR 4/2	A	89.37	Franco Arenoso	1.73	2.36		27	25.68	18.74	6.94	0.87 Moderadamente Lenta	0.39 Media
					L	3.04										
					AR	7.59										
		2C1	35-65	4/10Y Gley 1	A	91.37	Franco Arenoso									
					L	2.04										
					AR	6.59										
		2C2	65-90	10 YR 4/3	A	85.13	Franco Arenoso									
					L	7.96										
					AR	6.91										
		2C3	90-120	2,5 Y 3/1	A	85.17	Franco Arenoso									
					L	6.96										
					AR	7.87										
3	VXDa	3A	0-16	10 YR 3/2	A	92.17	Franco Arenoso	1.47	2.36		38	17.49	10.55	6.94	5.87 Moderada	0.97 Media
					L	3.04										
					AR	4.79										
		3B	16-43	7.5 YR 3/2	A	92.17	Franco Arenoso									
					L	3.04										
					AR	4.79										
		3C1	43-84	2.5 Y 5/4	A	93.13	Franco Arenoso									
					L	4.00										
					AR	2.87										
		3C2	84-120	7.5 YR 5/6, moteado de 10 YR 4/2	A	92.05	Franco Arenoso									
					L	5.00										
					AR	2.95										

Nº PERFIL	COLOR	TEXTURA	HUMEDAD

	UNIDAD DE SUELO	MUESTRA LAB.	PROF.HORIZ. (cm)		FRACCION (%)			Da g.cm-3		Dr g.cm-3	POROCIDAD (%)	CC 0.3 bar (%)	PMP 15 bar (%)	AGUA APROV. (%)	Ib (cm/hr)	K (m/dia
4	PXFb	4A	5-15	10 YR 3/2	A 85.01 L 7.08 AR 7.91	Franco Arenoso		1.46		2.41	39	20.72	14.75	5.97	5.87 Moderada	1.68 Alta
		4B	15-50	10 YR 4/3	A 85.05 L 5.08 AR 9.87	Franco Arenoso										
		4C1	50-80	10 YR 4/4	A 86.13 L 5.96 AR 7.91	Franco Arenoso										
		4C2	80-110	7,5 YR 4/4	A 87.09 L 3.96 AR 8.95	Franco Arenoso										
		4C3	110-127	10 YR 5/3	A 93.13 L 3.88 AR 2.99	Franco Arenoso										
5	MXFf2	5A	0-30	10 YR 3/2	A 86.17 L 6.88 AR 6.95	Franco Arenoso		1.57		2.35	33	22.91	13.36	9.55	2.16 Moderada	0.36 Medi
		5AB	30-55	7,5 YR 4/3	A 79.13 L 5.92 AR 14.95	Franco Arenoso										
		5B	55-70	7,5 YR 4/6	A 74.09 L 8.92 AR 16.99	Franco Arenoso										
		5C1	70-110	10 YR 4/4	A 85.13 L 6.96 AR 7.91	Franco Arenoso										
		5C2	110-120	10 YR 5/4	A 85.13 L 7.96 AR 6.91	Franco Arenoso										

Nº PERFIL	UNIDAD DE SUELO	MUESTRA LAB.	PROF.HORIZ. (cm)	COLOR	FRACCION (%)		TEXTURA	Da g.cm-3	Dr g.cm-3	POROCIDAD (%)	HUMEDAD				
											CC 0.3 bar (%)	PMP 15 bar (%)	AGUA APROV. (%)	Ib (cm/hr)	K (m/dia)
6	PXAb	6A	0-25	10 YR 4/3	A	91.13	Franco Arenoso	1.62	2.34	31	15.33	6.79	8.54	5.39 Moderada	0.87 Media
					L	5.00									
					AR	3.87									
		6B	25-80	10 YR 4/, 7,5 YR 3/4	A	90.21	Franco Arenoso								
					L	4.96									
					AR	4.83									
		6C1	80-95	10 YR 4/2, 5 YR 3/3	A	86.21	Franco Arenoso								
					L	5.96									
					AR	7.83									
		6C2	95-120	5 Y 4/1, 5 YR ¾	A	87.17	Franco Arenoso								
					L	5.09									
					AR	7.74									

Tabla 119. Resumen de las propiedades físicas del suelo, para la reglamentación y ordenamiento de la cuenca de rio frio, en el municipio de Campoalegre-Huila
Fuente: Fundispros 2014

2.5.5. Estudio de la caracterización agrologica

2.5.5.1. Realización de la clasificación taxonómica de suelos del área del proyecto

El suelo, conforme actúan factores y procesos formadores, va adquiriendo un conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas con una dimensión horizontal y otra vertical. Como regla general, el contenido en materia orgánica y la actividad biológica decrecen con la profundidad. Las variaciones producidas en la componente horizontal se pueden deber a cambios en factores naturales como vegetación o topografía o variaciones con su uso/manejo tales como actividades agrícolas, ganaderas o forestales.

La descripción de los suelos en el área de estudio, se realizó según los parámetros establecidos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, en el Estudio General de Suelos del departamento del Huila 1994; haciendo los respectivos ajustes con base en la información del Plan de Ordenamiento Territorial PBOT del municipio de Campoalgre, 1999 y el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Alta del Río Magdalena POMAM - Volumen I Tomo B Geomorfología y Suelos. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM, 1997.

La información suministrada por el IGAC consiste en una categorización del tipo de relieve presentes en cada paisaje, que se caracteriza por tener condiciones similares en cuanto a clima, topografía y materiales parentales, La descripción de los suelos se representa por un símbolo compuestos por tres letras mayúsculas que hacen relación a paisaje, clima y suelos. Estas letras están acompañadas por subíndices alfanuméricos que indican rangos de pendientes (letras minúsculas) siguiendo de un numero para grados de erosión que aparece cuando es necesario. Se registran para el área de estudio diferentes suelos que se describe a continuación:

- ***Asociación Typic Ustorthents- Lithic Ustorthents (MXF)***

Los suelos de esta asociación se presentan en los tipos de relieve de filas y vigas, se han originado a partir de materiales del complejo ígneo-metamórfico como granitos, neisses y granodioritas, que han evolucionado en terrenos quebrados (7-12%) fuertemente quebrados a escarpados y afectados por procesos erosivos de grado moderado a severo, en pendientes de 50-75%.

Actualmente la vegetación natural ha sido intervenida para dar paso a una explotación muy extensiva con gramíneas naturales y rastrojos.

Los suelos se encuentran bajo un régimen de humedad ústico y su desarrollo pedogenético ha originado perfiles del tipo AR, AC y ABC, Son superficiales a moderadamente profundos, limitados por piedras, cantos heterométricos y roca dura y coherente; son bien drenados.

La asociación está compuesta por los suelos Typic Ustorthents en un 50%, Lithic Ustorthents. Y Typic Ustropepts.

Los Typic Ustorthents se localizan en las áreas fuertemente quebradas a escarpadas, de pendientes 50-75%. El perfil muestra una secuencia de horizontes del tipo AC cuyo primer horizonte A, es de color pardo grisáceo oscuro, textura franco arenosa estructura blocosa débil y de consistencia friable.

Estos suelos dan reacción neutra en la superficie a ligeramente acida en profundidad, la capacidad catiónica de cambio es media y la saturación de bases alta los contenidos en fosforo y en potasio altos a medios, la materia orgánica es media en la superficie a baja en profundidad, la fertilidad es moderada.

Los suelos Lithic Ustorthents se localizan en las áreas scarpadas en pendientes 50-75%, alternan con los Typic Ustorthents en el mismo sitio geográfico ya mencionado, El perfil de secuencia AR, muestra un desarrollo incipiente, en donde el horizonte A de escaso espesor es de color gris muy oscuro, textura franco arenosa, estructura blocosa fina y débil, de consistencia friable.

Tienen reacción ligeramente acida, capacidad catiónica de cambio media y saturación de bases alta; contenidos bajos en fosforo y ligeramente medio en potasio. La materia orgánica es alta y la fertilidad moderada.
Este horizonte, descansa sobre un manto rocoso de consistencia dura y continua, que forma el horizonte R.

Dentro de la asociación se encontraron inclusiones de suelos Typic Ustropepts. Se encuentra distribuidos en los aplanamientos o cimas de las colinas y lomas de relieve ligero moderadamente quebrado (7-12%). Son suelos bien evolucionados de perfil ABC, presentan un horizonte superficial A de color pardo grisáceo muy oscuro, texturas moderadamente gruesas, estructura blocosa y consistencia friable, sigue un horizonte Bw de color pardo fuerte, texturas moderadas, estructura blocosa bien desarrollada y consistencia firme. El horizonte C de amplio espesor es de color gris pardusco claro a oliva pálido de texturas franco arenosas, estructura en bloques subangulares clase fina, grado débil, consistencia friable.

Químicamente dan reacción neutra, la capacidad catiónica de cambio es baja, la saturación de bases alta, los contenidos en fosforo asimilable y potasio son bajos; la materia orgánica es media y el nivel de fertilidad medio a bajo.
Se encontró la siguiente fase:

MXFf2: suelos en relieve moderadamente escarpado, pendientes 50-75% con sectores ondulados (7-12%) y erosión moderada

Suelos de Piedemonte de Clima Cálido Seco y muy Seco

En este paisaje se agrupan los suelos que se encuentran a menos de 1000 msnm y al pie de las estribaciones de las cordilleras oriental y central, en posición intermedia entre las superficies planas del valle del magdalena y las laderas del paisaje de montaña en las formaciones vegetales de bosque seco, muy seco tropical, con régimen de humedad. Estas superficies varían en relieve desde plano, inclinado, hasta fuertemente quebrado y moderadamente escarpado en las disecciones, con predominio de las pendientes entre 12 y 25%. Frecuentemente están afectados por procesos de escurrimiento difuso y concentrado, y erosión ligera a muy severa, este paisaje está conformado por una asociación de los siguientes tipos de relieve: glacis, colinas y lomas, abanicos y conos, vallecitos estrechos, escarpes y taludes.

Características y propiedades. Los suelos se han desarrollado, a partir de sedimentos heterometricos, predominio de la textura arcillosa, en la asociación Typic Ustropepts – Fluventic Haplustolls, los suelos pertenecientes a glacis de erosión presentan reacciones que varían entre ligeramente acida a alcalina, capacidad catiónica de cambio de media a alta, altas saturaciones de bases, bajos contenidos de materia orgánica y fertilidad moderada a alta.

- ***Asociación Typic Ustropepts – Fluventic Haplustolls (PXA)***

Los suelos correspondientes a esta asociación se identifican con el símbolo PXA y están localizados sobre los relieves denominados glacis de erosión en zonas aledañas al valle del Magdalena. Originados a partir de materiales coluvio – aluviales, arcillosos y pedregosos dentro de una superficie plana a inclinada con algunos sectores fuertemente inclinados hacia la cabeza del glacis. Son superficiales a moderadamente profundos, moderadamente drenados.

Actualmente se dedican a cultivos de arroz, tabaco, plátano, yuca y a ganadería extensiva o pastos naturales. La vegetación natural ha sido talada casi en su totalidad. Pues solo existen algunas especies nativas.

Los suelos Typic Ustropepts, se localizan en las áreas moderadamente inclinadas de pendientes 7 – 12%. El perfil del tipo ABC, muestra un horizonte A del grado de color pardo a pardo oscuro, textura franco arcillo– arenosa, estructura blocosa fina y consistencia friable, el horizonte B de buen espesor es de color rojo amarillento, textura arcillosa, estructura con tendencia blocosa y consistencia friable a firme; el horizonte C muestra dos capas de color pardo amarillento claro y gris parduzco

claro, textura arcillosa, sin estructura (masiva) y consistencia firme; la profundidad es moderada.

Los análisis químicos indican reacción ligeramente ácida, la capacidad catiónica de cambio es media y la saturación de bases es alta, los contenidos en fósforo son bajos y altos en potasio, la materia orgánica es baja y la fertilidad moderada.

Los suelos Fluventic Haplustolls se encuentran en áreas quebradas de pendientes del 12 al 25%, tiene un perfil de tipo ABC cuyo horizonte A de buen espesor es de color marrón, textura franco arenosa, estructura bloques subangulares clase media y consistencia firme; el horizonte B es de amplio espesor, tiene colores marron, la textura es franco arenosa, la estructura bloques subangulares clase gruesa, grado fuerte, consistencia en seco dura y consistencia en húmedo muy firme.
Presenta un horizonte C1 de color marrón grisáceo oscuro, texturas medias, estructura en bloques subangulares, clase medio grado, moderado, consistencia firme, ligeramente plástico y un horizonte C2, de colores gris oscuro y marrón rojizo, Son suelos superficiales a moderadamente profundos, limitados por cascajos, gravilla y pedregones en profundidad.

Químicamente dan reacciones ligeramente ácidas a fuertemente acida, la capacidad catiónica de cambio es media; la saturación de bases es alta, la materia orgánica es baja, los contenidos en fósforo son adecuados y bajos en potasio, el nivel de fertilidad es medio a bajo

Teniendo en cuenta la pendiente, la pedregosidad y la erosión se presentaron las siguientes fases:
PXAb: suelos de relieve ligeramente inclinado y pendientes 3-7%.

Suelos de Piedemonte de Clima Cálido Seco y Muy Seco (PXF)

Estos suelos se presentan en los conos y abanicos aluviales. Son desarrollados a partir de materiales detríticos de rocas volcánicas en matriz arcillosa, en terrenos de relieve plano a fuertemente inclinado, ondulados a quebrados. La vegetación natural está destruida; las texturas son predominantemente arcillosas, con gravillas dentro del perfil; son bien a excesivamente drenados, de erosión ligera a moderada. Son suelos superficiales a moderadamente profundos, bien drenados, ácidos y de fertilidad baja. Estos suelos se presentan en las veredas de El Viso, Piravante Alto, Piravante Bajo, Palmar Bajo, San Isidro y Buena Vista.

La asociación está compuesta por los suelos Typic Haplustalfs y los suelos Typic Ustorthents.

Los suelos Typic Haplustalfs, se localizan en relieves de lomas, presentando un perfil de nomenclatura A - B - C. El horizonte A tiene un espesor de 40 cm, color

pardo oscuro, textura franco arenosa; el B es de color pardo amarillento y pardo amarillento oscuro, textura franco arcillo arenosa; el horizonte C es pardo amarillento y rojo, de textura franco arcillo arenosa. Son suelos superficiales limitados por niveles tóxicos de aluminio, bien drenados; la reacción es muy fuerte a fuertemente ácida; la capacidad de intercambio catiónico es baja; la saturación de aluminio de cambio es mayor de 60% a una profundidad entre los 40 y los 70 cm. La fertilidad natural es baja.

Los suelos Typic Ustorthents, se localizan en relieves de vallecitos, presentando un perfil de nomenclatura A-B-C. El horizonte A muestra un espesor de 15 a 20 cm, color pardo grisáceo oscuro a pardo grisáceo muy oscuro, textura franco arenosa; el B es de color marrón, texturas gruesas, el C corresponde a una capa muy gruesa de cantos redondeados y gravilla de colores marrón a marrón amarillento. Son suelos superficiales, bien drenados; la reacción química es moderada a ligeramente alcalina, los contenidos de calcio son altos, la materia orgánica es baja a media, CIC baja, saturación de bases alta, La fertilidad natural es media a baja.

Teniendo en cuenta la pendiente y el grado de erosión, se presentaron las siguientes fases:
PXFb2: Suelos en relieve ligeramente plano, pendientes del 3-7% y erosión moderada.
PXFb: Suelos en relieve ligeramente plano y pendientes del 3-7%.

Suelos de los Valles Aluviales de clima Cálido seco y muy Seco

En este paisaje se agrupan, los suelos situados en alturas menores a 1000 msnm., con temperaturas mayores a 24°C, que corresponden a las formaciones vegetales de bosque seco y muy seco tropical. Las unidades se localizan principalmente en el valle geográfico del rio magdalena y sus diferentes afluentes al centro y norte del departamento. Dentro de este paisaje se encuentran como tipos de relieve, vegas terrazas y taludes, que se formaron a partir de aluviones de variada granulometría
Dentro de este paisaje se encuentran como tipos de relieve, en vegas, terrazas y taludes, que se formaron a partir de aluviones de variada granulometría.

Características y propiedades. La topografía del terreno correspondiente al tipo de relieve de vega es por lo general plana a ligeramente ondulada, con pendientes que oscilan entre 0-3 y 7%, en ocasiones fácilmente encharcables, los suelos son ligera a moderadamente evolucionados, con perfiles que presentan la secuencia de horizontes AC y ABC, de texturas gruesas a finas, pobres a bien drenados y reacción acida a alcalina. En el área de estudio se encontró la siguiente unidad cartográfica.

- ***Asociación Typic Ustropepts, Typic Ustipsamments, Tropic Fluvaquents (VXD)***

Corresponde esta unidad a los suelos de relieve tipo terrazas medias y bajas formadas sobre materiales aluviales de diversa granulometría se localizan principal mente en el valle geográfico del río Magdalena y algunos afluentes.

La vegetación natural ha sido talada para dar paso a la agricultura y la ganadería de campo extensivo. Su relieve es generalmente plano a ligeramente ondulado, con pendientes que varían entre 0 – 3 – 7% por erosión hídrica laminar en las terrazas de nivel medio en grado moderado. Son suelos con profundidad efectiva superficial moderadamente profunda, limitados por la presencia de horizontes muy arcillosos, arenosos, gravillosos y pedregosos; el drenaje natural varía de bien a pobremente drenados.

La unidad está compuesta por los suelos Typic Ustropets en un 35% de la unidad Typic Ustipsamments en un 35% y Tropic Fluvaquens en un 30%.

Los suelos Typic Ustropepts, aparecen generalmente en las terrazas de nivel medio, no sujetos a inundaciones. Son suelos moderadamente profundos, ligeramente evolucionados con perfil de tipo ABC, donde el horizonte A es de colores negro a gris oscuro, textura arcillosa, estructura blocosa y consistencia firme; el B es de color gris oscuro a gris muy oscuro, textura franco arcillosa, estructura blocosa y consistente en húmedo friable; el C es un horizonte transicional de color gris oscuro, textura arcillosa, estructura blocosa y consistencia friable.

Químicamente son de reacción neutra, alta capacidad de intercambio catiónico y saturación de bases: contenidos de potasio alto, de fósforo bajo y de materia orgánica baja.

Los suelos Typic Ustipsamments aparecen distribuidos en las áreas mejor drenadas de las terrazas contiguas a las márgenes de los ríos. Son suelos superficiales de poco desarrollo pedagogenético; su perfil es de tipo A, B, C, en donde la capa superficial es delgada y de color pardo grisáceo muy oscuro, de textura franco arenosa, friable. Seguido de un B marrón, oscuro estructura en bloques subangulares, clase gruesa grado fuerte, consistencia en húmedo extremadamente firme, Después aparece un C1 y un C2 de colores marrón, oliva claro y marrón fuerte, consistencias en húmedo muy friable y suelta, texturas gruesas.

Son de reacción neutra, la capacidad de intercambio catiónico es media, la saturación de bases es alta, contenidos bajos de materia orgánica, adecuados contenidos de fosforo, bajos en potasio, el nivel de fertilidad es moderado abajo.

Los suelos Tropic Fluvaquents aparecen en las áreas plano – cóncavas o depresionales del relieve. Son suelos no evolucionados de perfil A –C; de acuerdo con el grado de la pendiente y la erosión se separaron en las siguientes fases:
VXDa: suelos de relieve plano y plano – cóncavo de pendiente 0 – 3

- ***Complejo Tropic Fluvaquents- Vertic Ustropepts- Fluventic Haplustolls (VXC)***

Suelos localizados en las vegas presentes a lo largo de las márgenes de quebradas, riachuelos y ríos tributarios del magdalena, sujetos a inundaciones y encharcamientos de corta duración ocasionados por el desbordamiento de sus cauces. La vegetación natural ha sido talada, solo se observan especies testigo de Dinde, carbonero, Mata Ratón, zarza, Capote, Caracolí y Samán en áreas aisladas de las zonas de potrero.

Son de relieve plano, con pendiente de 0-3%, derivados de aluviones de texturas variadas que descansan sobre lechos de cascajo, gravilla y pedregones que aparecen a diferentes profundidades en el perfil del suelo. La profundidad efectiva de los suelos varía entre superficial a profunda; el drenaje natural es bueno y pobremente drenado.

El uso actual es la ganadería extensiva con potreros en pasto de corte y natural y cultivos de cacao, frutales, sorgo y arroz. Integran la unidad los suelos Tropic Fluvaquents en un 35%, vertic Ustropepts, en un 35%, Fluventic Haplustoll, en un 30%.
Los suelos Tropic Fluvaquents, se localizan en los sitios depresionales del relieve, son superficiales, poco evolucionados, de perfil de tipo A-C, se caracterizan por presentar un horizonte A de textura franco arenosa, color pardo grisáceo oscuro con muchos moteos de óxido, estructura en bloques subangulares, clase media grado moderado, consistencia friable. El C dividido en varios horizontes, el C1 es de color gris verdoso oscuro, de textura media, estructura en bloques subangulares, clase media grado moderado de consistencia en húmedo firme, el C2 de color marrón, textura gruesa, y el C3 de color gris muy oscuro. De textura gruesa, clase fina, no plástico, no pegajoso, con presencia de abundante gravilla y cascajo.

Son suelos de reacción neutra, con capacidad de intercambio catiónico media; alta saturación de bases, contenidos bajos de materia orgánica, contenidos altos en fosforo, deficientes en potasio de fertilidad media a baja.

Los suelos Vertic Ustropepts, se localiza en los sectores mejor drenados de relieve, son moderadamente profundos, con perfil de tipo ABC en donde el A tiene un epipedón ocrico de color pardo oscuro, estructura blocosa y consistencia en húmedo firme, El B es de color pardo amarillento mezclado de pardo grisáceo oscuro, textura

arcillo limosa. Estructura blocosa y consistencia firme. El C es de color pardo amarillento, sin estructura (masiva), de consistencia firme y texturas arcillosas.

Químicamente son de reacción neutra, capacidad catiónica de cambio alta, saturación de bases alta, contenido de fosforo medio, de potasio alto y de materia orgánica alta en superficie y bajo en los demás horizontes.

Los suelos Fluventic Haplustolls, se localiza en cualquier sitio de la unidad, En general son suelos bien drenados.

Son suelos ligeramente evolucionados, de perfil ABC, en donde el horizonte A es un epipedón mólico de textura arcillosa, de estructura blocosa y consistencia firme, E l horizonte B es de color pardo amarillento oscuro, mezclado con pardo grisáceo oscuro, bien estructurado de textura franco arcillosa y consistencia en húmedo friable. El BC es de color pardo amarillento oscuro, textura franco arcillosa, sin estructura y de consistencia firme, con inclusiones de pseudo micelios de carbonatos.

Son de reacción neutra capacidad de intercambio catiónico media, saturación de bases alta, contenidos de potasio alto debido a los continuos abonamientos de los suelos, materia orgánica media a baja. Con base en la pendiente del terreno se separó la siguiente fase: VXCa: Suelos en relieve plano, con pendientes 0-3%,

2.5.5.2. Clasificación de las Tierras por su Capacidad Agrológica

El propósito de esta clasificación es el de agrupar los diferentes suelos en unidades que permitan dar recomendaciones para su manejo y su uso adecuado, de tal forma que se garantice una mejor y mayor producción por unidad de superficie, conservado a la vez el recurso suelo.

Esta clasificación agrupa los suelos con base en las limitaciones que ellos presentan, en la forma cómo responden al uso y manejo y en el riesgo de deterioro por el uso.

Para la clasificación se siguen las normas contenidas en el Manual 210 del Servicio de Conservación De Suelos de los Estados Unidos y se tienen en cuenta tres niveles: Clase, Subclase y Unidad de uso y manejo (Unidad de Capacidad). Es lógico que estas normas no se han aplicado textualmente y ha sido necesario hacer algunas modificaciones para su aplicación en nuestro medio.

2.5.5.2.1. Clase

Son unidades económicas, basados en factores físicos, de producción y del desarrollo de la tierra dentro de áreas ecológicas específicas. Las clases son ocho y se designan con los números romanos del 1 al 8.

Las tres primeras son las tierras de mayor aptitud para agricultura, se considerarán adecuadas para cultivos normales, si se emplean prácticas específicas de manejo de suelos, como rotación de cultivos, uso de variedades adecuadas, fertilización y prácticas culturales de forma orgánica y obras de adecuación como riego, drenaje y nivelación entre otras. Las clases 5 a 7 son apropiadas para cultivos permanentes con sombrío. La clase 8 corresponde a tierras no aptas para actividades agropecuarias.

Las clases 1, 2 y 3 son las tierras que corresponden a la mayor aptitud para agricultura con riego, pueden producir rendimientos progresivos en un grupo numeroso de cultivos, adaptados a las condiciones climáticas, y un costo razonable. La diferencia consiste en su aptitud para agricultura, capacidad productiva, cantidad de cultivos más reducidos y explotación agrícola más costosa.

La clase 4, Son tierras ligeramente inclinadas a moderadamente quebradas, localizadas en clima medio y húmedo en todos los paisajes. Tiene como Limitante la pendiente, la susceptibilidad a la erosión y la profundidad efectiva.

La clase 5, Son tierras planas o ligeramente planas localizadas en diferentes climas y paisajes, presentan limitaciones susceptibles de ser corregidas por drenaje y sales.

La clase 6, Tierras fuertemente onduladas a quebradas, en todos los pisos térmicos, tienen como limitante susceptibilidad al deterioro y moderado de erosión, déficit de precipitación.
La clase 7, Tierras moderadamente quebradas a moderadamente escarpadas, en climas cálido y medio seco. Tienen como limitantes de uso las pendientes, alta susceptibilidad a la erosión y baja precipitación.

La clase 8, Son tierras generalmente escarpadas, localizadas en todos los pisos térmicos y paisajes. Las limitaciones de uso son muy severas tanto climáticas como de erosión y edáficas, son tierras marginales, que no se pueden aprovechar en cultivos comerciales, sino que se dedican a zonas de protección forestal, reforestaciones y parques naturales.

La clase por suelo se establece de acuerdo con las limitaciones físicas y/o químicas, que impiden o dificultan el crecimiento radicular, retención de la humedad, movimiento del agua y laboreo del suelo.

2.5.5.2.2. Subclase

Se considera que todas las tierras de una misma clase tienen la misma rentabilidad y se pueden explotar con los mismos cultivos; sin embargo, dentro de una misma clase las limitaciones pueden ser diferentes. La distinción entre las diferentes clases de tierras se hace con base en la consideración de factores físicos; entre éstos el suelo, la topografía, y el drenaje son los de mayor importancia; cada uno de estos tres factores, así como sus relaciones recíprocas, son los que definen las subclases. La única que no tiene subclase es la clase 1, ya que no presenta deficiencias.

Las subclases se designan añadiendo una o varias de las letras minúsculas: e, h, s, c y a, a continuación de la clase. El significado de cada una de las letras es el siguiente:

(e) Limitación por erosión o susceptibilidad a ella
(h) Limitación por exceso de humedad edáfica
(s) Limitación de la zona radicular por obstáculos físicos o químicos.
(c) Limitación por clima
(a) Limitaciones por drenaje

De acuerdo a las clases y subclases, se establecen unidades de uso y manejo, las cuales agrupan suelos que tienen similar uso, manejo y capacidad productiva. En cada unidad de uso y manejo se hacen las respectivas recomendaciones; las unidades de uso y manejo se identifican con números arábigos, colocados después de la subclase, ejemplo: 2s-1, 2s-2.

Se identificaron las siguientes clases de tierra teniendo en cuenta su capacidad de uso para el área de estudio en las subcuenca de río Frio basándose en la información del estudio general de suelos del Departamento del Huila, 1994; el Esquema de Ordenamiento Territorial EOT del municipio de Campoalegre, 1999.

2.5.5.2.3. Tierras De Clase III

Los suelos de esta clase tienen limitaciones que reducen el número de cultivos agronómicos propios de la región; requieren de prácticas moderadas de conservación y necesitan sistemas especiales de manejo.

- **Subclase 3sec**

Las tierras que conforman esta subclase presentan un relieve plano a inclinado, con pendientes 0-3-7% y hasta 12% de texturas moderadamente gruesas, superficiales, limitados en su profundidad, por la presencia de cascajo y pedregones; así como por las condiciones climáticas, tales como la alta evapotranspiración y lluvias no suficientes durante un semestre, para el normal desarrollo de los cultivos.

Está compuesta esta subclase por los suelos de la unidad PXAb, localizados en el paisaje de piedemonte de clima cálido seco y muy seco; ocupando un área de 410.35 ha que corresponden al 37.25% del total del área de estudio en la subcuenca de río Frio. La mayor parte de estos suelos están ubicados en el piso térmico cálido, donde cultivos como la caña de azúcar, maíz, sorgo, tabaco, soya, ajonjolí, plátano, y arroz dan buenos resultados, si cuentan con riego. También son aptos para cacao en sectores seleccionados y ganadería extensiva (levante y ceba), mejorando los potreros con pastos resistentes a la sequía como puntero, trenza, angleton, guineo, pará y leguminosas. Los principales limitantes del uso son los factores climáticos la susceptibilidad a la erosión y la profundidad efectiva del suelo.

En general los problemas de manejo que presentan los suelos de esta tierra son:

a) Baja fertilidad de asimilación de nutrientes (suelos ácidos).
b) Pendientes moderadas (no mayores del 12%).
c) Susceptibilidad ligera y moderada.
d) Profundidad efectiva de los suelos.

Las prácticas de manejo recomendable entre otras son:

- Aplicación de fertilizantes completos (NPK) y encalamiento periódico.
- Cultivos en curva de nivel, barreras vivas y fajas de contorno.
- División de potreros y rotación del ganado para evitar el sobrepastoreo.

Selección e implantación de gramíneas y leguminosas así como pastos de corte para suministro del ganado y/o para henificación o ensilaje.

2.5.5.2.4. Tierras De Clase 4

Las tierras de esta clase tienen serias limitaciones que restringen la actividad agropecuaria entre las cuales se encuentran las pendientes moderadas, la erosión ligera, los bajos a medios niveles de fertilidad; que determinan un manejo cuidadoso en la implementación de cultivos.

- **Subclase 4sec-1**

Los suelos de esta subclase son de relieve plano a ligera y fuertemente ondulado, con pendientes entre 0-3-7% y 12-25%, y de textura moderadamente gruesas a finas, superficiales hasta moderadamente profundo; la actividad agropecuaria está limitada debido a las deficientes precipitaciones; la presencia de piedra, cascajo y material geológico cercano a la superficie, así como a la presencia de sales, susceptibilidad a la erosión y la fertilidad media a baja.

No obstante estos suelos pueden ser aptos para ganadería extensiva (tipo engorde – levante), cultivos limpios con riego supletorio como algodón, maíz, maracuyá,

tabaco, badea, ajonjolí, tomate y de cobertura como caña, sorgo, soya y pastos de corte y cultivos de arroz por inundación en las partes planas y ligeramente onduladas.

Es importante en estas unidades implementar prácticas de conservación de suelos como: siembras en curvas a nivel, barreras vivas, rotación de potreros, etc. Todas ellas con miras a evitar una mayor degradación de los suelos.

Agrupan esta subclase los suelos presentes en la unidad PXFb; localizados en el paisaje de montaña y valles aluviales en clima cálido seco y muy seco. Esta clasificación corresponde al 7.55% del total del área de estudio, aproximadamente 83.14 ha.

- **Grupo de manejo 4sec-2**

Los suelos tienen características topográficas y físico-químicas similares a la unidad de manejo IVsec-1, pero han sufrido procesos de erosión hídrica más marcada, ya sea por fenómenos de erosión geológica o por mal uso de la tierra, su aptitud se limita por lo tanto a favorecer el desarrollo de la vegetación natural y/o recuperación de especies nativas, mediante la implementación de programas agroforestales de las áreas afectadas. En las áreas planas y ligeramente onduladas se pueden sembrar cultivos como sorgo, ajonjolí, así como pastos de corte con prácticas muy cuidadosa de manejo y conservación. Integra este grupo la asociación PXFb2 el cual Corresponde al 21.46% del total del área de estudio y ocupa un área de 236.42 ha.

2.5.5.2.5. Tierras De Clase 5

Las tierras de clase V tienen limitaciones que son susceptibles de ser corregidas, principalmente las relaciones con el mal drenaje, las relaciones, las sales, altos contenidos de aluminio y baja a moderada fertilidad.

- **Subclase 5sh**

Estos suelos se caracterizan por su drenaje natural pobre a imperfecto siendo esta su mayor limitante. Se presentan suelos de profundidad efectiva superficial y algunos moderadamente profundos, limitados por horizontes arcillosos compactos y con presencia de sales en algunos de ellos; las texturas son franco arcillosas.
El relieve de estas unidades es plano y plano cóncavo con pendientes menores del 7%; en sectores hay encharcamientos prolongados. Los suelos presentes en clima cálido son aptos para cultivos de arroz, con buen manejo del agua para riego (sistema de fangueo), ganadería extensiva, con mejoramiento y rotación de potreros, el sorgo y el ajonjolí como cultivos de rotación, responden bien, implementando prácticas de drenaje. Corresponden al 17% del total del área de

estudio, aproximadamente 302.804 ha. Comprende esta subclase las unidades VXDa y VXCa.

2.5.5.2.6. Tierras De La Clase 7

Estas clases de tierra tienen limitaciones severas que las hacen impropias para uso agropecuario. Solo se deben utilizar en actividades de reforestación con bosques protector-productor, conservación y/o recuperación de cuencas hidrográficas y sostenimiento de la vida silvestre.

- **Subclase 7sec**

Agrupan esta subclase los suelos de clima cálido, localizados en diferentes paisajes y caracterizados por presentar relieves que varían entre fuertemente quebrado a escarpado, con áreas onduladas a fuertemente onduladas y pendientes mixtas de 25-50-75% y 7-12-25%, son suelos superficiales y muy superficiales, limitados por el material geológico, con erosión en cárcavas, desprendimientos y erosión laminar de moderada a severa, siendo éstos los mayores limitantes para las unidades presentes en este clima.

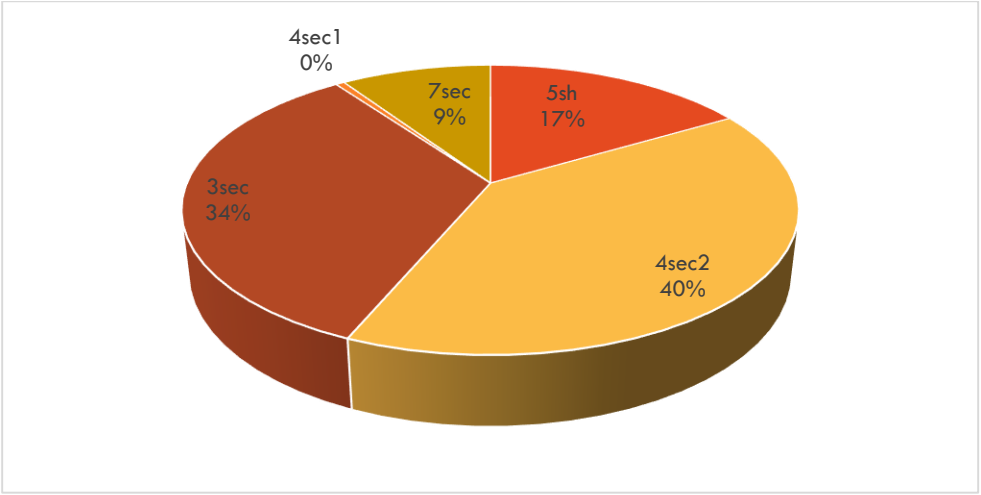
Las unidades localizadas en clima cálido y seco, presentan limitaciones severas debido a la baja precipitación, las pendientes escarpadas y la erodabilidad de los suelos, siendo estos los factores limitantes para el uso agropecuario. Por lo tanto estas unidades solo son aptas para el cultivo multiestrata, agroforestería, así como para el mantenimiento de la vegetación natural, la reforestación y refugio de la fauna. Ocupa un área de 129.99 ha que corresponden al 11.8% del total del área de estudio en la subcuenca de río Frio. Integran esta subclase la unidad: MXFf2

CLASE AGROLÓGICA	SUBCLASE	CARACTERÍSTICAS	LIMITANTES	OFERTA	ÁREA (ha)	%
3	sec	Tierras con relieve plano a inclinado con suelos moderadamente profundos y de texturas finas a finas. Con riego son aptas para cultivos de caña de azúcar, maíz, sorgo, arroz y en sectores seleccionados con pastos resistentes a la sequía tienen aptitud ganadera de tipo extensivo. Se debe aumentar el contenido de materia orgánica incorporándole abonos verdes, fertilizar y aplicar riego.	Presencia superficial de cascajo y pedregones; clima seco; susceptibilidad a la erosión	Agrícola-pecuaria con prácticas de manejo (IRRIGACIÓN) Agrícola (Cultivos permanentes)	616.223	34
4	sec-1	Tierras planas a ligera y fuertemente ondulado de textura moderadamente gruesas hasta finas, superficiales hasta moderadamente profundo; estos suelos pueden ser aptos para ganadería extensiva y cultivos limpios con riego, se deben implementar algunas prácticas de conservación de suelo, como siembras en curvas de nivel, barreras vivas, rotación de potreros etc.	Clima seco, deficientes precipitaciones, presencia de fragmentos o sales, piedra, cascajo, superficiales. Erosión ligera a moderada. Fertilidad media o baja.	Pecuaria extendido y agrícola con riego suplementario	10.001	1
	sec-2	Procesos de erosión hídrica marcada. En las áreas planas y ligeramente ondulas se pueden sembrar cultivos como sorgo, ajonjolí y pastos de corte con prácticas de manejo y conservación.	Erosión severa	Agroforestal recuperación	728.781	40
5	sh	Tierras con drenaje natural pobre a imperfecto. Suelos superficiales. Texturas arcillosas y sales. Relieve plano a plano cóncavo. En clima cálido son aptas para ganadería extensiva, cultivos de arroz o de sorgo y ajonjolí.	Drenaje pobre. Profundidad efectiva. Arcillas compactadas y sales.	Agrícola y pecuario con prácticas de drenaje.	302.804	17

CLASE AGROLÓGICA	SUBCLASE	CARACTERÍSTICAS	LIMITANTES	OFERTA	ÁREA (ha)	%
7	sec	Tierras generalmente escarpadas localizadas en todos los pisos térmicos y paisajes, las limitaciones de uso son muy severas debido a la presencia de erosión y por sus condiciones edáficas se deben dedicar al crecimiento de la vegetación nativa y a la protección de la vida silvestre.	Clima, relieve erodabilidad y afloramientos rocosos.	Forestal	172.014	9
		TOTAL			***1.830***	***100***

Tabla 120. Clasificación del suelo por clase de capacidad de uso y manejo para el área de estudio en la subcuenca de rio Frio Departamento del Huila.

Fuente: Estudio General de Suelos del Departamento del Huila (IGAC-1994), Esquema de Ordenamiento Territorial EOT del municipio de Campoalegre, 1999 y Fundispros, (2014).



Gráfica 20. Capacidad de uso y manejo de la tierra para el área de estudio en la subcuenca de río Frio, Departamento del Huila

Fuente: Estudio General de Suelos del Departamento del Huila (IGAC-1994), Esquema de Ordenamiento Territorial EOT del municipio de Campoalegre, 1999 y Fundispros, (2014).

2.5.5.2.7. Aptitud del Suelo

La aptitud se define como el grado de adaptabilidad de una unidad de tierra para una clase especifica de uso, o como el grado de intensidad con que las limitaciones de una unidad de tierra afectan el uso de la misma en forma general o particular.
La aptitud se determina al medir el grado de acercamiento entre las características de la tierra UT y los requerimientos de los tipos de utilización propuestos (TUT).
Con el análisis anterior se estableció que en el área de estudio existe un solo orden de aptitud el cual corresponde a A-apta

Dentro de estos órdenes se determinaron las siguientes clases:
Clase A1 – altamente apta
Clase A2 – moderadamente apta
Clase A3 – marginalmente apta

Las subclases se establecen a partir de la clase de aptitud e indican la clase de limitación o las variables condicionantes y se simbolizan de la siguiente manera:
h = humedad (determinada por la precipitación)
t = temperatura
q = propiedades químicas
d = drenaje
p = pendiente
e = profundidad efectiva

Las características y/o cualidades de la tierra corresponden a las diferentes condiciones de clima, propiedades físicas y químicas, de manejo y conservación que cada unidad cartográfica presenta en el área de estudio.
Dentro de estas metodologías es necesario tener en cuenta que el término tierra comprende todos los aspectos del medio ambiente importante para el crecimiento de las plantas: clima, relieve, suelo, etc.
Características de la tierra (precipitación, temperatura, textura, pH, etc.), atributos que pueden ser medidos o estimados y que influyen de una manera particular sobre su comportamiento para un uso específico.
Las clases referidas anteriormente se definen de la siguiente forma:

- **Clase de Aptitud Alta (A1)**

Tierras sin limitaciones para la producción sostenida de un determinado tipo de utilización, aplicando las técnicas de manejo correspondientes.
Existe un mínimo de restricciones que no reducen la productividad o los beneficios en forma significativa y no aumentan los insumos necesarios por encima de un nivel aceptable.

- **Clase de Aptitud Moderada (A2)**

Tierras que presentan limitaciones moderadas para la producción sostenida de un determinado tipo de utilización con las técnicas de manejo correspondientes. Las limitaciones reducen la productividad o los beneficios, por lo cual se hace necesaria la aplicación de insumos a un nivel que reduce las utilidades. Sus beneficios son sensiblemente menores que los correspondientes a la clase anterior.

- **Clase de aptitud Marginal (A3)**

Tierras que presentan limitaciones fuertes para la producción sostenida de un determinado tipo de utilización, con las técnicas de manejo correspondientes. Estas limitaciones reducen los rendimientos o los beneficios, por el aumento de insumos necesarios, en tal forma que los costos solo serían justificables marginalmente.

2.5.5.2.8. Aptitud De Las Tierras De Acuerdo Con La Evaluación

En la siguiente tabla se presenta los resultados generales de la aptitud de uso del suelo; teniendo en cuenta el paisaje, clima y unidad cartográfica para los diferentes cultivos y sistemas de producción agrupados en agricultura de subsistencia, frutales, cultivos comerciales y/o agroindustriales, pastos y bosques de conservación para el área de estudio.

Tierras con moderada a marginal aptitud para actividades agropecuarias A2/A3

Presentan esta aptitud aquellas tierras (Unidades Cartográficas) localizadas en los tipos de relieve de filas y vigas asociadas, glacis de erosión, Hog-backs, crestones y barras asociadas, en donde el clima es cálido seco y muy seco (precipitaciones menores de 1000 mm) y las fuertes pendientes (25-50 y 75%) son las mayores limitantes, para que estas unidades puedan tener una mejor aptitud para los tipos de uso (cultivo) propuesto, de acuerdo con los resultados del proceso de armonización.

Las condiciones de clima cálido seco y muy seco especialmente, afectan la aptitud de las tierras de las unidades presentes en los paisaje de piedemonte y valles, localizados por debajo de los 1000 m que sumados a otras limitantes como profundidad efectiva en algunos casos y características químicas en la mayoría, determinan que un alto porcentaje de los cultivos propuestos son marginal a moderadamente aptos.

Dentro de éstas se destacan las tierras de las unidades PXA, PXFb2 y MXF, localizada en el paisaje de piedemonte; no obstante las condiciones climáticas son moderada o altamente aptas para cultivos como la leucaena y frutales como el marañón; así como para los cultivos agroindustriales como el maní, el ajonjolí, sorgo y soya, implementando, claro está, riego artificial, o haciendo coincidir la época de lluvia con las siembras.

En el paisaje de piedemonte de clima seco y muy seco, todas las tierras de las unidades allí presentes son altamente aptas para los pastos mejorados, la guadua y la implementación de bosque protector – productor.
Esta unidad Ocupan un área de 859.9 ha que corresponden al 78.05% del total del área de estudio.

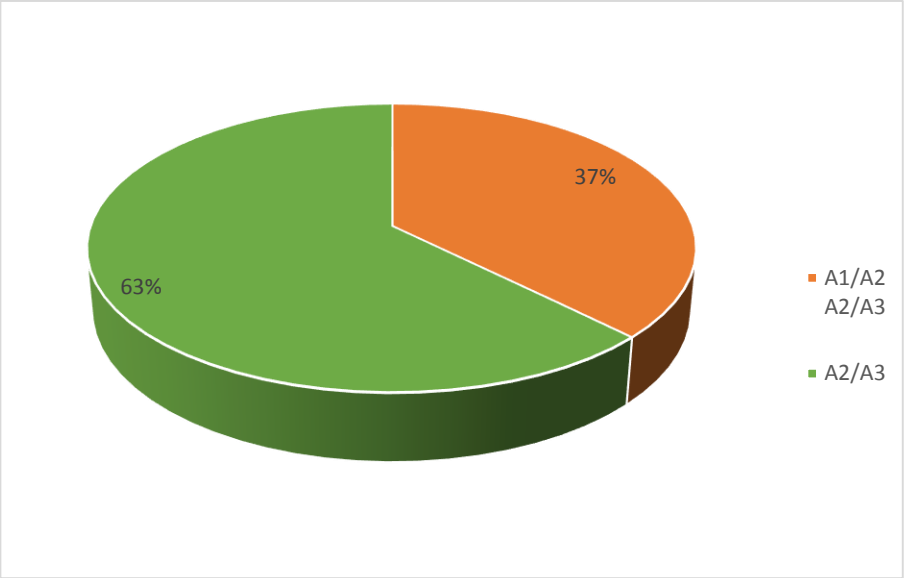
Tierras con alta a moderada aptitud para el cultivo del arroz pero moderado a marginal para otros cultivos – A1/A2 - A2/A3

Corresponde a las tierras de todas las unidades presentes en el paisaje del valle aluvial VXC, VXD del río Magdalena y algunas otras vegas y terrazas de río Frio. Las texturas finas, así como la pendiente suave y el mal drenaje, determinan que estas tierras sean óptimas para la explotación intensiva del arroz, actividad que se viene realizando con tecnificación.

Esta unidad cartográfica ocupan un área de 241.81 ha que corresponden al 21.95% del total del área de estudio.

APTITUD DE USO	CARACTERISTICAS	LIMITACIONES	TIPO DE UTILIZACIÓN RECOMENDADO
A2/A3 Tierras con moderada a marginal aptitud para actividades agropecuarias	*Tierras localizada en los tipos de relieve de filas y vigas asociadas, glacis de erosión, colinas y lomas y vallecitos del paisaje de montaña y en las colinas del lomerío en clima: cálido seco y muy seco (precipitaciones < 1000 mm). * Pendientes < 25%	Drenaje impedido *poca profundidad efectiva *Características químicas. *pendientes fuertes	*Marginal a moderada (Leguminosas, chachafruto, maíz, yuca, arroz, cacao, caña de azúcar, maní cardamomo) *Moderada a altamente aptas (Leucaena, marañón, maní, ajonjolí, sorgo, soya) *Altamente aptos (Pastos mejorados, Guadua, bosque protector- productor)
A1/A2-A2/A3 Tierras con alta a moderada aptitud para el cultivo del arroz pero moderada a marginal para otros cultivos.	*Paisaje del valle aluvial del Río Magdalena y vegas de los ríos *Texturas y pendientes suaves. Drenaje impedido determina que estas tierras sean óptimas para explotación intensiva del arroz, actividad que se viene realizando con una alta tecnificación.	*Drenaje impedido *Susceptibilidad a la erosión. *Condiciones climáticas y edafológicas.	*Altamente óptimas para el Cultivo del arroz tecnificado.

T**abla 121. Clasificación de tierras según su aptitud de uso para el área de estudio en la subcuenca de río Frio, Departamento del Huila**
Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial EOT del municipio de Campoalegre, 1999 y Fundispros, (2014).



Gráfica 21. Distribución porcentual de la Aptitud del suelo para el área de estudio en la subcuenca de rio Frio, Departamento del Huila
Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial EOT del municipio de Campoalegre, 1999 y Fundispros, (2014).

2.5.5.3 Realización Uso Actual del Suelo Área del Proyecto

2.5.5.3.1. Cobertura y Uso Actual del Suelo

Para tener una idea clara de cobertura vegetal y uso actual se dan diferentes definiciones, sin embargo la cobertura se relaciona con el papel protector de las especies vegetales, contra, procesos erosivos que se presentan, con excepción de los procesos geológicos que son independientes de la cubierta vegetal presente. También se considera cobertura todas las construcciones o edificaciones con destino al desarrollo de las actividades del ser humano; todo esto se entienden en forma general como uso del suelo.

El conocimiento del uso actual del suelo, sirve como soporte indispensable, de la optimización del uso, lo cual conlleva a modificar los diferentes usos de acuerdo a la vocación de la zona de estudio, con el fin de darle un manejo de tipo sustentable mitigador del impacto al recurso suelo.

La cobertura se determina por unidades al igual que las de uso del suelo. Dentro de las coberturas se tienen Vegetal e Hídrica. Las de uso son Protección, Protección - Producción, Recreación, Recuperación, Pastoreo y Agricultura.

El conocimiento de la cobertura y uso actual de la tierra nos permite identificar las condiciones socioeconómicas del área; es una herramienta de mucha importancia porque identifica el grado de desarrollo de las explotaciones agrícolas y ganaderas, además es un indicador del potencial de producción de un área porque es el producto de las interrelaciones de todos los factores que participan en la producción (climáticos, culturales, políticos, comerciales,

técnicos, potencialidad de los suelos, etc.,), los cuales influyen en la determinación de alternativas de programas de mejoramiento económico y social de los campesinos.

Para el desarrollo del estudio, se tuvo en cuenta el tipo de clasificación que tiene que ver con la leyenda definida por el Ministerio de Agricultura.

Para la realización del mapa de la cobertura y uso actual del suelo en el área de estudio se tomó como fuente el mapa de uso y cobertura incluido en el documento del Esquema de Ordenamiento Territorial EOT del municipio de Campoalegre, 1999; sobreponiendo el área del proyecto, se determinó que tipo de cobertura y uso se presentaban en ella y se le determino la superficie ocupada por cada uso y cobertura y el porcentaje respecto al área total del proyecto.

La descripción de unidades delimitadas en la cartografía está diferenciadas con dos letras relacionadas con el nombre del cultivo o con la denominación de tipo específico de uso; las clases de cobertura y uso van desde aquellas en donde el efecto antrópico ha sido mínimo o nulo (bosque natural), hasta la cobertura denominada áreas sin usos agropecuario y/o forestal en donde aparecen las zonas urbanas en la que la acción del hombre ha producido el máximo grado de artificialización.

Se identifican cuatro (4) unidades de uso actual del suelo, agrupándose por unidad de cobertura las cuales aparecen relacionadas en la tabla al final de este ítem, a continuación se describen las unidades y el tipo específico de uso encontrados en el área de estudio en las subcuenca del río Frio.

2.5.5.3.2. Tierras Con Uso Agrícola

Cultivos Semestrales y Anuales (Cs)

Estos cultivos se caracterizan por presentar un periodo vegetativo menor a un año y en el caso del arroz, el tabaco y el tomate menor a seis (6) meses; con remoción frecuente del suelo mediante maquinaria. Este tipo de cultivos se desarrolla en terrenos planos sobre los vallecitos, vegas y terrazas de rio Frio ocupando un área de 386.929 ha en monocultivos de arroz (Az), 29.720 ha en tabaco (Tb) y 12.292 ha en tomate (To) que corresponden al 21%, 2% y 1% respectivamente del total del área de estudio.

Cultivos Permanentes (Cp)

Los cultivos permanentes son aquellos cuyo periodo vegetativo es mayor a tres años y requieren de labores culturales de mantenimiento en forma permanente. El cacao por su parte establecido en la zona como cultivo asociado con tomate (Ca/To), ocupa un área de 2.287 ha equivalente a 0.13% de la zona de estudio y como asociación agroforestal con bosque secundario (Ca/Bs) ocupa un área de 166.820 ha equivalente al 9% del área de estudio la subcuenca de río Frio.

2.5.5.3.3. Tierras Con Uso Pecuario

Cobertura de Pastos

En el área de estudio en la subcuenca de río frio se establecen tres (3) categorías de pastizales, de acuerdo al manejo agronómico establecido.

- **Pastos Manejados (Pm)**

En algunas zonas especialmente en la parte plana en donde se dispone de agua para riego se maneja el pasto de pastoreo como una actividad agrícola de tipo permanente y se le da el respectivo manejo agronómico, cultivando variedades introducidas los cuales generan altos rendimientos en la ganadería, estos pastos son de manejo y se utilizan variedades tales como: Angleton (Andropogon nodosus), Puntero (Hiparrehenia rufa), Estrella (Cynodon plestota), Braquiaria (Brachiaria decumbens), Yaraguá o gordura (Melinis minutiflora), Pastos de Corte con King Grass (Saccharum Sinense), imperial (Axonopus Scoparius) y Elefante (Pennisetum purpureum).
En el área de estudio estos pastos manejados (Pm), ocupan un área de 275.421 ha equivalentes al 15% respectivamente.

- **Pasto Natural (Pn) y Pasto con Rastrojo y/o Enmalezado (Pr)**

Se presentan pastos naturales o plantas gramíneas que crecen en forma espontánea y natural, Yaraguá (Melinis minutiflora), Grama, Teatino etc. Unos tienen alguna forma de mantenimiento consistente en limpieza de maleza y otros no se le suministra ningún tipo de mantenimiento y se le denomina pasto enmalezado. Este último presenta especies vegetales predominantes como: Pelá (Acacia farresiana), Chaparro (Curatella americana), Cruceto (Randia aculeata), Cují (Prosopis juliflora), Algodón de Castilla (Calatropis procesa), Guácimo (Guazuma vinifolia).

Los tipos de pasto establecidos en la zona son: pasto natural de forma individual (Pn), el cual ocupa un área de 149.831 ha que corresponde al 8%, pastos con rastrojos ocupando un área de 454.789 ha equivalentes al 25% del área de estudio y pastos en consociación entre pasto natural y pasto con rastrojo (Pn/Pr) el cual equivale a un área de 0.55 ha correspondiente al 0.03% del área de estudio.

2.5.5.3.4. Áreas Sin Uso Agropecuario (Te) y (Zu)

Esta unidad corresponde a zonas donde la cobertura vegetal original se presenta en forma dispersa y en algunas áreas ha desaparecido, en donde el suelo está completamente desnudo sin horizonte A y en algunos casos sin horizonte B; a esta unidad corresponde la zona urbana (Zu) y las tierras eriales (Te).

La zona urbana (Zu) son aquellas zonas en donde se localizan los asentamientos humanos y se han construido obras para su servicio y beneficio.

Es la que se dedica al desarrollo socio - económico del hombre y se presenta en los municipios, veredas y demás centros poblados ocupando un área 200.50 ha las cuales equivalen al 11% del total del área de estudio.

Las tierras eriales (Te), se relaciona con aquellos suelos que han experimentado procesos de degradación y/o deterioro, bien sea de origen natural o antrópico. La unidad de área de tierras eriales ocupadas corresponden a 52.046 ha el 3 % del total del área estudio en la subcuenca de rio Frio.

2.5.5.3.5. Vegetación Natural Arbustiva

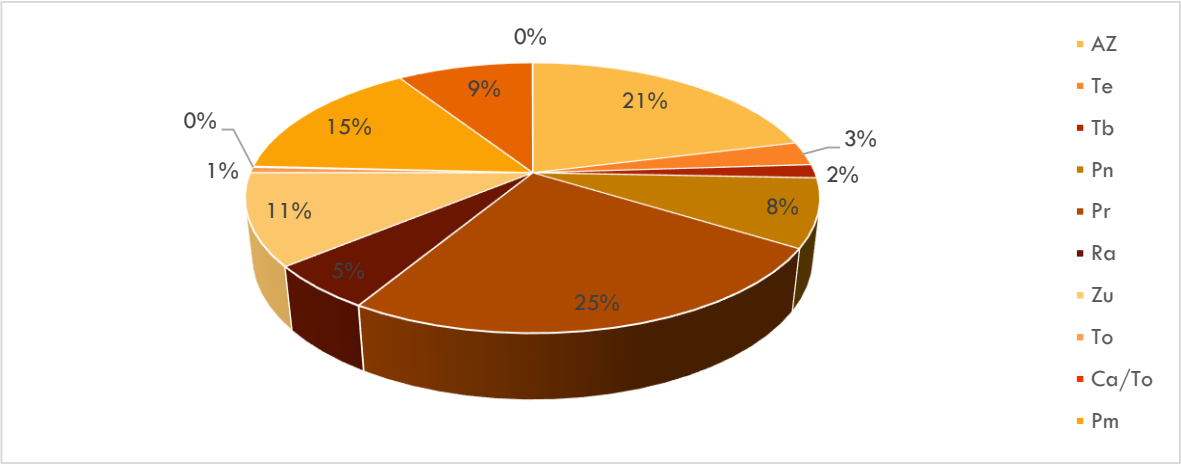
Esta unidad se caracteriza por presentar especies vegetales arbustivas y herbáceas densas y de porte bajo.

- **Rastrojos (Ra)**

Cumplen una función protectora y se desarrollan donde ha sido talado el bosque o en zonas que no se utiliza para la agricultura y ganadería (revegetalización natural), con especies predominantes como el Guácimo (Guazuma vinifolia), Pelá (Acacia ferresiana), Cruceto (Randia aculeata) y algunas Solanáceas. En algunos sectores estos rastrojos se utilizan para explotación ganadera en forma silvopastoril, la cual protege el suelo de la erosión causada por el pisoteo y por fenómenos naturales. Esta unidad ocupa un área de 98.323 ha equivalentes al 8% total del área de estudio.

CLASE	SUBCLASE	SISTEMA	SIMBOLO	AREA (ha)	%
		USO AGROPECUARIO			
TIERRAS DE USO AGRICOLA	CULTIVOS SEMESTRALES O ANUALES	Arroz	Az	386,929	21
		Tabaco	Tb	29,720	2
		Tomate	To	12,292	1
	CULTIVOS PERMANENTES	Consociaciones Cacao - Tomate	Ca/To	2,287	0,13
		Consociaciones Cacao - Bosque Secundario	Ca/Bs	166,820	9
TIERRAS CON USO PECUARIO	PASTOS	Pasto manejado	Pm	275,421	15
		Pasto natural	Pn	149,831	8
		Pasto con rastrojo	Pr	454,789	25
		Consociación Pasto natural - Pasto con rastrojo	Pn/Pr	0,55	0,03
TIERRAS SIN USO AGROPECUARIO		Zona Urbana	Zu	200,50	11
		Tierras eriales	Te	52,046	3
USO PROTECTOR					
COBERTURAS VEGETALES	VEGETACION NATURAL ARBUSTIVA	Rastrojos	Ra	98,323	5
		TOTAL		***1.830***	***100***

Tabla 122. Cobertura y uso actual del suelo para el área de estudio en la subcuenca de río Frio Departamento del Huila
Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial EOT del municipio de Campoalegre, 1999 y Fundispros, (2014).



Gráfica 22. Distribución porcentual de la cobertura y uso actual del suelo para el área de estudio en la subcuenca de rio Frio, Departamento del Huila
Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial EOT del municipio de Campoalegre, 1999 y Fundispros, (2014).

2.5.5.4. Clasificación del contenido de elementos mayores y menores en los suelos pH %M.O, C.I.C relación C/N y saturación de bases.

La Fertilidad del Suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

La fertilidad está muy ligada a la nutrición vegetal proceso mediante el cual la planta absorbe del medio que le rodea las sustancias que le son necesarias para desarrollarse y crecer. Estas sustancias son exclusivamente de tipo mineral o inorgánico.

Para garantizar la nutrición de los cultivos y asegurar sus rendimientos en cantidad y calidad se suelen emplear fertilizantes minerales. Las exigencias de sostenibilidad económica y de producción de mínimos impactos ambientales que actualmente condicionan la actividad agrícola obligan a que la aplicación de fertilizantes minerales se calcule y aplique con el máximo rigor científico y técnico.

Los elementos nutritivos son aquellos elementos químicos que son absolutamente imprescindibles o esenciales para el desarrollo completo del ciclo de vida de las plantas. Son esenciales los siguientes:

Carbono (C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Azufre (S), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Boro (B), Cloro (Cl).

A continuación se presenta un resumen de los resultados químicos del primer horizonte para los seis perfiles de suelos descritos en la zona:

	PERFIL	1	2	3	4	5	6
PARÁMETRO	**UNIDAD CARTOGRÁFICA**	PXFb2	VXCa	VXDa	PXFb	MXFf2	PXAb
Profundidad de la muestra	**cm**	50	40	30	50	90	35
Textura	**organoléptica**	FA	FA	FA	FA	FA	FA
pH	-	8,10	6,70	6,80	7,60	6,80	5,50
Densidad aparente	**g/cc**	1,44		1,47	1,46	1,57	1,62
Acidez intercambiable	**c-mol(+)/Kg**	-	-	-	-	-	-
CIC	**c-mol(+)/Kg**	10,74	14,20	8,25	13,10	12,53	5,79
CO	**%**	1,16	0,77	0,89	1,08	1,30	0,47
MO	**%**	2,00	1,33	1,53	1,86	2,24	0,81
Potasio	**c-mol(+)/Kg**	1,29	0,17	0,13	0,30	0,13	0,18
Calcio	**c-mol(+)/Kg**	12,40	10,18	6,24	10,50	10,30	3,10
Magnesio	**c-mol(+)/Kg**	2,46	2,84	1,41	2,85	1,93	1,18
Sodio	**c-mol(+)/Kg**	0,50	0,53	0,42	0,39	0,27	0,29
Aluminio	**c-mol(+)/Kg**	-	-	-	-	-	
Fosforo	**ppm**	44,40	58,70	25,50	8,94	3,74	18,50
Azufre	**ppm**	10,30	9,70	2,30	1,80	1,80	12,60
Boro	**ppm**	0,41	0,17	0,16	0,20	0,16	0,14
Hierro	**ppm**	28,50	221,00	123,00	41,50	93,10	125,00
Cobre	**ppm**	1,26	4,09	3,18	1,41	1,90	2,70
Manganeso	**ppm**	4,80	40,30	46,30	32,20	30,80	28,80
Zinc	**ppm**	78,08	5,96	9,93	0,53	0,75	1,74
CICE	**c-mol(+)/Kg**	16,65	13,70	8,19	20,45	12,60	4,75
Suma Bases	**c-mol(+)/Kg**	16,65	13,72	8,20	14,04	12,63	4,75

Tabla 123. Resumen de elementos mayores y menores de los resultados de los análisis de suelos realizados en laboratorio.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Unidad Cartográfica PXFb2, Perfil 1:

Los suelos que representa este perfil modal presentan una textura franco-arenosa, un pH moderadamente alcalino (8,4) y contenidos de materia orgánica, adecuados. En cuanto a macro y micronutrientes, la interpretación se observa a continuación:

ELEMENTO	CLASIFICACIÓN
Nitrógeno	ADECUADO
Potasio	EXCESIVO
Calcio	EXCESIVO
Magnesio	ADECUADO
Fosforo	EXCESIVO
Azufre	ADECUADO
Boro	ALTO
Hierro	BAJO
Cobre	ADECUADO
Manganeso	BAJO
Zinc	EXCESIVO

Tabla 124. Interpretación niveles de elementos nutritivos, para los suelos del perfil 1.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Como se observa en la tabla anterior el nitrógeno, el potasio, el calcio, el fosforo y el zinc se encuentran en niveles excesivos, lo cual es perjudicial pues genera un fuerte antagonismo, dado que se da lugar a altas relaciones Ca/K, Ca/Mg, este fenómeno tiene como consecuencia, baja disponibilidad de K y Mg para las plantas. Asimismo, los altos niveles de Zn causan una baja relación P/Zn y en consecuencia baja disponibilidad de fósforo, aun cuando este se encuentra en alta concentración en el suelo. Elementos como el nitrógeno, magnesio, azufre y cobre se encuentran en un nível adecuado, lo cual significa que la fertilización debe hacerse con fines de mantener la disponibilidad en el suelo.

En cuanto a los micronutrientes Hierro y Manganeso, su baja disponibilidad natural en suelos alcalinos indica que su fertilización debe hacerse en forma quelatada. El boro dado su propiedad de ser en exceso toxico para las planta y estar en un rango alto, no debe aplicarse.

Unidad Cartográfica VXCa, Perfil 2:

Los suelos que representa este perfil modal presentan una textura franco-arenosa, un pH neutro (6,7) y contenidos de materia orgánica bajos. En cuanto a macro y micronutrientes, la interpretación se observa a continuación:

ELEMENTO	CLASIFICACIÓN
N	BAJO
Potasio	BAJO
Calcio	EXCESIVO
Magnesio	ALTO
Fosforo	EXCESIVO

ELEMENTO	CLASIFICACIÓN
Azufre	ADECUADO
Boro	BAJO
Hierro	EXCESIVO
Cobre	EXCESIVO
Manganeso	EXCESIVO
Zinc	EXCESIVO

Tabla 125. Interpretación niveles de elementos nutritivos, para los suelos del perfil2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Como se observa en la tabla anterior, únicamente el nitrógeno y el potasio se encuentran en niveles bajos, lo cual se explica en parte por los bajos contenidos de materia orgánica. La deficiencia de K se ve agudizada por los altos contenidos de Calcio. El azufre se encuentra en un nivel adecuado en el suelo, los demás elementos se encuentran en niveles excesivos, sin embargo esto no significa que algunos como el fósforo no deban aplicarse pues existen fuertes antagonismos por el exceso de Ca y Zn. Asimismo el magnesio que se encuentra en un nivel alto, debe aplicarse dado a un posible fuerte antagonismo con Calcio.

Unidad Cartográfica VXDa, Perfil 3:

Los suelos que representa este perfil modal presentan una textura franco-arenosa, un pH neutro (6,8) y contenidos de materia orgánica bajos. En cuanto a macro y micronutrientes, la interpretación se observa a continuación:

ELEMENTO	CLASIFICACIÓN
N	BAJO
Potasio	ALTO
Calcio	ADECUADO
Magnesio	BAJO
Fosforo	ADECUADO
Azufre	BAJO
Boro	BAJO
Hierro	EXCESIVO
Cobre	EXCESIVO
Manganeso	EXCESIVO
Zinc	EXCESIVO

Tabla 126. Interpretación niveles de elementos nutritivos, para los suelos del perfil 3.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

El único elemento que se encuentra en un nivel alto es el potasio, sin embargo se debe tener en cuenta las relaciones catiónicas y su posible efecto antagónico. Calcio

y fósforo son los únicos macronutrientes que se encuentran en niveles adecuados, mientas nitrógeno, magnesio y azufre se encuentran en niveles bajos. En los micronutrientes el boro está en una concentración baja, los demás (hierro, cobre, manganeso y zinc) se encuentran en niveles excesivos.

Unidad Cartográfica PXFb, Perfil 4:

Los suelos que representa este perfil modal presentan una textura franco-arenosa, un pH ligeramente alcalino (7,6) y contenidos de materia orgánica medios. En cuanto a macro y micronutrientes, la interpretación se observa a continuación:

ELEMENTO	CLASIFICACIÓN
N	ADECUADO
Potasio	BAJO
Calcio	EXCESIVO
Magnesio	ADECUADO
Fosforo	BAJO
Azufre	BAJO
Boro	BAJO
Hierro	ALTO
Cobre	ADECUADO
Manganeso	EXCESIVO
Zinc	BAJO

Tabla 127. Interpretación niveles de elementos nutritivos, para los suelos del perfil 4.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

El nitrógeno y el magnesio se encuentran en un rango adecuado, pero la disponibilidad del magnesio se puede ver afectada por los excesivos contenidos de calcio. El fósforo y el potasio se encuentran en niveles bajos y su disponibilidad puede ser aún menor dado los antagonismos con el calcio. El azufre también se encuentra en un nivel bajo. En cuanto a los micronutrientes el hierro y el cobre se encuentran en un nivel alto y adecuado respectivamente, mientras que boro y zinc se encuentran en niveles bajos, el manganeso se encuentra en un nivel excesivo, lo cual indica posibles fenómenos de óxido-reducción.

Unidad Cartográfica MXFf2, Perfil 5:

Los suelos que representa este perfil modal presentan una textura franco-arenosa, un pH neutro (6.8), y contenidos de materia orgánica bajos. En cuanto a macro y micronutrientes, la interpretación se observa a continuación:

ELEMENTO	CLASIFICACIÓN
N	Adecuado
Potasio	Bajo
Calcio	Excesivo
Magnesio	Adecuado
Fosforo	Bajo
Azufre	Bajo
Boro	Bajo
Hierro	Excesivo
Cobre	Adecuado
Manganeso	Excesivo
Zinc	Bajo

Tabla 128 Interpretación niveles de elementos nutritivos, para los suelos del perfil 5.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Al igual que en el perfil modal 4, el nitrógeno y el magnesio se encuentran en niveles adecuados, sin embargo la absorción del magnesio se puede ver limitada por los excesivos contenidos de calcio. El potasio, el fósforo y el azufre se encuentran en niveles bajos y su absorción puede además verse limitada por antagonismos con calcio. Los micronutrientes hierro y manganeso se encuentran en niveles excesivos, indicando fenómenos de óxido-reducción. El cobre se encuentra en un nivel adecuado, mientras que el boro y el cinc se encuentran a una baja concentración en el suelo.

Unidad Cartográfica PXAb, Perfil 6:

Los suelos que representa este perfil modal presentan una textura franco-arenosa, un pH fuertemente ácido (5.5), y contenidos de materia orgánica bajos. En cuanto a macro y micronutrientes, la interpretación se observa a continuación:

ELEMENTO	CLASIFICACIÓN
N	Bajo
Potasio	Bajo
Calcio	Adecuado
Magnesio	Bajo
Fosforo	Adecuado
Azufre	Adecuado
Boro	Bajo
Hierro	Excesivo
Cobre	Alto
Manganeso	Excesivo
Zinc	Bajo

Tabla 129. Interpretación niveles de elementos nutritivos, para los suelos del perfil 6.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En cuanto a macronutrientes el nitrógeno, el potasio y el magnesio se encuentran en niveles bajos, mientras calcio, fósforo y azufre, se encuentran en niveles adecuados. Los micronutrientes como el hierro y el manganeso se encentran en niveles excesivos que pueden ser atribuidos al pH fuertemente ácido. Bel boro y el cobre se encuentran en niveles adecuados y altos respectivamente.

El pH del suelo

pH es la característica que se refiere al grado de acidez o alcalinidad de los suelos, es decir la concentración de hidrogeniones (H+) en el suelo, de la reacción depende un gran número de propiedades del suelo, relacionadas con la nutrición de las plantas, principalmente la disponibilidad de nutrientes indispensables para su desarrollo. Cada cultivo o especie tiene distinta tolerancia a la acides o alcalinidad de suelos, así como no es bueno tener suelos tan ácidos, tampoco es recomendable suelos con pH altos.

Cada cultivo tiene un rango de pH donde este obtiene un mejor desarrollo, para los cultivos priorizados (cacao, arroz y tabaco) se tiene los siguientes valores óptimos de pH:

CULTIVO	pH óptimo
Cacao	5,1-6,4
Arroz	5,5-6,5
Tabaco	5,8-6,2

Tabla 130. Valores óptimos de pH para los cultivos priorizados en la zona.
Fuente: Fertilización de cultivos de clima cálido de cultivos de clima cálido, MONOMEROS, 2006.

Como se observa en la tabla anterior, los cultivos priorizados prefieren pH entre fuertemente y ligeramente ácidos, lo cual contrasta con el pH alcalino de la mayoría de los suelos del proyecto, salvo los que representa el perfil 6. A continuación se presentan los valores de pH para cada uno de los perfiles muestreados.

PERFIL	UNIDAD CARTOGRÁFICA	VALOR pH	INTERPRETACIÓN.
1	PXFb2	8,1	Moderadamente alcalino
2	VXCa	6,7	Neutro
3	VXDa	6,8	Neutro
4	PXFb	7,6	Ligeramente alcalino
5	MXFf2	6,8	Neutro
6	PXAb	5,5	Fuertemente ácido

Tabla 131. Valores de pH en los seis perfiles descritos en la zona
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Materia orgánica

La materia orgánica del suelo es una fuente importante de aporte N, P, S macronutrientes, además de mejorar las propiedades físicas textura, estructura,

consistencia, plasticidad, capacidad de retención de humedad y capacidad de intercambio catiónico.

De allí la gran importancia que los suelos contengan de adecuado a alto contenido de porcentaje de materia orgánica, La materia orgánica que aparece en el suelo natural está constituida por mezcla de microorganismos y restos vegetales y animales, en diferente grado de descomposición. En los suelos cultivados, puede haber además aportes de materias orgánicas de origen y características muy diversas.

La materia orgánica influye positivamente en todas las propiedades del suelo, tanto física, química y biológica ya que aporta aniones y otros elementos de gran importancia que deben ser tomados y tenidos en cuenta en planes de fertilización. A continuación se presenta los valores de materia orgánica para cada uno de los seis perfiles estudiados y su interpretación.

PERFIL	UNIDAD CARTOGRÁFICA	% M.O	INTERPRETACIÓN.
1	PXFb2	2,00	MEDIO
2	VXCa	1,33	BAJO
3	VXDa	1,53	BAJO
4	PXFb	1,86	BAJO
5	MXFf2	2,24	MEDIO
6	PXAb	0,81	BAJO

Tabla 132. Contenidos de materia orgánica en los perfiles descritos.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Se aprecian niveles bajos de materia orgánica en cuatro de los seis perfiles estudiados, en estos suelos es evidente la necesidad de hacer más intensiva la fertilización nitrogenada.

Capacidad de intercambio catiónico

La capacidad de intercambio catiónico es una de las variables a tener en cuenta en planes de fertilización y recomendaciones técnicas de métodos de aplicación, ya que es la característica que mide la capacidad que tiene el suelo para retener e intercambiar cationes, almacenándolos, evitando pérdidas por lixiviación, pero cediendo nutrientes a las plantas para su nutrición. Los principales cationes en la fertilidad del suelo son las llamadas bases intercambiables: Ca, Mg, K y Na.

La C.I.C también depende de la textura, tipo de arcilla (si es el caso) y el contenido de materia orgánica, en razón que C.I.C y el porcentaje de saturación de bases están estrechamente relacionadas con el nivel de fertilidad de los suelos, lo deseable es que ambas características sean altas, lo cual se refleja en un alto potencial de suelo para suministrar nutrientes a las plantas. A continuación se muestran los valores de la CIC en cmolc/Kg para cada uno de los perfiles estudiados.

PERFIL	UNIDAD CARTOGRÁFICA	C.I.C cmolc/kg	INTERPRETACIÓN.
1	PXFb2	5,79	BAJO
2	VXCa	12,73	MEDIO
3	VXDa	13,1	MEDIO
4	PXFb	8,25	BAJO
5	MXFf2	14,2	MEDIO
6	PXAb	10,74	MEDIO

Tabla 133. Capacidad de intercambio catiónico para los seis perfiles estudiados
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Como se aprecia en la tabla anterior los perfiles 1 y 4 tienen valores bajos de CIC, lo que limita su capacidad de retención de bases de cambio, los demás suelos estudiados tienen una CIC media, lo cual les da una capacidad importante para retener bases aunque los niveles altos de calcio limiten la disponibilidad de las otras bases (Mg y K).

Contenido nutricional relación carbono nitrógeno C/N

El nitrógeno es uno de los elementos principales para la vida. Es esencial para la vida de las plantas porque estimula el crecimiento por encima del suelo, y contribuye al brillante color verde característico de las plantas. El nitrógeno es uno de los elementos más importantes en planes de fertilización en la mayoría de cultivos, se debe relacionar el contenido disponible en el suelo y lo que aporta la materia orgánica. Del 97 al 99 % del nitrógeno del suelo se encuentra en forma orgánica, es por lo tanto la materia orgánica el almacén de N del suelo.

En la siguiente tabla se ve el resumen de los contenidos de M.O, C.O y nitrógeno calculados a partir del % de materia orgánica, para cada unidad cartográfica de suelos, estos valores son aproximados más no exactos, para saber el contenido exacto de nitrógeno se deberá realizar pruebas de laboratorio y extracción para este elemento.

PERFIL	UNIDAD CARTOGRÁFICA	C.O %	M.O %	N total %	%N aprovechable	N ppm	RELACIÓN C/N	INTERPRETACIÓN
1	PXFb2	1,16	2,00	0,10	0.0015	15	11,61	ligeramente alta
2	VXCa	0,77	1,33	0,07	0.0011	10.5	11,62	ligeramente alta
3	VXDa	0,89	1,53	0,08	0.0012	12.0	11,63	ligeramente alta
4	PXFb	1,08	1,86	0,09	0.0014	13.5	11,62	ligeramente alta
5	MXFf2	1,3	2,24	0,11	0.0017	16.5	11,62	ligeramente alta
6	PXAb	0,47	0,81	0,04	0.0006	6.0	11,58	ligeramente alta

Tabla 134. Contenidos de M.O., C.O., Nitrógeno total, nitrógeno aprovechable y relación carbono nitrógeno en los seis perfiles estudiados.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Se aprecia que la relación carbono/nitrógeno está ligeramente alta en todos los perfiles muestreados, esto significa que el proceso de mineralización de la materia orgánica en el suelo se ve limitado en casi todos los suelos y se deben hacer aportes de materia orgánica con baja relación carbón/nitrógeno para promover la mineralización de la materia orgánica y la disponibilidad del nitrógeno.

Saturación de bases

La saturación de bases proporciona información útil de la acidez, la disponibilidad de nutrientes y la fertilidad de suelos en general. También le permite determinar la capacidad del suelo para actuar como un amortiguador frente a la acumulación de ácido y el potencial de lixiviación de los minerales a partir de la tierra.

La saturación de bases representa el porcentaje de los sitios de intercambio en el suelo ocupados por los iones básicos Ca, Mg, Na y K. La diferencia entre ese número y 100 es el porcentaje de los sitios de intercambio ocupados por cationes ácidos: Al y H.

Cuanto mayor es el valor de saturación en bases (cationes no ácidos), más fácil y rápido es el desplazamiento de los cationes en el complejo de cambio y mayor es la disponibilidad para las plantas, siempre y cuando el antagonismo entre estos cationes no juegue un papel importante. A continuación se muestran los valores de saturación de bases para los seis perfiles estudiados.

PERFIL	UNIDAD CARTOGRÁFICA	SATURACIÓN DE BASES %
1	PXFb2	>100
2	VXCa	96,6
3	VXDa	99,3
4	PXFb	>100
5	MXFf2	100
6	PXAb	82

Tabla 135. Saturación de bases en los seis perfiles estudiados
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En todos los suelos estudiados la saturación de bases es superior al 80%, además en el resultado del análisis de suelos no se detectó acidez intercambiable, así que la disponibilidad de las bases va estar limitada por las relaciones catiónicas entre elementos. En la siguiente tabla se muestra las relaciones entre las bases del suelo y su interpretación.

PERFIL	Ca/Mg	INTERPRETACIÓN	Mg/K	INTERPRETACIÓN	(Ca+Mg)/K	INTERPRETACIÓN	Na/K	INTERPRETACIÓN
1	5,04	Mg deficiente	6,56	ideal	23,78	K deficiente	1,61	K deficiente
2	3,58	ideal	14,85	K deficiente	94,08	K deficiente	2,08	K deficiente
3	4,43	Mg deficiente	9,50	K deficiente	44,50	K deficiente	1,30	K deficiente
4	3,68	ideal	10,85	K deficiente	58,85	K deficiente	3,23	K deficiente
5	5,34	Mg deficiente	16,71	K deficiente	76,59	K deficiente	3,12	K deficiente
6	2,63	Ca deficiente	1,91	Mg deficiente	11,52	ideal	0,39	Ideal

Tabla 136. Relaciones catiónicas para los seis perfiles estudiados.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Como se observa en la tabla anterior, los suelos representados por los perfiles 1, 2, 3, 4, 5, las relaciones catiónicas generan deficiencias de potasio y magnesio principalmente. En contraste el suelo representado por el perfil seis, el cual es de naturaleza ácida, tiene unas relaciones catiónicas cercanas al ideal y sólo se presentarían deficiencias leves de Ca y Mg.

2.5.5.5. Realización de planes de fertilización para los cultivos proyectados.

Antes de proponer un plan de fertilización, se debe realizar un estudio acerca de la necesidad de enmiendas en el suelo. Dada la naturaleza saturada de los suelos y la ausencia de acidez intercambiable, no es necesaria la aplicación de enmiendas, ni siquiera en los suelos representados por el perfil número seis que presentan un pH fuertemente ácido. La aplicación de cales, debe hacerse con el fin de mantener los contenidos nativos de calcio y magnesio en el suelo, con base en los niveles de extracción de los cultivos.

Los cultivos proyectados para el presente estudio son: cacao, arroz y tabaco, en el caso del cacao por ser un cultivo perenne, las dosis de fertilizantes deben ajustarse dependiendo si el cultivo está en etapa juvenil o se encuentra en etapa de producción los planes de fertilización que se muestran a continuación se hicieron para un cultivo en estado de producción y se realizaron algunas recomendaciones generales para las primeras etapas de desarrollo.

Requerimientos nutricionales para los cultivos proyectados y antecedentes de respuesta agronómica.

Uno de los principales parámetros a tener en cuenta para realizar un plan de fertilización son los requerimientos nutricionales (extracción de nutrientes por los cultivos) y los antecedentes de respuesta agronómica, es decir los planes de

fertilización usados tradicionalmente por los agricultores tecnificados y que son validados por la respuesta positiva en los rendimientos de los cultivos. En la siguiente tabla se muestran los niveles de extracción de nutrientes para los cultivos proyectados.

CULTIVO	Requerimiento de elementos mayores (kg/tonelada de producto)						Requerimiento de elementos menores (g/tonelada del producto)				
	N	**P_2O_5**	**K_2O**	**Ca**	**Mg**	**S**	**Fe**	**B**	**Zn**	**Mn**	**Cu**
Cacao	36	11,5	47	4	5	-	-	-	-	-	-
Arroz	20,5	5,7	23	5,3	3,2	3,3	230	19,5	21,1	103	13,3
Tabaco	70	5	83	-		-	-	-	-	-	-

Tabla 137. Niveles de extracción de nutrientes para los cultivos proyectados
Fuente: Efectos de niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en la producción de cacao en Colombia, INPOFOS, 1999., Factores que afectan la eficacia en el cultivo de arroz, FEDEARROZ, 2000.

Como se aprecia en la tabla anterior los requerimientos de nutrientes están expresados en relación a la cantidad de producto cosechado, es decir el plan de fertilización dependerá de la meta de rendimiento en la zona escogida.

Asimismo, los antecedentes de respuesta agronómica condicionan la cantidad de fertilizantes aplicados y son una medida muy importante para iniciar el planteamiento de un plan de fertilización, a continuación se muestran los antecedentes de respuesta agronómica a la fertilización para los cultivos proyectados.

CULTIVO	Meta de rendimiento (t/ha/ciclo ó año)	Elementos mayores (kg/ha)			Elementos secundarios (Kg/ha)			Elementos menores (Kg/ha)				
		N	**P_2O_5**	**K_2O**	**CaO**	**MgO**	**S**	**B**	**Zn**	**Cu**	**Fe**	**Mn**
Cacao	1,5 – 2,5	120-210	51-90	154-270	-	26-45	75-125	0,9-1,7	0,3-0,6	-	-	-
Arroz	5-6	100-180	20-130	60-180	0-80	10-80	25-60	0,5-1,5	4-10	1-4	0-2	0-3
Tabaco	2,1-2,8	100-150	10-60	100-180	-	35-50	20-70	-	-	-	-	-

Tabla 138. Antecedentes de respuesta agronómica a la fertilización en los cultivos proyectados
Fuente: Efectos de niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en la producción de cacao en Colombia, INPOFOS, 1999., Factores que afectan la eficacia en el cultivo de arroz, FEDEARROZ, 2000.

Con base en la información anterior y la interpretación de los análisis de suelos, se procedió a realizar la recomendación de fertilización para los cultivos proyectados, para cada unidad de suelos.

Recomendaciones de fertilización para el cultivo de cacao.

Las recomendaciones para el cultivo de cacao se harán para una densidad de siembra de 1400 plantas/ha, asimismo se hacen recomendaciones específicas para la edad del cultivo.

Unidad Cartográfica PXFb2, Perfil 1:

Estos suelos presentan un contenido adecuado de materia orgánica, excesivo de fósforo pero que se ven poco disponibles por efecto del pH moderadamente alcalino y la relación P/Zn extremadamente baja (0,56), en cuanto al potasio este es deficiente por efecto de su bajo contenido y las relaciones catiónicas (antagonismo con Ca y Na). Magnesio también es deficiente y azufre es adecuado. Se plantea el siguiente plan de fertilización para macronutrientes de acuerdo a la edad del cultivo y para una densidad de 800 plantas/ha.

Edad cultivo	N	P_2O_5	K_2O	Ca	MgO	S
0-1	23	9	31	0	9	7
1-2	40	11	62	0	17	14
2-3	57	17	94	0	26	21
3-4	71	23	126	0	34	27
>4	86	29	154	0	43	34

Tabla 139. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 1, unidades en Kg/ha
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En cuanto a los micronutrientes, se encuentran en deficiencia el hierro y el manganeso, y en valores medios el cobre. Se recomienda aplicar en drench un producto quelatado de hierro (Fe-EDDHA o Fe-DTPA), para las deficiencias de manganeso se recomienda aplicarlo en forma de quelato, el cobre puede ser aplicado en forma de sulfato de cobre quelatado. La siguiente tabla plantea el plan de fertilización con micronutrientes para los suelos del perfil 1, únicamente para cultivos en fase de producción.

B	Zn	Cu	Fe	Mn
0	0	0,4	1	0,4

Tabla 140. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 1, unidades en Kg/ha
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La selección de las fuentes fertilizantes más apropiadas es un paso muy importante para el desarrollo del plan de fertilización, se debe tener en cuenta la solubilidad de la fuente en el pH de la solución de suelo, asimismo la volatilización que pueda sufrir el fertilizante al entrar en contacto con el suelo. A continuación se muestran las

fuentes escogidas para el plan de fertilización en un cultivo de cacao en etapa de producción.

FUENTE	CANTIDAD (Kg/ha)	Aporte nutrientes (Kg/ha)							
		N	**P_2O_5**	**K_2O**	**MgO**	**S**	**Fe**	**Mn**	**Cu**
MAP	**58**	5,8	29						
Urea	**174**	80,2							
KCl	**257**			154					
Kieserita	**172**				43	34,4			
Fe 6-EDDHA	**9**						0,6		
Klip K Mn	**8**					0,32		0,4	
Klip K Cu	**8**					0,32			0,4
TOTAL	**686**	**86**	**29**	**154**	**43**	**35,04**	**0,6**	**0,4**	**0,4**

Tabla 141. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de cacao en los suelos que representa el perfil 1.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Unidad Cartográfica VXCa, Perfil 2:

Estos suelos presentan un contenido bajo de materia orgánica, excesivo de fósforo, favorecido por el pH neutro y una relación P/Zn adecuada (9,7), en cuanto al potasio este es deficiente por efecto de su bajo contenido y las relaciones catiónicas (antagonismo con Ca y Na). Magnesio está en un nivel adecuado y favorecido por las relaciones catiónicas, el azufre adecuado. De acuerdo a lo anterior, se plantea el siguiente plan de fertilización para macronutrientes, acorde a la edad del cultivo y para una densidad de 800 plantas/ha.

Edad cultivo	N	P_2O_5	K_2O	Ca	MgO	S
0-1	40	7	31	0	6	7
1-2	60	7	62	0	9	14
2-3	80	10	94	0	14	21
3-4	100	14	126	0	18	27
>4	120	17	154	0	23	34

Tabla 142. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 2, unidades en Kg/ha
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En cuanto a los micronutrientes, todos se encuentran en niveles excesivos, exceptuando el boro que se encuentra en un nivel bajo y se aplica a una dosis de 1 Kg/ha, como se observa en la siguiente tabla para un cultivo de cacao en plena producción.

B	Zn	Cu	Fe	Mn
1	0	0	0	0

Tabla 143. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 2, unidades en Kg/ha
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La selección de las fuentes fertilizantes más apropiadas es un paso muy importante para el desarrollo del plan de fertilización, se debe tener en cuenta la solubilidad de la fuente en el pH de la solución de suelo, asimismo la volatilización que pueda sufrir el fertilizante al entrar en contacto con el suelo. A continuación se muestran las fuentes escogidas para el plan de fertilización en un cultivo de cacao en etapa de producción.

FUENTE	CANTIDAD (Kg/ha)	Aporte nutrientes (Kg/ha)					
		N	P_2O_5	K_2O	MgO	S	B
MAP	**34**	3,4	17				
Urea	**224**	103					
KCl	**257**			154			
SAM	**65**	13,65				15,6	
Kieserita					23	18,4	
Borax	**7,1**						1
TOTAL	**671**	**120**	**17**	**154**	**23**	**34**	**1**

Tabla 144. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de cacao en los suelos que representa el perfil 2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Unidad Cartográfica VXDa, Perfil 3:

Estos suelos presentan un contenido bajo de materia orgánica, adecuado de fósforo, favorecido por el pH neutro aunque la relación P/Zn no es adecuada (2,5), en cuanto al potasio este es deficiente por efecto de las relaciones catiónicas inadecuadas (antagonismo con Ca y Na). Magnesio está en un nivel bajo y su absorción se ve limitada por las relaciones catiónicas el azufre es bajo y el calcio adecuado. De acuerdo a lo anterior, se plantea el siguiente plan de fertilización para macronutrientes, acorde a la edad del cultivo y para una densidad de 800 plantas/ha.

Edad cultivo	N	P_2O_5	K_2O	Ca	MgO	S
0-1	40	9	31	0	9	14
1-2	60	11	62	0	17	29
2-3	80	17	94	0	26	43
3-4	100	23	126	0	34	57
>4	120	29	154	0	43	71

Tabla 145. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 3, unidades en Kg/ha
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En cuanto a los micronutrientes, todos se encuentran en niveles excesivos, exceptuando el boro que se encuentra en un nivel bajo y se aplica a una dosis de 1 Kg/ha, como se observa en la siguiente tabla para un cultivo de cacao en plena producción.

B	Zn	Cu	Fe	Mn
1	0	0	0	0

Tabla 146. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 3, unidades en Kg/ha
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La selección de las fuentes fertilizantes más apropiadas es un paso muy importante para el desarrollo del plan de fertilización, se debe tener en cuenta la solubilidad de la fuente en el pH de la solución de suelo, asimismo la volatilización que pueda sufrir el fertilizante al entrar en contacto con el suelo. A continuación se muestran las fuentes escogidas para el plan de fertilización en un cultivo de cacao en etapa de producción.

FUENTE	CANTIDAD (Kg/ha)	Aporte nutrientes (Kg/ha)					
		N	**P_2O_5**	**K_2O**	**MgO**	**S**	**B**
MAP	**58**	5,8	29				
Urea	**179**	82,18					
KCl	**257**			154			
SAM	**153**	32,03				36,6	
Kieserita	**172**	92			43	34,4	
Borax	**7,1**						1
TOTAL	**818**	**120**	**29**	**154**	**43**	**71**	**1**

Tabla 147. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de cacao en los suelos que representa el perfil 3.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Unidad Cartográfica PXFb, Perfil 4:

Estos suelos presentan un contenido adecuado de materia orgánica, bajo de fósforo pH ligeramente alcalino y relación P/Zn que favorece el fósforo (17). En cuanto al potasio este es bajo y deficiente por efecto de las relaciones catiónicas inadecuadas (antagonismo con Ca y Na). Magnesio está en un nivel adecuado y su absorción se ve favorecida por las relaciones catiónicas, el azufre es bajo y el calcio excesivo. De acuerdo a lo anterior, se plantea el siguiente plan de fertilización para macronutrientes, acorde a la edad del cultivo y para una densidad de 800 plantas/ha.

Edad cultivo	N	P_2O_5	K_2O	Ca	MgO	S
0-1	23	17	31	0	6	14
1-2	40	26	62	0	9	29
2-3	57	34	94	0	14	43
3-4	71	43	126	0	18	57
>4	86	51	154	0	23	71

Tabla 148. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 4, unidades en Kg/ha
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En cuanto a los micronutrientes, sólo el boro y el zinc se encuentran en niveles bajos, los demás elementos se encuentran en niveles adecuados, altos y excesivos, a continuación se muestra el plan de fertilización para micronutrientes.

B	Zn	Cu	Fe	Mn
1	2	0	0	0

Tabla 149. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 4, unidades en Kg/ha
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La selección de las fuentes fertilizantes más apropiadas es un paso muy importante para el desarrollo del plan de fertilización, se debe tener en cuenta la solubilidad de la fuente en el pH de la solución de suelo, asimismo la volatilización que pueda sufrir el fertilizante al entrar en contacto con el suelo. A continuación se muestran las fuentes escogidas para el plan de fertilización en un cultivo de cacao en etapa de producción.

FUENTE	CANTIDAD (Kg/ha)	Aporte nutrientes (Kg/ha)						
		N	P_2O_5	K_2O	MgO	S	B	Zn
MAP	**102**	10,2	51					
Urea	**65**	30,08						
KCl	**257**			154				
SAM	**216**	45,33				51,8		
Kieserita	**92**				23	18,4		
Borax	**2,1**						0,3	
Boro-Zinco	**13,3**	0,4				0,8	0,7	2
TOTAL	**732**	**86**	**51**	**154**	**23**	**71**	**1**	**2**

Tabla 150. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de cacao en los suelos que representa el perfil 4.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Unidad Cartográfica MXFf2, Perfil 5:

Estos suelos presentan un contenido adecuado de materia orgánica, bajo de fósforo con adecuado pH y relación P/Zn media (5). En cuanto al potasio este es bajo y deficiente por efecto de las relaciones catiónicas inadecuadas (antagonismo con Ca y Na). Magnesio está en un nivel adecuado, aunque su absorción se ve limitada por las relaciones catiónicas, el azufre es bajo y el calcio excesivo. De acuerdo a lo anterior, se plantea el siguiente plan de fertilización para macronutrientes, acorde a la edad del cultivo y para una densidad de 800 plantas/ha.

Edad cultivo	N	P_2O_5	K_2O	Ca	MgO	S
0-1	23	17	31	0	6	14
1-2	40	26	62	0	9	29
2-3	57	34	94	0	14	43
3-4	71	43	126	0	18	57
>4	86	51	154	0	23	71

Tabla 151. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 5, unidades en Kg/ha
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En cuanto a los micronutrientes, sólo el boro y el zinc se encuentran en niveles bajos, los demás elementos se encuentran en niveles adecuados, altos y excesivos, a continuación se muestra el plan de fertilización para micronutrientes.

B	Zn	Cu	Fe	Mn
1	2	0	0	0

Tabla 152. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 5, unidades en Kg/ha
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La selección de las fuentes fertilizantes más apropiadas es un paso muy importante para el desarrollo del plan de fertilización, se debe tener en cuenta la solubilidad de la fuente en el pH de la solución de suelo, asimismo la volatilización que pueda sufrir el fertilizante al entrar en contacto con el suelo. A continuación se muestran las fuentes escogidas para el plan de fertilización en un cultivo de cacao en etapa de producción.

FUENTE	CANTIDAD (Kg/ha)	Aporte nutrientes (Kg/ha)						
		N	P_2O_5	K_2O	MgO	S	B	Zn
MAP	**102**	10,2	51					
Urea	**65**	30,08						
KCl	**257**			154				

FUENTE	CANTIDAD (Kg/ha)	Aporte nutrientes (Kg/ha)						
		N	P_2O_5	K_2O	MgO	S	B	Zn
SAM	**216**	45,33				51,8		
Kieserita	**92**				23	18,4		
Borax	**2,1**						0,3	
Boro- Zinco	**13,3**	0,4				0,8	0,7	2
TOTAL	**732**	**86**	**51**	**154**	**23**	**71**	**1**	**2**

Tabla 153. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de cacao en los suelos que representa el perfil 5.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Unidad Cartográfica PXAb, Perfil 6:

Estos suelos presentan un contenido bajo de materia orgánica, adecuado de fósforo con pH fuertemente ácido y relación P/Zn adecuada (10). En cuanto al potasio este es bajo, pero con adecuadas relaciones catiónicas. Magnesio está en un nivel bajo, y relaciones catiónicas favorables con el calcio y desfavorables con potasio, el azufre es adecuado al igual que el calcio, aunque la absorción del calcio se ve limitada por antagonismos con Magnesio. De acuerdo a lo anterior, se plantea el siguiente plan de fertilización para macronutrientes, acorde a la edad del cultivo y para una densidad de 800 plantas/ha.

Edad cultivo	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S
0-1	40	9	25	10	9	14
1-2	60	11	50	15	17	29
2-3	80	17	75	25	26	43
3-4	100	23	100	35	34	57
>4	120	29	125	50	43	71

Tabla 154. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 6, unidades en Kg/ha
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En cuanto a los micronutrientes, sólo el boro y el zinc se encuentran en niveles bajos, los demás elementos se encuentran en niveles adecuados, altos y excesivos, a continuación se muestra el plan de fertilización para micronutrientes.

B	Zn	Cu	Fe	Mn
1	2	0	0	0

Tabla 155. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de cacao en suelos del perfil 6, unidades en Kg/ha
Fuente: FUNDISPROS, 2014

FUENTE	CANTIDAD (Kg/ha)	Aporte nutrientes (Kg/ha)							
		N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S	B	Zn
MAP	58	5,8	29						
Urea	232	106,8							
KCl	208			125					
SAM	33	7,02					8,02		
Kieserita	172					43	34		
Yeso	185				50		27,8		
Borax	2,1							0,3	
Boro-Zinco	13,3	0,4					0,8	0,7	2
TOTAL	889	120	29	125	50	43	71	1	2

Tabla 156. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de cacao en los suelos que representa el perfil 6.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En todos los casos, la aplicación de los fertilizantes debe hacerse en banda o en corona dependiendo de la topografía de la zona, asimismo, al aplicación debe fraccionarse, al menos en cuatro aplicaciones al año.

Recomendaciones de fertilización para el cultivo de arroz.

Las recomendaciones para el cultivo de arroz se harán para la variedad Fedearroz 50, asimismo se hacen recomendaciones para el fraccionamiento de la fertilización.

Unidad Cartográfica PXFb2, Perfil 1:

Estos suelos presentan un contenido adecuado de materia orgánica, excesivo de fósforo pero que se ven poco disponibles por efecto del pH moderadamente alcalino y la relación P/Zn extremadamente baja (0,56), en cuanto al potasio este es deficiente por efecto de su bajo contenido y las relaciones catiónicas (antagonismo con Ca y Na). Magnesio también es deficiente y azufre es adecuado. Se plantea el siguiente plan de fertilización con macronutrientes para la variedad Fedearroz 50.

N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S
170	30	90	0	35	25

Tabla 157. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 1, unidades en Kg/ha.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En cuanto a los micronutrientes, se encuentran en deficiencia el hierro y el manganeso, sin embargo, dada la dinámica de óxido-reducción que se presenta en estos suelos, la aplicación de estos elementos resulta ineficiente, por lo tanto no se

aplicaran, se aplican dosis de mantenimiento de boro y Zn, dada la respuesta positiva de los cultivos de arroz en la zona, a la aplicación de este elemento.

B	Zn	Cu	Fe	Mn
0,5	1	0	0	0

Tabla 158. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 1, unidades en Kg/ha.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La selección de las fuentes fertilizantes más apropiadas es un paso muy importante para el desarrollo del plan de fertilización, se debe tener en cuenta la solubilidad de la fuente en el pH de la solución de suelo, asimismo la volatilización que pueda sufrir el fertilizante al entrar en contacto con el suelo. A continuación se muestran las fuentes escogidas para el plan de fertilización para el cultivo de arroz.

FUENTE	Cantidad (Kg/ha)	Aporte nutrientes (Kg/ha)							
		N	**P_2O_5**	**K_2O**	**CaO**	**MgO**	**S**	**B**	**Zn**
MAP	**90**	9	45						
Urea	**350**	160,8							
KCl	**150**			90					
Kieserita	**140**					35	28		
Borax	**1,4**							0,2	
Boro-Zinco	**6,7**	0,2					0,4	0,3	1
TOTAL	**715**	**170**	**45**	**90**	**0**	**35**	**28,4**	**0,5**	**1**

Tabla 159. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de arroz en los suelos que representa el perfil 1.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Unidad Cartográfica VXCa, Perfil 2:

Estos suelos presentan un contenido bajo de materia orgánica, excesivo de fósforo, favorecido por el pH neutro y una relación P/Zn adecuada (9,7), en cuanto al potasio este es deficiente por efecto de su bajo contenido y las relaciones catiónicas (antagonismo con Ca y Na). Magnesio está en un nivel adecuado y favorecido por las relaciones catiónicas, el azufre adecuado. De acuerdo a lo anterior, se plantea el siguiente plan de fertilización para macronutrientes, acorde a la variedad Fedearroz 50.

N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S
170	30	90	0	25	20

Tabla 160. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 2, unidades en Kg/ha.

Fuente: FUNDISPROS, 2014

En cuanto a los micronutrientes, todos se encuentran en niveles excesivos, exceptuando el boro que se encuentra en un nivel bajo y se aplica a una dosis de 1 Kg/ha, el zinc se aplica a una dosis de mantenimiento de 1 kg/ha.

B	Zn	Cu	Fe	Mn
1	1	0	0	0

Tabla 161. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 2, unidades en Kg/ha.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

FUENTE	CANTIDAD (Kg/ha)	Aporte nutrientes (Kg/ha)							
		N	**P_2O_5**	**K_2O**	**CaO**	**MgO**	**S**	**B**	**Zn**
MAP	**60**	6	30						
Urea	**356**	163,8							
KCl	**150**			90					
Kieserita	**100**					25	20		
Borax	**5,0**							0,7	
Boro-Zinco	**6,7**	0,2					0,4	0,3	1
TOTAL	**664**	**170**	**30**	**90**	**0**	**25**	**20**	**1**	**1**

Tabla 162. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de arroz en los suelos que representa el perfil 2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Unidad Cartográfica VXDa, Perfil 3:

Estos suelos presentan un contenido bajo de materia orgánica, adecuado de fósforo, favorecido por el pH neutro aunque la relación P/Zn no es adecuada (2,5), en cuanto al potasio este es deficiente por efecto de las relaciones catiónicas inadecuadas (antagonismo con Ca y Na). Magnesio está en un nivel bajo y su absorción se ve limitada por las relaciones catiónicas, el azufre es bajo y el calcio adecuado. De acuerdo a lo anterior, se plantea el siguiente plan de fertilización para macronutrientes, acorde a la variedad Fedearroz 50.

N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S
170	45	90	0	35	35

Tabla 163. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 3, unidades en Kg/ha.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En cuanto a los micronutrientes, todos se encuentran en niveles excesivos, exceptuando el boro que se encuentra en un nivel bajo y se aplica a una dosis de 1 Kg/ha, el zinc se aplica a una dosis de mantenimiento de 1 kg/ha.

B	Zn	Cu	Fe	Mn
1	1	0	0	0

Tabla 164. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 3, unidades en Kg/ha.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La selección de las fuentes fertilizantes más apropiadas es un paso muy importante para el desarrollo del plan de fertilización, se debe tener en cuenta la solubilidad de la fuente en el pH de la solución de suelo, asimismo la volatilización que pueda sufrir el fertilizante al entrar en contacto con el suelo. A continuación se muestran las fuentes escogidas para el plan de fertilización para el cultivo de arroz.

FUENTE	Cantidad (Kg/ha)	Aporte nutrientes (Kg/ha)							
		N	**P_2O_5**	**K_2O**	**CaO**	**MgO**	**S**	**B**	**Zn**
MAP	**90**	9	45						
Urea	**350**	160,8							
KCl	**150**			90					
SAM	**28**						6,60		
Kieserita	**140**					35	28		
Bórax	**5,0**							0,7	
Boro-Zinco	**6,7**	0,2					0,4	0,3	1
TOTAL	**757**	**170**	**45**	**90**	**0**	**35**	**35**	**1**	**1**

Tabla 165. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de arroz en los suelos que representa el perfil 3
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Unidad Cartográfica PXFb, Perfil 4:

Estos suelos presentan un contenido adecuado de materia orgánica, bajo de fósforo pH ligeramente alcalino y relación P/Zn que favorece el fósforo (17). En cuanto al potasio este es bajo y deficiente por efecto de las relaciones catiónicas inadecuadas (antagonismo con Ca y Na). Magnesio está en un nivel adecuado y su absorción se ve favorecida por las relaciones catiónicas, el azufre es bajo y el calcio excesivo. De acuerdo a lo anterior, se plantea el siguiente plan de fertilización para macronutrientes, acorde a la variedad Fedearroz 50.

N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S

170	45	90	0	25	35

Tabla 166. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 4, unidades en Kg/ha.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En cuanto a los micronutrientes, sólo el boro y el zinc se encuentran en niveles bajos, los demás elementos se encuentran en niveles adecuados, altos y excesivos, a continuación se muestra el plan de fertilización para micronutrientes.

B	Zn	Cu	Fe	Mn
1	3	0	0	0

Tabla 167. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 4, unidades en Kg/ha
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La selección de las fuentes fertilizantes más apropiadas es un paso muy importante para el desarrollo del plan de fertilización, se debe tener en cuenta la solubilidad de la fuente en el pH de la solución de suelo, asimismo la volatilización que pueda sufrir el fertilizante al entrar en contacto con el suelo. A continuación se muestran las fuentes escogidas para el plan de fertilización para el cultivo de arroz.

FUENTE	CANTIDAD (Kg/ha)	Aporte nutrientes (Kg/ha)							
		N	**P_2O_5**	**K_2O**	**CaO**	**MgO**	**S**	**B**	**Zn**
MAP	**90**	9	45						
Urea	**349**	160,4							
KCl	**150**			90					
SAM	**58**						13,8		
Kieserita	**100**					25	20,0		
Boro-Zinco	**20,0**	0,6					1,2	1	3
TOTAL	**746**	**170**	**45**	**90**	**0**	**25**	**35**	**1**	**3**

Tabla 168. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de arroz en los suelos que representa el perfil 4.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Unidad Cartográfica MXFf2, Perfil 5:

Estos suelos presentan un contenido adecuado de materia orgánica, bajo de fósforo con adecuado pH y relación P/Zn media (5). En cuanto al potasio este es bajo y deficiente por efecto de las relaciones catiónicas inadecuadas (antagonismo con Ca y Na). Magnesio está en un nivel adecuado, aunque su absorción se ve limitada por las relaciones catiónicas, el azufre es bajo y el calcio excesivo. De acuerdo a lo anterior, se plantea el siguiente plan de fertilización para macronutrientes, acorde a la variedad Fedearroz 50.

N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S
170	45	90	0	35	35

Tabla 169. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 5, unidades en Kg/ha.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En cuanto a los micronutrientes, sólo el boro y el zinc se encuentran en niveles bajos, los demás elementos se encuentran en niveles adecuados, altos y excesivos, a continuación se muestra el plan de fertilización para micronutrientes.

B	Zn	Cu	Fe	Mn
1	3	0	0	0

Tabla 170. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 5, unidades en Kg/ha
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La selección de las fuentes fertilizantes más apropiadas es un paso muy importante para el desarrollo del plan de fertilización, se debe tener en cuenta la solubilidad de la fuente en el pH de la solución de suelo, asimismo la volatilización que pueda sufrir el fertilizante al entrar en contacto con el suelo. A continuación se muestran las fuentes escogidas para el plan de fertilización para el cultivo de arroz.

FUENTE	CANTIDAD (Kg/ha)	Aporte nutrientes (Kg/ha)							
		N	**P_2O_5**	**K_2O**	**CaO**	**MgO**	**S**	**B**	**Zn**
MAP	**90**	9	45						
Urea	**349**	160,4							
KCl	**150**			90					
SAM	**24**						5,8		
Kieserita	**140**					35	28,0		
Boro-Zinco	**20,0**	0,6					1,2	1	3
TOTAL	**753**	**170**	**45**	**90**	**0**	**35**	**35**	**1**	**3**

Tabla 171. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de arroz en los suelos que representa el perfil 5.
Fuente: Consorcio Ingeniería – Fundispros Estudios y Diseños Proyectos Huila

Unidad Cartográfica PXAb, Perfil 6:

Estos suelos presentan un contenido bajo de materia orgánica, adecuado de fósforo con pH fuertemente ácido y relación P/Zn adecuada (10). En cuanto al potasio este es bajo, pero con adecuadas relaciones catiónicas. Magnesio está en un nivel bajo, y relaciones catiónicas favorables con el calcio y desfavorables con potasio, el

azufre es adecuado al igual que el calcio, aunque la absorción del calcio se ve limitada por antagonismos con Magnesio. De acuerdo a lo anterior, se plantea el siguiente plan de fertilización para macronutrientes, acorde a la variedad Fedearroz 50.

N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S
170	30	90	0	35	25

Tabla 172. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 6, unidades en Kg/ha.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En cuanto a los micronutrientes, sólo el boro y el zinc se encuentran en niveles bajos, los demás elementos se encuentran en niveles adecuados, altos y excesivos, a continuación se muestra el plan de fertilización para micronutrientes.

B	Zn	Cu	Fe	Mn
1	3	0	0	0

Tabla 173. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de arroz en suelos del perfil 6, unidades en Kg/ha
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La selección de las fuentes fertilizantes más apropiadas es un paso muy importante para el desarrollo del plan de fertilización, se debe tener en cuenta la solubilidad de la fuente en el pH de la solución de suelo, asimismo la volatilización que pueda sufrir el fertilizante al entrar en contacto con el suelo. A continuación se muestran las fuentes escogidas para el plan de fertilización para el cultivo de arroz.

FUENTE	CANTIDAD (Kg/ha)	Aporte nutrientes (Kg/ha)							
		N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S	B	Zn
MAP	**60**	6	30						
Urea	**355**	163,4							
KCl	**150**			90					
SAM	**-18**						0,0		
Kieserita	**140**					35	28,0		
Yeso	**0**				0		0,0		
Klip K Mn	**0**						0		
Klip K Cu	**0**						0		
Borax	**0,0**							0	
Boro- Zinco	**20,0**	0,6					1,2	1	3
TOTAL	**688**	**170**	**30**	**90**	**0**	**35**	**29,2**	**1**	**3**

Tabla 174. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de arroz en los suelos que representa el perfil 6.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Fraccionamiento de la fertilización para el cultivo de arroz.

El fraccionamiento de la fertilización en el cultivo de arroz debe hacerse para elementos como el nitrógeno y el potasio, los cuales en los suelos arroceros presentan pérdidas por volatilización y lixiviación. Asimismo, este fraccionamiento debe realizarse de acuerdo a las épocas de mayor demanda de nutrientes por el cultivo.

El nitrógeno debe aplicarse un tercio de la dosis total, 20 a 25 días después de la germinación para que coincida con la época de inicio y pleno macollamiento. Otro 33% debe aplicarse en la época de máximo macollamiento, es decir 45 días después de la germinación. El nitrógeno restante se aplica a los 65 días después de germinación, al inicio de la etapa reproductiva, con el objetivo que esté disponible para el llenado de la panícula.

El fraccionamiento del potasio, debe realizarse con el objetivo de evitar pérdidas por lixiviación. Y puede realizarse de la misma manera como se hace el fraccionamiento de la fertilización con nitrógeno. El fósforo dado su poca movilidad en el suelo y solubilidad debe aplicarse el 100% al momento de la siembra.

Recomendaciones de fertilización para el cultivo de tabaco.

Unidad Cartográfica PXFb2, Perfil 1:

Estos suelos presentan un contenido adecuado de materia orgánica, excesivo de fósforo pero que se ven poco disponibles por efecto del pH moderadamente alcalino y la relación P/Zn extremadamente baja (0,56), en cuanto al potasio este es deficiente por efecto de su bajo contenido y las relaciones catiónicas (antagonismo con Ca y Na). Magnesio también es deficiente y azufre es adecuado. Se plantea el siguiente plan de fertilización con macronutrientes para el cultivo de tabaco variedad Virginia.

N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S
150	60	150	0	50	50

Tabla 175. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 1, unidades en Kg/ha.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En cuanto a los micronutrientes, se encuentran en deficiencia el hierro y el manganeso, y en valores medios el cobre. Se recomienda aplicar en drench un producto quelatado de hierro (Fe-EDDHA o Fe-DTPA), para las deficiencias de manganeso se recomienda aplicarlo en forma de quelato, el cobre puede ser aplicado en forma de sulfato de cobre quelatado. La siguiente tabla plantea el plan de fertilización con micronutrientes para los suelos del perfil 1.

B	Zn	Cu	Fe	Mn
0	0	0,4	1	0,4

Tabla 176. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 1, unidades en Kg/ha
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La selección de las fuentes fertilizantes más apropiadas es un paso muy importante para el desarrollo del plan de fertilización, se debe tener en cuenta la solubilidad de la fuente en el pH de la solución de suelo, asimismo la volatilización que pueda sufrir el fertilizante al entrar en contacto con el suelo. A continuación se muestran las fuentes escogidas para el plan de fertilización del cultivo de tabaco.

FUENTE	CANTIDAD (Kg/ha)	Aporte nutrientes (Kg/ha)					
		N	**P_2O_5**	**K_2O**	**CaO**	**MgO**	**S**
MAP	**120**	12	60				
Urea	**282**	130					
KCl	**250**			150			
SAM	**42**	8,3					10
Kieserita	**200**					50	40,0
TOTAL	**870**	**150**	**60**	**150**	**0**	**50**	**50**

Tabla 177. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de tabaco en los suelos que representa el perfil 1.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Unidad Cartográfica VXCa, Perfil 2:

Estos suelos presentan un contenido bajo de materia orgánica, excesivo de fósforo, favorecido por el pH neutro y una relación P/Zn adecuada (9,7), en cuanto al potasio este es deficiente por efecto de su bajo contenido y las relaciones catiónicas (antagonismo con Ca y Na). Magnesio está en un nivel adecuado y favorecido por las relaciones catiónicas, el azufre adecuado. De acuerdo a lo anterior, se plantea el siguiente plan de fertilización para macronutrientes, acorde a la variedad Virginia.

N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S
150	30	150	0	35	50

Tabla 178. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 2, unidades en Kg/ha.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En cuanto a los micronutrientes, todos se encuentran en niveles excesivos, exceptuando el boro que se encuentra en un nivel bajo y se aplica a una dosis de 1

Kg/ha, como se observa en la siguiente tabla para un cultivo de cacao en plena producción.

B	Zn	Cu	Fe	Mn
1	0	0	0	0

Tabla 179. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 2, unidades en Kg/ha
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La selección de las fuentes fertilizantes más apropiadas es un paso muy importante para el desarrollo del plan de fertilización, se debe tener en cuenta la solubilidad de la fuente en el pH de la solución de suelo, asimismo la volatilización que pueda sufrir el fertilizante al entrar en contacto con el suelo. A continuación se muestran las fuentes escogidas para el plan de fertilización en un cultivo de tabaco.

FUENTE	CANTIDAD (Kg/ha)	Aporte nutrientes (Kg/ha)							
		N	**P_2O_5**	**K_2O**	**CaO**	**MgO**	**S**	**B**	**Zn**
MAP	**60**	6	30						
Urea	**273**	126							
KCl	**250**			150					
SAM	**92**	18,3					22,0		
Kieserita	**140**					35	28,0		
Borax	**7,1**							1	
TOTAL	**815**	**150**	**30**	**150**	**0**	**35**	**50**	**1**	**0**

Tabla 180. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de tabaco en los suelos que representa el perfil 2.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Unidad Cartográfica VXDa, Perfil 3:

Estos suelos presentan un contenido bajo de materia orgánica, adecuado de fósforo, favorecido por el pH neutro aunque la relación P/Zn no es adecuada (2,5), en cuanto al potasio este es deficiente por efecto de las relaciones catiónicas inadecuadas (antagonismo con Ca y Na). Magnesio está en un nivel bajo y su absorción se ve limitada por las relaciones catiónicas el azufre es bajo y el calcio adecuado. De acuerdo a lo anterior, se plantea el siguiente plan de fertilización para macronutrientes, acorde a la variedad de tabaco Virginia.

N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S
150	60	150	0	50	70

Tabla 181. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 3, unidades en Kg/ha.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En cuanto a los micronutrientes, todos se encuentran en niveles excesivos, exceptuando el boro que se encuentra en un nivel bajo y se aplica a una dosis de 1 Kg/ha, el zinc se aplica a una dosis de mantenimiento de 1 kg/ha.

B	Zn	Cu	Fe	Mn
1	1	0	0	0

Tabla 182. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 3, unidades en Kg/ha
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La selección de las fuentes fertilizantes más apropiadas es un paso muy importante para el desarrollo del plan de fertilización, se debe tener en cuenta la solubilidad de la fuente en el pH de la solución de suelo, asimismo la volatilización que pueda sufrir el fertilizante al entrar en contacto con el suelo. A continuación se muestran las fuentes escogidas para el plan de fertilización en un cultivo de tabaco variedad Virginia.

FUENTE	CANTIDAD (Kg/ha)	Aporte nutrientes (Kg/ha)							
		N	**P_2O_5**	**K_2O**	**CaO**	**MgO**	**S**	**B**	**Zn**
MAP	**120**	12	60						
Urea	**244**	112							
KCl	**250**			150					
SAM	**127**	25,3					30,4		
Kieserita	**200**					50	40,0		
Borax	**4,8**							0,7	
Boro-Zinco	**6,7**	0,2					0,4	0,3	1
TOTAL	**941**	**150**	**60**	**150**	**0**	**50**	**70,8**	**1**	**1**

Tabla 183. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de tabaco en los suelos que representa el perfil 3.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Unidad Cartográfica PXFb, Perfil 4:

Estos suelos presentan un contenido adecuado de materia orgánica, bajo de fósforo pH ligeramente alcalino y relación P/Zn que favorece el fósforo (17). En cuanto al potasio este es bajo y deficiente por efecto de las relaciones catiónicas inadecuadas (antagonismo con Ca y Na). Magnesio está en un nivel adecuado y su absorción se ve favorecida por las relaciones catiónicas, el azufre es bajo y el calcio excesivo. De acuerdo a lo anterior, se plantea el siguiente plan de fertilización para macronutrientes, acorde a la variedad de tabaco Virginia.

N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S

150	60	150	0	30	70

Tabla 184. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 3, unidades en Kg/ha.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En cuanto a los micronutrientes, sólo el boro y el zinc se encuentran en niveles bajos, los demás elementos se encuentran en niveles adecuados, altos y excesivos, a continuación se muestra el plan de fertilización para micronutrientes.

B	Zn	Cu	Fe	Mn
1	2	0	0	0

Tabla 185. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 4, unidades en Kg/ha
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La selección de las fuentes fertilizantes más apropiadas es un paso muy importante para el desarrollo del plan de fertilización, se debe tener en cuenta la solubilidad de la fuente en el pH de la solución de suelo, asimismo la volatilización que pueda sufrir el fertilizante al entrar en contacto con el suelo. A continuación se muestran las fuentes escogidas para el plan de fertilización en un cultivo de tabaco.

FUENTE	CANTIDAD (Kg/ha)	Aporte nutrientes (Kg/ha)							
		N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S	B	Zn
MAP	**120**	12	60						
Urea	**214**	99							
KCl	**250**			150					
SAM	**195**	39,0					46,8		
Kieserita	**120**					30	24,0		
Borax	**2,4**							0,3	
Boro-Zinco	**13,3**	0,4					0,8	0,7	2
TOTAL	**899**	**150**	**60**	**150**	**0**	**30**	**71,6**	**1**	**2**

Tabla 186. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de tabaco en los suelos que representa el perfil 4.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Unidad Cartográfica MXFf2, Perfil 5:

Estos suelos presentan un contenido adecuado de materia orgánica, bajo de fósforo con adecuado pH y relación P/Zn media (5). En cuanto al potasio este es bajo y deficiente por efecto de las relaciones catiónicas inadecuadas (antagonismo con Ca y Na). Magnesio está en un nivel adecuado, aunque su absorción se ve limitada por las relaciones catiónicas, el azufre es bajo y el calcio excesivo. De acuerdo a lo

anterior, se plantea el siguiente plan de fertilización para macronutrientes, acorde a la variedad Virginia.

N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S
150	60	150	0	50	70

Tabla 187. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 5, unidades en Kg/ha.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En cuanto a los micronutrientes, sólo el boro y el zinc se encuentran en niveles bajos, los demás elementos se encuentran en niveles adecuados, altos y excesivos, a continuación se muestra el plan de fertilización para micronutrientes.

B	Zn	Cu	Fe	Mn
1	2	0	0	0

Tabla 188. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 5, unidades en Kg/ha
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La selección de las fuentes fertilizantes más apropiadas es un paso muy importante para el desarrollo del plan de fertilización, se debe tener en cuenta la solubilidad de la fuente en el pH de la solución de suelo, asimismo la volatilización que pueda sufrir el fertilizante al entrar en contacto con el suelo. A continuación se muestran las fuentes escogidas para el plan de fertilización en un cultivo tabaco.

FUENTE	CANTIDAD (Kg/ha)	Aporte nutrientes (Kg/ha)							
		N	**P_2O_5**	**K_2O**	**CaO**	**MgO**	**S**	**B**	**Zn**
MAP	**120**	12	60						
Urea	**243**	112							
KCl	**250**			150					
SAM	**128**	25,7					30,8		
Kieserita	**200**					50	40,0		
Borax	**2,4**							0,3	
Boro-Zinco	**13,3**	0,4					0,8	0,7	2
TOTAL	**942**	**150**	**60**	**150**	**0**	**50**	**71,6**	**1**	**2**

Tabla 189. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de tabaco en los suelos que representa el perfil 5.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Unidad Cartográfica PXAb, Perfil 6:

Estos suelos presentan un contenido bajo de materia orgánica, adecuado de fósforo con pH fuertemente ácido y relación P/Zn adecuada (10). En cuanto al potasio este

es bajo, pero con adecuadas relaciones catiónicas. Magnesio está en un nivel bajo, y relaciones catiónicas favorables con el calcio y desfavorables con potasio, el azufre es adecuado al igual que el calcio, aunque la absorción del calcio se ve limitada por antagonismos con Magnesio. De acuerdo a lo anterior, se plantea el siguiente plan de fertilización para macronutrientes, acorde a la variedad de tabaco Virginia.

N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S
150	30	120	50	50	50

Tabla 190. Plan de fertilización (macronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 6, unidades en Kg/ha.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En cuanto a los micronutrientes, sólo el boro y el zinc se encuentran en niveles bajos, los demás elementos se encuentran en niveles adecuados, altos y excesivos, a continuación se muestra el plan de fertilización para micronutrientes.

B	Zn	Cu	Fe	Mn
1	2	0	0	0

Tabla 191. Plan de fertilización (micronutrientes) para el cultivo de tabaco en suelos del perfil 6, unidades en Kg/ha
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La selección de las fuentes fertilizantes más apropiadas es un paso muy importante para el desarrollo del plan de fertilización, se debe tener en cuenta la solubilidad de la fuente en el pH de la solución de suelo, asimismo la volatilización que pueda sufrir el fertilizante al entrar en contacto con el suelo. A continuación se muestran las fuentes escogidas para el plan de fertilización en un cultivo de tabaco.

FUENTE	CANTIDAD (Kg/ha)	Aporte nutrientes (Kg/ha)							
		N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S	B	Zn
MAP	**60**	6	30						
Urea	**312**	144							
KCl	**200**			120					
SAM	**0**	0,0					0,0		
Kieserita	**200**					50	40,0		
Yeso	**185**				50		27,8		
Borax	**2,4**							0,3	
Boro-Zinco	**13,3**	0,4					0,8	0,7	2
TOTAL	**1004**	**150**	**30**	**120**	**50**	**50**	**68,58**	**1**	**2**

Tabla 192. Plan de fertilización con fuentes escogidas para un cultivo de tabaco en los suelos que representa el perfil 6.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.5.5.6. Realización de la clasificación de tierras con fines de riego y drenaje

La base fundamental para efectuar la clasificación de tierras con fines de riego es el documento denominado “Manual de Clasificación de Tierras para Riego” UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR (1971) y el documento Principios implicados en la selección de tierras para riego” de John T. Maletic, citado por Cortes y Malagón (1984).
La clasificación de las tierras con este fin, consiste en el evalúo sistemático con el fin de establecer su extensión y grado de aptitud para el uso permanente del riego. Esta aptitud se mide en términos de capacidad de pago prevista y relativa, considerando la capacidad productiva potencial, los costos de producción y los costos de desarrollo de la tierra.
La cantidad y calidad de agua aprovechable para riego se considera de acuerdo con las características del suelo (textura, topografía y drenaje) y a la adaptabilidad de los cultivos.
En la clasificación es necesario establecer la diferencia entre tierra regable y tierra no regable; la regable es aquella que por sus condiciones está en capacidad de recibir riego y una vez dotada de este, tiene capacidad productiva suficiente para pagar los costos de desarrollo y mantenimiento con una razonable utilidad para quien la explota; la no regable es aquella tierra en la que por deficiencias muy grandes el riego es inapropiado y su capacidad productora bajo riego limitada.

Las diferencias de aptitud de las tierras regables las determina un conjunto de características que fijan límites dentro de los cuales la tierra puede ser aprovechada para una agricultura con riego, económica y permanentemente. El agrupamiento es importante para la zona de estudio, ya que tiene como fin específico establecer la extensión y el grado de aptitud de estas tierras para una explotación agrícola permanente bajo riego.

FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA CLASIFICACIÓN DE LAS TIERRAS PARA RIEGO

Los principales factores que intervienen en la clasificación de las tierras para fines de riego son los económicos y los físicos. En los factores económicos se consideran la capacidad productiva, los costos de producción y el desarrollo de la tierra. Los factores físicos comprenden el suelo, la topografía y el drenaje.

FACTORES ECONÓMICOS

Capacidad Productiva. La productividad involucra la capacidad productiva de las tierras y los costos de producción. La capacidad productiva está relacionada con la adaptabilidad y el rendimiento de los cultivos. Los principales factores que influyen en esta cualidad son: las condiciones climáticas; las características del suelo tales

como texturas, profundidad, alcalinidad, salinidad, permeabilidad y fertilidad; las características topográficas; la disponibilidad de agua y el drenaje.
La productividad también involucra los costos de producción o de manejo del cultivo relacionados con la mano de obra, las enmiendas al suelo, los equipos y el agua. En la presente clasificación se consideraron tres categorías para su calificación: alta, media y baja productividad, las cuales dependen específicamente de los niveles de fertilidad y profundidad efectiva de los perfiles representativos de cada unidad cartográfica.
La productividad es afectada por los costos de adecuación, los requerimientos de riego y la drenabilidad. De estos parámetros el más limitante es el que define la productividad final.

Costos de Producción. La aptitud de la tierra para el riego está directamente relacionada con el desarrollo de la misma. Cuando se piensa incorporar algún tipo de riego suplementario, los costos que genera la adecuación de las tierras para tal fin, hacen que el proyecto presente viabilidad o por el contrario sea antieconómica su ejecución. Como parámetros para evaluar este factor se tuvieron en cuenta principalmente la limpieza, la nivelación y el drenaje.
En este factor también se considera la cobertura vegetal o la rocosa que debe ser removida para que la tierra pueda ser satisfactoriamente cultivada; su remoción se debe considerar como un costo de desarrollo de la tierra.
En la presente clasificación se consideraron tres categorías para expresar este factor: alto, medio o bajo costo de desarrollo.

Desarrollo de la Tierra. La aptitud de la tierra para riego está directamente relacionada con el desarrollo de la misma. Las clases de tierras reflejan, no solamente su capacidad productiva y costos de producción, sino también los costos asumidos por el agricultor, con el fin de preparar inicialmente las tierras para riego. Esto incluye el desmonte, limpieza, nivelación, equipo para regar, etc.

FACTORES FÍSICOS

Suelo. Las características físicas y químicas de los suelos constituyen uno de los elementos más importantes en esta clasificación, ya que ellas permiten predecir su comportamiento en el momento de implementar programas de riego. Los resultados se muestran en las diferentes tablas y descripciones del levantamiento de suelos.
Como propiedades físicas para la clasificación se consideraron la textura, la infiltración, la capacidad de retención de humedad, la profundidad efectiva, porosidad, nivel freático, consistencia, color de los horizontes, estructura, presencia de raíces y macroorganismos, y el drenaje, evaluadas, unas directamente en el campo y otras a través de pruebas de laboratorio. De las características químicas se tuvo en cuenta la capacidad de intercambio catiónico, pH, bases totales y su saturación, aluminio intercambiable, fósforo disponible, carbonatos y el contenido de materia orgánica.
Topografía. Incluye aspectos como el relieve y la posición fisiográfica, el grado, la

longitud y la forma de la pendiente. Influye de manera significativa en la clasificación de las tierras, porque además de reflejar la necesidad y el costo de la adecuación del terreno, permite establecer la facilidad o dificultad para la conducción y distribución del agua en los predios y en cierto modo, del drenaje y la adaptabilidad del cultivo.

Drenaje. Este parámetro se refiere tanto al drenaje externo, es decir aquel que se da por el escurrimiento del agua en la superficie y cuyo movimiento lo rige el grado de inclinación de la pendiente, como al drenaje interno que consiste en la eliminación del exceso de agua a través del perfil hacia los horizontes inferiores y que depende principalmente de la textura, la estructura y la porosidad del suelo.
Cuando el drenaje debe ser efectuado por el agricultor para controlar los excesos de agua, se convierte en un factor importante en la clasificación de tierras, debido a su efecto sobre la capacidad productiva, los costos de producción y los costos de desarrollo de la tierra.

Requerimientos de riego. La determinación de este factor, en condiciones climática similares, se realizó con base en la capacidad de los diferentes suelos para retener humedad y más específicamente con el concepto de humedad o agua aprovechable, aspecto que rige de manera definitiva el comportamiento de las plantas durante la época de menor precipitación. Se asume que para una mayor capacidad de retención de humedad el requerimiento de riego es menor y viceversa.

CLASES DE TIERRAS
La clase de tierra es una categoría que tiene características físicas y económicas, que determinan su aptitud para el riego. Es una expresión del nivel relativo de la capacidad de pago.
La identificación de las tierras regables, se hace con base en cuatro clases básicas para riego, una clase provisional y una clase para identificar las tierras no regables. Dentro de las clases para riego, las tres primeras representan las tierras con una capacidad progresivamente menor para reintegrar los costos de construcción del proyecto, es decir:

La clase 1. Representa tierras que tienen potencialmente una capacidad de pago relativamente alta. A esta clase pertenecen las tierras de mayor aptitud para agricultura con riego puesto que presentan el menor número de limitantes físicos y químicos.

La clase 2. Incluye tierras de capacidad de pago intermedia. Esta unidad comprende las tierras de moderada aptitud para la agricultura con riego. En comparación con la clase 1, su capacidad productiva en diversos cultivos es menor.

La clase 3. Involucra las tierras de más baja capacidad de pago. Comprende aquellas tierras que son menos aptas para diversos cultivos con riego que la clase 2.

La clase 4 representa tierras que tienen deficiencias excesivas que determinan su restringida utilidad o uso especial, lo cual se refleja en su uso limitado para el riego; sin embargo, el margen de beneficio es muy variable y puede ser menor que la clase 3 o similar o mayor a la clase 2, dependiendo, de su utilización particular o específica como es el caso de pastos, frutas, etc.

La clase 5 es provisional y las tierras a las que se les asigna dicha clase no son utilizables con riego en las condiciones existentes.

Por último, **la clase 6** agrupa tierras no aptas para un proyecto de desarrollo agropecuario con riego.

SUBCLASES DE TIERRAS

La subclase de tierra es una categoría dentro de la clase que señala una o más deficiencias y se designan con las letras s, t y d que se relacionan respectivamente con restricciones de suelos (s), de topografía (t) y de drenaje (d).

La clasificación se complementa con las evaluaciones suplementarias como el grupo textural, la profundidad de las capas de arena, gravilla o cascajo, la profundidad de capas semipermeables y el nivel freático.

La Clasificación de Tierras para Riego está acompañado de una leyenda explicativa, en donde la unidad de clasificación se identifica por una fórmula representada por un quebrado: en el numerador va primero la clase de tierra (en número) seguido de las deficiencias que se presenten de suelo, topografía o drenaje (en letras minúsculas). En el denominador se relaciona, en letras mayúsculas el uso de la tierra; luego (en número) la productividad de las tierras y el costo de la adecuación; posteriormente (en letras mayúsculas) se definen los requerimientos de riego y la drenabilidad. Después del quebrado aparecen las capas semipermeables que limitan el drenaje. La simbología en la leyenda se presenta de la siguiente forma:

$$\frac{3std}{C23AY}U2f2r$$

El numerador representa la clase de tierra (3) y los símbolos de las deficiencias por suelo (s), por topografía (t) y por drenaje (d) para cada clase de tierra.
En el denominador se representa, en su orden, el uso de la tierra (C), la productividad del suelo (2), el costo de adecuación y desarrollo de la tierra (3), los requerimientos de agua (A) y la drenabilidad del suelo (Y).
Los símbolos que se encuentran fuera del quebrado están relacionados con la nivelación del terreno (U2), con el drenaje superficial (f), la presencia de materiales de roca (pedregosidad) (r), etc.

USO ACTUAL	
SÍMBOLO	**EQUIVALENCIA**
C	Tierra cultivada y regada
L	Tierra cultivada y no regada
P	Pasto permanente regado
G	Pasto permanente no regado
B	Matorral o bosque

PRODUCTIVIDAD	
SÍMBOLO	**EQUIVALENCIA**
1	Alta
2	Moderadamente alta
3	Moderada
4	Moderadamente baja
5	Baja
6	Muy baja

COSTOS DE ADECUACIÓN	
SÍMBOLO	**EQUIVALENCIA**
1	Muy bajo
2	Bajo
3	Moderadamente bajo
4	Moderado
5	Moderadamente alto
6	Alto

REQUERIMIENTOS DE AGUA	
SÍMBOLO	**EQUIVALENCIA**
A	Bajo
B	Medio
C	Alto

DRENABILIDAD	
SÍMBOLO	**EQUIVALENCIA**
X	Buena
Y	Restringida
Z	Pobre
ZZ	Muy pobre

REQUISITOS DE NIVELACIÓN	
SÍMBOLO	**EQUIVALENCIA**
U	Ligera
U_2	Moderada
U_3	Fuerte

INUNDABILIDAD	
SÍMBOLO	**EQUIVALENCIA**
f	Ocasional
f_2	Frecuente regular
f_3	Frecuente irregular

Tabla 193. Tablas para la clasificación del suelo con fines de riego y drenaje
Fuente: MANUAL DE CLASIFICACION DE TIERRAS (1971)

La unidad PXFb2 se clasifica:

$$\frac{2sr}{C34C}XU2$$

Incluye tierras con capacidad de pago intermedia, esta unidad comprende las tierras de moderada aptitud para la agricultura con riego debido a las limitaciones que presenta por rocosidad, limitaciones químicas y clima, son suelos cultivados en pastos y cacao, se riegan con riego superficial la productividad es moderada, los costos de adecuación son moderado, los requerimientos de agua son altos, tienen buena drenabilidad, tiene requerimientos de nivelación moderados.

La unidad VXCa se clasifica:

$$\frac{2sd}{C35C}YUf2$$

Incluye tierras con capacidad de pago intermedia, esta unidad comprende las tierras de moderada aptitud para la agricultura con riego debido a las limitaciones que presenta por compactación, drenabilidad y clima, son suelos cultivados arroz, tabaco y algodón, se riegan con riego superficial la productividad es moderada, los costos de adecuación son moderadamente altos, los requerimientos de agua son altos, tienen drenabilidad, restringida, tiene requerimientos de nivelación ligeros e inundaciones frecuentes debido al riego del arroz.

La unidad VXDa se clasifica:

$$\frac{2sr}{C35C}YUf2$$

Incluye tierras con capacidad de pago intermedia, esta unidad comprende las tierras de moderada aptitud para la agricultura con riego debido a las limitaciones por profundidad efectiva superficial, clima, son suelos cultivados arroz, tabaco y algodón, se riegan con riego superficial la productividad es moderada, los costos de adecuación son moderadamente altos, los requerimientos de agua son altos, tienen drenabilidad, restringida, tiene requerimientos de nivelación ligeros e inundaciones frecuentes debido al riego del arroz.

La unidad PXFb se clasifica:

$$\frac{2r}{C34C}XU2$$

Incluye tierras con capacidad de pago intermedia, esta unidad comprende las tierras de moderada aptitud para la agricultura con riego debido a las limitaciones que presenta por rocosidad y clima, son suelos cultivados cacao, se riegan con riego superficial la productividad es moderada, los costos de adecuación son moderados, los requerimientos de agua son altos, tienen buena drenabilidad, tiene requerimientos de nivelación moderados.

La unidad MXFf2 se clasifica:

$$\frac{2s}{C35C}XU2f$$

Incluye tierras con capacidad de pago intermedia, esta unidad comprende las tierras de moderada aptitud para la agricultura con riego debido a las limitaciones que presenta por rocosidad, pendiente y clima, son suelos cultivados en cacao, se riegan con riego superficial la productividad es moderada, los costos de adecuación son moderados, los requerimientos de agua son altos, tienen buena drenabilidad, tiene requerimientos de nivelación moderados.

La unidad PXAb se clasifica:

$$\frac{2sd}{C34C}YU2f2$$

Incluye tierras con capacidad de pago intermedia, esta unidad comprende las tierras de moderada aptitud para la agricultura con riego debido a las limitaciones que presenta por compactación, drenabilidad y clima, son suelos cultivados arroz,

tabaco y algodón, se riegan con riego superficial la productividad es moderada, los costos de adecuación son moderadamente altos, los requerimientos de agua son altos, tienen drenabilidad, restringida, tiene requerimientos de nivelación moderados e inundaciones frecuentes debido al riego del arroz.

2.5.6. Selección de cultivos de acuerdo a las propiedades físico químicas del suelo y condiciones ambientales del área del proyecto

2.5.6.1. Establecimiento de la compatibilidad de los cultivos propuestos con las condiciones del suelo.

De acuerdo a los estudios agrologicos, climáticos, topografía entre otros se puede establecer la compatibilidad de los cultivos propuestos con los resultados de los estudios propuestos y realizados dentro del área de proyecto.
Debido a la información recolectada, se tiene que las unidades VXCa, VXDa y PXAb ubicados entre los 450 msnm a 600 msnm son aptos para los cultivos de arroz y tabaco, presentan algunas limitaciones por compactación, no presentan limitaciones por altitud.
Las unidades PXFb2, PXFb, MXFf2 ubicados entre 500 msnm a 850 msnm, presentan algunas deficiencias químicas, presentan limitaciones para el cultivo de cacao por profundidad efectiva, no presenta limitaciones por clima para el cacao, tabaco y arroz.

A continuación se presenta el resumen de las principales propiedades presentes en las unidades cartográficas de suelos.

Calicata	Unidad Cartográfica	Valor de pH	Pr. Efectiva (cm)	Compactación	Pendiente (%)	M.S.N.M	C.E µs/cm	Calidad de agua para riego
1	PXFb2	8.1 Moderadamente Alcalino	50 Superficial	Ligeramente compactado	3-7%	500-575	571.67 Suelobs normales	Con Restricción para cultivos de consumo directo
2	VXCa	6.7 Neutro	40 superficial	compactado	0-3%	475-500	435.67 Suelos normales	Con Restricción para cultivos de consumo directo
3	VXDa	6.8 Neutro	30 superficial	Ligeramente compactado	0-5%	470-475	285.33 Suelos normales	Con Restricción para cultivos de consumo directo
4	PXFb	Ligeramente Alcalino	50 superficial	Ligeramente compactado	3-7%	550-575	456.00 Suelos normales	Sin Restricción
5	MXFf2	6.8 Neutro	90 moderadamente profundo	Ligeramente compactado	7-12%	600-850	320.67 Suelos normales	Sin Restricción

Calicata	Unidad Cartográfica	Valor de pH	Pr. Efectiva (cm)	Compactación	Pendiente (%)	M.S.N.M	C.E µs/cm	Calidad de agua para riego
6	PXAb	5.5 Fuertemente acido	35 superficial	compactado	7-12%	550-600	183.43 Suelos normales	Sin Restricción

Tabla 194. Condiciones de las unidades cartográficas de suelo
Fuente: CONSORCIO INGENIERÍA – FUNDISPROS, ESTUDIOS Y DISEÑOS PROYECTOS HUILA, 2015

Los rangos de pH para los suelos del área de estudio van de fuertemente acido a moderadamente alcalino, los cultivos priorizados prefieren pH entre fuertemente y ligeramente ácidos, lo cual contrasta con los pH de la mayoría de los suelos del proyecto, salvo los que representa el perfil 6.

Se recomienda aplicación de materia orgánica en cantidad de 2 ton/ha para las unidades PXFb y PXFb2 que presentan pH ligeramente alcalinos y moderadamente alcalinos, se recmienda aplicar enmiendas que ayuden a bajar el pH, consultar con el asistente técnico del cultivo, también se debe tener en cuenta en estas dos unidades y en las unidades de pH neutro: VXCa, VXDa, MXFf2, aplicar bonos a base de sulfatos, aplicar urea, materia orgánica debido a que estos fertilizantes producen reacciones acidificantes que ayudan a bajar el pH del suelo.

La profundidad efectiva de los suelos del área de estudio es superficial para las unidades cartográficas PXFb2, VXCa, VXDa, PXFb y PXAb con profundidades de 50, 40, 30, 50 y 35 cm y moderadamente profunda para la unidad cartográfica MXFf2 con profundidad de 90 cm , que es la unidad que más se acerca al rango óptimo para el cultivo de cacao, las demás unidades no son limitantes para los cultivos de arroz y Tabaco, pero si son limitantes para el cultivo de Cacao cuya profundidad efectiva es mayor a un metro, para este cultivo se recomienda: para la unidad PXFb2, PXAb al momento de la siembra, hacer un hueco de un metro de profundidad para la siembra de cada árbol, para la unidad VXCa se recomienda hacer los huecos hasta una profundidad 65 cm y aplicar materia orgánica procesada, para romper el horizonte C1 y mejorar las condiciones físicas, para la unidad VXDa a la hora de la siembra hacer los huecos para los arboles a una profundidad de 50 cm, permitiendo romper el horizonte B, de consistencia en seco extremadamente dura, para la unidad PXFb hacer los hueco hasta una profundidad de 80 cm, rompiendo los horizontes B y C de consistencia en seco dura.

Para evitar la compactación en el suelo se recomienda NO hacer laboreo del suelo cuando el suelo este mojado, CORPOICA recomienda que la mecanización del suelo puede iniciarse cuando la humedad del suelo este por debajo de los 30 cm, o cuando al tomar un puñado de suelo y apretarlo este se desmorona ya es apto para iniciar labores, pero si el suelo mantiene su forma, es porque está muy húmedo y se debe esperar hasta que se seque.

Para la recuperación de suelos compactados la FAO recomienda dejar la tierra en reposo por 2 a 3 años para su regeneración con arbustos naturales o vegetación forestal. Alternativamente, la siembra de especies seleccionadas efectivas en la regeneración de la estructura del suelo puede enriquecer el barbecho natural. Un cultivo de cobertura puede ser sembrado para que sirva como un barbecho sembrado. Las especies promisorias de cultivos de cobertura que han dado muestras de ser potenciales subsoladores biológicos son el pasto Bahía (Paspalum notatum), Festuca elatior, el pasto Guinea (Panicum maximum), El rábano forrajero entre otras especies forrajeras y los arbustos fijadores de nitrógeno y algunas malezas con raíces principales fuertes.

Las unidades VXCa, VXDa, no presentan limitaciones por pendientes debido a que son suelos planos, en la unidad PXAb se debe tener cuidados en las zonas de mayor pendiente y se debe incorporar materia orgánica para reducir la compactación presente en este suelo, se debe proteger la vegetación a orillas de los caños y quebradas, en las unidades PXFb y PXFb también se debe tener cuidado en las zonas de mayor pendiente, debido a que estos suelos son más susceptibles a la erosión por presentar pH ligeramente alcalinos a moderadamente alcalinos, la unidad MXFf2, no es apta para los cultivos de arroz y tabaco debido a las pendientes fuerte de esta unidad, es apta para el cacao.

Las tres unidades cartográficas presentan valores de conductividad eléctrica por debajo de 2000 µ Sm/cm, valores clasificados como normales sin problemas de salinidad.

Se puede concluir que los suelos de área de estudio, son aptos para los cultivos de arroz y tabaco, excepto en la unidad MXFf2, debido a los relieves quebrados a escarpados que presenta esta unidad, para el cultivo de Cacao la unidad más apta es la MXFf2 debido a la profundidad efectiva moderadamente profundo que presenta esta unidad, las demás unidades se puede implementar este cultivo realizando un hoyado profundo a la hora de la siembra. Todas las unidades presentan ciertas limitaciones; dentro de estas las más importantes y que se deben corregir para conservación de este recurso natural, es la compactación encontrada en las unidades VXCa y PXAb. y algunas deficiencias químicas como las reacciones ligeramente alcalinas a moderadamente alcalinas de las unidades PXFb y PXFb2, en ambos casos se recomienda la aplicación de materia orgánica procesada en cantidades de 2 ton/ha y la incorporación de los residuos de cosecha al suelo.

2.5.6.2. Selección de cultivos

Para la selección de cultivos se deben tener en cuenta los parámetros que pueden llegar a ser limitantes y que pueden llegar afectar directamente la producción de la planta, principalmente los factores ambientales, edafológicos y de topografía son los que más llegan a ser limitantes en el momento de establecer un cultivo, el clima,

la temperatura, precipitación, altitud, fertilidad del suelo, profundidad efectiva, disponibilidad de agua, topografía, pendiente, pH, texturas, salinidad del suelo, calidad de agua para riego entre otros.

Generalmente las limitaciones son notables en cuanto a sanidad y vitalidad de las plantas las cuales se ven reflejadas en la producción y calidad del producto final que determina la el margen de utilidad y ganancia de la actividad económica en que se basa el sustento las familias de la asociación de usuarios.

Calidad de agua para riego

Zonificación propuesta para el análisis hidrológico en la cuenca hidrológica del río Frío.

Para los puntos A05, A06, A07 y A08, son permitidos para usos agrícolas de consumo indirecto, pero se tiene como usos condicionado agrícola, cuando se trata de cultivos de consumo directo que según lo estipulado en el parágrafo 1 del artículo 40 del decreto 1594 de 1984 para uso agrícola, pues no pueden exceder de 5000 NMP, cuando se trata de cultivos de consumo directo, concluyendo que en los tres cultivos de mayor área en la zona de estudio (Arroz, Tabaco y Cacao), se puede usar el agua de la corriente Rio Frio.

Teniendo en cuenta los valores obtenidos de los parámetros necesarios para la clasificación del agua con fines de riego según la norma Riverside, se tiene que el agua de los ocho puntos de muestreo sobre la corriente de Rio Frio, Mpio Campoalegre, se clasifica **C1S1**, Clasificación que establece que el agua de la muestra es agua baja en salinidad y baja en sodio, razón por la cual puede ser utilizada en el riego.

Salinidad del suelo

La salinización de los suelos es el proceso de acumulación en el mismo, de las sales disueltas en el agua. Esta puede darse en forma natural, cuando se trata de suelos bajos y planos, que son periódicamente inundados por ríos o arroyos; o si el nivel de las aguas subterráneas es poco profundo y el agua que asciende por capilaridad contiene sales disueltas.

La salinidad del suelo es un dato importante que se debe tener en cuenta en cualquier estudio físico químico y biológico que se le haga al suelo. Es un valor de uso potencial que se le dará al suelo dependiendo el uso destinado y hacia que va dirigido, para el establecimiento de cualquier cultivo es un parámetro importante para el éxito de cualquier proyecto productivo, ya que la salinidad del suelo puede llegar afectar en más de un 50% la producción.

Otras consecuencias de salinidad en el suelo son la perdida de la fertilidad, la disminución de la infiltración, la desfloculación de partículas y la toxicidad de algunas sales para los cultivos. Es un proceso reversible, mediante el lavado de los suelos.

Gracias a los resultados de la salinidad de suelos realizados por el organismo consultor podemos determinar las 6 unidades cartográficas son suelos normales aptas para el establecimiento de cualquier cultivo y vemos los resultados en la tabla siguiente.

PUNTO	Prueba 1 µs/cm	Prueba 2 µs/cm	Prueba 3 µs/cm	Promedio µs/cm	ds/cm
1	582	577	556	571.67	0.57
2	435	435	437	435.67	0.44
3	288	284	284	285.33	0.29
4	464	459	445	456.00	0.46
5	325	318	319	320.67	0.32
6	184.5	182.9	182.9	183.43	0.18

Tabla 195. Clasificación de la salinidad de los suelos del área del proyecto según su conductividad eléctrica.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

CE (dS/m-25ºC)	Suelos	Afectan
0-2	Normales	
2-4	Ligeramente salinos	Cultivos muy sensibles
4-8	Salinos	La mayoría de los cultivos
8-16	Fuertemente salinos	Solo se obtiene rendimiento en los cultivos tolerantes
>16	Extremadamente salinos	Muy pocos cultivos dan rendimientos aceptables

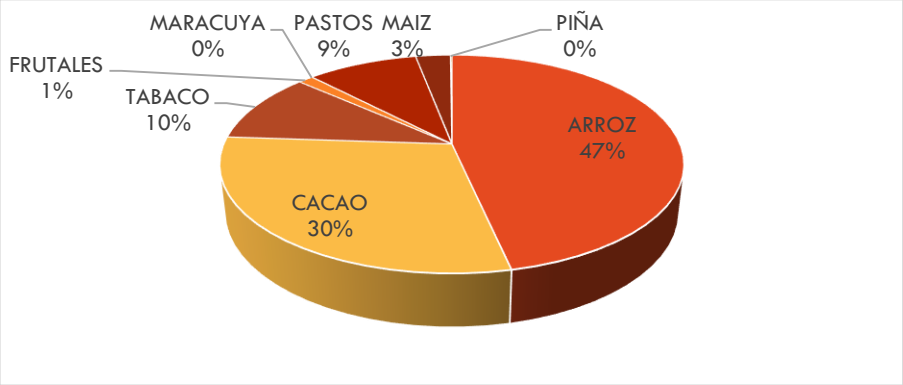
Tabla 196. Clasificación de la salinidad de los suelos según su conductividad eléctrica.
Fuente: GRADOS DE SALINIDAD UNITED STATES SALINITY

Debido a los factores y condiciones anteriormente citadas y a otras se pueden seleccionar los cultivos que pueden llegar a ser beneficiados por la reglamentación del Río Frío jurisdicción Rivera, se hizo la selección teniendo en cuenta:

- Factores ambientales y climáticos
- Intensión y decisión de siembra de los usuarios
- Topografía del terreno
- Estudio de suelos (agrología)
- Calidad de agua para riego

- Salinidad de suelos índice de tolerancia de cultivos

Según las encuestas y la recolección de la información tomadas a los usuarios se tienen algunos cultivos de mayor área de siembra de gran aceptación por parte de los usuarios, estos cultivos se adaptan bien a las condiciones climáticas y de terreno de la zona.



Gráfica 23. Distribución porcentual de los cultivos sembrados en el área de estudio.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

CULTIVOS	AREA	%
ARROZ	185.35	46.58
CACAO	117.40	29.50
TABACO	41.5	10.43
FRUTALES	5	1.26
MARACUYA	0.08	0.02
PASTOS	36.63	9.20
MAIZ	11.5	2.89
PIÑA	0.5	0.13
TOTAL	397.96	**100.00**

Tabla 197. Área de Cultivos sembrados en la zona de estudio.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En conclusión los tres cultivos principales a establecer son el arroz, el cacao y el tabaco, que representan más del 75% de los cultivos actuales, los suelos de área de estudio, son aptos para los cultivos de arroz y tabaco, excepto en la unidad MXFf2, debido a los relieves quebrados a escarpados que presenta esta unidad, para el cultivo de Cacao la unidad más apta es la MXFf2 debido a la profundidad efectiva moderadamente profunda que presenta esta unidad, las demás unidades se puede implementar este cultivo realizando un hoyado profundo a la hora de la siembra.

Todas las unidades presentan ciertas limitaciones; dentro de estas las más importantes y que se deben corregir para conservación de este recurso natural, es la compactación encontrada en las unidades VXCa y PXAb, y algunas deficiencias químicas como las reacciones ligeramente alcalinas a moderadamente alcalinas de las unidades PXFb y PXFb2, en ambos casos se recomienda la aplicación de materia orgánica procesada en cantidades de 2 ton/ha y la incorporación de los residuos de cosecha al suelo, para mejorar las propiedades fisicoquímicas.

Para evitar la compactación en el suelo se recomienda no hacer laboreo del suelo cuando el suelo este mojado, se recomienda que la mecanización del suelo puede iniciarse cuando la humedad del suelo este por debajo de los 30 cm, o cuando al tomar un puñado de suelo y apretarlo este se desmorona, ya es apto para iniciar labores, pero si el suelo mantiene su forma, es porque está muy húmedo y se debe esperar hasta que se seque.

2.6. LOCALIZACIÓN DE VERTIMIENTOS PUNTUALES

2.6.1. Georreferenciación de vertimientos directos a lo largo del cauce principal del río.

La identificación y localización de todo tipo de vertimientos que se realice sobre los cauces hídricos, permite que la autoridad ambiental regule y controle la cantidad y calidad del cuerpo de agua objeto de ordenamiento, lo cual se encuentra amparado por la legislación colombiana y en términos de vertimientos estipula que:

Según Decreto 1541 de 1978, Articulo 211- Capitulo II "Preservación de las aguas" Sección 1 - Control de vertimientos, "*Se prohíbe verter, sin tratamiento, residuos sólidos, líquidos o gaseosos, que puedan contaminar o eutroficar las aguas, causar daño o poner en peligro la salud humana o el normal desarrollo de la flora y fauna, o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos. El grado de tratamiento para cada tipo de vertimiento dependerá de la destinación de los tramos o cuerpos de aguas, de los efectos para la salud y de las implicaciones ecológicas y económicas*". Artículo 212 "*Si a pesar de los tratamientos previstos aplicados, el vertimiento ha de ocasionar contaminación en grado tal que inutilice el tramo o cuerpo de agua para los usos o destinación previstos por la autoridad ambiental, este podrá denegar o declarar la caducidad de la concesión de aguas o del permiso de vertimiento*".

Con el fin de conocer la cantidad y calidad de las aguas residuales que son arrojadas con o sin tratamiento a la corriente hídrica, durante el proceso de georreferenciación del cauce principal del río (recorrido metro a metro), además de la identificación de obras hidráulicas para usos, se identificó y referenció cada uno de los vertimientos puntuales de aguas residuales que se observaban sobre el cauce, cualquiera que fuese su naturaleza.

No se incluyeron cargas dispersas de contaminantes, ni se consideraron como vertimientos: lavados de suelos por aguas lluvias, arrastres por erosión, aguas cargadas con turbas orgánicas, etc.; solo se consideraron las fuentes puntuales de aguas residuales. Se consideró como un vertimiento los aliviaderos o canales de riego, ya que durante su recorrido por los predios cultivados arrastran partículas de suelo cargadas de fungicidas, herbicidas y demás abonos químicos utilizados en los procesos productivos, los cuales son lavados y depositados finalmente a los cuerpos hídricos.

Imagen 7. Vertimientos directos Localizados sobre la corriente del cauce principal del rio
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Para localizar y calificar como vertimiento una descarga, se tuvo en cuenta características como: olor típico a metano, colores oscuros, apariencia turbia, presencia de biota característica, reporte de lugareños, etc.

Basados en estos aspectos se localizaron en total 65 vertimientos directos de aguas residuales de diferente naturaleza en la corriente principal de Rio Frío. Se incluyeron como vertimientos los afluentes quebrada el Vergel y Quebrada Lavapatas quienes en su tránsito recolectan gran cantidad de aguas residuales procedentes de actividades domésticas de predios que no están incluidos en la red de alcantarillado del municipio.

2.6.2. Georreferenciación con GPS de los canales y conducciones aguas residuales.

Una vez identificadas sobre el cauce principal del rio los vertimientos de aguas residuales, se procedió a georreferenciar con el GPS los canales o conducciones que transportan estas aguas desde el foco generador hasta el rio. Este recorrido se realizó por cada vertimiento identificado, desde su desembocadura al rio siguiendo el recorrido del flujo aguas arriba por el canal conductor hasta el foco generador (ver Imagen 8). Para esto se dividió en tramos el cauce del rio y se realizaron las inspecciones por las riveras de los dos costados u orillas.

En total se referenciaron **9.984km** de conducciones de aguas residuales, 65 focos generadores y 65 puntos de desembocadura de estas conducciones al cauce del rio los cuales se localizaron sobre mapas temáticos; parte de la información sobre la red de conducción de vertimientos se obtuvo de Planos catastro red de alcantarillado del municipio de Campoalegre, formato análogo, escala 1: 2.500, diciembre de 2004. La mayoría de conducciones se realiza por medio de canales

naturales, tubería de PVC, tubería de gres, mangueras, etc. Algunos de los resultados obtenidos se observan en la Figura 26.

Imagen 8. Georreferenciación de canales y conducciones de aguas residuales sobre el cauce principal de la corriente del río
Fuente: FUNDISPROS, 2014

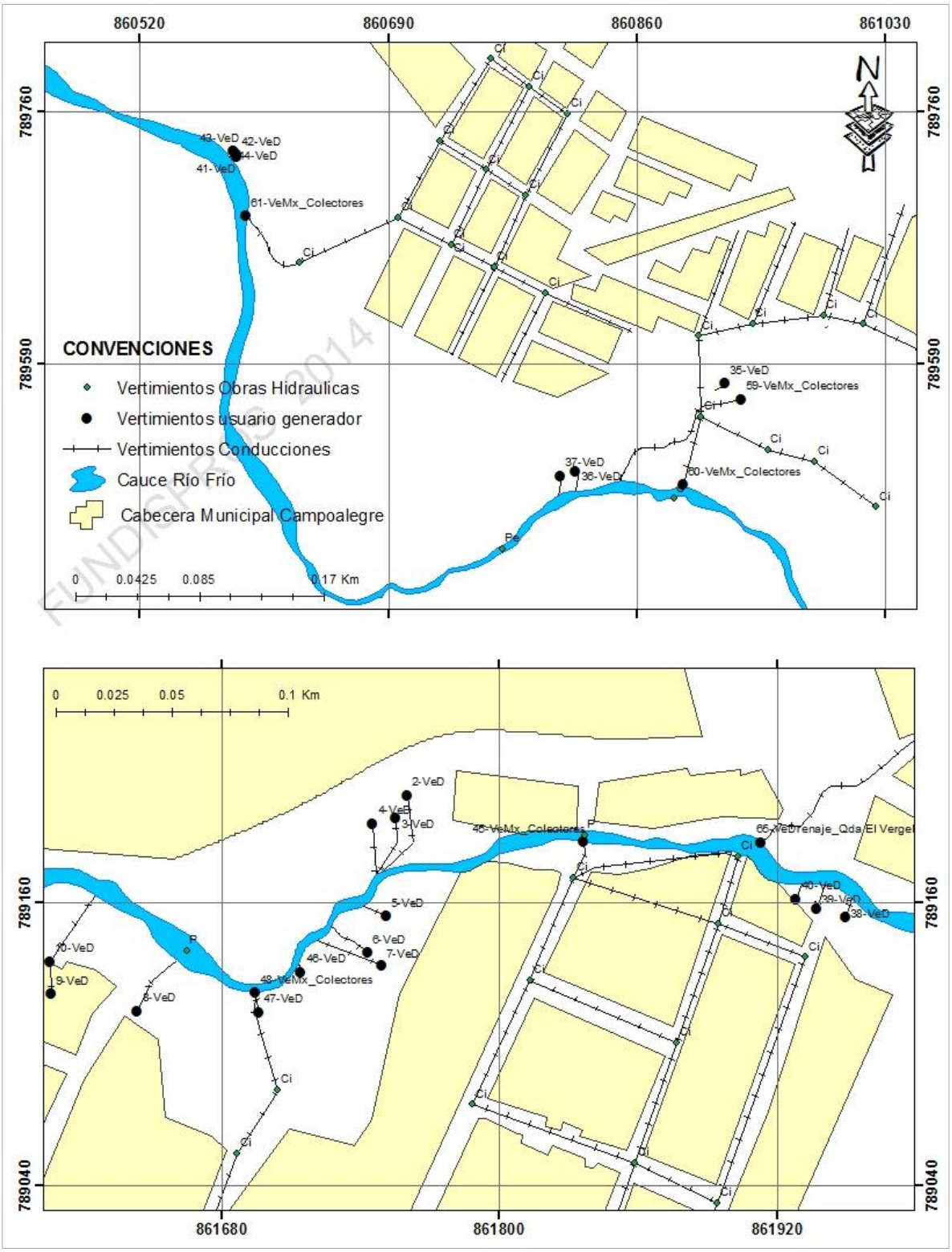


Figura 26. Algunos vertimientos directos georreferenciados sobre el cauce del río
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.6.3 Georreferenciación con GPS de obras hidráulicas de vertimientos sobre el cauce principal y obre las conducciones de aguas residuales.

Durante los procesos de georreferenciación del cauce principal y las conducciones de aguas servidas, también se georreferenciaron e identificaron si era el caso, las obras hidráulicas: derivaciones, alcantarillas, cajas de inspección, vertederos, etc, y en general estructuras que acompañan y hacen parte de las diferentes conducciones de aguas residuales y redes de alcantarillado que se detectaron.

Imagen 9. Obras hidráulicas identificadas
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Las obras hidráulicas se codificaron para inventariarlas y localizarlas en los planos cartográficos, utilizando para esto la misma codificación para obras hidráulicas de usos.

La Tabla 198 relaciona las obras hidráulicas de vertimientos identificadas fueron en total:

	OBRAS HIDRAULICAS																		
A	Al	C	Ci	Cr	D	Dr	E	Pc	Pe	Po	R	Sn	T	Tl	Tg	Tp	V	Ve	**TOTAL**
	7	**1**	**37**			**2**			**1**							**1**			**54**

Tabla 198. Inventario total de obras hidráulicas de vertimientos
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Según lo dispuesto en el Articulo 193 del Decreto 1541 de 1984, solo uno de los vertimientos localizados e identificados cumple con los requesitos minimos establecidos por la ley para su funcionamiento, "*En cumplimiento de toda resolución que otorgue un permiso de vertimiento en la cual se hayan ordenado obras para el tratamiento de efluentes, el permisionario deberá presentar para su aprobación a la*

autoridad ambiental además de otras disposiciones (art 188), una memoria descriptiva y otra técnica de tallada de los cálculos y diseños sanitarios, hidráulicos y estructurales, anexando los planos de localización, perfiles, detalles de obras y equipos".

2.7. IDENTIFICACIÓN DE VERTIMIENTOS

2.7.1. Censo de predios – usuarios que vierten AR

Diligenciamiento de formato de encuesta por usuario o predio que realice vertimientos al cauce del rio.

Según el artículo 208 del título IX "Conservación y preservación de las aguas y sus cauces", capitulo 1 "Principios generales", si como consecuencia del aprovechamiento de aguas en cualquiera de los usos previstos por el artículo 36 de este decreto, se han de incorporar a las aguas sustancias o desechos, se requerirá permiso de vertimiento, el cual se tramitará junto con la solicitud de concesión o permiso para el uso del agua, o posteriormente si tales actividades sobrevienen a otorgamiento del permiso o concesión.

De acuerdo a la información descrita en el Programa de Uso y Manejo eficiente del Agua del municipio de Campoalegre - 2007, la corriente hídrica Rio Frio, es una de las principales fuentes receptoras de la red de alcantarillado municipal, a la cual se le vierte aprox. 40 L/Seg de aguas servidas.

El sistema de alcantarillado está conformada por diferentes tipos de materiales como cemento y gres, sin embargo, no se puede hacer una descripción detallada sobre las cantidades y los diferentes tramos que constituyen estos materiales debido a que el municipio no cuenta con un catastro de redes. El sistema ha sido instalada en 4 diámetros, desde 8 pulgadas hasta 16 pulgadas. El diámetro predominante de tubería es de 8 pulgadas.

La red de tubería se terminó de construir en el año de 1986 y sus colectores mayores tienen una proyección para servir a la ciudad hasta el año 2015, si esta conserva sus actuales densidades y características urbanas. Tiene una longitud aproximada de 32094.55 metros y recibe oficialmente 3719 conexiones domiciliarias. Cubre aproximadamente el 90% de la zona urbana y su diseño se basa en colectores paralelos a las quebradas La Caraguaja, calle 18, calle 23 y Rio Frio.

Según la información suministrada por el EMAC A.A E.S.P. la población atendida hasta agosto de 2009 para alcantarillado es de 27900 habitantes, con 5580 suscripciones.

El sistema de alcantarillado es de tipo combinado, evacua aguas residuales de tipo doméstica, industrial (como las del matadero), pluvial, entre otras y funciona por diferencia de alturas topográficas. Está compuesto por una red de tuberías unidas por pozos de inspección que recogen las aguas servidas de acuerdo a la topografía del terreno. Esta red conduce las aguas servidas hacia 14 vertimientos que se descargan en diversos cuerpos hídricos (ver Tabla 199) entre los que se encuentra el cauce hídrico Rio Frio.

VERTIMIENTO	ZONA DE INFLUENCIA O GENERADORA DE VERTIMIENTO	FUENTE RECEPTORA
1	Quebrada Acrópolis (AR de la PTAR)	Rio Frio
2	Las Mercedes	Rio Frio
3	Rodrigo Lara	Rio Frio
4	San Carlos	Rio Frio
5	Alfonso López	Rio Frio
6	Panamá-Centro	Rio Frio
7	Molino – San Francisco	Quebrada la Caraguaja
8	Divino niño – la Clementina	Quebrada la Caraguaja
9	Jorge Eliecer Gaitán	Quebrada la Caraguaja
10	San Isidro	Quebrada San Isidro
11	La libertad	Quebrada la Caraguaja
12	San Isidro 2	Quebrada San Isidro
13	San Isidro 3	Quebrada San Isidro
14	La Caraguaja	Quebrada la Caraguaja

Tabla 199. Descargas de vertimientos del alcantarillado del municipio de Campoalegre
Fuente: Plan de sanemanieto y manejo de vertimientos para el municipio de Cgre (PSMV, 2007)

Adicional a las descargas puntuales que se realizan sobre diversos cuerpos hídricos del municipio de Campoalegre, existen zonas donde actualmente algunas viviendas no cuentan con el servicio de alcantarillado. Según el PSMV 2007, son 282 viviendas que vierten directamente sus aguas residuales a las fuentes hídricas del municipio. A continuación se relaciona la cantidad y ubicación de viviendas y que vierten directamente sus aguas servidas al cauce de la corriente hídrica rio frio:

- Sector No.7, Barrio Panamá con 105 viviendas que vierten sus aguas a las quebradas, de las cuales 22 viviendas descargan las aguas residuales al río Frío.
- Sector No.12, Barrio Alfonso López aledaño al río Frío, con 22 viviendas.
- Sector No.13, Barrio Sincelejo aledaño al río Frío, con 16 viviendas.

Permiso de Vertimiento:

En cuanto a los permisos de vertimientos de la red de alcantarillado del municipio, fueron otorgados mediante la Resolución CAM 0800 “Por el cual se aprueba el plan de saneamiento y manejo de vertimientos en el municipio de Campoalegre y la resolución 3050 de diciembre 26 de 2008 por medio del cual se complementa la

resolución 0800 de abril 12 de 2007 PSMV. Este permiso se otorgó por 10 años, iniciados a partir del año 2007.

Con el fin de identificar y caracterizar cada uno de los vertimientos actuales que se realizan sobre el cauce del rio para su posterior administración, se diseñó un formato de encuesta (Ver ***Anexo 4***) que resume y recoge información de relevancia en cuanto a localización del usuario generador e información específica del vertimiento como: tipo, cuantificación, localización, tratamiento, etc. Se diligencio un formato de encuesta por cada vertimiento detectado durante la fase de reconocimiento.

La cuantificación de los vertimientos (caudal LPS), se realizó por medio de aforos volumétricos (Q= Vol /Tiempo) y aforos de velocidad por superficie (Q= Vel*Área) como muestra la Imagen 10. Algunos de los caudales por ser intermitentes, se estimaron según el RAS 2000, el cual describe un caudal de agua residual perca pita de 80% del caudal que se utiliza para consumo diario (200LPS), lo que estima un caudal de 0.0023 LPS por persona, una vez obtenido este valor se multiplica por el número de personas generadoras de vertimientos por predio, identificados mediante labores de inspección en campo.

Imagen 10. Aforo volumétrico y aforo gravedad/superficie para cálculo de caudales en vertimientos
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En total se diligenciaron 64 encuestas, parte de la información ahí consignada se relaciona y resume en la siguiente tabla.

N°	PREDIO VERTIMIENTO	NOMBRE PROPIETARIO O RAZON SOCIAL	COORDENADAS FUENTE GENERADORA	TIPO DE VERTIMIENTO	CAUDAL (LPS)	TIPO DE AFORO	IMAGEN
1	DRENAJE + VERTIMIENTO PISCICOLA	ANCIANATO MUNICIPAL	X=862096.5613 Y=789123.4302	PISICOLA	50.0	MICROMOLINETE (PROTOCOLO IDEAM)	
	OBSERVACIÓN: Drenaje con desembocadura en Río Frío + vertimiento de origen piscícola. Este drenaje se consideró como vertimiento sobre el cauce principal de Rio Frio, debido a la gran cantidad de aguas residuales que transporta, las cuales son de origen piscícola y doméstico. Nace en la vereda Palmar Bajo y desemboca en el casco urbano del municipio de Cgre en el barrio Buenos Aires. Según información recopilada en campo este drenaje transporta las aguas residuales de varias unidades habitacionales asentadas sobre sus riveras y antes de desembocar en Río Frío recibe la descarga de dos lagos de producción piscícola ubicados en el ancianato municipal en el barrio Eugenio Ferro. Según campaña de aforos realizada por FUNDISPROS, la corriente transporta un caudal aproximado de 7.64LPS. Este afluente hídrico es de color turbio, con olores pestilentes y transporta gran cantidad de sedimentos y se encuentra en avanzado estado de deterioro; en su desembocadura y durante su recorrido se presentan fuertes olores fétidos debido a la cantidad de agua residual que transporta.						
2	CASA RESIDENCIAL CALLE 29 N°5-53 BARRIO BUENOS AIRES	ANA MARIA TIQUI SILVA	X=861760.2162 Y=789205.8463	DOMESTICO	0,15	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales de origen doméstico. El agua residual es conducida por una tubería de PVC de 4 pulg aproximadamente, que se encuentra enterrada y finalmente escurre por el suelo hasta alcanzar el cauce principal del rio; esta conducción transporta las aguas residuales de actividades domésticas (baterías sanitarias y lavaplatos) de 5 personas aproximadamente. En el punto de la descarga se presentan olores ofensivos y diferentes vectores derivados de esta contaminación. El caudal resultante de las actividades de aforo para este punto fue de 0.15 LPS. La información de frecuencia y tiempo de descarga se obtuvo de actividades de reconocimiento en campo e información suministrada por la señora Ana María Atiqui Silva habitante del predio.						
3	CASA RESIDENCIAL CALLE 29 N°5-55 BARRIO PANAMA	BLANCA FLOR RODRIGUES VARGAS	X=861755.3865 Y=789196.2657	DOMESTICO	0,03	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales de origen doméstico. El agua residual es conducida por una tubería de PVC hasta la rivera del rio y finalmente escurre por el suelo hasta alcanzar el cauce principal del rio; las aguas servidas son producto de actividades domésticas (baterías sanitarias, alberca y lavaplatos) de 2 personas aproximadamente. En el punto de la descarga se presentan olores ofensivos y fétidos derivados de esta contaminación. El caudal resultante de las actividades de aforo para este punto fue de 0.031 LPS. La información de frecuencia y tiempo de descarga se obtuvo de actividades de reconocimiento en campo e información suministrada por la señora Blanca Flor Rodríguez Vargas habitante del predio.						

4	CASA RESIDENCIAL CALLE 29 N° 5-57 BARRIO PANAMA	AMPARO GUTIERREZ	X=861745.3153 Y=789193.7836	DOMESTICO	0,03	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales de origen doméstico. Esta descarga de aguas servidas se realiza directamente al cauce principal del rio sin ningún tipo de tratamiento previo, por medio de una tubería de gres de aproximadamente 8 pulgadas de diámetro que evacua y escurre el flujo de agua residual hasta llegar al rio. La descarga es de color gris debido a presencia de grasas y jabones provenientes de actividades domésticas típicas (baterías sanitarias, lavaplatos, alberca, etc). En el lugar se evidencia presencia de lodos fétidos, malos olores, restos de grasas estancadas, basuras, bolsas plásticas, frascos, etc. la información sobre frecuencia y tiempo de descarga se asumió tomando como base el promedio de habitantes por casa en este sector (3 personas) con una frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes 8 horas al día.						
5	CASA RESIDENCIAL CRA 6 N° 23-98 BARRIO BUENOS AIRES	JOSE LIZARDO ARTUNDUAGA OIDOS	X=861751.2181 Y=789154.5859	DOMESTICO	0,05	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales de origen doméstico y pecuarias. Esta descarga de aguas servidas se realiza directamente al cauce principal del rio sin ningún tipo de tratamiento previo, por medio de una tubería de PVC que evacua y escurre el flujo de agua residual hasta llegar al rio. La descarga es de color oscuro debido a la presencia de grasas y jabones provenientes de actividades domésticas típicas (baterías sanitarias, alberca, etc.). Este vertimiento también recoge las aguas residuales de una cochera con 2 cerdos que se encuentra instalada en el predio. En el lugar existe presencia de lodos fétidos, olores ofensivos, restos de grasas estancadas, etc. la información sobre frecuencia y tiempo de descarga se asumió tomando como base el promedio de habitantes por casa en este sector (5 personas) con una frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes 8 horas al día.						
6	CASA RESIDENCIAL CRA 6 N° 23-91 BARRIO BUENOS AIRES	ANA BELEN SANTA	X=861743.2281 Y=789139.0154	DOMETICO	0,03	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales domésticas. Las aguas negras de esta unidad habitacional (baterías sanitarias, lavaplatos, alberca, etc.), se evacuan por medio de una tubería de PVC y posteriormente escurren por el suelo hasta alcanzar el cauce principal del rio. En el lugar se evidencian basuras, bolsas, algunos escombros, etc, que son arrojados sin ningún tipo de control en las riveras del rio. En el momento de la inspección el vertimiento no realizaba descarga por lo que no se aforó. La información sobre frecuencia y tiempo de descarga se asumió tomando como base el promedio de habitantes por casa en este sector (3 personas) con una frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes 8 horas al día. La información adicional sobre el predio y el vertimiento la proporcionó la señora Ana Belén Santa habitante del predio.						

7	CASA RESIDENCIAL CRA 6 N° 23-90 BARRIO BUENOS AIRES	MARIA JESUS MURCIA	X=861749.1052 Y=789133.3636	DOMESTICO	0,02	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales de origen doméstico. La conducción se hace por medio de una manguera de polietileno de 5cm de diámetro. En el lugar de descarga se evidencian basuras (bolsas, papales, telas, mangueras) y gran cantidad de lodos pestilentes, el vertimiento corresponde a una unidad habitacional de aproximadamente 4 habitantes. El vertimiento no se aforo ya que no realizaba descargas en el momento de la inspección, el caudal que se asume es según el RAS 2000 la cantidad de agua residual generada por una persona y multiplicado por el número de habitantes de la casa, la información de frecuencia y tiempo de descarga se asumió según el promedio de otros vertimientos del sector. La información adicional del predio la suministró la señora María Jesús Murcia.						
8	CASA RESIDENCIAL CRA 7 N° 24-18 BARRIO BUENOS AIRES	ROSA PASTRANA	X=861643.7711 Y=789114.1118	DOMESTICO	0,02	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Aguas residuales de origen doméstico. Las aguas residuales de esta casa (baterías sanitarias, alberca, lavaplatos) se evacuan por medio de una manguera de polietileno y luego escurren hasta alcanzar el cauce principal del rio. En el lugar de la descarga se evidencian fuertes olores debido a la descomposición de la materia orgánica en el transito del agua. En el momento de la inspección ocular no se realizaron descargas de agua, por lo que no se aforo. La información sobre frecuencia y tiempo de descarga se asumió tomando como base el promedio de habitantes por casa en este sector (2 personas) con una frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día, ya que por problemas de orden público no se logró acceder a la vivienda.						
9	CASA RESIDENCIAL CRA 7 N° 7-02 BARRIO BUENOS AIRES	EVA GUARACA	X=861606.4731 Y=789121.4264	DOMESTICO	0,38	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales domésticas. Las aguas negras de esta unidad habitacional (baterías sanitarias, alberca, lavaplatos) se evacuan por medio de una tubería de gres que también recoge las aguas servidas de otra unidad habitacional más, posteriormente escurren por el suelo hasta alcanzar el cauce principal del rio. En el lugar de la descarga se evidencian basuras, bolsas, papeles, etc, que se arrojan sin ningún tipo de control en las riveras del rio. En el momento de la inspección el vertimiento no realiza descarga por lo que no se aforo. La información sobre frecuencia y tiempo de descarga se asumió tomando como base el promedio de habitantes por casa en este sector (4 personas) con una frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día. La información adicional sobre el predio la suministro la señora Eva Guaraca habitante del predio.						

10	CASA RESIDENCIAL CRA7 N° 24-15 BARRIO PANAMA	HUGO RODRIGUEZ ALVAREZ	X=861605.9983 Y=789135.1568	DOMESTICO	0,03	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales domésticas. Las aguas negras de esta unidad habitacional (baterías sanitarias, alberca, lavaplatos) se evacuan por medio de una tubería de PVC que la deposita en la zona de playa del rio junto con las de otra casa, posteriormente escurre hasta alcanzar el cauce principal; en el lugar se evidencia gran cantidad de lodos pestilentes, procedentes de la materia orgánica en descomposición que no es rápidamente arrastrada por el cauce ppal del rio. La información del predio la suministro el señor Hugo Rodríguez Álvarez, habitante de la casa. En el momento de la inspección el vertimiento no realizaba descargas por lo que no se aforo. La información sobre caudal, frecuencia y tiempo de descarga se asumió tomando como base la información de los predios de la zona para un total de 4 habitantes.						
11	CASA RESIDENCIAL CALLE 8 N°24-25 BARRIO PANAMA	NOREIDA ORDOÑES ZOTO	X=861508.2205 Y=789160.2500	DOMESTICO	0,02	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales de origen doméstico. La conducción se realiza por medio de una conducción natural en donde el agua fluye por escorrentía sobre la pendiente que separa el predio generador del cauce principal del rio. El vertimiento corresponde a una unidad habitacional de aproximadamente 4 habitantes (descarga de batería sanitaria, lavaplatos, lavadero, etc.). El flujo de agua residual no fue aforado ya que no realizaba descargas en el momento de la inspección, el caudal que se asume es según el RAS 2000 la cantidad de AR generado por una persona y multiplicado por el número de habitantes de la casa (3 habitantes), la información de frecuencia y tiempo de descarga se asumió según información de los predios de la zona. La información adicional del predio la proporciono la señora Noreida Ordoñez Soto habitante de la casa.						
12	CASA RESIDENCIAL CALLE25 N° 8-03 BARRIO PANAMA	CARLOS MAURICIO ARAUJO CORONADO	X=861526.3178 Y=789187.6961	DOMESTICO	0,2	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales de origen doméstico. El agua servida de esta unidad habitacional sale por la parte de atrás de la casa a través de una tubería de PVC, luego escurre por la zona de playa del rio hasta alcanzar el cauce principal. Debido a que el movimiento del agua sobre el terreno es lento se presentan olores ofensivos y propagación de vectores como moscas y malos olores. La información de frecuencia y tiempo de descarga la suministro un habitante de la casa el señor Carlos Mauricio Araujo Corona.						

13	TALLER MECANICA CALLE 25 N° 8-25 BARRIO PANAMA	HILBER BARREIRO ZAMORA	X=861517.2359 Y=789190.8559	DOMESTICO	0,08	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico. Las aguas residuales de este punto corresponden a los servicios sanitarios del lugar, el cual funciona como taller de soldadura. La conducción hasta el punto de la descarga se realiza por medio de tubería de PVC. La cantidad de agua residual se asume según lo establecido en el RAS 2000, la cual es la cantidad de AR generado por una persona y multiplicado por el número de usuarios generadores (3 personas), la información adicional del lugar la suministro el señor Hilber Barreiro Zamora trabajador del taller.						
14	CASA RESIDENCIAL CALLE 24 N°8-42 BARRIO PANAMA	MARIA DOLORES HERNADES	X=861481.6925 Y=789160.5659	DOMESTICO	0,03	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico. Las aguas negras de esta unidad habitacional (baterías sanitarias, alberca, lavaplatos) se evacuan por medio de una tubería de concreto hasta alcanzar el cauce principal del rio. En el lugar de la descarga se presentan olores ofensivos y proliferación de mosquitos ya que gran parte de la materia orgánica evacuada queda estancada antes de alcanzar el cauce principal. La información sobre frecuencia y tiempo de descarga se asumió tomando como base el promedio de habitantes por casa en este sector (5 personas) con una frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día. La información adicional sobre el predio la suministro la señora María Dolores Hernández habitante del predio.						
15	CASA RESIDENCIAL CRA 9 N° 94-26 BARRIO PANAMA	CASA RESIDENCIAL CRA 9 N° 94-26	X=861499.3491 Y=789196.5098	DOMESTICO	0,4	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico. Este vertimiento es producto de la descarga de las baterías sanitarias públicas del lugar conocido como “La guarapearía”. No se identificó ningún sistema de tratamiento in-situ, las aguas residuales se colectan en el predio por medio de tubería de PVC y se evacuan con una conducción artesanal construida con tejas de zinc y guadua que dirige el agua residual al cauce principal. La información sobre frecuencia y tiempo de descarga se asumió tomando como base el promedio de los predios de la zona (frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día). La información adicional sobre el predio la suministro la señora María Emilge Góngora.						

16	CASA 1 BARRIO ALFONZO LOPEZ	N.N	X=861351.1751 Y=789200.1329	DOMESTICO	0,015	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales de origen doméstico. La conducción se efectúa por medio de una tubería de gres de 8 pulg aprox. La descarga se efectúa sobre la rivera del Rio Frio a cielo abierto. En el lugar del vertimiento se evidencia presencia de pastos, lodos pestilentes de aspecto denso, acumulación de materia orgánica en descomposición que se queda estancada al final de la conducción y fuertes olores fétidos debido a la descomposición de los sólidos (heces fecales) que quedan expuestos. No fue posible realizar el aforo volumétrico debido a las características del vertimiento, por lo que los datos de caudal frecuencia y tiempo de descarga se asumió tomando como base el promedio de los predios de la zona (frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día).						
17	CASA RESIDENCIAL CALLE 25 N° 9A-25 BARRIO PANAMA	CARMEN ROJAS CORTEZ	X=861432.9375 Y=789211.2666	DOMESTICO	0,05	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales de origen doméstico. La descarga proviene de las baterías sanitarias del predio (alberca utilizada para el lavado de ropas, ducha y sanitario). La conducción se realiza por medio de una tubería de PVC, hasta alcanzar el cauce ppal del rio. En lugar de la descarga se evidencian lodos fétidos y malos olores. En el momento de la inspección el vertimiento estaba sin actividad por lo que la información sobre frecuencia y tiempo de descarga se asumió tomando como base el promedio de los predios de la zona (frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día). La información adicional sobre el predio la suministro la señora Carmen Rojas Cortes habitante del predio.						
18	CASA RESIDENCIAL CRA 11 N°24-09 BARRIO PANAMA	MAGDALENA BARCIAS DE DURAN	X=861294.7054 Y=789244.3477	DOMESTICOS	0,01	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico. Sin ningún tratamiento previo a su descarga. Esta descarga es procedente de una unidad habitacional (baños, lavadero, lavaplatos, etc.) la cual evacua las aguas negras del predio por medio de una tubería de gres hasta llegar al puente que conduce al barrio Alfonso López, a partir de este punto el agua residual escurre por el suelo hasta alcanzar el cauce principal del rio. En el lugar de la descarga se evidencian vectores como mosquitos, lodos fétidos que resbalan junto con el flujo de agua, de apariencia densa y colores oscuros producto de la materia orgánica en descomposición, lo que genera gran cantidad de olores pestíferos en el punto de descarga. El lugar también es usado para arrojar sin ningún tipo de control escombros de construcción. La información sobre frecuencia y tiempo de descarga se asumió tomando como base el promedio de los predios de la zona (frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día). La información adicional sobre el predio la suministro la señora Magdalena Barcias de Duran habitante del predio.						

19	CASA RESIDENCIAL CALLE 11 N° 24-13 BARRIO PANAMA	LUIS ALBERTO PEREZ CAMACHO	X=861289.3064 Y=789222.0485	DOMESTICO	0,04	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico. Sin ningún tratamiento previo a su descarga. Esta descarga es procedente de una unidad habitacional (baños, lavadero, lavaplatos, etc) la cual evacua las aguas negras del predio por medio de una tubería de gres hasta llegar al puente que conduce al barrio Alfonso López, a partir de este punto el agua residual escurre por el suelo hasta alcanzar el cauce principal del rio. En el lugar de la descarga se evidencian vectores como mosquitos, lodos fétidos que resbalan junto con el flujo de agua, de apariencia densa y colores oscuros producto de la materia orgánica en descomposición, lo que genera gran cantidad de olores pestíferos en el punto de descarga. El lugar también es usado para arrojar sin ningún tipo de control escombros de construcción. La información sobre frecuencia y tiempo de descarga se asumió tomando como base el promedio de los predios de la zona (frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día). La información adicional sobre el predio la suministro la señora Magdalena Barcias de Duran habitante del predio.						
20	CASA RESIDENCIAL CALLE 25 N°24-38 BARRIO PANAMA	MARIA EVA PEREZ DE OSORIO	X=861269.3515 Y=789286.0831	DOMESTICO	0,03	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales de origen doméstico. La conducción se hace a través de un canal natural con alta presencia de rocas. La mayoría de las aguas se quedan estancadas en la conducción debido a la mínima cantidad de caudal que por ahí circunda. En el lugar hay presencia de basuras plásticas, pañales desechables, olores fétidos debido a la descomposición dela materia orgánica que se queda estancada al escurrir el agua residuales que la transporta. Información del predio y del vertimiento la suministro la señora María Eva Pérez de Osorio habitante del predio generador.						
21	CASA RESIDENCIAL CRA 11 N° 24-35 BARRIO PANAMA	FLOR DE LIZ TRUJILLO	X=861268.0613 Y=789293.2539	DOMESTICO	0,0078	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Aguas residuales de origen doméstico. Las aguas servidas producidas en esta unidad habitacional son recogidas a través de la red de drenaje interno de la casa y posteriormente escurren por el suelo hasta alcanzar el cauce principal del rio. En el lugar se evidencian fuertes olores debido a la descomposición de la materia orgánica en el transito del agua. La información sobre frecuencia y tiempo de descarga se asumió tomando como base el promedio de los predios de la zona (frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día). La información adicional la suministro la señora Flor de Liz Trujillo habitante del predio.						

22	QUEBRADA LAVAPATAS	N.A	X= 861180.0152 Y=789302.2426	DRENAJE	20	MICROMOLINETE (PROTOCOLO IDEAM)

OBSERVACIÓN: La quebrada "La Caraguaja" nace en inmediaciones de la vereda El Roble y la vereda San Isidro ubicadas al oriente del municipio de Campoalegre, aproximadamente a 2000 m.s.n.m, abastece el acueducto rural de esta y otras veredas como Buenavista. Ocupa un área de 54.25 km2, tiene un recorrido de 18.6 km y recoge las aguas de las quebradas La Cotuda Seca, Las Tapias y San Isidro; finalmente desemboca en el Rio Magdalena.

Este afluente hídrico no es un tributario natural al cauce hídrico Rio Frio, se consideró como vertimiento debido al canal construido para el trasvase de la quebrada La Caraguaja al cauce de Rio Frio, utilizado para suplir las necesidades hídricas de usuarios con concesión de agua de la quebrada La Caraguaja reglamentada bajo resolución 0479 de 04-04-2005. (Ver Figura 7). Una vez el caudal de La quebrada la Caraguaja es trasvasado al cauce hídrico Rio Frio, por medio de un dique construido de forma artesanal con bultos de material de playa (arenas, piedras), se desvía su cauce natural y se conduce hasta la zona productiva de algunos predios de la parcelación "Empresa Comunitaria El Viso".

Durante su recorrido especialmente por el casco urbano del municipio de Campoalegre, actúa como colector de gran cantidad de aguas residuales domésticas, procedentes principalmente de la red de alcantarillado municipal y los diversos puntos que el sistema ha estipulado para las descargas, estos puntos son:

VERTIMIENTO	ZONA DE INFLUENCIA	FUENTE RECEPTORA	AREA (HA)
1	Barrio Molino – San Francisco	Qda. Caraguaja	20.44
2	Barrio Divino Niño-La Clementina	Qda. Caraguaja	24.5
3	Barrio Jorge Eliécer Gaitán	Qda. Caraguaja	10.74
4	Barrio La Libertad	Qda. Caraguaja	13.23
5	Barrio La Caraguaja	Qda. Caraguaja	15.23

Algunas viviendas aledañas a este cauce hídrico no se encuentran conectadas a la red de alcantarillado, por lo que vierten sus aguas negras a la quebrada, actuando como conducción y evacuación de aguas servidas, estos son algunos sectores donde se encuentran ubicadas las viviendas que realizan descargas a la quebrada Caraguaja.

Durante su recorrido, especialmente por el casco urbano del municipio de Campoalegre actúa como colector de gran cantidad de aguas residuales domésticas, procedentes de viviendas que vierten directamente sus aguas residuales a las fuentes hídricas sin ningún tipo de tratamiento y que no están conectadas a la red de alcantarillado municipal, o de los diversos puntos que el sistema de alcantarillado del municipio ha estipulado para las descargas, actuando como conducción y evacuación de aguas servidas, estos son algunos sectores donde se encuentran ubicadas las viviendas que realizan descargas a la quebrada Caraguaja.
Sector No.2, Barrio Libertad aledaño a la quebrada La Caraguaja, con 13 viviendas.
Sector No.3, Barrio Gaitán Callejón aledaño a la quebrada La Caraguaja, con 22 viviendas.
Sector No.4, La Avenida con 7 viviendas que descargan sus aguas a las quebradas, de las cuales 4 viviendas vierten a la quebrada La Caraguaja.
Sector No.2, Barrio Libertad aledaño a la quebrada La Caraguaja, con 13 viviendas.
Sector No.5, Barrio Caraguaja aledaño a la quebrada La Caraguaja, con 26 viviendas, de las cuáles 7 viviendas se encuentran conectadas a la red de alcantarillado, las cuales vierten sus aguas residuales a la quebrada directamente.
Sector No.6, Barrio Gaitán aledaño a la quebrada La Caraguaja, con 2 viviendas.

23	QUEBRADA LAVAPATAS	N.A	X= 861180.0152 Y=789302.2426	DRENAJE	20	MICROMOLINETE (PROTOCOLO IDEAM)	
	OBSERVACIÓN: la quebrada “Lavapatas” nace en la vereda Palmar Bajo y desemboca en el cauce principal de la corriente hídrica rio Frio en el casco urbano del municipio de Campoalegre en el barrio Kennedy – Sincelejo. Durante su recorrido por la cabecera municipal de Campoalegre atraviesa los barrios La Clementina, El centro, Panamá, Kennedy y Sincelejo. Este afluente hídrico también actúa como colector y transportador de aguas residuales de varios de los puntos de la red de alcantarillado que descargan en su cauce, además de viviendas asentadas en su zona de protección y que no están conectadas a la red de alcantarillado municipal. Algunas de estas viviendas se encuentran ubicadas en los siguientes sectores: Sector No.4, La Avenida con 7 viviendas que descargan sus aguas a las quebradas, de las cuales 3 viviendas vierten a la quebrada Lavapatas. Sector No.7, Barrio Panamá con 105 viviendas que descargan sus aguas a las quebradas, de las cuales 53 viviendas vierten sus aguas residuales a la quebrada Lavapatas y 22 viviendas al río Frío. Sector No.8, Barrio Clementina aledaño a la quebrada Lavapatas, con 11 viviendas. Sector No.9, Barrio Centro Av, con 7 viviendas aledaño a la quebrada Lavapatas. Sector No.10, Barrio Eduardo Santos aledaño a la quebrada Lavapatas, con 30 viviendas de las cuáles 10 viviendas cuentan con su propio alcantarillado. Sector No.10, Barrio Bararai aledaño a la quebrada Lavapatas, con 3 viviendas.						
24	CASA RESIDENCIAL CALLE 24 N° 13-14 BARRIO SINCELEJO	AURELIANO PUENTES	X=861170.7253 Y=789281.7179	DOMESTICO	0,031	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales de origen doméstico. La conducción de aguas residuales dentro del predio se realiza por medio de tubería de gres y tubería de PVC. Una vez las aguas residuales son evacuadas del predio, escurren por el suelo hasta alcanzar el cauce principal del rio Frio. En el lugar de la descarga se evidencian lodos pútridos producto de la materia orgánica en descomposición, este sitio también es usado para descarga de basuras por parte de los habitantes de la zona (basuras plásticas, pañales desechables). En el momento de la inspección no se realizaba descargas de aguas residuales por lo que la información la información sobre frecuencia y tiempo de descarga se estimó tomando como base el promedio de los predios de la zona (frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día). La información adicional sobre el predio la suministro el señor Aureliano Puentes.						

25	CASA RESIDENCIAL CALLE 24 N°12-S04 BARRIO ALFONZO LOPEZ	GUSTAVO CHACON CUELLAR	X=861166.2351 Y=789300.8925	DOMESTICO	0.05	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales de origen doméstico. La descarga proviene de las baterías sanitarias del predio (ducha y sanitario), los cuales están construidos de forma artesanal (madera, lona, piso de cemento). La conducción se realiza por medio de una tubería de gres adecuada de tal manera que el agua que escurre de la ducha se desliza hasta el interior de la tubería que se en ubico en la parte superficial del piso. Una vez el agua residual es desalojada del predio, escurre por el suelo hasta alcanzar el cauce ppal del rio. En el momento de la inspección el vertimiento estaba sin actividad por lo que la información sobre frecuencia y tiempo de descarga se asumió tomando con base el promedio de los predios de la zona (frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día). La información adicional sobre el predio la suministro el señor Gustavo Chacón Cuellar habitante del predio.						
26	CASA RESIDENCIAL CALLE 24 N° 13-18 BARRIO SINCELEJO	JOSE MILTON TOQUICA	X=861158.3237 Y=789287.2606	DOMESTICO AGROPECUARIO	0.060	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales domésticas y pecuarias. Las aguas negras de esta unidad habitacional son procedentes de descargas realizadas por baterías sanitarias, lavaplatos, alberca, etc. y la cría de 5 cerdos; estas aguas servidas son evacuadas por medio de una tubería de gres y posteriormente escurren por el suelo hasta alcanzar el cauce principal del rio. En el lugar de la descarga se evidencia vegetación desarrollada sobre los lodos debido a la descomposición de la materia orgánica estancada; La información sobre frecuencia y tiempo de descarga se asumió tomando como base el promedio de habitantes por casa en este sector (4 personas) con una frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes 8 horas al día. La información adicional sobre el predio y el vertimiento la proporciono el señor José Milton Toquita habitante del predio.						
27	CASA RESIDENCIAL CALLE 24 N°12-106 BARRIO ALFONSO LOPEZ	YAQUELINE CALIMAN	X=861159.1161 Y=789302.3403	DOMESTICO	0.031	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico. Las aguas negras de esta unidad habitacional (baterías sanitarias, alberca, lavaplatos) se evacuan por medio de una tubería de concreto hasta la zona de playa del rio donde escurre alcanzar el cauce principal del rio. La información sobre frecuencia y tiempo de descarga se asumió tomando como base el promedio de habitantes por casa en este sector (4 personas) con una frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día. La información adicional sobre el predio la suministro la señora Jaqueline Caliman habitante del predio.						

28	CASA RESIDENCIAL CALLE 24 N°12-120 BARRIO ALFONSO LOPEZ	MARIA HELENA TRUJILLO DE LOSADA	X=861155.6747 Y=789305.3029	DOMESTICO	0,031	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales de origen doméstico. Esta descarga de aguas servidas se realiza directamente al cauce principal del rio sin ningún tipo de tratamiento previo, por medio de una tubería de pvc que evacua y escurre el flujo de agua residual hasta el cauce ppal del rio. La descarga proviene de actividades domésticas típicas (baterías sanitarias, lavaplatos, alberca, etc). la información sobre frecuencia y tiempo de descarga se asumió tomando como base el promedio de habitantes por casa en este sector (4 personas) con una frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes 8 horas al día.						
29	CASA RESIDENCIAL CALLE 23 N° 13-42 BARRIO SINCELEJO	WILLIAN BARROS	X=861145.4636 Y=789291.2350	DOMESTICO	0,021	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico. Esta descarga se realiza sin ningún tipo de tratamiento antes de su descarga. El grado de impureza de estas aguas servidas es alto, transportan compuestos orgánicos e inorgánicos, ya sean disueltos o en suspensión; el agua es de color gris debido a la alta presencia de jabones producto del lavado de ropas, duchas, lavaplatos. La conducción se realiza por medio de una tubería de pvc, posteriormente escurre por el suelo hasta la zona de playa del rio. En el lugar de la descarga hay presencia de plantas acuática que encuentra en las aguas residuales su fuente de nutrientes, también se evidencia alta presencia de lodos fétidos. La información sobre frecuencia y tiempo de descarga se estimó tomando como base el promedio de los predios de la zona (frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día). La información adicional sobre el predio la suministro el señor William Barros habitante del predio.						
30	CASA RESIDENCIAL CALLE 23 N° 13-48 BARRIO SINCELEJO	MIGUEL ANGEL MORALES	X=861135.6706 Y=789295.9781	DOMESTICO	0,05	RAS, 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales domésticas y pecuarias. Las aguas servidas de este predio son el resultado de la actividad domestica (unidades sanitarias, lavaplatos, lavado de ropas), la cría de 3 cerdos y el engorde de 10 pollos en un pequeño galpón. En el momento de la inspección las estructuras se observan vacías y en regular estado pero se usan ocasionalmente. La conducción de estas aguas servidas hasta el cauce hídrico Rio Frio se realiza por medio de tubería de pvc. No se tiene ninguna unidad de tratamiento in situ descargándose de manera directa al cauce del rio. En el momento de la inspección el vertimiento estaba sin actividad por lo que la información sobre frecuencia y tiempo de descarga se asumió tomando como base el promedio de los predios de la zona (frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día). La información adicional la suministro el señor Miguel Morales Morales habitante del predio.						

31	CASA RESIDENCIAL CALLE 25 N° 14-03 BAARRIO ALFONSO LOPEZ	LUIS ARMANDO ADAMES	X=861144.3396 Y=789324.2443	DOMESTICO	0.023	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales de origen doméstico. Esta descarga es producto de la evacuación de las aguas servidas de las baterías sanitarias del predio, los cuales son rudimentarias y artesanales recubiertos con lonas. La conducción se realiza por medio de tubería de pvc que dirige las aguas hasta el cauce principal del rio. La información sobre frecuencia y tiempo de descarga se estimó tomando como base el promedio de los predios de la zona (frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día) para 3 personas. La información adicional la suministro el señor Luis Armando Adames.						
32	CASA RESIDENCIAL CALLE 23 N° 24-14 BARRIO SINCELEJO	DAGOBERTO SIERRA GONZALEZ	X=861041.0609 Y=789349.7293	DOMESTICO	0,02	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico. Este vertimiento no tiene ningún tratamiento previo antes de su descarga; la conducción se realiza por medio de una tubería de pvc y posteriormente a través de una teja de zinc adecuada circularmente para dirigir las aguas servidas al rio. En el lugar de la descarga se evidencian presencia de plantas y grandes rocas en las que golpea el agua al caer de la conducción. La información sobre frecuencia y tiempo de descarga se estimó tomando como base el promedio de los predios de la zona (frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día) para 2 personas. La información adicional la suministro el señor Dagoberto Sierra Gonzales habitante del predio.						
33	CASA RESIDENCIAL CALLE 24 N° 14-38 BARRIO SINCELEJO	MIRELLA MORENO TOVAR	X=861033.4034 Y=789360.4673	DOMESTICO	0,054	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico. Esta descarga transporta compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos y en suspensión; el agua es de color gris debido a la alta presencia de jabones producto del lavado de ropas, duchas, lavaplatos. La conducción se realiza de forma natural por medio de una acequia formada por el flujo de las aguas servidas. Posteriormente escurre por el suelo hasta la zona de playa del rio. En el lugar de la descarga hay presencia de vegetación, basuras dispersas y lodos fétidos. La información sobre frecuencia y tiempo de descarga se estimó tomando como base el promedio de los predios de la zona (frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día) para un promedio de 7 personas. La información adicional sobre el predio la suministro la señora Mirella Moreno Tovar.						

34	CASA RESIDENCIAL CALLE 24 N° 14-46 BARRIO SINCELEJO	LIGIA DUSSAN	X=861021.7977 Y=789364.6807	DOMESTICO	0,042	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico. Esta descarga se realiza sin ningún tipo de tratamiento previo a su descarga en el cauce principal del rio. El agua es de color gris debido a la alta presencia de jabones producto del lavado de ropas, duchas, lavaplatos. La conducción se realiza por medio de una tubería de gres, posteriormente escurre por el suelo cubierto de vegetación hasta la zona de playa del rio. En el lugar de la descarga se evidencia alta hay presencia de plantas acuática que encuentra en las aguas residuales su fuente de nutrientes, también se observó gran cantidad de lodos fétidos producto de aguas estancadas. La información sobre frecuencia y tiempo de descarga se estimó tomando como base el promedio de los predios de la zona (frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día). La información adicional la suministro la señora Ligia Dussan, habitante del predio.						
35	CASA MEJORA BARRIO VILLA GLORIA	N.N	X=860920.2152 Y=789577.1982	DOMESTICO	0,043	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales de origen doméstico. Esta descarga de aguas servidas no se realiza directamente al cauce principal del rio, las aguas residuales son expulsadas del predio atreves de una tubería de gres a cielo abierto en un terreno adyacente al cauce hídrico, aquí finalmente las aguas se infiltran por el suelo o escurren hasta el rio cuando se trata de un alto caudal. En el lugar es alta la presencia de vectores como mosquitos y moscos, presencia de fuertes olores y basuras dispersas (botellas, bolsas, cartones, plásticos, etc) que arrojan los habitantes de los predios vecinos. En el momento de la inspección el vertimiento no presentaba flujo continuo por lo que no se aforó. La información sobre frecuencia y tiempo de descarga se asumió tomando como base el promedio de habitantes por casa en este sector (3 personas) con una frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes 8 horas al día.						
36	CASA RESIDENCIAL CALLE 25 N° 17-15 BARRIO ALFONSO LOPEZ	FLORESMIRO CARDOZO ORTIZ	X=860818.4587 Y=789517.7203	DOMESTICO	0,015	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales de origen doméstico. El agua residual de este predio es expulsada por medio de una tubería de gres y posteriormente escurre por la pendiente del terreno hasta el rio; esta conducción transporta las aguas residuales de actividades domésticas (baterías sanitarias y lavaplatos) de 2 personas aproximadamente que habitan el predio. En el punto de la descarga se presentan olores ofensivos y diferentes vectores derivados de esta contaminación. No se aforo el caudal en este punto debido a la dificultad del terreno. El caudal se estimó con base en la cantidad de agua residual generada por habitante según el RAS 2000 multiplicado por el número de personas que habitan la casa. La información de frecuencia y tiempo de descarga se obtuvo de actividades de reconocimiento en campo e información suministrada por el señor Floresmiro Cardozo Ortiz, habitante del predio.						

37	CASA RESIDENCIAL CALLE 25 N° 17-21 BARRIO ALFONSO LOPEZ	JESÚS ANTONIO IPUZ CHALA	X=860807.4617 Y=789514.7844	DOMESTICO	0,015	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales de origen doméstico. La conducción se efectúa por medio de una tubería de pvc que evacua las aguas residuales del predio y posteriormente las escurre hasta el cauce principal del rio. En el lugar del vertimiento se evidencia presencia de pastos, lodos pestilentes de aspecto denso y acumulación de materia orgánica en descomposición que se queda estancada. En el momento de la inspección no fue posible realizar el aforo ya que el vertimiento no realizaba descargas, por lo que los datos de caudal se estimaron con base en la cantidad de agua residual generada por habitante según el RAS 2000 multiplicado por el número de personas que habitan la casa. La frecuencia y tiempo de descarga se asumió tomando como base el promedio de los predios de la zona (frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día).						
38	CASA_1 - BARRIO PANAMA	LIBARDO MENDOZA	X=861949.5402 Y=789153.9361	DOMESTICO	1.0	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales de origen doméstico. La descarga proviene de las baterías sanitarias del predio (ducha y sanitario), los cuales se construyeron de forma artesanal (madera, lona, piso de cemento). La conducción se realiza por medio de una tubería de gres y posteriormente escurre por la pendiente del terreno pedregoso hasta alcanzar el cauce principal del rio. En el lugar de la descarga es evidente la alta contaminación, depósito de basuras, plásticos, botellas de vidrio, escombros, etc. No fue posible realizar el aforo debido a las características del vertimiento, por lo que el caudal se estimó con base en la cantidad de agua residual generada por habitante según el RAS 2000 multiplicado por el número de personas que habitan la casa. La información de frecuencia y tiempo de descarga se obtuvo de actividades de reconocimiento en campo e información suministrada por el señor Libardo Mendoza, habitante del predio.						
39	CASA MEJORA_2 - BARRIO PANAMA	RICARDO ANTONIO CARDENAS	X=861936.8633 Y=789157.7095	DOMESTICO PECUARIO	0,02	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales domésticas y pecuarias. Las aguas negras de esta unidad habitacional son procedentes de descargas realizadas por baterías sanitarias, lavaplatos, alberca, etc. y la cría de 5 pollos de engorde; estas aguas servidas son evacuadas por medio de una tubería de gres y posteriormente escurren por el suelo hasta alcanzar el cauce principal del rio. En el punto de la descarga se presentan olores ofensivos y diferentes vectores derivados de esta contaminación (lodos, compuestos orgánicos e inorgánicos, ya sean disueltos o en suspensión, basuras, papeles, cartones). No fue posible realizar el aforo debido a las características del vertimiento, por lo que el caudal se estimó con base en la cantidad de agua residual generada por habitante según el RAS 2000 multiplicado por el número de personas que habitan la casa. La información de frecuencia y tiempo de descarga se obtuvo de actividades de reconocimiento en campo e información suministrada por el señor Ricardo Antonio Cárdenas, habitante del predio.						

40	CASA MEJORA_3-BARRIO PANAMA	ROBINSON PARDA	X=861928.1398 Y=789161.8537	DOMESTICO	1.03	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales domésticas y pecuarias. Las aguas negras de esta unidad habitacional son procedentes de descargas realizadas por baterías sanitarias, lavaplatos, alberca, etc. y el lavado del galpón de cría de 6 pollos; estas aguas son evacuadas por medio de una tubería de pvc y posteriormente escurren superficialmente por las raíces de un árbol hasta alcanzar el cauce principal del rio. La información de frecuencia y tiempo de descarga se obtuvo de actividades de reconocimiento en campo e información suministrada por el señor Robinson Parada, habitante del predio.						
41	CASA 1 - BARRIO VILLA GLORIA	N.N	X=860586.2264 Y=789729.7391	DOMESTICO	0,031	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico., Este flujo de agua no se somete a ningún tipo de tratamiento previo antes de su descarga. La evacuación de las aguas dentro del predio se realiza por medio de tubería de pvc y posteriormente hace su recorrido de forma superficial por el suelo como escorrentía. A esta misma conducción confluyen las descargas de tres unidades habitacionales más que finalmente alcanzan el cauce principal del rio frio, el cual presenta en ese punto alta turbiedad y acumulación de sedimentos, debido al arrastre de solidos que hace el vertimiento durante su conducción. No se logró obtener información sobre el predio ya que en el momento de la inspección el lugar estaba sin habitantes. No fue posible realizar el aforo debido a las características del vertimiento, por lo que el caudal se estimó con base en la cantidad de agua residual generada por habitante según el RAS 2000 multiplicado por el número de personas que habitan la casa. La información de frecuencia y tiempo de descarga se obtuvo de actividades de reconocimiento en campo.						
42	CASA 2 - BARRIO VILLA GLORIA	N.N	X=860585.8931 Y=789731.1838	DOMESTICO	0,04	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico., Este flujo de agua no se somete a ningún tipo de tratamiento previo antes de su descarga. La evacuación de las aguas dentro del predio se realiza por medio de tubería de pvc y posteriormente hace su recorrido de forma superficial por el suelo como escorrentía. A esta misma conducción confluyen las descargas de tres unidades habitacionales más que finalmente alcanzan el cauce principal del rio frio, el cual presenta en ese punto alta turbiedad y acumulación de sedimentos, debido al arrastre de solidos que hace el vertimiento durante su conducción. No se logró obtener información sobre el predio ya que en el momento de la inspección el lugar estaba sin habitantes. No fue posible realizar el aforo debido a las características del vertimiento, por lo que el caudal se estimó con base en la cantidad de agua residual generada por habitante según el RAS 2000 multiplicado por el número de personas que habitan la casa. La información de frecuencia y tiempo de descarga se obtuvo de actividades de reconocimiento en campo.						

43	CASA 3 - BARRIO VILLA GLORIA	N.N	X=860584.6389 Y=789733.3904	DOMESTICO	0,03	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico., Este flujo de agua no se somete a ningún tipo de tratamiento previo antes de su descarga. La evacuación de las aguas dentro del predio se realiza por medio de tubería de pvc y posteriormente hace su recorrido de forma superficial por el suelo como escorrentía. A esta misma conducción confluyen las descargas de tres unidades habitacionales más que finalmente alcanzan el cauce principal del rio frio, el cual presenta en ese punto alta turbiedad y acumulación de sedimentos, debido al arrastre de solidos que hace el vertimiento durante su conducción. No se logró obtener información sobre el predio ya que en el momento de la inspección el lugar estaba sin habitantes. No fue posible realizar el aforo debido a las características del vertimiento, por lo que el caudal se estimó con base en la cantidad de agua residual generada por habitante según el RAS 2000 multiplicado por el número de personas que habitan la casa. La información de frecuencia y tiempo de descarga se obtuvo de actividades de reconocimiento en campo.						
44	CASA 3 - BARRIO VILLA GLORIA	N.N	X=860583.4642 Y=789734.1999	DOMESTICO	0,031	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico., Este flujo de agua no se somete a ningún tipo de tratamiento previo antes de su descarga. La evacuación de las aguas dentro del predio se realiza por medio de tubería de pvc y posteriormente hace su recorrido de forma superficial por el suelo como escorrentía. A esta misma conducción confluyen las descargas de tres unidades habitacionales más que finalmente alcanzan el cauce principal del rio frio, el cual presenta en ese punto alta turbiedad y acumulación de sedimentos, debido al arrastre de solidos que hace el vertimiento durante su conducción. No se logró obtener información sobre el predio ya que en el momento de la inspección el lugar estaba sin habitantes. No fue posible realizar el aforo debido a las características del vertimiento, por lo que el caudal se estimó con base en la cantidad de agua residual generada por habitante según el RAS 2000 multiplicado por el número de personas que habitan la casa. La información de frecuencia y tiempo de descarga se obtuvo de actividades de reconocimiento en campo.						

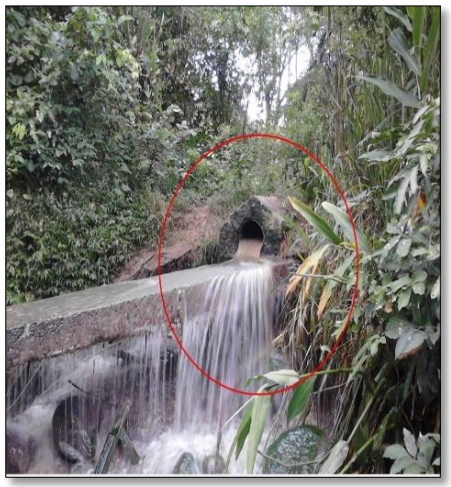
45	VERTIMIENTO MIXTO_COLECTOR AGUAS RESIDUALES_BARRIO PANAMA_A	N.A	X=861836.474 Y=789185.991	COLECTORES MIXTOS	1.03	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales domésticas “colector mixto”. Este colector hace parte de las descargas que realiza la red de alcantarillado del municipio de Campoalegre al cauce principal de Rio Frio, las aguas negras son conducidas por tubería de gres y de cemento, sin embargo, no se puede hacer una descripción detallada sobre las cantidades y los diferentes tramos que constituyen estos materiales debido a que el municipio no cuenta con un catastro de redes. El sistema ha sido instalada en 4 diámetros, desde 8 pulgadas hasta 16 pulgadas. El diámetro predominante de tubería es de 8 pulgadas. No existe ninguna unidad de tratamiento in situ para el manejo de dichas aguas por lo que en el punto de la descarga se presentan olores ofensivos y diferentes vectores derivados de esta contaminación (lodos, compuestos orgánicos e inorgánicos, ya sean disueltos o en suspensión, basuras, papeles, cartones). La zona de influencia de esta descarga es el barrio Panamá, con un área de influencia de 45.61 ha, con 22 viviendas que vierten sus aguas residuales a rio frio.						
46	CASA_2 - BARRIO PANAMA	N.N	X=861714.4095 Y=789130.7502	DOMESTICO	0,08	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico. Esta descarga es conducida por medio de una manguera de polietileno desde el predio hasta la zona de playa del rio donde escurre hasta alcanzar el cauce principal cuando el caudal es abundante, cuando no es así, el agua residual queda estancada en la zona de playa donde forma lodos fétidos. En este lugar se evidencia gran cantidad de material sólido en suspensión que queda estancado junto con las aguas residuales alertando por la alta presencia de mosquitos y malos olores. El agua es de color gris debido a la alta presencia de jabones producto del lavado de ropas, duchas, lavaplatos, típico de aguas residuales de origen doméstico. La información sobre frecuencia y tiempo de descarga se estimó tomando como base el promedio de los predios de la zona (frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día).						

47	CASA_3 - BARRIO PANAMA	N.N	X=861696.148 Y=789113.615	DOMESTICO	0.08	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales de origen doméstico. La descarga proviene de las baterías sanitarias del predio (ducha y sanitario). La conducción se realiza por medio de una tubería de gres y posteriormente escurre por la pendiente del terreno pedregoso hasta alcanzar la conducción de aguas residuales de un colector mixto, una es se unen las aguas fluye hasta alcanzar el cauce principal del rio. En el lugar de la descarga se evidencia alta contaminación, depósito de basuras, plásticos, botellas de vidrio, escombros, etc. No fue posible realizar el aforo debido a las características del vertimiento, por lo que el caudal se estimó con base en la cantidad de agua residual generada por habitante según el RAS 2000 multiplicado por el número de personas que habitan la casa. La información de frecuencia y tiempo de descarga se obtuvo de actividades de reconocimiento en campo.						
48	VERTIMIENTO MIXTO_COLECTOR AGUAS RESIDUALES_BARRIO PANAMA_B	N.A	X=861694.473 Y=789122.070	COLECTORES MIXTOS	0,87	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico “colector mixto”. Este colector descarga las aguas servidas de aproximadamente 22 unidades habitacionales del barrio Panamá con un área de influencia de aproximadamente de 45.61 ha. La descarga se realiza en la zona de playa del rio por medio de una manguera de polietileno, posteriormente el agua residual sigue su curso por una acequia que se formó naturalmente debido al flujo constante de las aguas servidas. Este vertimiento no recibe ningún tipo de tratamiento previo antes de su llegada al cauce hídrico Rio Frio. En el punto de la descarga se presentan olores ofensivos y diferentes vectores derivados de esta contaminación (lodos, compuestos orgánicos e inorgánicos, ya sean disueltos o en suspensión, basuras, papeles, cartones), también se observa vegetación junto a las descarga. El agua es de color oscuro, con características de turbulencia y con flujo constante debido a la cantidad de unidades habitacionales que están conectadas a este colector.						
49	CASA RESIDENCIAL CRA 9 N° 94-20_VERTIMIENTO_PECUARIO	N.N	X=861500.8204 Y=789189.2908	PECUARIO	0,05	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico y pecuario (de una porqueriza) que conduce las aguas servidas por medio de un tubo de PVC hasta la parte posterior del predio para continuar su recorrido como escorrentía superficial; se presentan malos olores y acumulación de lodos fétidos en este punto. L a información sobre el uso del predio y origen del vertimiento se obtuvo de información verificada en campo.						

50	BODEGA 1 BARRIO PANAMA	N.N	X=861514.2785 Y=789184.364	DOMESTICO	0,02	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico. La descarga se realiza en la parte posterior del predio por medio de una tubería de gres, por donde el flujo continúa como escorrentía superficial por el suelo con abundante vegetación hasta la zona de playa del rio; el flujo de agua residual no alcanza el cauce principal del rio por lo que en el lugar se observa restos de materia orgánica en descomposición en estado líquido y sólido, lo que genera malos olores y presencia de lodos fétidos, además de otros vectores como mosquitos y moscas. El agua residual no recibe ningún tipo de tratamiento en la salida. información sobre frecuencia y tiempo de descarga se estimó tomando como base el promedio de los predios de la zona (frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día)						
51	BODEGA 2 BARRIO PANAMA	N.N	X=861512.4577 Y=789185.2131	DOMESTICO	0,02	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico. La descarga se realiza en la parte posterior del predio por medio de una tubería de gres, por donde el flujo continúa como escorrentía superficial por el suelo con abundante vegetación hasta la zona de playa del rio; el flujo de agua residual no alcanza el cauce principal del rio por lo que en el lugar se observa restos de materia orgánica en descomposición en estado líquido y sólido, lo que genera malos olores y presencia de lodos fétidos, además de otros vectores como mosquitos y moscas. El agua residual no recibe ningún tipo de tratamiento en la salida. Información sobre frecuencia y tiempo de descarga se estimó tomando como base el promedio de los predios de la zona (frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día).						
52	BODEGA 3 BARRIO PANAMA	N.N	X=861508.6932 Y=789186.2875	DOMESTICO	0,02	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico. La descarga se realiza en la parte posterior del predio por medio de una tubería de gres, por donde el flujo continúa como escorrentía superficial por el suelo con abundante vegetación hasta la zona de playa del rio; el flujo de agua residual no alcanza el cauce principal del rio por lo que en el lugar se observa restos de materia orgánica en descomposición en estado líquido y sólido, lo que genera malos olores y presencia de lodos fétidos, además de otros vectores como mosquitos y moscas. El agua residual no recibe ningún tipo de tratamiento en la salida. Información sobre frecuencia y tiempo de descarga se estimó tomando como base el promedio de los predios de la zona (frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día).						

53	CASA_4 - BARRIO PANAMA	N.N	X=861508.5309 Y=789177.8026	DOMESTICO	0,039	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales de origen doméstico. La conducción se hace por medio de una tubería de PVC hasta el cauce principal del rio. Estas aguas servidas son procedentes de unidades sanitarias, sifones y lavaplatos del predio, generados por aproximadamente 4 personas. El vertimiento no se aforo ya que no realizaba descargas en el momento de la inspección, el caudal que se estimo es según el ras 2000 la cantidad de agua residual generada por una persona y multiplicado por el número de habitantes de la casa, la información de frecuencia y tiempo de descarga se estimó tomando como base el promedio de los predios de la zona (frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día).						
54	CASA_1 - BARRIO ALFONZO LOPEZ	N.N	X=861297.7306 Y=789210.0815	DOMESTICO	0,02	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Aguas residuales de origen doméstico. Las aguas residuales de esta casa se evacuan por medio de una tubería de cemento y luego escurren hasta alcanzar el cauce principal del rio. En el momento de la inspección ocular no se realizaron descargas de agua, por lo que no se aforo. La información sobre frecuencia y tiempo de descarga se asumió tomando como base el promedio de habitantes por casa en este sector (5 personas) con una frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes.						
55	VERTIMIENTO MIXTO_COLECTOR AGUAS RESIDUALES_BARRIO ALFONSO LOPEZ_C	N.A	X=861240.4036 Y=789259.0412	COLECTORES MIXTOS	0.83	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico “colector mixto”. Este colector descarga las aguas servidas de aproximadamente 10 unidades habitacionales del barrio Alfonso López con un área de influencia de 63.07 ha. La descarga se realiza en la zona de playa del rio por medio de tubería de cemento, posteriormente el agua alcanza el cauce principal del rio de forma superficial o infiltrándose entre los residuos de basuras que rodean la descarga (hojas secas, bolsas, material vegetal seco). Este vertimiento no recibe ningún tipo de tratamiento previo antes de su llegada al cauce hídrico Rio Frio. En el punto de la descarga se observa la ausencia de mantenimiento de la tubería, el colector está cubierto en 50% por material vegetal seco que obstruye el paso del agua residual.						

56	VERTIMIENTO MIXTO_COLECTOR AGUAS RESIDUALES_BARRIO ALFONSO LOPEZ_D	N.A	X=861213.1944 Y=789284.3505	COLECTORES MIXTOS	0.81	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico “colector mixto”. Este colector descarga las aguas servidas de aproximadamente 12 unidades habitacionales del barrio Alfonso López con un área de influencia de 63.07 ha. La descarga se realiza en la zona de playa del rio por medio de tubería de cemento, posteriormente el agua alcanza el cauce principal del rio de forma superficial o infiltrándose entre los residuos de basuras que rodean la descarga (hojas secas, bolsas, material vegetal seco). Este vertimiento no recibe ningún tipo de tratamiento previo antes de su llegada al cauce hídrico Rio Frio. En el punto de la descarga se observa la ausencia de mantenimiento de la tubería, el colector está cubierto en 50% por material vegetal seco que obstruye el paso del agua residual.						
57	BAÑO A CAMPO ABIERTO	BARRIO SINCELEJO	X=860998.8235 Y=789376.1336	DOMESTICO	0,81	RAS 2000	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de aguas residuales de origen doméstico, generado por una estructura en avanzado estado de deterioro construida para el lavado de ropas (alberca). En la zona no fue posible obtener más información sobre el origen del vertimiento. La conducción se realiza por medio de una tubería de pvc y posteriormente el flujo de agua escurre hasta el cauce principal del rio. En el momento de la inspección en campo no se realizaron descargas por lo que no fue posible aforar la cantidad.						
58	CASA GALLERA	BARRIO SINCELEJO	X=860971.8915 Y=789412.0243	DOMESTICO	0,013	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Vertimiento de agua residual de origen doméstico. Esta descarga se realiza sin ningún tipo de tratamiento antes de ser descargado en el cauce principal del rio. El grado de impureza de estas aguas servidas es alto, transportan compuestos orgánicos e inorgánicos, ya sean disueltos o en suspensión, el agua es de color turbio. La conducción se realiza por medio de una tubería de pvc, posteriormente escurre por el suelo hasta la zona de playa del rio. En el lugar funciona un establecimiento destinado a la riña de gallos. La descarga sobre el cauce hídrico principal es de color turbio oscuro con evidentes olores fétidos. La información sobre frecuencia y tiempo de descarga del predio se estimó tomando como base el promedio de los predios de la zona (frecuencia y tiempo de descarga de 30 días al mes, durante 8 horas al día).						

59	BARRIO VILLA GLORIA - VERTIMIENTO A CAMPO ABIERTO	N.A	X=860931.4469 Y=789566.7114	COLECTORES MIXTOS	1.01	MOLINETE (PROTOCOLO IDEAM)	
	OBSERVACIÓN: Colector de aguas residuales de origen doméstico “colector mixto”. Este vertimiento es conducido hasta el cauce principal del rio de forma superficial, recoge los vertimientos de varias viviendas ubicadas en el barrio Villa Gloria, lo cual se realiza por medio de tubería de pvc, gres, cemento, etc, este es un punto de descarga del sistema de alcantarillado del municipio. El caudal es según aforo con molinete de 0.54 LPS. En el lugar de la conducción y la descarga se evidente el alto grado de contaminación del flujo de aguas servidas, las cuales son de color oscuro y llegan hasta el rio siguiendo el sentido de la pendiente del terreno. La frecuencia y tiempo de descarga del vertimiento es continuo y permanente.						
60	VERTIMIENTO MIXTO_COLECTOR DE AGUAS RESIDUALES - BARRIO RODRIGO LARA - VILLA	N.A	X=860891.9217 Y=789509.1622	COLECTORES MIXTOS	0.54	MOLINETE (PROTOCOLO IDEAM)	
	OBSERVACION: Colector de aguas residuales de origen doméstico “colector mixto”. Recoge los vertimientos de varias viviendas ubicadas en el barrio Villa Gloria, es un punto de descarga del sistema de alcantarillado del municipio. El vertimiento se hace de manera directa al cauce del rio de forma intermitente sin recibir ningún tipo de tratamiento previo. El caudal es según aforo con molinete de 0.54 LPS. El grado de impureza de estas aguas servidas es alto, transportan compuestos orgánicos e inorgánicos, ya sean disueltos o en suspensión; el agua es de color café debido a la alta presencia de contaminantes (jabones producto del lavado de ropas, duchas, lavaplatos), con fuertes olores. La conducción se realiza por medio de una tubería de pvc, gres, tubería de cemento, pero finalmente al descargar en el cauce hídrico los hace por medio de una tubería encofrada. Este colector al hacer su descarga se convierte en el mayor causante de la degradación del cauce hídrico, la calidad del rio a partir de este punto disminuye considerablemente, e incluso varias habitantes del sector son afectados por la alta presencia de fuertes olores fétidos, mosquitos, y otros vectores de contaminación. La frecuencia y tiempo de descarga del vertimiento es continuo y permanente.						

61	VERTIMIENTO MIXTO_COLECTOR DE AGUAS RESIDUALES _BARRIO SAN CARLOS_F	N.A	X= 860592.6837 Y= 789689.9185	COLECTORES MIXTOS	23.82	MOLINETE (PROTOCOLO IDEAM)	
	OBSERVACIÓN: Colector de aguas residuales de origen doméstico “colector mixto”. Este vertimiento es conducido hasta el cauce principal del rio de forma superficial, recoge los vertimientos de varias viviendas ubicadas en el barrio San Carlos,. Vertimiento de agua residual de origen doméstico “colector mixto”. Este colector descarga las aguas servidas de aproximadamente 22 unidades habitacionales del barrio San Carlos con un área de influencia de aproximadamente de 3.34 ha. La recolección y descarga se realiza por medio de tubería de pvc, gres, cemento, etc, este es un punto de descarga del sistema de alcantarillado del municipio. El caudal es según aforo con molinete de **23.82 LPS** En el lugar de la conducción y la descarga se evidente el alto grado de contaminación del flujo de aguas servidas, las cuales son de color oscuro y llegan hasta el rio siguiendo el sentido de la pendiente del terreno. La frecuencia y tiempo de descarga del vertimiento es continuo y permanente. Este vertimiento no recibe ningún tipo de tratamiento previo antes de su llegada al cauce hídrico Rio Frio. En el punto de la descarga se presentan olores ofensivos y diferentes vectores derivados de esta contaminación (lodos, compuestos orgánicos e inorgánicos, ya sean disueltos o en suspensión, basuras, papeles, cartones), también se observa vegetación junto a las descarga. El agua es de color oscuro, con características de turbulencia y con flujo constante debido a la cantidad de unidades habitacionales que están conectadas a este colector.						
62	QUEBRADA ACROPOLIS_VERTIMIENTO MIXTO_PTAR LA PAZ	N.A	X = 860434.8494 Y = 790538.6433	PTAR	250	MOLINETE (PROTOCOLO IDEAM)	
	OBSERVACIÓN: Efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Cgre – PTAR LA PAZ. Trata aguas residuales de tipo combinado (domesticas, industriales como las del matadero y pluviales). La red de alcantarillado del municipio está diseñado de tal manera que descarga las aguas servidas en 14 puntos de diversos cuerpos hídricos del municipio, de los cuales según el Plan de manejo eficiente y ahorro del agua del municipio de Cgre, 6 de ellos se vierten en el cauce hídrico Rio frio. Una de estas descargas es la que realiza la PTAR LA PAZ (de tipo convencional, y capacidad de 120 lps). Una vez las aguas son tratadas en esta planta, el efluente se descarga sobre la quebrada Acrópolis, aproximadamente 500 m antes de su desembocadura a Rio Frio. En algunas ocasiones este caudal es atrincherado de forma artesanal y conducido para labores de riego de cultivo de arroz de predios adyacentes.						

63	LOTE DE ARROZ CAMPOALEGRE	BARRIO SAN CARLOS	X= 860461.6353 Y= 790798.7738	AGRICOLA	3.50	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Aguas residuales de origen agrícola producto de los descoles de riego de cultivo de arroz, que discurren hasta el cauce del rio como escorrentía superficial. Debido a su origen suelen presentar residuos de agroquímicos y una alta carga de sedimentos. La conducción se realiza por medio de un canal natural que dirige las aguas en el sentido de la topografía del terreno hasta el cauce principal del Rio. Este canal hace parte del diseño de riego por superficie o gravedad utilizado para suplir las necesidades hídricas del cultivo de arroz. Una vez las aguas son distribuidas por el lote, el terreno es lavado por el agua de riego, las cuales arrastran todo tipo de elementos e insumos aplicados para el sostenimiento y desarrollo del cultivo, por lo que las aguas de descole son ricas en agroquímicos, plaguicidas, insecticidas, fungicidas, fertilizantes.						
64	LOTE DE ALGODÓN	BARRIO SAN CARLOS	X= 860425.5752 Y= 791115.9335	AGRICOLA	5.30	VOLUMETRICO	
	OBSERVACIÓN: Aguas residuales de origen agrícola producto de los descoles de riego de cultivo de algodón, que discurren hasta el cauce del rio como escorrentía superficial. Debido a su origen suelen presentar residuos de agroquímicos y una alta carga de sedimentos. La conducción se realiza por medio de un canal natural que dirige las aguas en el sentido de la topografía del terreno hasta el cauce principal del Rio. Este canal hace parte del diseño de riego por superficie o gravedad utilizado para suplir las necesidades hídricas del cultivo de algodón. Una vez las aguas son distribuidas por el lote, el terreno es lavado por el agua de riego, las cuales arrastran todo tipo de elementos e insumos aplicados para el sostenimiento y desarrollo del cultivo, por lo que las aguas de descole son ricas en agroquímicos, plaguicidas, insecticidas, fungicidas, fertilizantes.						

65	QUEBRADA EL VERGEL	N.A	X= 861912,7435 Y= 789185,7252	DRENAJE	20	MOLINETE (PROTOCOLO IDEAM)	
	OBSERVACIÓN: la quebrada “El Vergel” nace en la vereda Piravante alto y desemboca en el cauce principal de la corriente hídrica rio Frio en el casco urbano del municipio de Campoalegre en el barrio Kennedy – Sincelejo. Durante su recorrido por la cabecera municipal de Campoalegre atraviesa los barrios La Clementina, El centro, Panamá, Kennedy y Sincelejo. Este afluente hídrico también actúa como colector y transportador de aguas residuales de viviendas asentadas en su zona de protección y que no están conectadas a la red de alcantarillado municipal. Este cauce hídrico se caracteriza por su avanzado estado de deterioro, el color oscuro de sus aguas y los olores pestilentes que desprende en su trayecto. Los datos de caudal registrados con eL micromolinete arrojaron un caudal de 10.0 LPS en la 1 CAMPAÑA y 20.0 LPS en la 2 CAMPAÑA.						

Tabla 200. Relación de vertimientos directos identificados sobre el cauce de Rio Frio
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Todos los vertimientos localizados se clasificaron según su naturaleza y características, en los grupos y cantidad que describe la Tabla 201, con el fin de unificar información e integrar todos los datos de una manera fácil a la base de datos.

No	CODIGO	TIPO DE VERTIMIENTO	DESCRIPCION	CANTIDAD VERTIMIENTOS
1	VeDr	VERTIMIENTO DESCOLES DE RIEGO	Provenientes de actividades de riego en cultivos (arroz, cacao, etc)	2
2	VeD	VERTIMIENTOS DOMESTICOS	Provenientes de baterías sanitarias, lavaplatos, lavaderos, duchas.	50
3	VeAp	VERTIMIENTOS AGROPECUARIOS	Provenientes de procesos agrícolas: procesamiento de cacota de café, lavado de cocheras, establos.	1
4	VeMx_PTAR	VERTIMIENTOS MIXTOS_PTAR	Este drenaje se conoce como quebrada Acrópolis, el cual transporta aguas provenientes de canales de riego, pero también recibe la descarga de la PTAR del municipio, por esta razón se consideró un vertimiento diferente al Ve_Drenaje	1
5	VeMx_COLECTORES	VERTIMIENTOS MIXTOS_COLECTORES	Aguas provenientes de aliviaderos de la red de acueducto y alcantarillado municipal	7
6	Ve_DRENAJE	DRENAJES COLECTORES DE AGUAS RESIDUALES	Drenajes naturales que durante su recorrido reciben grande s descargas de aguas residuales	4
			TOTAL VERTIMIENTOS	9

Tabla 201. Grupos establecidos para la clasificación de vertimientos
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.7.1.1. Consignación de toda la información recopilada en el formato de encuesta, en una base de datos.

El formulario se diligenció en formato análogo en el momento de hacer los procesos de reconocimiento en campo, posteriormente se digitalizo cada una de las encuestas en la base de datos Access, con el fin de consolidar la información en tablas externas y posteriormente enlazarlas a la base de datos geográfica.
Esta información se encuentra disponible en la siguiente ruta:

\SIG_RIO_FRIO_CAMPOALEGRE\SIG_ORDENAMIENTO_REGLAMENTACION\GDB\BD_0312-2013_VERTIMIENTOS_RF_CAMPOALEGRE.accdb

2.8. ZONIFICACIÓN

2.8.1. Determinación de zonas (puntos de monitoreo) según naturaleza de los vertimientos

Con base en información histórica disponible consultada y mediante trabajo de reconocimiento en terreno de la zona de influencia del Rio Frio, se localizarón e identificaron los siguientes tipos de vertimientos de acuerdo a la clasificación establecida en la Tabla 201: 2 vertimientos directos de descoles de riego (VeDr), 50 vertimientos domésticos (VeD) provenientes de viviendas que actualmente no cuentan con el servicio de alcantarillado, 1 vertimiento agropecuario (VeAp) , 1 vertimiento piscícola (VePs), 1 vertimiento proveniente de las actividades de depuración de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio (VeMx_PTAR), que cuenta con un tratamiento preliminar, primario, secundario y tratamiento de lodos y finalmente hace su descarga en un drenaje 500 metros antes de su desembocadura al Rio Frío aproximadamente; 7 vertimientos provenientes de aliviaderos de la red de alcantarillado urbano del municipio (VeMx_COLECTORES) los cuales se ubicaron en zonas que se definieron en el diseño de la red de alcantarillado. Los colectores mencionados están construidos con tubería de cemento o gres, de diámetros que difieren entre 8 y 10 pulgadas, descargan las AR combinadas provenientes de actividades domésticas, aguas lluvias e industriales, directamente al cauce del río Frio. De estos colectores, 4 actúan como desfogues, 1 se encuentra provisionalmente vertiendo su caudal residual al rio, ya que la tubería elevada encargada del transporte del fluido fue arrastrada por la corriente en una creciente.

Apoyados en la cartografía base implementada para este proyecto, se localizaron e identificaron también, todos los afluentes y tributarios al cauce del Rio Frio, pero para la determinación de zonas 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, los cuales son:

El drenaje que recibe un vertimiento importante proveniente de actividades piscícolas 600 metros aproximadamente antes de la desembocadura a rio Frío, Quebrada el Vergel y Quebrada Lavapatas, quienes a su paso recoge las aguas residuales de actividades domésticas aledañas a su cauce; canal caraguaja-Viso que es un trasvase de la quebrada La Caraguaja a Rio Frio, creado para el desarrollo de actividades de riego especialmente en cultivos de

arroz en la vereda El Viso; quebrada Acrópolis (transporta las aguas residuales de la PTAR del municipio).

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 o zonas 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 siguiente tabla.

ZONAS	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
ZONA 0	Esta zona está comprendida desde el nacimiento de la corriente hídrica en inmediaciones de las veredas El Roble y el Esmero, hasta la bocatoma del acueducto municipal de Campoalegre en la vereda Palmar Alto	Se caracteriza por ser una zona con vegetación boscosa, destinada a la recarga hídrica de la cuenca alta del rio Frio. No se registran vertimientos, solamente algunos drenajes que desembocan en el cauce hídrico. Al final de esta zona se localizaron 4 derivaciones que se realizan con mangueras de polietileno antes de la captación del acueducto municipal.
ZONA 1	Está comprendida desde la bocatoma del acueducto municipal de Campoalegre, hasta el drenaje que transporta AR piscícolas propiedad del ancianato municipal, además de AR domesticas que recoge durante su trayectoria.	Dentro de esta zona se encuentra ubicada la bocatoma para el suministro de agua en el área urbana, además de las derivaciones sobre el cauce principal del rio para labores de riego (Tomo Potosi, La Encinada, Tomo La Quinta, Toma la Losada). En esta zona no se identificaron descargas de interés, existe alta presencia de vegetación boscosa además de algunos drenajes naturales. El afluente que define el final de la zona, es la primera descarga representativa puntual en el área urbana, el cual se encuentra identificado en la cartográfia como "drenaje", el cual transporta aguas residuales provenientes de alcantarillados artesanales de las unidades habitacionales ubicadas en sus riveras y las aguas residuales producto de la oxigenación de lago piscícola propiedad del ancianato municipal.

ZONAS	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
ZONA 2	Comprende desde el drenaje mencionado en la zona uno hasta la desembocadura a Rio Frio de la quebrada Lavapatas en inmediaciones del casco urbano del municipio.	Esta zona está contenida en su totalidad en el casco urbano, se caracteriza por recibir gran cantidad de descargas domesticas directas. La quebrada el vergel quien recoge aguas servidas de alcantarillados domésticos durante su trayecto, hace su descarga a Rio Frio en esta zona; La quebrada Lavapatas que marca el final de la zona, se caracteriza por su fuerte olor y color resultado de la alta carga contaminante recibida durante su recorrido por la zona urbana.
ZONA 3	Comprende desde la desembocadura de la quebrada Lavapatas al río Frío, hasta la desembocadura de la quebrada Acropolis quien recibe las aguas residuales de la PTAR del municipio de Campóalegre	Este tramo recibe descargas puntuales de vertimientos domésticos del casco urbano del municipio. En este tramo se encuentra una derivación artesanal de la quebrada la Caraguaja para la alimentación del cauce de Rio Frio y posterior desviación para labores de riego en predios de la parcelación el Viso, que tienen concesión de aguas de la quebrada la Caraguaja. Esto es lo que se conoce como TRASVASE de una cuenca a otra.
ZONA 4	Esta comprendida la quebrada Acropolis quien recibe las aguas residuales de la PTAR del municipio de Campóalegre, hasta la desembocadura de Rio Frio a rio Neiva.	Esta zona recibe vertimientos provenientes de actividad agrícola en las riveras, especialmente descoles de riego de cultivos de arroz; dentro de esta zona se encuentra un vertimiento de gran relevancia, el realizado por la PTAR del municipio, la cual no vierte sus aguas residuales directamente a Rio Frio, pero si a la quebrada Acropolis a solo 500 metros antes de su desembocadura al rio Frío. En este tramo el lecho del río queda con caudal cero, ya que es desviado en su totalidad por el Tomo Viso para labores de riego de cultivos de arroz. El lecho vuelve a alimentarse por medio de descoles.

Tabla 202. Zonificación por zonas homogéneas de vertimientos del cauce de Río Frío
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Puntos de muestreo

Los puntos de muestreo establecidos con base a las zonas o tramos homogéneos son los siguientes (Figura 27):

- A1: Río Frío antes de la bocatoma del acueducto municipal
- A2: Río Frío antes de la desembocadura del drenaje (transporta AR de lago piscícola).
- A3: Río Frío después de la desembocadura de la quebrada El Vergel (transporta presuntamente AR del matadero municipal).
- A4: Río Frío antes de la desembocadura de la quebrada Lavapatas.
- A5: Río Frio después de la desembocadura de la quebrada Lavapatas
- A6: Río Frío antes de la desembocadura de la quebrada Acrópolis (+ AR de la PTAR)
- A7: Río Frío después de la desembocadura de la quebrada Acrópolis (+ AR de la PTAR)
- A8: Antes de la desembocadura de Rio Frio a Rio Neiva.

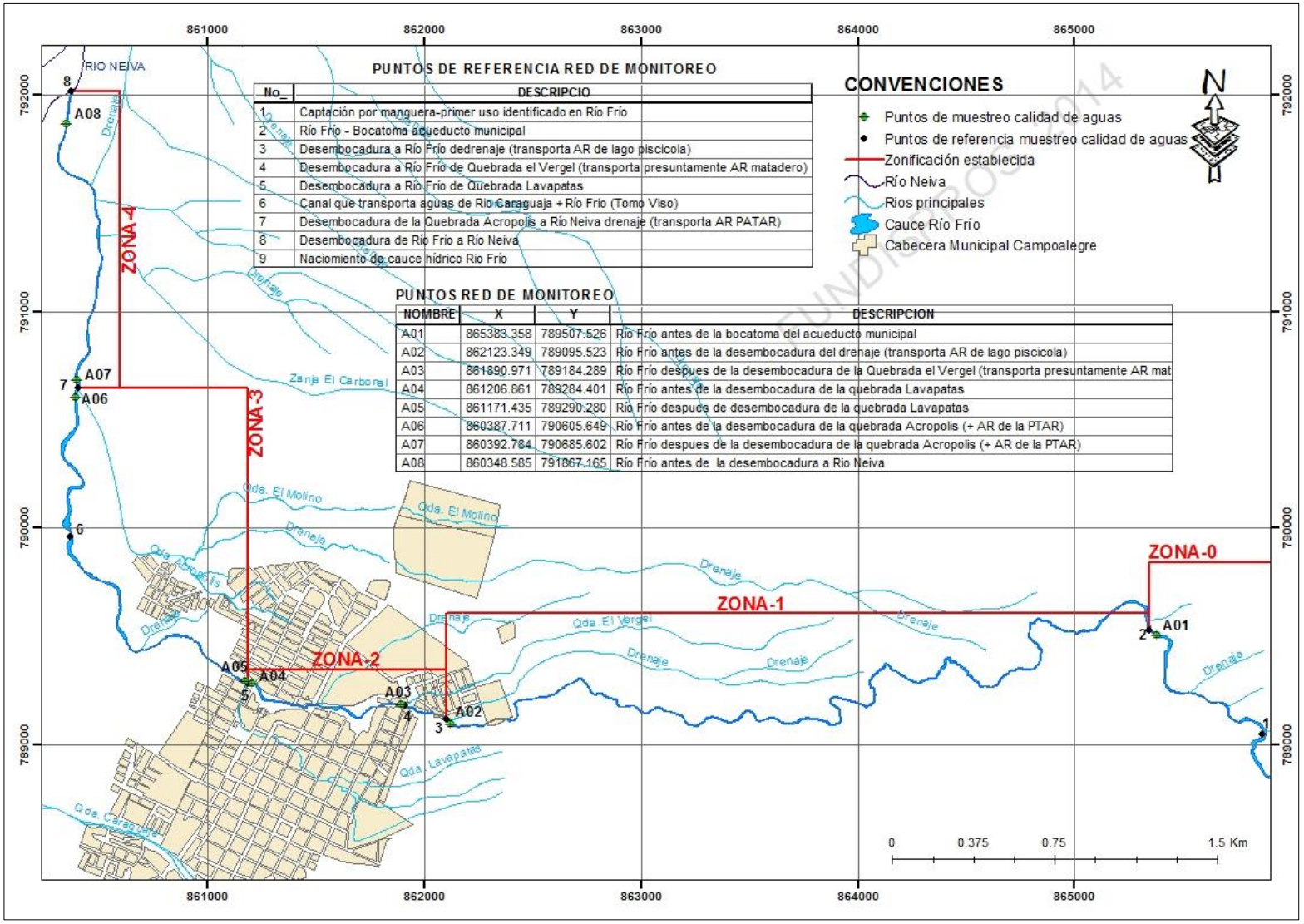


Figura 27. Puntos de muestreo establecidos a lo largo del cauce hídrico "Río Frío"
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.9. CALIDAD DE AGUA

OBJETIVO GENERAL

Estudiar y Definir la calidad del agua del Río Frío en marco del ordenamiento del Recurso Hídrico de la corriente Río Frío en el Municipio de Campoalegre.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar y evaluar la calidad del agua de manera puntual en los sitios de muestreo determinados con anterioridad.

- Evaluar el conjunto de parámetros físicos, químicos, bacteriológicos que determinan la calidad de agua por medio de la comparación con los valores permisibles establecidos en la reglamentación colombiana, algunos autores y demás protocolos CAM.

- Analizar y clasificar la calidad del agua según el Índice de Calidad de Agua "ICA" según la metodología establecida por la Fundación Nacional de Sanidad de los Estados Unidos.

- Analizar y clasificar el agua a usar según la Relación Absorción de Sodio (RAS), la Conductividad Eléctrica (C.E.) y el Carbonato de Sodio Residual (CSR) utilizando las normas del U.S Salinity Laboratory.

- Modelar la simulación del comportamiento de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos para determinar carga contaminante de la corriente Río Frío – Campoalegre.

- Emitir un diagnostico acerca de la calidad del agua en relación con lo estipulado y evidenciado durante el estudio.

2.9.1. ANÁLISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLÓGICO

Para determinar la calidad del agua en una fuente es necesario cumplir con una serie de lineamientos los cuales se han planificado de manera oportuna y precisa por el equipo técnico de FUNDISPROS, los cuales cuentan con la aprobación del personal de la corporación autónoma regional del alto magdalena CAM. De acuerdo a estos lineamientos existen una serie de actividades que deben ser realizadas por los funcionarios de la CAM para poder proseguir con lo estipulado y finalmente determinar la calidad del agua, dichas actividades parten de la toma de muestras

en los puntos identificados por el consultor y suministrados a la corporación, de acuerdo a la zonificación que se determinó por la naturaleza de los vertimientos.
Los puntos de toma de muestras propuestos fueron 8 y están distribuidos a lo largo del cauce del Río Frío en sitios estratégicos que fueron determinados con el fin de obtener mejores resultados en la calidad del estudio, determinar verídicamente un perfil de calidad de agua y ubicar los puntos críticos en donde se tenga una calidad de agua mala.

Por otra parte, es necesario determinar los parámetros físico, químicos, microbiológicos e hidrobiológicos del agua, en los diez sitios identificados y propuestos por el consorcio, correspondientes a las principales fuentes generadoras de vertimientos sobre el Río Frío; adicionalmente se estudiará la RAS (relación adsorción de sodio), CSR (carbonato de sodio residual), se realizarán análisis de Coliformes, especies biológicas indicadoras de calidad de agua y otros parámetros más que surgen a partir de los resultados de laboratorio.

Cabe resaltar que sobre el Río existen una serie de monitoreos que fueron proporcionados por la CAM, a los cuales se les realizó su respectivo análisis y se determinó que sirven como referencia pero no definen en su totalidad la calidad del agua ya que la mayoría de los monitoreos corresponden a un único vertimiento (PTARD de Campoalegre), por lo que no representa el comportamiento de la calidad del agua a lo largo del Río Frío, es decir, no remplazan los sitios determinados para los muestreos y además son de años anteriores (2009, 2011 y 2012).

Como antecedentes a tener en cuenta se utilizara el monitoreo realizado en el año 2009, puesto que es el más completo en cuanto a parámetros en 6 puntos del Rio, para comparar con el monitoreo recientemente realizado.

En este sentido se realizó el monitoreo por parte de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, mediante la contratación del Laboratorio CONSTRUCSUELOS SUMISTROS LTDA, Para los puntos descritos en el presente informe.

2.9.2. Recopilación y Análisis de Información Básica para el Desarrollo del Estudio

Con la finalidad de dar cumplimiento a los requisitos del estudio, desarrollar los objetivos y ejecutar todas las actividades propuestas, se recopiló información confiable de fuentes primarias y secundarias las cuales se mencionan a continuación:

FICHA BIBLIOGRAFICA	LUGAR O UBICACIÓN	FORMATO	INFORMACIÓN

LEITON, J.S. Riego y Drenaje. COSTA RICA. Universidad estatal a distancia, 1985.	Banco de información FUNDISPROS	Magnético .PDF	Clasificación de tierras de acuerdo a su aptitud para riego; relación agua-planta; consumo de agua por el cultivo; requerimientos de agua para el riego
PIZARRO, F. Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos. España. Editorial Agrícola Española S.A., 1995. 521p	Banco de información FUNDISPROS.	Físico	**Capítulo 4** parámetros de comparación para la evaluación de la calidad de agua con fines de riego.
DECRETO 1594 de 1984	Internet Ministerio de agricultura y desarrollo rural	Magnético .PDF	**Artículos 37- 48:** En los cuales se definen los criterios de calidad para la destinación del recurso. **Artículos 72-79:** establecen las normas de vertimientos. **Artículos 155, 156, 158, 160, 161:** se regula todo el tema de los métodos de análisis y de la toma de muestras
RESOLUCION 2115 DE 2007	Internet Ministerio de la protección social y de ambiente, vivienda y desarrollo territorial	Magnético .PDF	**Capitulo II:** Características físicas y químicas del agua para consumo Humano. **Artículo 2:** Características físicas del agua. **Artículo 3:** conductividad **Artículo 4:** Potencial de hidrogeno **Artículo 6:** características químicas del agua. **Capitulo III:** Características Microbiológicas
DECRETO 3930 DEL 2010	Internet	Magnético .PDF	**Artículo 7:** Modelos de Simulación de Calidad del Recurso Hídrico.
DECRETO 3100/03 Y 3440/04 CONTRATO N° 160/2005, CARDER (2006)	Internet CARDER	Magnético .PDF	Desarrollo de un soporte técnico de implementación de las tasas retributivas en los Ríos Apia, Risaralda, Cauca, Mapa, y las Quebradas Cuba, Cristales, Chápata, El Pueblo Lavapiés y La Bamba.
MINAMBIENTE, 2013	Internet Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Magnético .PDF	Guía técnica para la formulación de los Planes de ordenación y manejo de cuencas Hidrográficas. Versión 1.0
PÉREZ, J. Manual para determinar la Calidad del Agua para Riego Agrícola. Universidad	Internet	Magnético .PDF	Metodologías utilizadas para determinar la calidad de agua para riego: - Palacios y Aceves (1970);

Veracruzana. México. 2011. 49p			- Richards del Laboratorio de los Estados Unidos, Riverside, California; - Ayers y Westcott para FAO.
STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 1999	Internet	Magnético .pdf	SM 2320 B; SM 4500 Cl C; SM 2510 B; SM 5210 B; SM 5220 C; SM 4500 P B, D; SM 4500 NO_2 B; SM 4500 NO_3 B; SM 4500 N_{org} C-NH_3 B, C; SM 2540 B, C, D; SM 2130 B; SM 3500 B; SM 3500 Ca B; SM 3500 Mg B; SM 3500 K B; SM 3500 Na B; SM 9223 B;
CONTRATO DE CONSULTORÍA N° 312 DE 2013	Banco de información FUNDISPROS y CAM	Físico	Parámetros a medir para la determinación de la calidad de agua del Rio Frío.
RESOLUCIÓN N° 0161 DEL 2014	Banco de información FUNDISPROS y CAM	Físico	Por la cual se declara en Ordenamiento las Corrientes de Uso Público Río Frío que discurre en jurisdicción del municipio de Campoalegre y Río Villavieja que discurre en jurisdicción de los municipios de Tello y Villavieja – Departamento del Huila.

Tabla 203. Recopilación de Información
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Como se mencionó anteriormente, la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena “CAM” suministró información referente a resultados de programas de monitoreo de calidad y cantidad del agua, existentes sobre la fuente hídrica en estudio; Sin embargo, esta información no es suficiente para realizar un diagnóstico de la calidad del agua en el Río Frío, debido a que los sitios en los que se efectuó los monitoreos son muy escasos y no contribuyen para generar la simulación del comportamiento de la calidad del río. Además, la mayoría de monitoreos existentes están relacionados con la PTARD de Campoalegre y los monitoreos de B05 y B06 corresponden a vertimientos sobre la Quebrada La Caraguaja (Afluente del Río Neiva – realizados 2 Km aprox., aguas arriba del inicio del canal “La Caraguaja-El Viso” que desemboca en el Río Frío), por lo cual estos dos reportes serían excluidos del análisis ya que no se localizan en las zonas de interés del proyecto. Esta información fue suministrada por la corporación y de ella se puede sustraer la siguiente tabla que contiene los resultados de laboratorio encontrados en 6 puntos específicos los cuales se encuentran referenciados con sus respectivas coordenadas planas (Tabla 204).

SITIOS DE MUESTREO AÑO 2009			
NOMBRE	**COORDENADAS**		**DESCRIPCION**
	N	**E**	
B01	02°41´35.8”	75°18´55.6”	Río Frío-Aguas Arriba

B02	02°41´50.7”	75°20´08.2”	Río Frío-Aguas Abajo
B03	02°41´42.4”	75°19´54.4”	Vertimiento 1: Villa Gloria
B04	02°41´40.0”	75°19´55.2”	Vertimiento 2: Villa Sincelejo
B05	02°41´10.9”	75°20´11.0”	Vertimiento 3: San Isidro 12 de Octubre
B06	02°41´11.5”	75°20´11.2”	Vertimiento 4: San Isidro 12 de Octubre

Tabla 204. Sitios monitoreados en el año 2009
Fuente: ANTEK S.A & FUNDACORH-UNIVLAB, 2009

2.9.3. Localización de Sitios de Monitoreo de Calidad de Agua

En un estudio de calidad de agua se debe iniciar con la recopilación de muestras puntuales tomando de la fuente la mayor cantidad de información posible y determinando una serie de parámetros que son medidos en el sito de muestreo (*In situ*), también es necesario realizar la recolección de muestras que son transportadas al laboratorio con el fin de determinar algunas concentraciones y calcular los parámetros que se requieran, para luego definir la calidad del agua de acuerdo a sus componentes físicos, químicos y microbiológicos. Para realizar las actividades anteriormente mencionadas es necesario definir y localizar los puntos sobre los cuales se realizara la toma de muestras.

En busca de mejores resultados en el presente estudio y en el ordenamiento del Recurso Hídrico de la corriente de Río Frio en el municipio de Campoalegre, se dividió la cuenca en 4 zonas las cuales se relacionan a continuación con los puntos de muestreo y sus respectivas coordenadas (Tabla 205).

Las coordenadas de los puntos de muestreo fueron tomadas por funcionarios de FUNDISPROS, recorriendo aguas abajo desde el primer usuario el cauce del Río Frio e identificando a su paso puntos de vertimientos, afluentes y usos que sobre éste se encontraran, obteniendo puntos estratégicos y determinándolos como sitios de muestreo; dichos puntos se encuentran en el sistema de coordenadas planas Colombia Bogotá Zone.
La Tabla 205 que se relaciona a continuación hace referencia a todo lo anteriormente expuesto y define a cada punto de muestreo con un nombre, además, identifica en que zona está cada sitio con su respectiva coordenada y una breve descripción.

ZONAS	NOMBRE	COORDENADAS		DESCRIPCION
		X	Y	
1	**A01**	865383.358	789507.526	Antes de la bocatoma del acueducto municipal

ZONAS	NOMBRE	COORDENADAS		DESCRIPCION
		X	Y	
	A02	862123.349	789095.523	Antes de la desembocadura del drenaje
2	**A03**	861890.971	789184.289	Despues de la desembocadura de la Quebrada el Vergel (que transporta AR del matadero municipal)
	A04	861206.861	789284.401	Antes de la desembocadura de la quebrada Lavapatas
3	**A05**	861162.110	789294.164	Despues de la desembocadura de la quebrada Lavapatas
	A06	860391.68	790602.474	Antes de la desembocadura de la quebrada Acropolis (AR de la PTAR)
4	**A07**	860399.928	790684.015	Despues de la desembocadura de la quebrada Acropolis (AR de la PTAR)
	A08	860295.139	791707.886	Antes de la desembocadura de Río Frío a Río Neiva

Tabla 205. Puntos de muestreo.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En la Figura **28** se muestra un plano donde se evidencian las 4 zonas en las que fue dividido el Río, de acuerdo al capítulo 2.3.1 Determinación de zonas según naturaleza de los vertimientos, donde se homogenizó y zonificó teniendo en cuenta los diferentes vertimientos que se realizan sobre el cauce del río y en base a ellos se dividió en las zonas que se pueden visualizar, para los respectivos muestreos. En la figura también se puede observar los puntos donde se han realizado monitoreos (identificados con la letra B) y los sitios propuestos para realizar la toma de muestras para el Ordenamiento (identificados con la letra A)

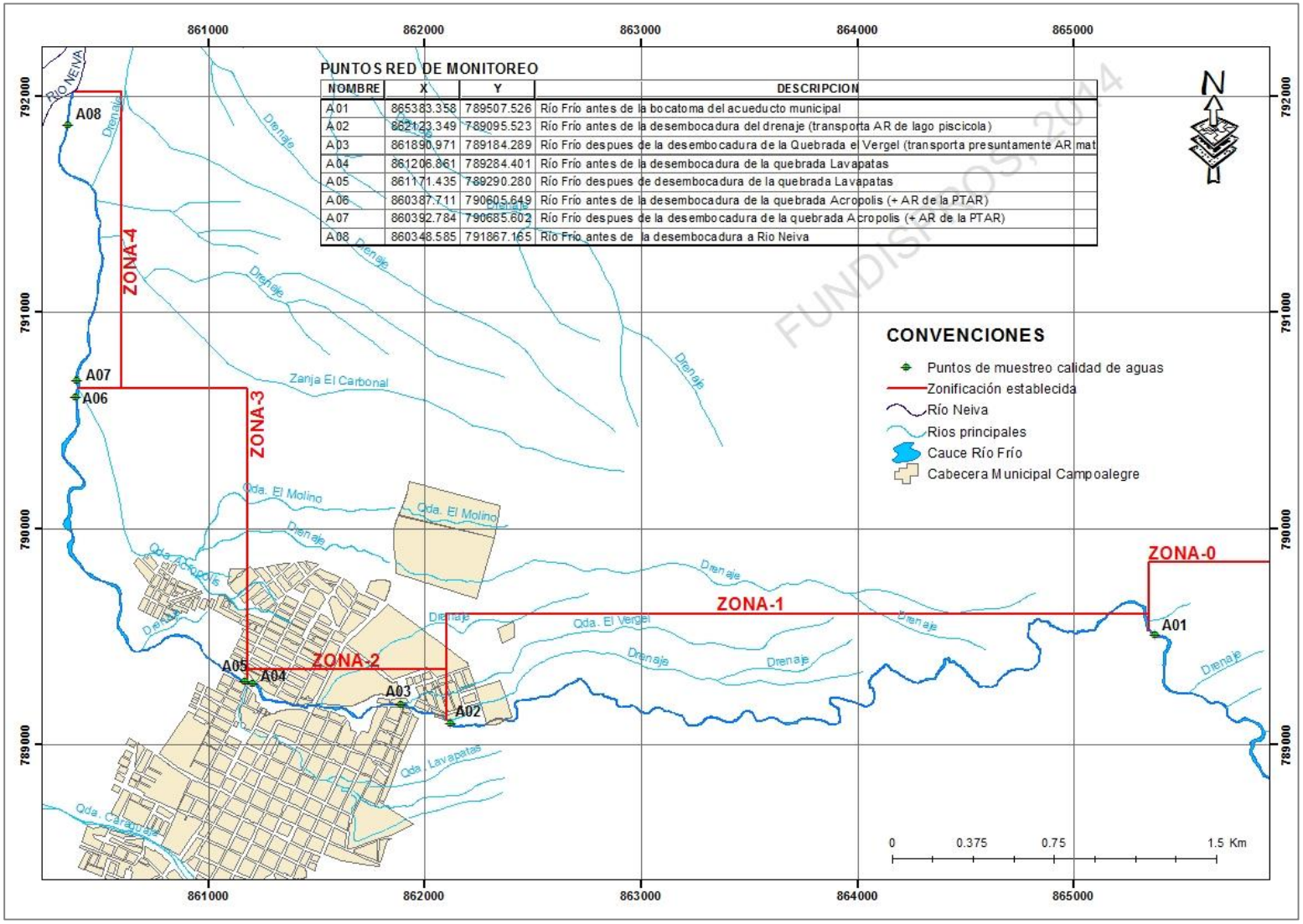


Figura 28**. Plano zonificación y puntos de muestreo Rio Frio Campoalegre.**
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.9.4. Recolección de la Muestra de Agua

La Recolección de muestras se llevó por el Laboratorio "CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA" en los sitios descritos en la Tabla 205, pertenecientes a Río Frío en el Municipio de Campoalegre (Huila). La Metodología usada para el proceso mencionado fue Muestreo Puntual Manual que se caracteriza principalmente por la toma en un determinado momento de espacio y tiempo y permite registrar las condiciones de la fuente hídrica en ese momento.

SITIO DE MONITOREO	DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRÁFICO
A01	Antes de la bocatoma del acueducto municipal	
A02	Antes de la desembocadura del drenaje	

A03	Después de la desembocadura de la Quebrada el Vergel (que transporta Aguas Residuales del matadero municipal)	
A04	Antes de la desembocadura de la quebrada Lavapatas	

A05	Después de la desembocadura de la quebrada Lavapatas	
A06	Antes de la desembocadura de la quebrada Acropolis (+ Aguas Residuales de la PTAR)	

A07	Después de la desembocadura de la quebrada Acropolis (+ AR de la PTAR)	
A08	Antes de la desembocadura de Río Frío a Río Neiva	

Tabla 206. Recolección de las Muestras Río Frio, Municipio de Campoalegre (Huila)
Fuente: CAM, 2014

2.9.5. Determinación de Parámetros "In situ"

La determinación de Parámetros In Situ, corresponde a la serie de parámetros que son medidos de forma puntual y que determinan el estado inmediato del cuerpo del agua sobre el cual se hace 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 In Situ a medir son: Conductividad Eléctrica, Temperatura (Agua y Ambiente), saturación de oxígeno, Oxígeno Disuelto, Caudal promedio y pH; esta labor fue realizada por el Laboratorio CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA, Contratado por La Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM.

SITIO DE MONITOREO	DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRÁFICO
A01	Antes de la bocatoma del acueducto municipal	
A02	Antes de la desembocadura del drenaje	

A03	Después de la desembocadura de la Quebrada el Vergel (que transporta Aguas Residuales del matadero municipal)	
A04	Antes de la desembocadura de la quebrada Lavapatas	

A05	Después de la desembocadura de la quebrada Lavapatas	
A06	Antes de la desembocadura de la quebrada Acropolis (+ Aguas Residuales de la PTAR)	

A07	Después de la desembocadura de la quebrada Acropolis (+ AR de la PTAR)	
A08	Antes de la desembocadura de Río Frío a Río Neiva	

Tabla 207. Determinación de Parámetros In-Situ Río Frío, Municipio de Campoalegre (Huila)
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Nº	PARÁMETRO	RESULTADOS								LMQ[9]	UNIDADES	MÉTODO
	SITIO DE MUESTREO	**A01**	**A02**	**A03**	**A04**	**A05**	**A06**	**A07**	**A08**			
	RESPONSABLE DEL MONITOREO	CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA.										
1	CAUDAL AFORADO	890,0	297,0	326,0	132,4	211,4	281,8	390,9	212,8	0,01	L/s	Micromolinete
2	pH	7,07	7,18	7,53	7,77	7,64	7,33	7,45	7,22	0,85	Unidades de pH	SM22 4500- H+ B
3	Temperatura del Ambiente	20,2	27,6	26,7	27,6	27,2	26,4	31,5	29,8	0,01	ºC	SM22 2550 B
4	Temperatura del Agua	17,6	25,3	25,4	26,4	26,3	24,3	29,1	25,0	0,01	ºC	SM22 2550 B
5	Conductividad Eléctrica	106,5	142,4	169,4	159,2	181,5	272,5	236,9	278,3	1,28	µs/cm	SM22 2510 B
6	Oxígeno Disuelto	8,8	7,1	3,2	6,9	4,8	4,5	2,7	3,0	1,09	mg O_2/L	SM22 4500 OC
7	Saturación de Oxígeno	103,5	95,6	41,0	85,4	81,6	73,9	41,5	58,5	1,09	% Saturación	SM22 4500

Tabla 208. Resultados Parámetros In Situ, Río Frío – Campoalegre
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA10, 2014

Así mismo se presenta los resultados de los parámetros In Situ del monitoreo realizado el 2 de febrero del Año 2009:

[9] LMQ: Límite de Cuantificación
[10] Laboratorio Acreditado en NTC/IEC 17025 según Resolución 1305 de Junio de 2014

PARÁMETROS		PUNTOS DE MUESTREO						UNIDADES	TÉCNICA ANÁLITICA
SITIO DE MUESTREO		B01	B02	B03	B04	B05	B06		
N°	FECHA	2 - FEBRERO - 2009							
1	Temperatura	22.4	23.4	*	*	*	*	°C	TERMOMETRICO
2	Saturación de Oxigeno	90.3	87.9	*	*	*	*	% de Saturación	ELECTRODO DE MEMBRANA
3	Oxígeno Disuelto	7.7	7.5	*[11]	*	*	*	mg O/L	ELECTRODO DE MEMBRANA
4	Caudal	484	1670	38.3	10.5	11.8	5.43	L/s	VOLUMETRICO
5	pH	7.73	7.58	7.08	6.89	6.87	7.02	Unidades de pH	ELECTROMETRICO

Tabla 209. Resultados Parámetros In Situ, Río Frío – Campoalegre en el año 2009.
Fuente: ANTEK S.A & FUNDACORH-UNIVLAB, 2009

[11] * Sin Información de los parámetros en los Puntos

2.9.6. Determinación de Parámetros en Laboratorio

El monitoreo realizado en los ocho sitios propuestos por FUNDISPROS para el análisis del comportamiento de la calidad del agua a lo largo de Río Frio Campoalegre para el presente estudio, fue contratado por la CAM con el laboratorio Construcsuelos Suministros Ltda., debido a que éste está acreditado por el IDEAM según Resolución 1305 de Junio de 2014, sin embargo los parámetros que Construcsuelos no tiene acreditados los subcontrató a ChemiLab S.A.S. – Chemical Laboratory, laboratorio acreditado mediante Resolución 2016 de 2014 del IDEAM.

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 CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA se encargó de realizar el reporte de resultados de los parámetros determinados (A01=M066, A02=M063, A03=M064, A04=M070, A05= M071, A06=M062, A07=M063, y A08=M069) en el año 2014, los cuales son relacionados en la Tabla 210.

Adicionalmente se relacionan los resultados obtenidos por los Laboratorios ANTEK S.A & FUNDACORH-UNIVLAB, en el Monitoreo realizado en el año 2009, sobre dicha fuente hídrica.

Nº	PARÁMETRO	RESULTADOS										
	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	M066	M065	M064	M070	M071	M062	M063	M69	LMQ[12]	UNIDADES	MÉTODO
	SITIO DE MUESTREO	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08			
	RESPONSABLE DEL MONITOREO	Construcsuelos Suministros Ltda.										
1	Coliformes Totales	21,0	268,0	341,0	182,0	231,0	224,0	268,0	319,0	N.E.	NMP/100 ml	SM22 9221 B
2	Coliformes Fecales	3,0	4,0	21,0	12,0	16,0	12,0	4,0	28,0	N.E.	NMP/100 ml	SM22 9221 B
3	Fosfatos	0,110	0,080	0,240	<0,07	0,470	1,030	1,070	1,210	0,07	mgPO_4/L	SM22 4500-P B
4	Fósforo Orgánico	0,737	1,23	1,46	0,399	0,555	0,547	1,07	<0,07	0,07	mg/L	SM 4500-P E
5	Fósforo Inorgánico	<0,07	<0,07	<0,07	0,158	0,151	0,360	0,272	0,476	0,07	mg/L	SM 4500-P E
6	Nitritos	0,139	0,02	0,037	0,049	0,078	0,057	0,246	0,221	0,0035	mgNO_2/L	SM22 4500-NO_2 B
7	Nitratos	0,640	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	1.51	0,970	0,775	0,50	mg NO_3/L	SM22 4500-NO_3 B
8	Nitrógeno Amoniacal	<0,05	<0.05	0,109	<0,054	0,157	0,867	0.864	0,836	0,05	mg/L	SM 4500-NH_3 B
9	Sulfatos	1,86	2,02	2.65	2,41	2,65	20,75	19,95	17,02	0,50	mgSO_4/L	SM22 4500-SO4 E
10	Sólidos Totales	93,0	141,0	183,0	230,0	214,0	169,0	227,0	152,0	12,82	mg/L	SM22 2540 B
11	Sólidos Suspendidos Totales	<9,61	<9,61	89,0	184,0	26,0	22,0	130,0	13,0	9,61	mg/L	SM22 2540 D
12	DBO_5	17,0	14,0	16,0	25,0	52,0	12,0	13,0	7,0	7,03	mgO_2/L	SM22 5210 B
13	DBO_5 Filtrada	15,0	12,0	1,0	10,0	40,0	9,0	7,0	7,0	7,03	mgO_2/L	SM22 5210 B
14	Cloruros	<1,03	1,9	6,1	10,3	11,8	19,4	15,6	15,6	1,03	mgCl/L	SM22 4500 CL-B
15	DQO	37,8	37.8	36,3	69,7	130,1	28,5	31,4	17,4	10,52	mgO_2/L	SM22 5220 D
16	DQO Filtrada	34,1	35,8	23,0	30,5	98,1	25,1	15,2	10,9	10,52	mgO_2/L	SM22 5220 D
17	Grasas y Aceites	5,34	5,34	15	34,0	10,00	<5,34	<5,34	28,00	5,34	mg/L	SM22 5220 B
18	Turbiedad	1,20	2,07	70,7	25,5	19,7	3,28	7,67	6,29	1,0	NTU	SM 2130 B

[12] LMQ: Límite de Cuantificación

Nº	PARÁMETRO	RESULTADOS										
	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	M066	M065	M064	M070	M071	M062	M063	M69	LMQ[12]	UNIDADES	MÉTODO
	SITIO DE MUESTREO	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08			
	RESPONSABLE DEL MONITOREO	Construcsuelos Suministros Ltda.										
19	Alcalinidad Total	51,5	65,0	69,4	65,0	69,4	110	89,6	112	6,04	mg CaCo3/L	SM 2320 B
20	Bicarbonatos	51,5	65,0	69,4	65,0	69,4	110	89,6	112	6,04	mg CaCO3 /L	SM 2320 B + Cálculo
21	Boro	<0,84	<0,84	<0,84	<0,84	<0,84	<0,84	<0,84	<0,84	0,84	mg/L	SM 4500 B, C
22	Calcio Total	9,28	10,7	16,7	11,5	11,7	15,4	9.46	22,0	0,10	mg/L	SM 3030 E modificado, SM 3111 B
23	Carbonatos	<6,04	<6,04	<6,04	<6,04	<6,04	<6,04	<6,04	<6,04	6,04	mg CaCO3 /L	SM 2320 B + Cálculo
24	Carbono Orgánico Total (COT)	5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	13,6	25,8	9,39	5,00	mg/L	SM 5220 D + Cálculo
25	Magnesio Total	6,92	5,82	3,94	5,58	7,10	6,83	8,39	9,18	0,02	mg/L	SM 3030 E modificado, SM 3111 B
26	Potasio Total	1,95	1,91	1,40	2,22	2,46	3,89	3,75	3,88	0,125	mg/L	SM 3030 E modificado, SM 3111 B
27	Sodio Total	13,5	11,1	8,36	12,4	13,2	24,5	21,0	17,6	0,05	mg/L	SM 3030 E modificado, SM 3111 B

Tabla 210. Resultados Fisicoquímicos y Microbiológicos, Río Frío – Campoalegre.
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA, 2014

Así mismo se presentan los resultados de laboratorio del monitoreo realizado sobre Río Frío – Campoalegre en el año 2009.

Nº	PARÁMETRO	RESULTADOS								
	SITIO DE MUESTREO	B01	B02	B03	B04	B05	B06	LMQ[13]	UNIDADES	MÉTODO
	RESPONSABLE DEL MONITOREO	ANTEK S.A & FUNDACORH-UNIVLAB								
1	Coliformes Totales	36000	680000	*[14]	*	*	*	N.E.	NMP/100 ml	SM22 9221 B
2	Coliformes Fecales	220	100000	*	*	*	*	N.E.	NMP/100 ml	SM22 9221 B
3	Fosfatos	0.093	0.258	1.31	1.41	2.24	1.11	0,07	mgPO_4/L	SM22 4500-P B
4	Fósforo Orgánico	*	*	*	*	*	*	0,07	mg/L	SM 4500-P E
5	Fósforo Inorgánico	*	*	*	*	*	*	0,07	mg/L	SM 4500-P E
6	Nitritos	*	*	*	*	0.067	0.065	0,0035	mgNO_2/L	SM22 4500-NO_2 B
7	Nitratos	0.605	1.17	1.49	1.48	*	*	0,50	mg NO_3/L	SM22 4500-NO_3 B
8	Nitrógeno Amoniacal	*	*	*	*	*	*	0,05	Mg/L	SM 4500-NH_3 B
9	Sulfatos	*	*	*	*	*	*	0,50	mgSO_4/L	SM22 4500-SO4 E
10	Sólidos Totales	*	*	*	*	*	*	12,82	mg/L	SM22 2540 B
11	Sólidos Disueltos Totales	49	67	240	224	280	260		mg/L	
12	Sólidos Suspendidos Totales	19	18	107	145	92	182	9,61	mg/L	SM22 2540 D
13	DBO_5	8	10	180	169	223	193	7,03	mgO_2/L	SM22 5210 B
14	DBO_5 Filtrada	*	*	*	*	*	*	7,03	mgO_2/L	SM22 5210 B
15	Cloruros	*	*	*	*	*	*	1,03	mgCl/L	SM22 4500 CL-B
16	DQO	*	*	301	281	372	322	10,52	mgO_2/L	SM22 5220 D
17	DQO Filtrada	*	*	*	*	*	*	10,52	mgO_2/L	SM22 5220 D
18	Grasas y Aceites	*	*	*	*	*	*	5,34	mg/L	SM22 5220 B

[13] LMQ: Límite de Cuantificación
[14] *:Sin Información

Nº	PARÁMETRO	RESULTADOS								
	SITIO DE MUESTREO	B01	B02	B03	B04	B05	B06	LMQ[13]	UNIDADES	MÉTODO
	RESPONSABLE DEL MONITOREO	ANTEK S.A & FUNDACORH-UNIVLAB								
19	Turbiedad	17,1	12.9	146	141	200	181	1,0	NTU	SM 2130 B
20	Alcalinidad Total	*	*	*	*	*	*	6,04	mg CaCo3/L	SM 2320 B
21	Bicarbonatos	*	*	*	*	*	*	6,04	mg CaCO3 /L	SM 2320 B + Cálculo
22	Boro	*	*	*	*	*	*	0,84	mg/L	SM 4500 B, C
23	Calcio Total	*	*	*	*	*	*	0,10	mg/L	SM 3030 E modificado, SM 3111 B
24	Carbonatos	*	*	*	*	*	*	6,04	mg CaCO3 /L	SM 2320 B + Cálculo
25	Carbono Orgánico Total (COT)	*	*	*	*	*	*	5,00	mg/L	SM 5220 D + Cálculo
26	Magnesio Total	*	*	*	*	*	*	0,02	mg/L	SM 3030 E modificado, SM 3111 B
27	Potasio Total	*	*	*	*	*	*	0,125	mg/L	SM 3030 E modificado, SM 3111 B
28	Sodio Total	*	*	*	*	*	*	0,05	mg/L	SM 3030 E modificado, SM 3111 B

Tabla 211. Resultados Parámetros En Laboratorio, Río Frío – Campoalegre en el año 2009.
Fuente: ANTEK S.A & FUNDACORH-UNIVLAB, 2009

2.9.7. Análisis de Resultados Físico. Químico y Bacteriológico-Línea Base de Calidad de Agua

Determinar la línea base de calidad de agua constituye la clave para empezar a visualizar la relación entre la calidad del cuerpo receptor y los usuarios de éste, identificados y cualificados con anterioridad. Para la construcción de la línea base de calidad de Río Frio - Campoalegre, se atendieron a parámetros fisicoquímicos como bacteriológicos los cuales se describen a continuación.

Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos

Con el objetivo de determinar la calidad del agua de Río Frio de acuerdo con los usos contemplados en el Decreto 1594/84 y la resolución 2115 de 2007, se articularon los resultados de los parámetros hallados en el monitoreo del año 2009 y los recientemente monitoreados en el año 2014, además se establecerán los objetivos de calidad teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el modelo simulación de calidad de agua:

OBJETIVOS Y PARAMETROS PARA EL ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA	
OBJETIVO	**PARAMETROS**
Determinar la calidad del Agua mediante analisis hidrobiologico sobre Río Frío en jurisdiccion del Municipio de Campoalegre	- Fitoplancton - Peces - Perfiton - Zooplancton - Macrofitas - Macroinvertebrados Bentónicos
Realizar la modelacion de calidad de Agua “QUAL 2Kw” de Río Frío	- DBO_5: Lenta y Rapida. - Detritus - Nitrogeno Amoniacal - Fosforo Inorganica - Solidos suspendidos Totales - Oxigeno Disuelto - Materia Organica Particulada
Artícular el Decreto 1594 de 1984 con datos de los parametros de calidad hallados en los monitoreos realizados sobre Río Frío	- Oxígeno disuelto - Temperatura - Boro - Cloruros, - Nitratos, Nitritos y Nitrógeno Amoniacal, - Sulfatos, - Turbiedad, - Coliformes Fecales y Coliformes Totales, - Conductividad Eléctrica, - Carbono Orgánico Total COT, - Calcio, Alcalinidad Total, Magnesio y Fosfatos.

Clasificar los resultados de los parametros de calidad de agua con lo contenido en la Resolucion 2115 de 2007	- Caracteristicas fisicas - Caracteristicas quimicas - Caracteristicas Microbiologicas
Determinar el Índice de Calidad de Agua – ICA deacuerdo a la metodologia establecida por la Fundación Nacional de Sanidad (NSF) de los Estados Unidos en el año 2006.	- DBO_5: Demanda Bioquímica de oxigeno a cinco (5) días. (DBO5, mg/l) - OD: Oxígeno disuelto. Expresado en porcentaje de saturación (% Sat.) - Potencial de Hidrógeno (pH, en unidades) - Turbiedad (NTU) - Fosfatos (mg/l) - Nitratos (mg/l) - Coliformes Fecales (NMP/100ml) - Sólidos Totales (mg/l)
Establecer las metas quinquenales de reduccion de Carga contaminante de acuerdo al Decreto 2667 de 2012	- DBO_5: Demanda Bioquímica de oxigeno a cinco (5) días SST: Sólidos Suspendidos Totales

Tabla 212. Objetivos y Parámetros para el análisis de calidad de agua
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Para efectuar este análisis se requiere calcular algunos índices de calidad de agua como la conductividad Eléctrica, Salinidad Efectiva y salinidad potencial. La mayoría de los cálculos de estos índices así como muchos de los parámetros de clasificación establecidos, requieren que las cantidades obtenidas para los aniones y cationes sean expresadas en miliequivalentes por litro. A continuación se presenta la relación de mg/l a meq/l y los resultados obtenidos de la conversión se presentan en la siguiente tabla.

$$\frac{mEq}{l} = \frac{\frac{mg}{l} * valencia}{Peso\ atomico}$$

			VALOR (mg/l)								VALOR (mEq/l)							
SITIO DE MUESTREO			**A01**	**A02**	**A03**	**A04**	**A05**	**A06**	**A07**	**A08**	**A01**	**A02**	**A03**	**A04**	**A05**	**A06**	**A07**	**A08**
PARAMETRO	**PESO ATÓMICO**	**VALENCIA**	**CATIONES**															
SODIO	22.99	1	13,5	11,1	8,36	12,4	13,2	24,5	21	17,6	0,587	0,483	0,364	0,539	0,574	0,107	0,913	0,766
MAGNESIO	24.305	2	6,92	5,82	3,94	5,58	7,10	6,83	8,39	9,18	0,569	0,479	0,324	0,459	0,584	0,562	0,690	0,755
CALCIO	40.078	2	9,28	10,7	16,7	11,5	11,7	15,4	15,4	22	0,463	0,534	0,833	0,574	0,123	0,769	0,769	1,098
POTASIO	39.0983	1	1,95	1,91	1,40	2,22	2,46	3,89	3,75	3,88	0,050	0,049	0,036	0,057	0,050	0,099	0,096	0,099
			ANIONES															
SULFATOS	96.063	2	1,86	2,02	2,65	2,41	2,65	20,75	19,95	17,02	0,039	0,042	0,055	0,050	0,055	0,432	0,415	0,354
CARBONATOS	60.015	2	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201
BICARBONATOS	61.015	1	51,5	65	69,4	65	69,4	110	89,6	112	0,844	1,065	1,137	1,065	1,137	1,803	1,468	1,836
CLORURO	35.453	1	<1,03	1,9	6,1	10,3	11,8	19,4	15,6	15,6	0,029	0,054	0,172	0,291	0,333	0,547	0,440	0,440
			OTROS															
NITRATOS	62.05	1	0,640	0,50	0,50	0,5	0,5	0,151	0,970	0,775	0,010	0,008	0,016	0,008	0,008	0,002	0,016	0,012
ALCALINIDAD TOTAL																		
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA																		
BORO	10.811	3	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233

Tabla 213. Conversión de mg/l a meq/l para Aniones y Cationes obtenidos en Río Frio – Campoalegre.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Palacios y Aceves (1970) propusieron ocho índices que unieron para llevar a cabo la determinación de la calidad del agua; Según (Pérez León, 2011) esta metodología es más aproximada que la hecha en Riverside, la cual solo toma en consideración dos índices: Relación de adsorción de sodio (RAS) y Conductividad eléctrica (CE) (Del Valle, 1992; Aguilera y Martínez, 1996).

Estos ocho índices y el PSI son clasificados en tres grupos de acuerdo a los diferentes criterios propuestos para evaluar la calidad del agua.

CRITERIOS	ÍNDICES	SÍMBOLOS
1) **Contenido de sales solubles**	a) Conductividad eléctrica	CE
	b) Salinidad efectiva	SE
	c) Salinidad potencial	SP
2) **Efecto probable del sodio sobre las características físicas del suelo**	d) Relación adsorción de Sodio	RAS
	e) Porciento de sodio intercambiable	PSI
	f) Carbonato de sodio residual	CSR
	g) Porciento de sodio posible	PSP
3) **Contenido de elementos tóxicos para las plantas**	h) Contenido de boro	B
	i) Contenido de Cloruros	Cl^{-1}

Tabla 214. Criterios para evaluar la calidad del agua según Palacios y Aceves (1970)
Fuente: (Pérez León, 2011)

El análisis físico químico y bacteriológico del agua de Río Frio Campoalegre para uso agropecuario se realizará en base a los criterios formulados por Palacios y Aceves, 1970; Del Valle, 1992; Aguilera y Martínez, 1996 y Marín, 2002 (Pérez León, 2011), asimismo se tendrá en cuenta tres índices más, propuestos por otros autores (Tabla 215), además de lo mandado en la normatividad colombiana vigente (Decreto 1594/84 y otros) y lo consultado en la literatura.

CRITERIOS	ÍNDICES	SÍMBOLOS
4) **Otros**	j) Índice de Magnesio	Img
	k) Porciento de Cloruros	CIP
	l) Indicador de calidad de agua	ICA – Nsf
	m) Alcalinidad Total	
	n) Dureza Total	
	o) Sulfatos	
	p) Calcio	
	q) Carbonatos	
	r) Potasio	
	s) Oxígeno Disuelto	
	t) Coliformes Totales	
	u) Coliformes Fecales	

Tabla 215. Otros Criterios para evaluar la calidad del agua
Fuente: (Pizarro, 1978); (Fundación Nacional de Sanidad-NSF de los Estados Unidos, 2006); Dec. 1594/84

2.9.7.1. Análisis de Acuerdo al contenido de sales solubles

El efecto nocivo de las sales solubles, se debe a que produce presiones osmóticas en la solución del suelo que está en contacto con las raíces de la planta, las cuales, al pasar de ciertos valores producen una disminución en los rendimientos o pérdida total de la cosecha. Estos efectos son diferentes para cada cultivo en distintas

etapas de desarrollo (Palacios y Aceves, 1970; Del Valle, 1992; Aguilera y Martínez, 1996, Marín, 2002; Citados por (Pérez León, 2011)).

Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) es un parámetro que determina de una forma simple e indirecta la salinidad que presenta una determinada solución, es decir, determina la cantidad de sales en solución y cuya disociación genera iones positivos y negativos capaces de transportar la energía eléctrica si se somete el agua a un campo eléctrico.

Este parámetro es medido con un Conductímetro, el cual registra tanto la CE como la presencia de sólidos disueltos, sabiendo que a mayores contenidos de sólidos, mayor es el valor de la CE (Farham, Ayers, & Hasek, 1979) citado por (Pérez León, 2011).

La conductividad eléctrica está estrechamente relacionada con la cantidad de sólidos totales disueltos (STD) en ppm, el contenido de sales en me/L y la presión osmótica en atmosferas (Marín, Aragón, & Gómez, 2002) citado por (Pérez León, 2011).

PARÁMETRO	RESULTADOS								UNI.	VALORES PERMISIBLES Pizarro, 1978	CRITERIO
SITIO DE MUESTREO	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08			
Conductividad Eléctrica	106,5	142,4	169,4	159,2	181,5		236,9		µs/cm	0-250	CUMPLEN
						272,5		278,3		250-750	CUMPLEN

Tabla 216. Conductividad eléctrica de Río Frío – Campoalegre.
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA, 2014

De acuerdo a la clasificación propuesta por el U.S. Salinity Laboratory (Tabla 216) y a los resultados de conductividad eléctrica obtenidos en los sitios de muestreo A01, A02, A03, A04, A05 y A07 tiene un *riesgo bajo* de producir problemas de salinidad en los suelos, sin embargo en los sitios de monitoreo A06 (Antes de la desembocadura de la quebrada Acropolis (+ Aguas Residuales de la PTAR)) y A08 (Antes de la desembocadura de Río Frío a Río Neiva) presentan valores de Conductividad eléctrica por encima de 250 (µmhos/cm), por lo que el agua de la zona baja de la cuenca se cataloga como agua de salinidad media.

De acuerdo a la clasificación propuesta por el U.S. Salinity Laboratory (Tabla 217) y a los resultados de conductividad eléctrica obtenidos en los sitios del muestreo en las fechas indicadas anteriormente se deduce que el agua de Río Frio tiene un *riesgo bajo* de producir problemas de salinidad en los suelos.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA		CONCENTRACIÓN DE SAL
CE a 25 °C (µmhos/cm)	**CLASIFICACIÓN**	**Gr/l (apróx.)**
0-250	Agua de Baja Salinidad	<0,2
250-750	Agua de Salinidad Media	0,2 – 0,5
750-2250	Agua Altamente Salina	0,5 – 1.5
más de 2250	Agua Muy altamente Salina	1,5 – 3,0

Tabla 217. Clases de Aguas de Acuerdo a la Conductividad Eléctrica.
Fuente: (Pizarro, 1978)

Salinidad Efectiva

La Salinidad Efectiva (SE) es un índice que permite estimar la peligrosidad que presentan las sales solubles del agua de riego al pasar a formar parte de la solución del suelo, ya que ésta tiene en cuenta la precipitación que se puede presentar de las sales menos solubles como los carbonatos de Calcio y Magnesio así como sulfato de calcio, los cuales al precipitarse no causan presión osmótica en la solución del suelo. Este proceso es más notable cuando las aguas tienen un alto contenido de carbonatos y bicarbonatos (Palacios y Aceves, 1970; Del Valle, 1992; Aguilera y Martínez, 1996; Marín, 2002) citados por (Pérez León, 2011).

La Salinidad Efectiva se calcula de la siguiente manera y teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

1. SE = ∑cationes – (CO_3 + CO_3H + SO_4)
   Cuando Ca > (CO_3 + CO_3H +SO_4)
2. SE = ∑cationes – Ca
   Cuando Ca < (CO_3+ CO_3H +SO_4) pero Ca > (CO_3+ CO_3H)
3. SE = ∑cationes – (CO_3 + CO_3H)
   Cuando Ca < (CO_3+ CO_3H) pero (Ca+Mg)> (CO_3+ CO_3H)
4. SE = ∑cationes – (Ca + Mg)
   Cuando (Ca+Mg) < (CO_3+ CO_3H)

En las anteriores relaciones tanto los iones como los cationes deben estar expresados en mEq/l. Si la suma de cationes es menor a la de aniones, deberá emplearse la suma de aniones en lugar de la de cationes (Palacios y Aceves, 1970; Del Valle, 1992; Aguilera y Martínez, 1996; Marín, 2002) citados por (Pérez León, 2011). De acuerdo a la clasificación propuesta por Valverde (1998), la salinidad efectiva se clasifica de la siguiente Manera:

CLASE	SALINIDAD EFECTIVA (meq/lt)
Buena	< 3
Condicionada	De 3 a 15
No recomendable	> 15

Tabla 218. Clases de aguas de acuerdo a la Salinidad Efectiva.
Fuente: Valverde, 1998.

De acuerdo a los resultados obtenidos para cada punto de muestreo se tiene:

PARÁMETRO	RESULTADO								UNIDAD
SITIO DE MUESTREO	**A01**	**A02**	**A03**	**A04**	**A05**	**A06**	**A07**	**A08**	
Salinidad Efectiva	0,637	0,532	0,399	0,596	0,624	0,206	1,009	0,087	**mEq/lt**
Condición que se Cumple	4	4	4	4	4	4	4	4	
Ecuación Utilizada	SE = ∑cationes – (Ca + Mg)								
Criterio de Calidad	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	

Tabla 219. Resultados de Salinidad Efectiva en los Puntos de Muestreo – Río Frío
Fuente: FUNDISPROS, 2014

De acuerdo a la clasificación propuesta por Valverde (1998) y relacionada en la Tabla 218, el agua de Río Frio Campoalegre según la salinidad efectiva obtenida en cada uno de los sitios se clasifica como de ***Buena de calidad.***

Salinidad potencial

La Salinidad Potencial (SP) es un índice que muestra la peligrosidad del agua de riego a salinizar el suelo cuando se han precipitado todas las sales poco solubles y solo quedan los cloruros y parte de los sulfatos, esto sucede cuando la humedad aprovechable de un suelo es menor del 50%, es decir, cuando se ha consumido toda el agua fácilmente utilizable por la planta (cuando se llega al Umbral de riego). Esta se calcula por medio de la siguiente ecuación (Palacios y Aceves, 1970; Del Valle, 1992; Aguilera y Martínez, 1996; Marín, 2002) citados por (Pérez León, 2011):

$$SP = Cl + \frac{SO_4}{2}$$

Todos los iones se deben expresar en mEq/l

PARÁMETRO	RESULTADOS								UNI.	VALOR PERMI. Valverde, 1998	CRITERIO
SITIO DE MUESTREO	**A01**	**A02**	**A03**	**A04**	**A05**	**A06**	**A07**	**A08**			
Salinidad Potencial	0,048	0,075	0,200	0,316	0,360	0,763	0,648	0,617	mEq /L	<3	CUMPLE

Tabla 220. Resultados de Salinidad Potencial en los Puntos de Muestreo – Río Frío Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014

CLASE	SALINIDAD POTENCIAL (meq/lt)
Buena	Menos de 3

Condicionada	De 3 a 15
No recomendable	Más de 15

Tabla 221. Clases de agua de acuerdo a la Salinidad Potencial
Fuente: Valverde, 1998.

De acuerdo a la clasificación propuesta por Valverde (1998) y relacionada en la Tabla 221, la calidad del agua de Río Frio Campoalegre según la salinidad potencial obtenida se cataloga como ***Buena.***

2.9.7.2. Análisis de acuerdo al efecto probable del sodio sobre las características físicas del suelo

Cuando la concentración de sodio en la solución del suelo es elevada en relación con la de otros cationes disueltos, se provoca la dispersión o la defloculación de dicho suelo, y como consecuencia pierde su estructura. Esto puede ejercer efectos secundarios importantes sobre el desarrollo vegetal, ya que la pérdida de la estructura causa una aireación y permeabilidad deficientes así como una baja disponibilidad de agua. Para estimar este efecto se han propuesto los siguientes índices (Palacios y Aceves, 1970; Del Valle, 1992; Aguilera y Martínez, 1996; Marín, 2002) citados por (Pérez León, 2011):

Relación de Adsorción de Sodio (RAS)

Para prever la degradación que puede provocar una determinada agua de riego se calcula el índice RAS, que es la relación de absorción de sodio y se define por medio de la siguiente ecuación en la cual los cationes están expresados en meq/l.

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

PARÁMETRO	RESULTADO								UNIDAD	VALOR PERMISIBLE Pérez León, 2011
SITIO DE MUESTREO	**A01**	**A02**	**A03**	**A04**	**A05**	**A06**	**A07**	**A08**		
RAS	0,817	0,678	0,478	0,750	0,966	1,131	1,070	0,795	$(mEqL^{-1})^{1/2}$.	0-10
Criterio	S.1	S.1	S.1	S.1	S.1	S.1	S.1	S.1		CUMPLEN

Tabla 222. Relación Adsorción de Sodio en los Puntos de Muestreo – Río Frío Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Los valores de Na^{+}, Ca^{2+} y Mg^{2+} estan dados en mEq/L y los valores del RAS en $(mEqL^{-1})^{1/2}$.

CLASIFICACIÓN	RAS	
	CE=100 µs/cm	CE= 750 µs/cm
S.1 Bajo en Sodio	0-10	0-6
S.2 Media en Sodio	10-18	6-12
C.3 Alta en Sodio	18-26	12-18
c.4 Muy Alta en Sodio	> 26	> 18

Tabla 223. Valores para clasificar aguas de riego según su RAS
Fuente: Palacios y Aceves, 1970; Del Valle, 1992; Aguilera y Martínez, 1996; Marín, 2002; Citados por (Pérez León, 2011)

Porciento de sodio intercambiable

Se define como el grado de saturación del complejo e intercambio del suelo con sodio, que tendrá el suelo una vez que se equilibre con el agua, en la Figura 29 (Palacios y Aceves, 1970; Del Valle, 1992; Aguilera y Martínez, 1996; Marín, 2002; Citados por Pérez, 2011).

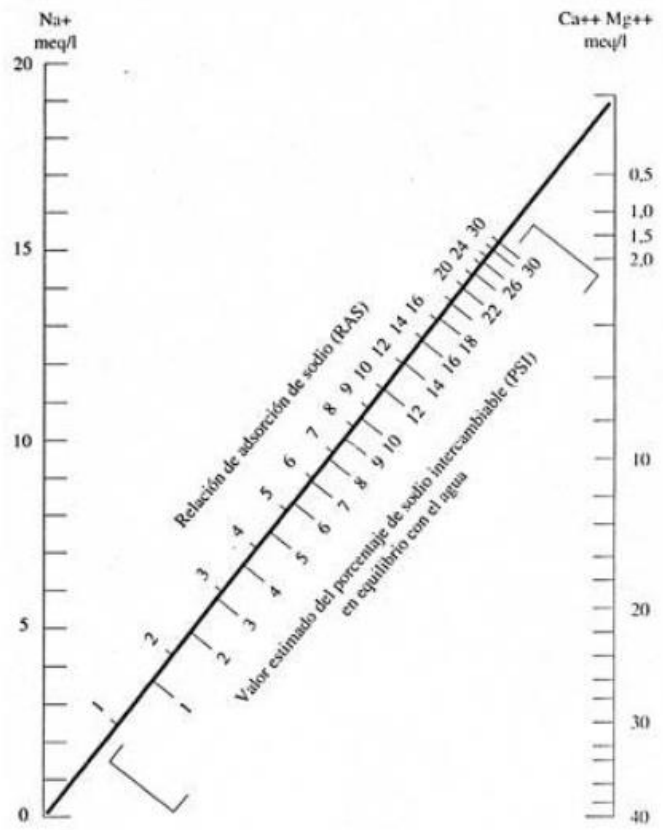


Figura 29. Monograma para determinar los valores de RAS de las aguas de riego y para estimar sus valores correspondientes de PSI del suelo que está en equilibrio con ellas
Fuente: (Palacios y Aceves, 1970; Del Valle, 1992; Aguilera y Martínez, 1996; Marín, 2002) citados por (Pérez León, 2011)

El PSI se estima a partir de la siguiente fórmula:

$$PSI = \frac{100\ (-0{,}0126 + 0{,}01475\ RAS)}{1 + (-0{,}0126 + 0{,}01475\ RAS)}$$

PARAMETRO	RESULTADOS							
PUNTO DE MUESTREO	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08
PSI	-0,055	-0,260	0,558	-0,153	0,164	-1,079	0,317	-0,087

Tabla 224. Resultados Porciento de Sodio Intercambiable en los Puntos de Muestreo – Río Frío Campoalegre

Fuente: FUNDISPROS, 2014

De acuerdo a lo anterior, entre menor sea el valor del RAS, menor resulta el valor del PSI del suelo y por tanto menor será el peligro de sodificación del mismo, por lo que para el caso del agua analizada no implica ningún riesgo de sodificación (o éste es mínimo).

Carbonato de sodio residual (CSR)

Cuando en el agua de riego el contenido de carbonatos y bicarbonatos es mayor que el de calcio más magnesio, existe la posibilidad de que se forme carbonato de sodio debido a que su alta solubilidad puede permanecer en solución, aun después que se han precipitado los carbonatos de calcio y magnesio. En estas condiciones, la concentración total y relativa de sodio puede ser suficiente para desplazar al calcio y magnesio del complejo de intercambio, produciéndose la defloculación del suelo (Palacios y Aceves, 1970; Del Valle, 1992; Aguilera y Martínez, 1996; Marín, 2002) citados por (Pérez León, 2011).

La presencia del CSR en el agua de riego afecta la RAS de la solución del suelo, debido a que luego de la aplicación del riego inicia el proceso de evapotranspiración en el que se elimina agua del suelo y como las sales no se eliminan, esto hace que la concentración de las mismas aumente hasta el límite de solubilidad de los carbonatos y bicarbonatos de Ca y Mg. Cuando esto ocurre se retira parte del Ca y Mg ocasionando un aumento del Na y como consecuencia también aumenta la RAS.

El carbonato de sodio residual se determina mediante el uso de la siguiente expresión:

$$CSR = (CO^{=}{}_3 + CO_3H^-) - (Ca^{++} + Mg^{++})$$

En la expresión anterior las Cantidades se Expresan en mEq/L

PARÁMETRO	RESULTADO								UNIDAD	VALOR PERMISIBLE Pizarro, 1978
SITIO DE MUESTREO	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08		
CSR	0,013	0,254	0,181	0,234	0,632	0,674	0,211	0,184	mEq/L	<1,25
Criterio	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena		

Tabla 225. Resultados de Carbonato de Sodio Residual en los Puntos de Muestreo – Río Frío Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Pizarro (1978) establece la clasificación de la **Tabla 226** según el CSR obtenido en la muestra.

Clase	Carbonato de Sodio Residual (mEq/l)
Buena	Menos de 1.25
Condicionada	1.25 – 2.50
No Recomendable	Mayores de 2.5

Tabla 226. Clasificación del Agua según Carbonato de sodio Residual.
Fuente: Pizarro, 1978

Porciento de sodio posible

Este es un índice que determina el peligro de desplazamiento del calcio y del magnesio por el sodio, empieza cuando el contenido de sodio en solución representa más del 50% de los cationes disueltos, este fenómeno se efectúa después de que se ha precipitado parte de las sales menos solubles del agua y su valor se estima mediante la siguiente expresión:

$$PSP = \frac{Na}{SE} * 100$$

Las cantidades deben expresarse en mEq/l

En las muestras de agua recolectadas sobre Río Frio Campoalegre el PSP es:

PARAMETRO	RESULTADOS								VALOR PERMISIBLE Palacios y Aceves, 1970
PUNTO DE MUESTREO	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	
PSP (%)	92,171	90,812	91,036	90,475	90,008	51,717	90,498	88,525	>50%
CRITERIO	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	

Tabla 227. Resultados Porciento de Sodio Posible en los Puntos de Muestreo – Río Frío Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Palacios y Aceves, (1970) establecen la clasificación para el agua de riego según el PSP obtenido y esta se muestra en la **Tabla 228**, de la cual se concluye que el agua muestreada tiene un PSP mayor a 50% por lo que se cataloga como **Buena** para riego.

CONDICIONES DEL SUELO	PSP	CLASIFICACIÓN
Cualquiera	Mayor a 50%	Buena para riego.
Suelos orgánicos o de textura ligera	Menor a 50% pero menos de 10 mEq/l de Sodio	Buena para riego.
Suelos minerales o de textura medias o pesadas, con menos de 4% de $CaCO_3$ + $MgCO_3$	Mayor de 50% con más de 10 mEq/l de Sodio	Peligro de sodificación, las aguas deben mezclarse con otras de mejor calidad o agregárseles yeso

Tabla 228. Valores para clasificar aguas de riego según PSP
Fuente: Palacios y Aceves, 1970 citado por (Pérez León, 2011)

2.9.7.3. Análisis de acuerdo al contenido de Elementos Tóxicos para las plantas

Dentro de los elementos que contienen en solución las aguas de riego, existen algunos que independientemente de los efectos anteriores, son tóxicos para las plantas, aun en pequeñas cantidades (Palacios y Aceves, 1970; Del Valle, 1992; Aguilera y Martínez, 1996; Marín, 2002) citados por (Pérez León, 2011).
Los iones tóxicos más comunes presentes en las aguas residuales son el Boro (B) y Cloruro (Cl^{-1}) los cuales son normalmente absorbidos por las raíces y la absorción a través de las hojas produce una mayor acumulación de estos iones en las plantas.
Contenido de Boro

(Pizarro, 1978) Afirma que este elemento es esencial para el desarrollo normal de las plantas, pero la concentración necesaria es muy pequeña 0,70 mg/l y si se excede puede perjudicar seriamente los cultivos. Sus efectos en las plantas consisten en quemaduras en las hojas, clorosis y necrosis. Sin embargo (Palacios y Aceves, 1970; Del Valle, 1992; Aguilera y Martínez, 1996; Marín, 2002) citados por (Pérez León, 2011) establecen la siguiente clasificación de toxicidad respecto al Boro:

NIVEL TÓXICO	CONTENIDO DE BORO (meq/l)
Ninguno	< 1
Ligero a Moderado	< 3
Severo	< 4

Tabla 229. Niveles Tóxicos de Boro en aguas para riego
Fuente: (Palacios y Aceves, 1970; Del Valle, 1992; Aguilera y Martínez, 1996; Marín, 2002) citados por (Pérez León, 2011)

PARÁMETRO	RESULTADOS								UNID.	VALOR PERMISIBLE	
										Palacios y Aceves, 1970	Decreto 1594 del 1984
SITIO DE MUESTREO	**A01**	**A02**	**A03**	**A04**	**A05**	**A06**	**A07**	**A08**			
BORO	<0.233	<0.233	<0.233	<0.233	<0.233	<0.233	<0.233	<0.233	**mEq/l**	< 1	0.083 – 1.110
	<0.84	<0.84	<0.84	<0.84	<0.84	<0.84	<0.84	<0.84	**mg/l**		0,3 – 4,0
Criterio										CUMPLE N	CUMPLE N

Tabla 230. Resultados Contenido de Boro en los Puntos de Muestreo – Río Frío Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014

El Decreto 1594 del 1984 establece como rango permisible para el boro, los valores entre 0.3 y 4.0 mg/l esto dependiendo del tipo de suelo y del cultivo. De acuerdo a lo anterior y al contenido de Boro presente en las muestras de agua examinadas en Río Frio Campoalegre se concluye que el Río tiene un bajo contenido de Boro, dentro del rango estipulado por la norma; además la clasificación propuesta en la **Tabla 229** por (Palacios y Aceves, 1970; Del Valle, 1992; Aguilera y Martínez, 1996; Marín, 2002; Citados por Pérez, 2011), establece que para concentraciones <1 mEq B /L no hay ningún nivel de toxicidad que pueda perjudicar los cultivos por lo cual Río Frio Campoalegre no representa peligro para las plantas que serán regadas ya que tiene bajos contenidos de Boro constituyéndose como un agua con ningún nivel tóxico.

Contenido de cloruros

Ocupan el tercer lugar en porcentaje de los aniones inorgánicos en el agua. Éstos expresan en gran parte la salinidad del agua debido a que están representados por lo regular en forma de cloruro de sodio.

Dentro de los elementos que contienen en solución las aguas de riego, existen algunos que son tóxicos para las plantas, aun en pequeñas cantidades. Los iones tóxicos más comunes presentes en las aguas son: Boro (B), Cloruro (Cl^{1-}) y Sodio (Na^{+}) (Palacios y Aceves, 1970; Del Valle, 1992; Aguilera y Martínez, 1996; Marín, 2002; Citados por (Pérez León, 2011)).

NIVEL TÓXICO	CONTENIDO DE CLORUROS (meq/l)
Ninguno	1-3
Ligero a Moderado	4-10
Severo	3-9

Tabla 231. Niveles Tóxicos de Cloruros en aguas para riego
Fuente: (Palacios y Aceves, 1970; Del Valle, 1992; Aguilera y Martínez, 1996; Marín, 2002) citados por (Pérez León, 2011)

PARÁMETRO	RESULTADOS								UNI.	VALOR PERMISIBLE	
										Palacios y Aceves, 1970	Decreto 1594 del 1984
SITIO DE MUESTREO	**A01**	**A02**	**A03**	**A04**	**A05**	**A06**	**A07**	**A08**			
CLORUROS	0,029	0,054	0,172	0,291	0,333	0,547	0,440	0,440	**mEq/l**	< 4	0,3 – 4,0
Criterio										CUMPLE	

Tabla 232. Resultados Contenido de Cloruros en los Puntos de Muestreo – Río Frío Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Teniendo en cuenta la anterior clasificación y los resultados de cloruros obtenidos en el laboratorio (Tabla 232) se puede determinar que el agua de Río Frio Campoalegre no presenta ningún nivel tóxico por lo cual se puede utilizar en riego.

2.9.7.4. Análisis de acuerdo a otros criterios

Índice de Magnesio (Img)

Según Pizarro (1978) una absorción excesiva de magnesio afecta al suelo desfavorablemente y puede inducir deficiencias de calcio en los cultivos. AZABOLCS y DARAB citados por Pizarro establecen el siguiente índice.

$$\frac{Mg^{++}}{Ca^{++} + Mg^{++}} \times 100$$

Los cationes se expresan en mEq/l

PARAMETRO	RESULTADOS								VALOR PERMISIBLE
PUNTO DE MUESTREO	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	Pizarro, 1978
Img (mEq/l)	55,149	47,283	28,008	44,448	82,636	42,241	47,323	40,761	<50

Tabla 233. Índices de Magnesio en los Puntos de Muestreo – Río Frío Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Pizarro (1978) afirma que el agua para riego se considera peligrosa cuando el índice de Magnesio es superior a 50.

De acuerdo con lo anterior el agua analizada no presenta ninguna peligrosidad en los puntos A02, A03, A04, A06, A07 y A08 pues presenta resultados inferiores al que la teoría determina como peligroso, en los puntos A01y A05 está por encima del rango permisible.

Porciento de Cloruros (CIP)

Aplicando la ecuación propuesta por Grillot (1954) citado por (Pizarro, 1978) para la muestra tomada sobre Río Frio Campoalegre se tiene:

$$CIP = \frac{Cl^- + NO^-_3}{CO^=_3 + CO_3H^- + SO^=_4 + Cl^- + NO^-_3}$$

PARAMETRO	RESULTADOS								UNIDAD
PUNTO DE MUESTREO	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	

CIP	3,504	4,499	11,443	18,484	19,651	18,409	17,934	15,912	%

Tabla 234. Porciento de Cloruros en los Puntos de Muestreo – Río Frío Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.9.8. Determinación de los Índices de Calidad

Los índices de contaminación del agua son herramientas prácticas que reducen una gran cantidad de parámetros a una expresión sencilla dentro de un marco de 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. Es importante destacar que estos indicadores son útiles en los programas de vigilancia y control del agua, convirtiéndose en una herramienta importante para la administración del Recurso hídrico. (Corporacion Autonoma Regional del Alto Magdalena, 2014)

A continuación se determinaran los índices de contaminación de calidad de agua sobre los puntos monitoreados en Rio Frio Campoalegre:

2.9.8.1. Índice de Contaminación por Materia Orgánica "ICOMO"

Representa variables de contaminación como nitrógeno amoniacal, nitritos, fósforo, oxígeno, DBO_5, DQO, Coliformes fecales y totales. El índice se definió en función de la DBO_5, Coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno.

Se define entre un rango de 0 a 1 donde el aumento desde el valor más bajo se relaciona con el aumento de contaminación en el cuerpo de agua.

Se define de la siguiente manera:

$$ICOMO = \frac{1}{3}\left(I_{DBO} + I_{Coliformes\ Totales} + I_{Sat\ OD}\right)$$

Donde,

- El índice de DBO se define como:

$$I = -0.005 + 0.70\ log_{10} DBO$$

DBO	
Valor	**Índice**
> 30	1
< 2	0

- El índice de Coliformes Totales se define como:

$$I_{Colif.T.} = -1.44 + 0.56\ Log_{10}\ Colif.T.$$

Coliformes Totales	
Valor	**índice**
> 20.000	1
< 500	0

- El índice de % de Saturación de Oxígeno Disuelto para sistemas lóticos se define como:

$$I_{\%\,Sat.\ OD} = 1 - 0.01\,\%\,Sat.OD$$

% Sat. OD	
Valor	**Índice**
> 100	0

MONITOREO	DBO	COLIFORMES TOTALES	%SAT. OD
A01	17,0	21,0	103,5
A02	14,0	268,0	95,6
A03	16,0	341,0	41,0
A04	25,0	182,0	85,4
A05	52,0	231,0	81,6
A06	12,0	224,0	73,9
A07	13,0	268,0	41,5
A08	7,0	319,0	58,5
B01	8,0	36000	90.3
B02	10,0	680000	87.9
B03	180	*	*
B04	169	*	*
B06	223	*	*
B07	193	*	*

Tabla 235. Información Requerida para el cálculo del ICOMO
Fuente: FUNDISPROS, 2014

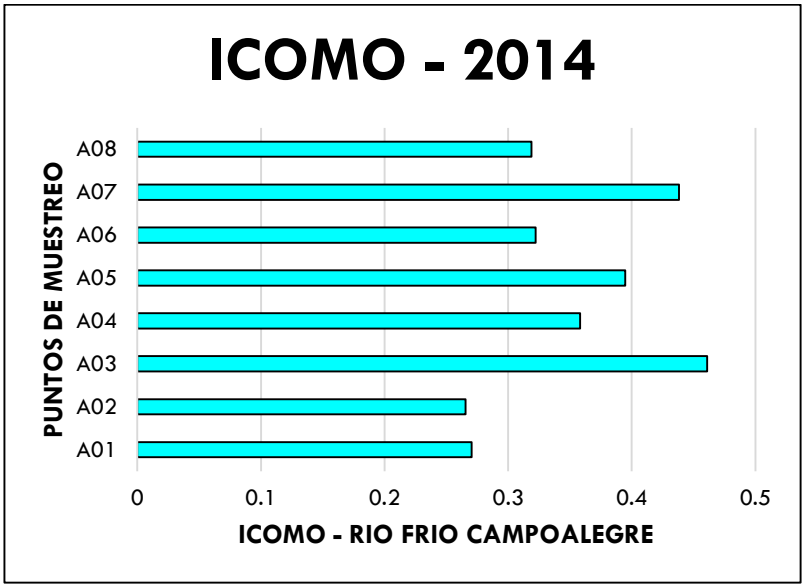
No se calculara el ICOMO en los puntos B03, B04, B05, y B06 ya que no se tiene registros de Coliformes Totales y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en estos monitoreos, no obstante a continuación se presentan los índices de contaminación por Materia Orgánica obtenidos en los sitios A01, A02, A03, A04, A05, A06, A07 y A08:

MONITOREO	I DBO	I COLIF T.[15]	I %SAT. OD	ICOMO
A01	0,81	0,000	0,0000	0,2704
A02	0,75	0,000	0,0440	0,2654
A03	0,79	0,000	0,5900	0,4609
A04	0,93	0,000	0,1460	0,3581
A05	1,00	0,000	0,1840	0,3946
A06	0,71	0,000	0,2610	0,3221
A07	0,73	0,000	0,5850	0,4382
A08	0,54	0,000	0,4150	0,3188

[15] Los I COLIF T: dieron cero (0) ya que todos los valores de Coliformes Totales están por debajo de 500 NMP/100 ml

B01	0,58	1,000	0,0970	0,5597
B02	0,65	1,000	0,1210	0,5903

Tabla 236. Determinación del ICOMO en los sitios monitoreados sobre Río Frio - Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014



Gráfica 24. ICOMO – RIO FRIO CAMPOALEGRE
Fuente. FUNDISPROS, 2014

En la Gráfica 24 se puede apreciar que el índice de contaminación por materia orgánica en Rio Frio Campoalegre, presenta mayor incidencia en los puntos A03 y A07, correspondientes a después de la desembocadura de la quebrada El Vergel y a después de la desembocadura de la quebrada Acropolis, respectivamente; este comportamiento se debe a la progresiva contaminación que se viene presentando años atrás, agentes participativos como vertimientos de aguas residuales del matadero municipal y de la población en general.

Los índices de contaminación por Materia Orgánica de Río Frío son generados por datos puntuales de la campaña de calidad realizada por tanto los valores reportados están relacionados con la influencia de las comunidades aledañas y afectaciones al agua, suelo presentes durante la campaña, lo que limita la certeza de los mismos, por lo cual se recomienda el establecimiento de un Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua.

Además cabe resaltar que la mayor afectación sobre la corriente principal se debe al vertimiento de aguas residuales y residuos sólidos de origen doméstico en el área urbana del municipio de Campoalegre por esta razón se hace necesario un tratamiento para la reducción de cargas contaminante y un programa de concientización de Manejo adecuado de los Residuos.

2.9.8.2. Índice de Contaminación de Sólidos Suspendidos (ICOSUS)

Los sólidos suspendidos reflejan una condicione distinta a los sólidos disueltos y no denotan relación con alguna variable propia de mineralización. Su principal cauca 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. (Corporaciòn Autonòma Regional del Alto Magdalena, 2014).

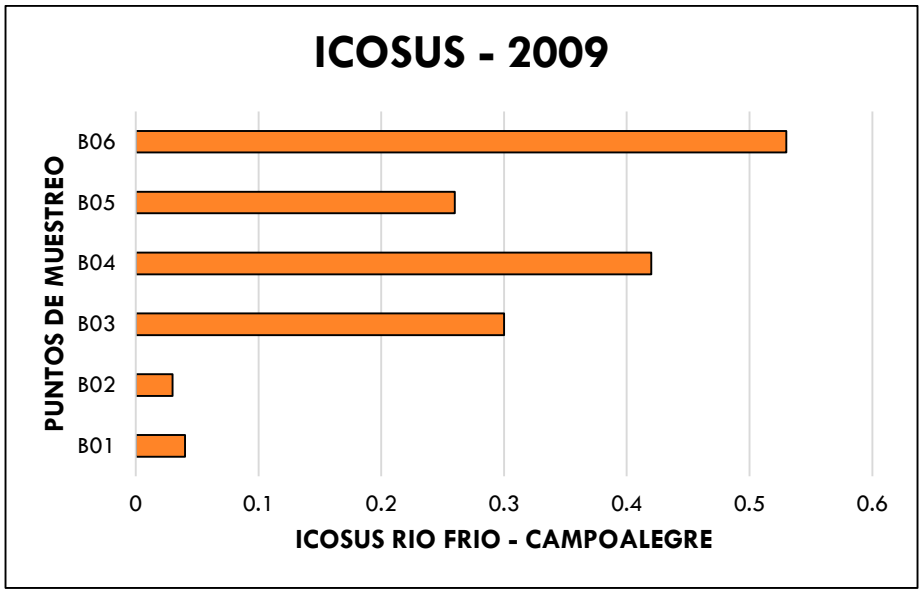
El índice de contaminación de solidos suspendidos se relaciona de la siguiente manera:

$$ICOSUS = -0.02 + 0.003 * SS$$

Sólidos Suspendidos	
Valor	Índice
> 340	1
< 10	0

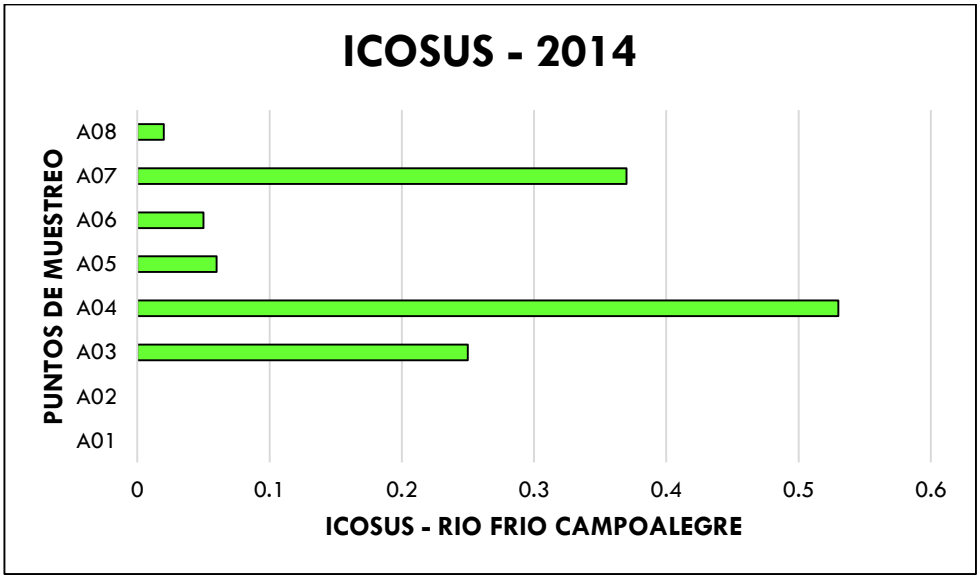
MONITOREO	SÓLIDOS SUSPENDIDOS	ICOSUS
A01	<9,61	0,00
A02	<9,61	0,00
A03	89	0,25
A04	184	0,53
A05	26	0,06
A06	22	0,05
A07	130	0,37
A08	13	0,02
B01	19	0,04
B02	18	0,03
B03	107	0,30
B04	145	0,42
B05	92	0,26
B06	182	0,53

Tabla 237. Determinación del ICOSUS en los sitios monitoreados sobre Río Frío – Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014



Gráfica 25. ICOSUS 2009 – RIO FRIO CAMPOALEGRE
Fuente. FUNDISPROS, 2014

En la Gráfica 25 se muestra el comportamiento de por solidos suspendidos en los puntos monitoreados en el año 2009, sobre Rio Frio Campoalegre, estos sitios corresponden a Rio Frio Aguas arriba, Rio Frio Aguas abajo y cuatro vertimientos de la zona, el índice tiene mayor incidencia en los cuatro vertimientos (B03, B04, B05 y B06).



Gráfica 26. ICOSUS 2014 – RIO FRIO CAMPOALEGRE
Fuente. FUNDISPROS, 2014

La Gráfica 26 muestra el comportamiento del índice contaminación por solidos suspendidos en el año 2014 en los 8 puntos de monitoreo sobre el Rio, se observa

que los dos primeros puntos monitoreados no existe contaminación por solidos suspendidos, para los puntos A05, A06 y A08 el índice muestra una mínima contaminación por solidos suspendidos, en los puntos A03, A04 y A07el índice muestra un ascenso en el su resultado; esta contaminación puede estar asociada al bajo arrastre de partículas del suelo erosionado debido a actividades tales como la ganadería en zonas de ladera y a la escorrentía superficial.

2.9.8.3. Índice de Contaminación por Fósforo Total (ICOTRO)

Este índice se fundamenta en la concentración de fósforo total, el cual por ser generalmente el nutriente limitante, define la eutrofización de ecosistemas acuáticos. Si bien este último fenómeno es más importante en aguas lenticas, se expresa también bajo muchas circunstancias en agua loticas, especialmente cuando los ríos presentan bajas velocidades o aguas estancadas. A diferencia de los índices anteriormente descritos en los cuales se determina un valor particular de contaminación entre 0 y 1, en el ICOTRO la concentración de fósforo total define por sí misma una categoría discreta a saber. (Corporaciòn Autonòma Regional del Alto Magdalena, 2014)

Se calcula sobre la base de la concentración de Fosforo Total en mg/L. El Fosforo como el nitrógeno, es nutriente esencial para la vida. Su exceso en el agua provoca eutrofización. El Fosforo Total incluye distintos compuestos como diversos Ortofosfatos, Polifosfatos y Fósforo Orgánico. La determinación se hace convirtiendo todos ellos en ortofosfatos que son los que se determinan por análisis químico.

CONCENTRACIÓN P TOTAL (Mg/L)

SITIO DE MUESTREO	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08
Fósforo Orgánico	0,737	1,23	1,46	0,399	0,555	0,547	1,07	<0,07
Fósforo Inorgánico	<0,07	<0,07	<0,07	0,158	0,151	0,360	0,272	0,476
Fósforo Total (Fósforo Orgánico + Fósforo Inorgánico)	**<0,807**	**<1,3**	**<1,53**	**0,557**	**0,706**	**0,907**	**1,342**	**0,546**

Tabla 238. Determinación del ICOTRO
Fuente: FUNDISPROS, 2014

CONDICIÓN	P_{TOTAL} (mg/l)
Oligotrofía	< 0.01
Mesotrofía	0.01 – 0.02
Eutrofía	0.02 – 1.00
Hipereutrofía	> 1.0

Donde,

Eutrofia: Condición de un cuerpo de agua que se encuentra en la etapa de máxima capacidad productiva, es decir, cuerpo de agua con exceso de nutrientes, especialmente fosforo y nitrógeno. Eutrófico

Con la información obtenida en los monitoreos se realiza una comparación con los rangos estándar y se determinan que grado de eutrofización presenta el cuerpo de agua, de esta manera se obtuvo la siguiente clasificación:

MONITOREO	FÓSFORO TOTAL (mg/l)	CONDICIÓN	ICOTRO
A01	<0,807	Eutrofia	0.02 – 1.00
A02	<1,3	Hipereutrofía	> 1.0
A03	<1,53	Hipereutrofía	> 1.0
A04	0,557	Eutrofía	0.02 – 1.00
A05	0,706	Eutrofía	0.02 – 1.00
A06	0,907	Eutrofía	0.02 – 1.00
A07	1,342	Hipereutrofía	> 1.0
A08	0,546	Eutrofía	0.02 – 1.00

Tabla 239. Determinación del ICOTRO en los sitios monitoreados sobre Río Frio - Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2.9.8.4. Clasificación de los Índices de Contaminación (ICO´s)

RANGO DEL ICO	CONTAMINACIÓN
0 – 0.2	Muy Baja
> 0.2 – 0.4	Baja
> 0.4 – 0.6	Media
> 0.6 – 0.8	Alta
> 0.8 – 1.0	Muy Alta

Tabla 240. Clasificación del Índice de Contaminación
Fuente: FUNDISPROS, 2014

MONITOREO	ICOMO	ICOSUS	ICOTRO
A01	0,270438082	0,00	Eutrofia
A02	0,265429875	0,00	Hipereutrofía
A03	0,460961329	0,25	Hipereutrofía
A04	0,358186002	0,53	Eutrofía
A05	0,394666667	0,06	Eutrofía
A06	0,322142291	0,05	Eutrofía
A07	0,438253449	0,37	Hipereutrofía
A08	0,318856209	0,02	Eutrofía
B01	0,559720997	0,04	*
B02	0,590333333	0,03	*
B03	*[16]	0,30	*

[16] *Sin Datos para hallar índices de contaminación en los puntos señalados.

B04	*	0,42	*
B05	*	0,26	*
B06	*	0,53	*

Tabla 241. Clasificación de los ICO Río Frio - Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Referentes a la determinación de los índices de contaminación hallados para los puntos monitoreados sobre Rio Frio Campoalegre, se infiere en que el agua presenta contaminación en los rangos de media a baja contaminación, lo que indica que los tratamiento a estas agua están ligados a la concientización de la población en el uso y aprovechamiento del agua de manera sostenible.

2.9.9. Determinación de Índices de Calidad

2.9.9.1. Índice de Calidad de Agua (ICA-Nfs)

Los ICA e ICO, consisten básicamente en una expresión matemática simple, de la combinación de un número de parámetros físicos, químicos y/o microbiológicos, los cuales sirven como medida de la calidad del agua para diferentes usos (Fernández & Solano, 2005; Citados por Samboni et al., 2011). Finalmente el valor que se obtiene (oscila entre 0 a 100) se clasifica en diferentes rangos con los cuales se valora la condición del recurso hídrico.

Con el fin de conocer el estado de la calidad del recurso hídrico de Río Frío, se calcula el Indicador de calidad de agua (ICA) propuesto por la Fundación Nacional de Sanidad (NSF) de los Estados Unidos.

Para determinar este indicador es necesario contar con los resultados de laboratorio de nueve parámetros (NFS, 2006):

2.1. Cambio de Temperatura
2.2. Demanda Biológica de Oxígeno (mg/l)
2.3. Oxígeno Disuelto expresado en porcentaje de saturación (% Sat.)
2.4. Potencial de Hidrógeno (pH, en unidades)
2.5. Turbiedad (NTU)
2.6. Fosfatos (mg/l)
2.7. Nitratos (mg/l)
2.8. Coliformes Fecales (NMP/100ml)
2.9. Sólidos Totales (mg/l).

Debido a que el cambio de temperatura no se determinó, el ICA-NFS se modificó utilizando ocho de los nueve parámetros, la formula general utilizada se presenta a continuación:

$$ICA = NFS_{Modificado} = \sum_{i=1}^{8} (Sub_i * W_i)$$

Donde:

Sub$_i$: Subíndice del Parámetro i

Wi: Factor de Ponderación para el Subíndice i

Para su cálculo existen dos técnicas básicas, una denominada aditiva y la otra multiplicativa.

ICA ADITIVO: Este índice es obtenido de la sumatoria de los productos entre el subíndice de cada parámetro y el porcentaje asignado a cada uno.

$$ICAa = \sum_{i=1}^{8} IiWi$$

Dónde:

Ii: Subíndice de cada parámetro.

Wi: porcentaje asignado.

ICA MULTIPLICATIVO: Este se deriva de la multiplicación de los subíndices de cada parámetro de calidad afectados por un exponente, que en este caso, es el porcentaje asignado.

$$\boldsymbol{ICAm = \prod_{i=1}^{8} Ii^{Wi}}$$

Subíndice: A cada uno de los parámetros utilizados en el cálculo del ICA se les asigno una curva específica con la que se puede obtener el valor del subíndice correspondiente, estas curvas son tomadas del “Capítulo III. Índices de calidad y de contaminación del agua de importancia mundial de la Universidad de Pamplona”, y se muestran a continuación.

Porcentaje asignado: En la siguiente tabla se relacionan los parámetros usados en la determinación del ICA – NSF con la ponderación asignada.

Parámetro de calidad de agua	Porcentaje
Oxígeno Disuelto	18.25%
Coliformes Fecales	16.25%
pH	13.25%
DBO5	11.25%
Fosfatos Totales	11.25%
Nitratos	11.25%
Solidos Totales	9.25%
Turbiedad	9.25%

Tabla 242. Ponderación asignada a cada parámetro
Fuente. Rojas, 1991

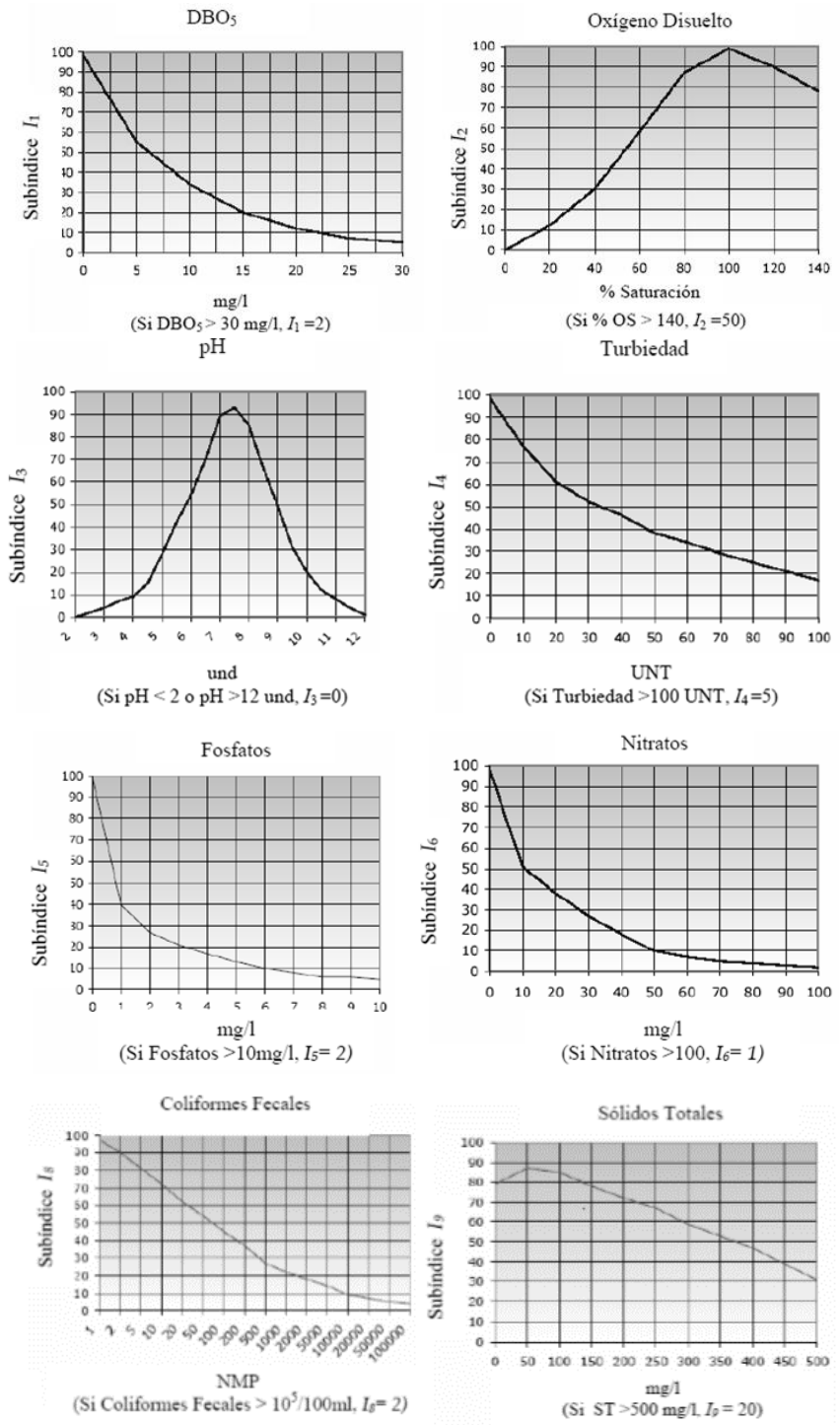


Figura 30. Funciones de los subíndices para los parámetros que determinan el ICA.
Fuente: Capítulo III. Índices de calidad y de contaminación del agua de importancia mundial de la Universidad de Pamplona

Cálculo Del Indicador De Calidad De Agua

Para la determinación del índice de calidad de agua se cuenta con los resultados de laboratorio de las muestras del año 2009 y 2014 procesadas por los laboratorios ANTEK S.A, FUNDACORH-UNIVLAB, & CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA., respectivamente, datos suministrados por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el monitoreo dado en el año 2009 sobre Río Frío en el municipio de Campoalegre, se determinará el índice de calidad de agua de dos puntos de muestreo, aguas arriba y aguas abajo, debido a la totalidad de los ocho parámetros presentes en la metodología propuesta por la Fundación Nacional de Sanidad (NSF) de los Estados Unidos.

En la siguiente tabla se relaciona los subíndices obtenidos de la Figura 30.

PARAM.	UNI.	RESULTADOS										% FIJO	SUBINDICE									
		A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	B01	B02		A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	B01	B02
Oxígeno Disuelto	**% Sat.**	103,5	95,6	41,0	85,4	81,6	73,9	41,5	58,5	90.3	87.9	18.25	97	95	33	90	89	80	32	51	94	91
Coliformes Fecales	**NMP /100 cm³**	3,0	4,0	21,0	12,0	16,0	12,0	4,0	28,0	220	100 000	16.25	86	83	61	70	66	70	83	59	36	2
pH	**Unid**	7,07	7,18	7,53	7,77	7,64	7,33	7,45	7,22	7.73	7.58	13.25	90	91	93	89	90	92	93	91	90	91
DBO5	**mg/l**	17,0	14,0	16,0	25,0	52,0	12,0	13,0	7,0	8	10	11.25	17	23	19	8	30	29	25	45	40	34
Fosfatos Totales	**mg/l**	0,110	0,080	0,240	<0,07	0,470	1,030	1,070	1,210	0.0093	0.258	11.25	90	98	93	99	70	40	40	38	100	93
Nitratos	**mg/l**	0,640	<0,50	<0,5	<0,50	<0,50	0,151	0,970	0,775	0,605	1.17	11.25	89	90	90	90	90	99	87	88	89	86
Solidos Totales	**mg/l**	93,0	141,0	183,0	230,0	214	169,0	227,0	152,0	68	85	9.25	85	80	74	70	71	76	70	78	87	86
Turbiedad	**NTU**	1,20	2,07	70,7	25,5	19,7	3,28	7,67	6,29	17.1	12.9	9.25	95	93	29	57	62	90	85	86	67	71

Tabla 243. Cálculo del Subíndice para los parámetros, Río Frío Campoalegre
Fuente. FUNDISPROS, 2014

CÁLCULO DE ICA – NSF

PARAMETRO	ICA ADITIVO										ICA MULTIPLICATIVO									
	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	B01	B02	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	B01	B02
Oxígeno Disuelto	17,70	17,34	6,02	16,43	16,24	14,60	5,84	9,31	17,16	16,61	2,30	2,30	1,89	2,27	2,27	2,22	1,88	2,05	2,291	2,28
Coliformes Fecales	13,98	13,49	9,91	11,38	10,73	11,38	13,49	9,59	5,85	0,33	2,06	2,05	1,95	1,99	1,98	1,99	2,05	1,94	1,790	1,12
pH	11,93	12,06	12,32	11,79	11,93	12,19	12,32	12,06	11,93	12,06	1,82	1,82	1,82	1,81	1,82	1,82	1,82	1,82	1,815	1,82
DBO5	1,91	2,59	2,14	0,90	3,38	3,26	2,81	5,06	4,50	3,83	1,38	1,42	1,39	1,26	1,47	1,46	1,44	1,53	1,514	1,49
Fosfatos Totales	10,13	11,03	10,46	11,14	7,88	4,50	4,50	4,28	11,25	10,46	1,66	1,67	1,67	1,68	1,61	1,51	1,51	1,51	1,679	1,67
Nitratos	10,01	10,13	10,13	10,13	10,13	11,14	9,79	9,90	10,01	9,68	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,68	1,65	1,65	1,657	1,65
Solidos Totales	7,86	7,40	6,85	6,48	6,57	7,03	6,48	7,22	8,05	7,96	1,51	1,50	1,49	1,48	1,48	1,49	1,48	1,50	1,511	1,51
Turbiedad	8,79	8,60	2,68	5,27	5,74	8,33	7,86	7,96	6,20	6,57	1,52	1,52	1,37	1,45	1,46	1,52	1,51	1,51	1,475	1,48
RESULTADO	**82,30**	**82,62**	**60,51**	**73,50**	**72,57**	**72,42**	**63,09**	**65,36**	**74,94**	**67,48**	**74,97**	**77,19**	**52,65**	**62,20**	**69,35**	**67,82**	**56,52**	**62,43**	**69,95**	**42,42**

Tabla 244. Cálculo de los ICA Aditivo y Multiplicativo
Fuente. FUNDISPROS, 2014

ÍNDICE DE CALIDAD	CLASIFICACIÓN
90-100	Excelente Calidad
70-90	Buena Calidad
50-70	Mediana Calidad
25-50	Mala Calidad
0-25	Muy Mala Calidad

Tabla 245. Clasificación de la calidad de agua propuesta por Brown et al (1970)
Fuente: Rojas (1991)

Referente al índice de calidad calculado en el punto A01 se tiene que por la metodología de ICA Aditivo y por la Multiplicativa el agua se clasificaría como de Buena Calidad por estar en el rango de 70- 90.

El índice de calidad obtenido en el punto A02 se tiene por la metodología aditiva y multiplicativa un ICA que clasifica el agua como de Buena calidad, pues encuentra en el rango 70- 90.

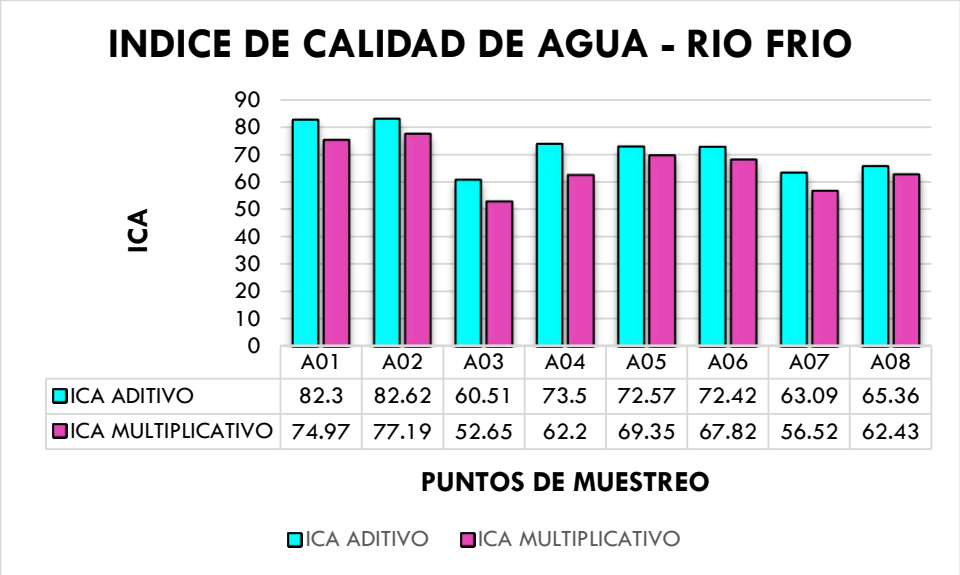
El ICA Calculado para los puntos A03, A04, A05, A06, A07 y A08 arrojo por la metodología aditiva y multiplicativa agua de Mediana Calidad, encontrándose en el rango de 50 – 70; se tiene en cuenta que se tomara en cuenta el índice multiplicativo por ser el más riguroso a la hora de evaluar la calidad de agua de la fuente en los sitios monitoreados.

El Calculado para el punto B01 arrojo por la metodología aditiva y multiplicativa agua de mediana Calidad, encontrándose en el rango 50 – 70.
En cuanto al ICA obtenido en B02, también se tendrá en cuenta el valor calculado por la metodología Multiplicativa por ser el más crítico, lo que implica que el agua en este sitio también se catalogue como de Mala calidad con un resultado de 42,42.

SITIO DE MUESTREO		ICA Aditivo Calculado	ICA Multiplicativo Calculado	Rango ICA	CLASIFICACIÓN
A01	Antes de la bocatoma del acueducto municipal	82,30	74,97	70-90	Buena Calidad
A02	Antes de la desembocadura del drenaje	82,62	77,19	70-90	Buena Calidad
A03	Después de la desembocadura de la Quebrada el Vergel (que transporta AR del matadero municipal)	60,51	52,65	50-70	Mediana Calidad
A04	Antes de la desembocadura de la quebrada Lavapatas	73,50	62,20	50-70	Mediana Calidad
A05	Después de la desembocadura de la quebrada Lavapatas	72,57	69,35	50-70	Mediana Calidad

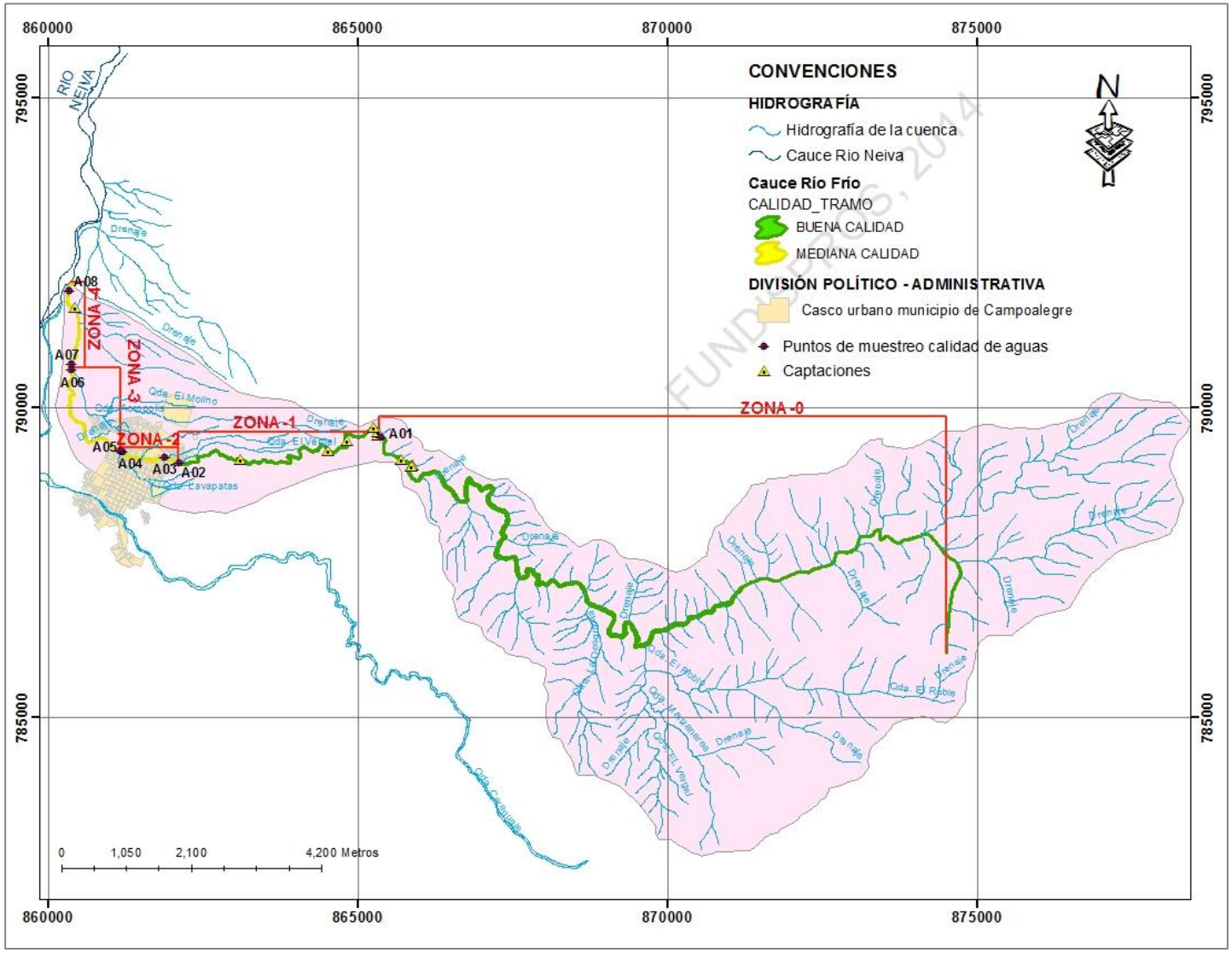
A06	Antes de la desembocadura de la quebrada Acropolis (+ AR de la PTAR)	72,42	67,82	50-70	Mediana Calidad
A07	Después de la desembocadura de la quebrada Acropolis (+ AR de la PTAR)	63,09	56,52	50-70	Mediana Calidad
A08	Antes de la desembocadura de Río Frío a Río Neiva	65,36	62,43	50-70	Mediana Calidad
B01	Río Frío-Aguas Arriba	74,94	69,95	50-70	Mediana Calidad
B02	Río Frío-Aguas Abajo	67,48	42,42	25 - 50	Mala Calidad

Tabla 246. Clasificación de la calidad de agua propuesta por Brown et al (1970) para los Puntos de Muestreo
Fuente: Rojas (1991)



Gráfica 27. ICA 2014 – RIO FRIO CAMPOALEGRE
Fuente. FUNDISPROS, 2014

En la Gráfica 27 se puede apreciar los índices de calidad de agua hallados en los puntos monitoreados a lo largo del Rio, donde se evidencia el comportamiento semejante en todos los puntos monitoreados, tanto por la metodología aditiva como por la multiplicativa; se tiene en los puntos A01 y A02 agua de Buena Calidad, en los puntos A03, A04, A05, A06, A07 y A08 se presenta igualdad en el índice de calidad de agua pues arroja un agua de mediana calidad.


860000
865000
870000
875000
795000
790000
785000
CONVENCIONES
HIDROGRAFÍA
Hidrografía de la cuenca
Cauce Rio Neiva
Cauce Río Frío
CALIDAD_TRAMO
BUENA CALIDAD
MEDIANA CALIDAD
DIVISIÓN POLÍTICO - ADMINISTRATIVA
Casco urbano municipio de Campoalegre
Puntos de muestreo calidad de aguas
Captaciones
N
RIO NEIVA
ZONA -0
ZONA -1
ZONA -2
ZONA -3
ZONA -4
A01
A02
A03
A04
A05
A06
A07
A08
Qda. El Molino
Qda. El Vergel
Qda. Lavapatas
Qda. El Rebalse
Qda. El Rebalse
Qda. El Rebalse

Por lo anterior se propone hacer una reducción a la Oferta Neta Hídrica por Calidad de Agua que puede oscilar entre 0% y 25% ***del caudal medio mensual multianual*** de acuerdo a lo consignado en la Tabla 247 y a la clasificación de calidad del agua obtenida siguiendo los lineamientos propuestos por (Brown et al, 1970) citado por (Rojas, 1991).

ÍNDICE DE CALIDAD	% DE REDUCCIÓN
90-100	0
70-90	5
50-70	10
25-50	20
0-25	25

Tabla 247. Porcentaje de Reducción de Acuerdo al Índice de Calidad de Agua ICA-Nfs
Fuente. FUNDISPROS, 2014.

Con el fin de proteger, preservar y mejorar la calidad del recurso hídrico se determina que las zonas propuestas en el presente Ordenamiento tendrán la siguiente reducción de caudal por calidad de agua.

ZONAS DE RÍO FRIO	SITIOS DE MUESTREO	ÍNDICE DE CALIDAD	% DE REDUCCIÓN
1	A01	74,97	5%
	A02	77,19	5%
2	A03	52,65	10%
	A04	62,20	10%
3	A05	69,35	10%
	A06	67,82	10%
4	A07	56,52	10%
	A08	62,43	10%

Tabla 248. Porcentaje de Reducción de Caudal por Calidad de Agua en diferentes Tramos de Río Frío – Campoalegre.
Fuente. FUNDISPROS, 2014.

2.10 ANÁLISIS HIDROBIOLÓGICO

Dentro de las fases establecidas en el ordenamiento de la cuenca de Rio Frío en el municipio de Campoalegre es indispensable determinar la calidad del agua mediante un análisis hidrobiológico, pues existen una serie de especies que son indicadoras de buena calidad, para ello es necesario realizar muestreos puntuales en los que se evidencie la presencia o no de estas comunidades hidrobiológicas.
Las comunidades hidrobiológicas de agua dulce están conformadas por diversos grupos de organismos asociados y relacionados de acuerdo a características biológicas comunidades y que generalmente son particulares de los diferentes hábitat acuáticos presentes en una región. Entre esas comunidades, las más notorias o de mayor relevancia ecológica corresponden a los Macroinvertebrados acuáticos (o bentos), fitoplancton, zooplancton, Perifiton, macrófitas y peces. Esos organismos viven en estrecha relación con el medio físico acuático, del cual son dependientes en casi la totalidad de los casos (con excepción de algunas pocas especies) y su presencia o ausencia son signos de calidad acuáticas, por lo tanto su estudio es importante con el fin de determinar las condiciones ambientales del área de influencia del proyecto. (CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA, 2014)

Para realizar el estudio de la línea base ambiental se hace uso de los métodos científicos y técnicos adecuados que permitan colectar, datos y obtener información en campo de forma eficaz y apropiada. Así se llevó a cabo el estudio hidrobiológico de las comunidades de los organismos acuáticos (o bentos), macrófitas, Perifiton, zooplancton, fitoplancton y los peces conocidos en los diversos cursos de agua.
Para el desarrollo del estudio se tuvo en cuenta los lineamientos planteados en los protocolos establecidos previamente por CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA y las técnicas recomendadas por la Agencia de protección Ambiental de los Estados Unidos – U.S. EPA – en su Handbook for Analytical Quality Control in Water and Wastewater Laboratories – Junio 1972.

2.10.1. Realización de Muestreos puntuales

Para la realización de muestreos puntuales para la medición de parámetros hidrobiológicos se contrató con el laboratorio CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA, el personal encargado de la recolección de los diferentes tipos de muestras biológicas tuvo en cuenta las disposiciones de seguridad y los siguientes equipos y materiales de campo, para los respectivos muestreos:

EQUIPOS Y MATERIALES	
IN SITU (EN CAMPO)	**EX SITU (EN LABORATORIO)**
• Lupa	• Solución Transeau
• Draga Ekman	• Rosa de Bengala

• Atarraya de mano de 900 cm^2 con tamaño de poro 2 mm, o una atarraya de ojo de maya igual a 1 Pulgada.	• Solución de Kew
• Artes de pesca disponibles en la zona de muestreo	• Glicerina
• GPS	• Agua destilada
• Cámara Fotográfica	• Cinta transparente ancha
• Cronómetro	• Marcador indeleble delgado
• Libreta de campo	• Sogas
• Protocolos	• Baldes 12 litros (3 Unidades)
• Guías temáticas especializadas y bibliografía: para Macroinvertebrados, vegetación, macrófitas, fitoplancton, zooplancton y Perifiton.	• Tabla Acrílica
	• Neveras de icopor
	• Frascos lavadores
	• Cepillos de dientes
	• Probetas (2 Unidades)
	• Documentos técnicos
	• Microscopio
	• Estereoscopio

Tabla 249. Equipos y Materiales para monitoreo hidrobiológico
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

A continuación se presenta la técnica metodológica de los muestreos hidrobiológicos utilizada para el análisis de calidad de agua de Río Frío en jurisdicción del municipio de Campoalegre:

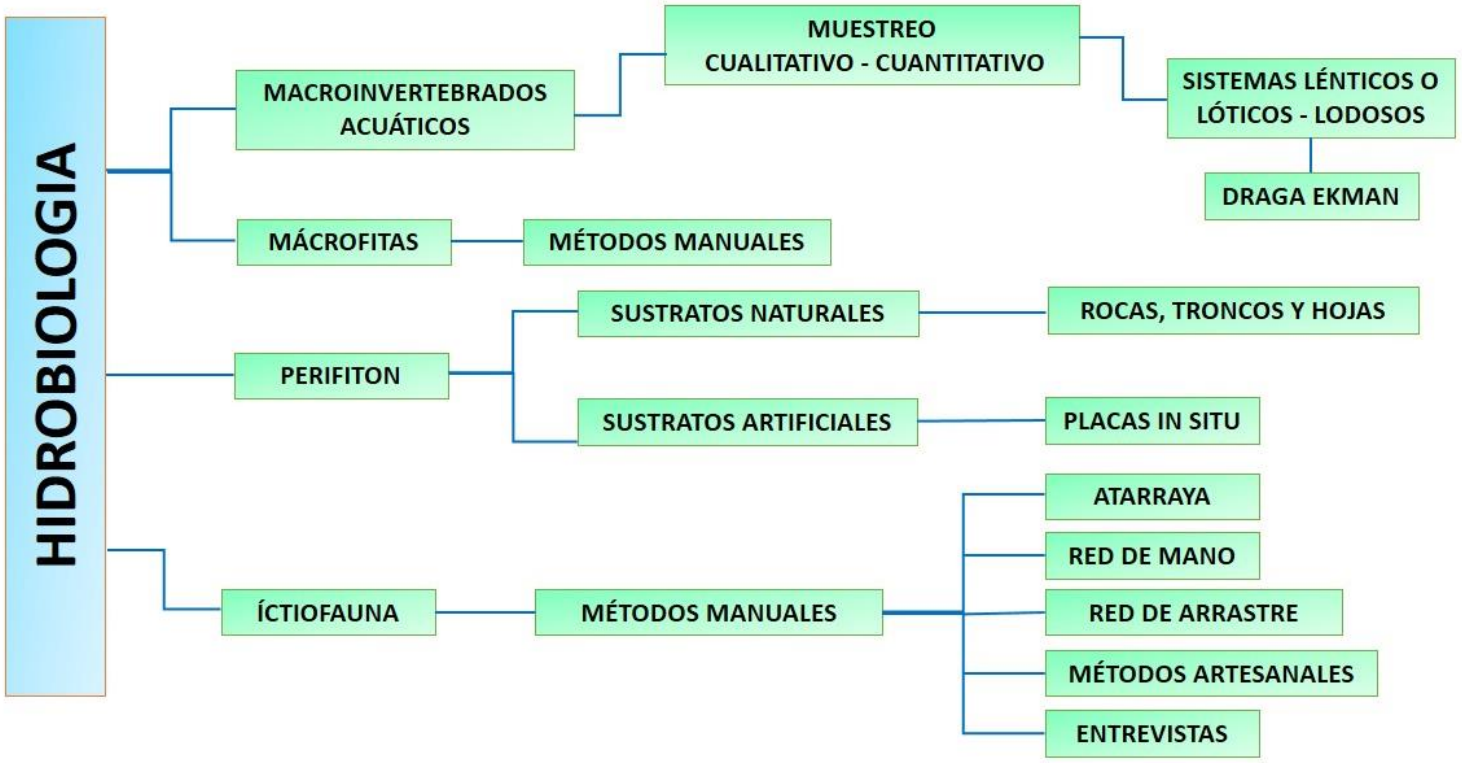


Figura 32. Técnica metodológica de los muestreos hidrobiológicos
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA, 2014 (Tomado de Antek S.A , 2013)

Se realizó la caracterización de los grupos de organismos Macroinvertebrados bentónicos, macrófitas acuáticas e ictiofauna en 8 estaciones o zonas de estudio; todas las muestras hidrobiológicas tomadas (Macroinvertebrados bentónicos, zooplancton, fitoplancton, macrófitas, Perifiton y peces) son de tipo puntual y representan la composición y las características hidrobiológicas del cuerpo de agua del ligar y los tiempos, momentos y las circunstancias particulares en las que se realizó el muestreo. Los muestreos de los Macroinvertebrados y las macrófitas no se realizaron en áreas que coincidían con vertimientos ni con ningún tipo de estructuras artificiales. Los transectos para macrófitas se demarcaron con cintas fluorescentes al inicio y al final del Transecto.

Existen múltiples técnicas de análisis de las muestras para cada tipo de comunidad a evaluar. En la

Figura 33 se observan las actividades que se desarrollaron para el análisis de las muestras, el cual consiste en identificar los organismos hasta el menor nivel taxonómico posible (Familia, género, especie).

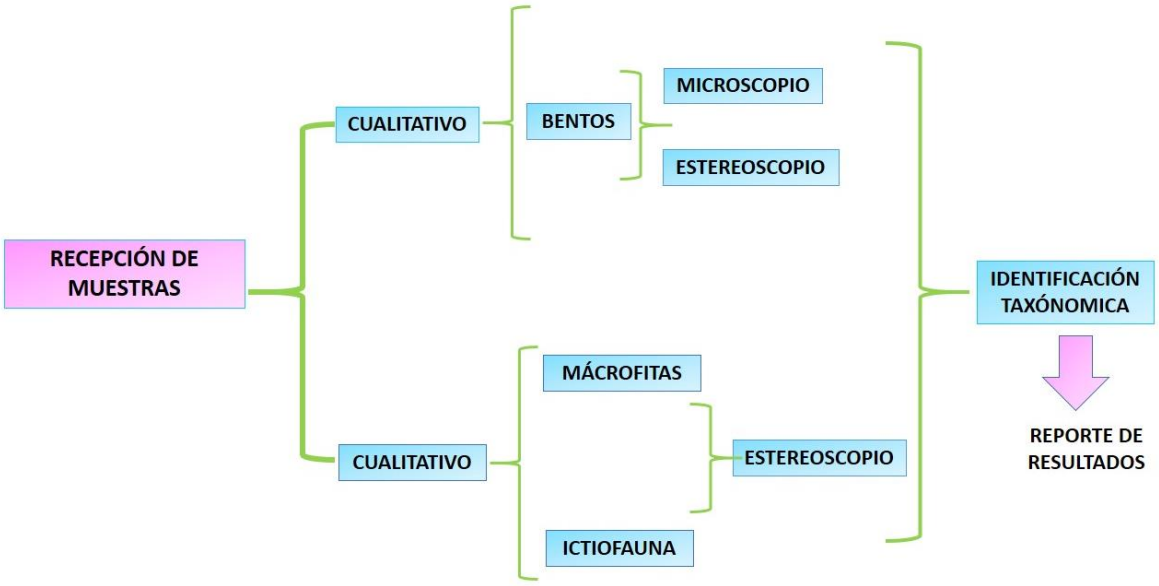


Figura 33. Actividades de la Fase de Laboratorio, análisis e identificación Taxonómica

Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA, 2014 (Tomado de Antek S.A , 2013)

GRUPO BIOLÓGICO	TECNICA DE MUESTREO	UNIDAD DE MUESTREO (UNIDADES)	ESFUERZO DE MUESTREO	RECOLECCIÓN OBSERVACIÓN
BENTOS	Draga Ekma conservación con Rosa de Bengala	Monitoreo Puntual: Punto Georreferenciado. Se tiene en cuenta el área de influencia.	Por cada estación de muestreo se realizaron 3 repeticiones para la toma de las muestras en los sitios georreferenciados.	Todos los individuos colectados por sitio de muestreo en las tres replicas realizadas.
PERIFITON	Raspando en diferentes superficies como troncos, piedras, hojas, con la ayuda de un cepillo pequeño.	El muestreo se hace raspando indiscriminadamente los sustratos disponibles en el punto de muestreo.	En todo el área del punto de muestreo.	Todos los individuos colectados por el sitio.
PECES	Reconocimiento y observación de ejemplares de peces capturados por pescadores artesanales. Colocación de los peces sobre cubetas para fotografiar los ejemplares, fueron suministrados por pescadores artesanales.	Se tuvo en cuenta los puntos georreferenciados, para elaborar el listado de peces que se capturan en esta zona.	NA	NA

Tabla 250. Metodología para la elaboración de Estudios Ambientales y línea Base Ambiental, 2014
Fuente: ANLA (En Línea)

En la Tabla 251 y Tabla 252 se resumen los métodos utilizados para la captura y/o colecta de organismos; la observación y/o toma de las muestras de acuerdo a la comunidad Biológica a analizar. Se presentan los equipos, las técnicas, el esfuerzo de muestreo, los métodos de preservación y tinción utilizados para cada grupo biológico.

COMUNIDAD	EQUIPO	TÉCNICA	ESFUERZO DE MUESTREO	TINCIÓN
Macroinvertebrados Bentónicos	Draga Ekman	Toma y filtración de lecho	0,30 m^2	Rosa de Bengala
Macrófitas	Sistemas loticos Lupa Estereoscopio Claves	Transecto con longitud conocida	-	N.A
Perifiton	Sistemas de raspado Indiscriminado con cepillo pequeño	En toda el área del punto de muestreo	N.A	N.A
Ictiofauna	Cámara fotográfica, Libreta de notas formato de encuestas	Encuesta con pescadores artesanales y con vendedores en puntos de venta de pescado	24 Horas	N.A

Tabla 251. Especificaciones Metodológicas utilizadas para la toma y observación de muestras
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMISTROS LTDA, 2014

GRUPO BIOLOGICO	TECNICA DE MUESTREO	ESFUERZO DE MUESTREO	ACTIVIDAD EJECUTADA
Macroinvertebrados bentónicos	Muestra (área 0,30 m^2)	Todos los especímenes de la muestra	Un muestreo por localidad
Macrófitas	Observación de ejemplares de las macrófitas. Fotografía de las mismas Registro de detalles morfológicos y aspectos de la planta en la libreta de campo	1 o 2 registros fotográficos por especie.	Un muestreo por localidad (tres Replicas)
Perifiton	En todo el área, evitando zonas de sombra y meandros	Todas las algas de la muestreo	Muestreo en toda el área del punto.
Ictiofauna	3 registros fotográficos por muestra de pez de difícil identificación taxonómica en campo.	Todos los individuos capturados por los pescadores. 3 fotos por individuos/muestras por género y/o especie.	Un muestreo por Localidad.

Tabla 252. Síntesis de la actividad de muestreo ejecutada el sitio de trabajo.
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMISTROS LTDA, 2014

Cabe resaltar que durante el monitoreo, CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA siguió las medidas de seguridad, higiene, ocupacionales y ambientales conforme a la norma NTC ISO/IEC 17025 según resolución 1305 de Junio de 2014. Además los muestreos y la caracterización de los recursos hidrobiológicos se siguió conforme a lo dispuestos en la ley 99 de 1993, los decretos reglamentarios respectivos y la normatividad expedida y vigente actualmente por la Autoridad Nacional de licencias Ambientales – ANLA.
El muestreo se realizó exactamente en los puntos georreferenciados a continuación, esos sitios están localizados en el Municipio de Campoalegre – Huila.

PUNTO	COORDENADAS		DESCRIPCION
	X	Y	
A01	865383.358	789507.526	Antes de la bocatoma del acueducto municipal
A02	862123.349	789095.523	Antes de la desembocadura del drenaje
A03	861890.971	789184.289	Despues de la desembocadura de la Quebrada el Vergel (que transporta AR del matadero municipal)
A04	861206.861	789284.401	Antes de la desembocadura de la quebrada Lavapatas
A05	861162.110	789294.164	Despues de la desembocadura de la quebrada Lavapatas
A06	860391.68	790602.474	Antes de la desembocadura de la quebrada Acropolis (AR de la PTAR)
A07	860399.928	790684.015	Despues de la desembocadura de la quebrada Acropolis (AR de la PTAR)
A08	860295.139	791707.886	Antes de la desembocadura de Río Frío a Río Neiva

Tabla 253. Sitios de Muestreo para Toma de muestras comunidades Hidrobiológicas – Río Frío Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014

REGISTRO FOTOGRÁFICO

SITIO DE MUESTREO: Antes de la bocatoma del acueducto municipal (A01)

COORDENDAS: X= 865383.358 Y=789507.526

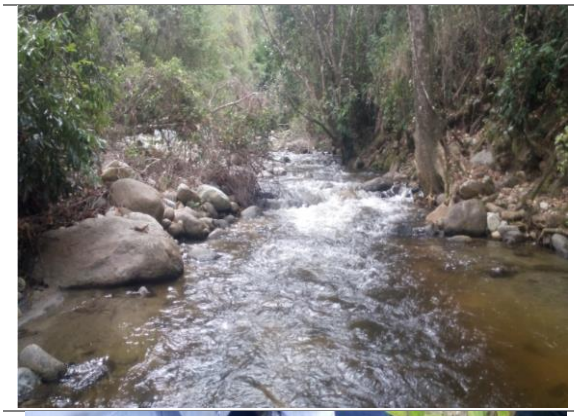


Tabla 254. Registro Fotográfico Monitoreo Hidrobiológico Punto de Control A01 – Rio Frio
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA, 2014

SITIO DE MUESTREO: Antes de la desembocadura del drenaje (A02)

COORDENDAS: X=862123.349 Y=789095.523

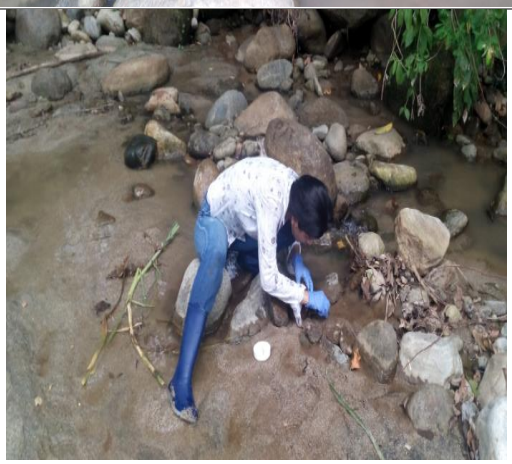


Tabla 255. Registro Fotográfico Monitoreo Hidrobiológico Punto de Control A02 – Rio Frio
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA, 2014

SITIO DE MUESTREO: Después de la desembocadura de la Quebrada el Vergel (que transporta AR del matadero municipal) (A03)

COORDENDAS: X= 861890.971 Y=789184.289

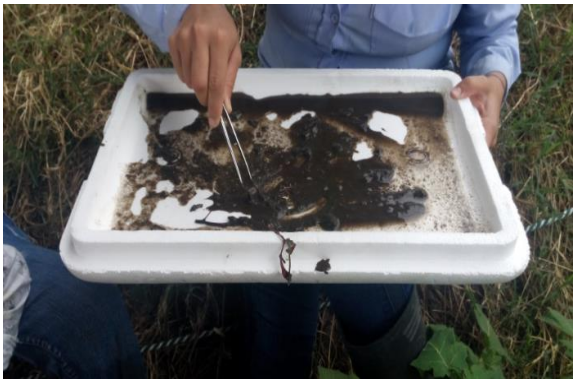


Tabla 256. Registro Fotográfico Monitoreo Hidrobiológico Punto de Control A03 – Rio Frio
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA, 2014

SITIO DE MUESTREO: Antes de la desembocadura de la quebrada Lavapatas (A04)
COORDENDAS: X=861206.861 Y=789284.401

Tabla 257. Registro Fotográfico Monitoreo Hidrobiológico Punto de Control A04 – Rio Frio
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA, 2014

SITIO DE MUESTREO: Después de la desembocadura de la quebrada Lavapatas (A05)
COORDENDAS: X=861162.110 Y=789294.164

Tabla 258. Registro Fotográfico Monitoreo Hidrobiológico Punto de Control A05 – Rio Frio
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA, 2014

SITIO DE MUESTREO: Antes de la desembocadura de la quebrada Acrópolis (AR de la PTAR) (A06)
COORDENDAS: X=860391.68 Y=790602.474

Tabla 259. Registro Fotográfico Monitoreo Hidrobiológico Punto de Control A06 – Rio Frio
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA, 2014

SITIO DE MUESTREO: Después de la desembocadura de la quebrada Acrópolis (AR de la PTAR) (A07)
COORDENDAS: X=860399.928 Y=790684.015

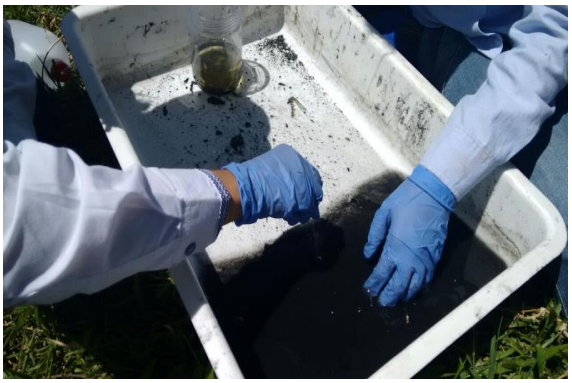


Tabla 260. Registro Fotográfico Monitoreo Hidrobiológico Punto de Control A07 – Rio Frio
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA, 2014

SITIO DE MUESTREO: Antes de la desembocadura de Río Frío a Río Neiva (A08)
COORDENDAS: X=860295.139 Y=791707.886

Tabla 261. Registro Fotográfico Monitoreo Hidrobiológico Punto de Control A08 – Rio Frio
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA, 2014

2.10.2. Identificación de especies bioindicadoras de la calidad del agua

Para la identificación de especies bioindicadoras se emplean organismos o comunidades que respondes fisiológica o conductualmente a un amplio espectro de sustancias o concentraciones toxicas, ya sea de origen inorgánico, orgánico, natural o antropogénico (Hellawell, 1986). Es decir que depende de la calidad del agua de las familias e individuos que en muestra de agua pueda existir, puedan adaptarse.
Los ecosistemas acuáticos mantienen una gran diversidad de organismos, incluso mayor a la de los ecosistemas terrestres. Hoy en día se conocen impactos como la contaminación ambiental que inducen a cambios en la estructura de las comunidades vivas, en función de la biología de los sistemas acuáticos y de los propios organismos, afectando los ciclos de vida, el crecimiento y la condición reproductiva; de tal forma que algunas organismo pueden proporcionar información sobre cambios físicos y químicos producidos en el agua, que a lo largo del tiempo expresan y revelan modificaciones en la compasión de la comunidad biológica.

Indicadores Biológicos

Un indicador Biológico es un organismo vivo que tiene cierta tolerancia a las diferentes condiciones naturales y se pueden usar para el conocimiento y la calificación del medio acuático, ya que a través de ellos se pueden calificar los cuerpos de agua según el grado de calidad (Prat, 1996). Un organismo es un buen indicador de la calidad del agua cuando se encuentra invariablemente en un ecosistema, presenta características bien definidas y cuando su población es porcentualmente superior o ligeramente similar al resto de los organismos con los que comparte el mismo hábitat.

En su sentido más general, todo organismo vivo es indicador de las condiciones del medio en el cual se desarrolla, ya que de cualquier forma su existencia en un espacio y momentos determinados responde a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales. Las poblaciones de animales y plantes acumulan información que los análisis fisicoquímicos en muchas ocasiones no detectan; sin embargo, es de reseñarse que el uso de un indicador biológico trae como desventajas relativa (en muchas ocasiones), la sensibilidad temporal ya que la respuesta a los tiempos estacionales está relacionada con el clima, y en más de una ocasión, con las dificultades aledañas o relativas a la cuantificación y estandarización de los muestreos que se efectúan y del reconocimiento de los individuos animales y/o vegetales y la valores que se haga de su población.

Las macrófitas se consideran plantas útiles para la detención y el seguimiento de las presiones fisicoquímicas que se producen a nivel hidrobiológico como lo son la reducción de la transparencia del agua, la variación de la mineralización (conductividad y salinidad) y la eutrofia. El uso de las macrófitas como indicadoras radica en que son plantas estacionarias y su recolección es fácil debido a su tamaño, a la ubicación que bien puede ser sobre el cuerpo del agua y/o en las orillas, de los ríos quebradas y lagunas. El muestreo cualitativo de esas plantas incluye la observación visual, el reconocimiento y la recolección de los tipos de macrófitas más representativas del área de estudio. La comunidad de macrófitas está influenciada por el clima, la geología y el tipo de sustrato que presenten los suelos. También son sensibles las presiones hidromorfológicas que se produzcan en el medio natural, tales como: las variaciones del régimen del caudal, la continuidad del Río y las características morfológicas del lecho de los ríos; variación del nivel del agua en ríos, quebradas, lagunas o cambios que se presenten y afecten la duración del periodo de inundación de los humedales; y variación de las características morfológicas del lecho de los ríos, quebradas y lagunas.

Wissenger (1999) recopila varios experimentos que afirman que la vegetación es uno de los principales factores que afectan a la abundancia y riqueza de los invertebrados en los humedales. La vegetación acuática también puede explicar el patrón de distribución, tanto la producción primaria, como la morfología, la diversidad y composición vegetal en los humedales ya que ofrecen alimento, hábitat y lugares de reproducción y protección para los Macroinvertebrados, contribuyendo así con la conservación, abundancia y diversidad de esos organismos acuáticos.
La Fauna asociada a las plantas acuáticas corresponde a los invertebrados acuáticos, cuyo tamaño es mayor de 0,5 mm. A esos organismos se les puede clasificar de acuerdo con que vivan en el fondo de los ríos quebradas y charcas, naden o floten en la superficie del agua o vivan en relación íntima principalmente con las raíces de las plantas acuáticas flotantes (Roldán 1992, 1996).

La Importancia ecológica de esos organismos se evidencia no solo por su participación en el ciclo trófico o niveles de alimentación, sino también porque son

conectores porque son conectores claves en la producción primaria de los ecosistemas son indicadores de fenómenos naturales como la eutrofia, la estratificación y los mecanismos de autodepuración y las zonas saprobias (Pinilla, 2000).
Los Macroinvertebrados son organismos de movilidad limitada para desplazarse a grandes distancia y por tanto son susceptibles a los cambios presentados en la composición y abundancia de las plantas acuáticas y a las fluctuaciones que se presenten en las condiciones de las aguas que le son circundantes, por tal razón también son usados como indicadores.

Según el hábitat los Macroinvertebrados pertenecen a las denominaciones bentos, si viven en el fondo de lagos y ríos (Roldán 1992), o si viven enterrados en el sustrato, otros sobre él, adheridos a rocas, piedras y a restos de vegetación; otros prefieren las orillas de Ríos y lagos donde viven adheridos a la vegetación ribereña; unos nadan sobre la superficie del agua, en tanto que, otros desempeñan como excavadores. La distribución espacial y temporal de los Macroinvertebrados acuáticos está asociada a la alcalinidad del cuerpo del agua, al estado trófico del humedal, a la heterogeneidad de hábitats, a las características físicas y de permanencia de dichos hábitats, a la conducta de los organismos a la hora de seleccionar los biotopos y a la competencia interespecífica.

Los Invertebrados bentónicos (especialmente los Macroinvertebrados) son uno de los grupos biológicos más ampliamente usados como indicadores de calidad del agua debido a que integran muchas de las cualidades que se esperan de un indicador biológico, entre las cuales se destacan su elevada diversidad y que estén representadas diferentes taxas, con requerimientos ecológicos diferentes relacionados con las características hidromorfológicas (p.e velocidad del agua y tipo de sustrato), fisicoquímicas y biológicas del medio acuático.

Fitoplancton

El fitoplancton hace referencia a las algas que constituye los productores primarios del plancton. En su gran mayoría son organismos microscópicos que flotan y de allí el significado de la palabra “plancton”, que quiere decir errante (Roldán, 1992).
La mayoría de las especies se agrupan en las clases cyanophyceae (algas verde-azules), Euglenophyceae (Euglenoides), Zygophyceae (desmidiales), Chlorophyceae (algas verdes), Dinophyceae (dinoflagelados), Crysophyceae (Crisofitas) y Bacillariophyceae (diatomeas).
La clase Cyanophyceae está representada por ocho géneros diferentes, de los cuales Anabaena y Oscillatoria generalmente se multiplican en situaciones marginales o cambiantes y cuando las condiciones vuelvan a ser más normales o generalizadas, a veces por la actividad de las propias cianofíceas, quedan fácilmente eliminadas por la competencia de otros organismos (Margalef, 1983)

Los Euglenoides se presentan principalmente en la superficie del agua y generalmente se encuentran asociados con presencia de materia orgánica en el agua (Palmar 1969). El género Trachelomonas puede fotosintetizar, pero requiere por lo menos una vitamina y complementa algunas veces su nutrición autotrófica, con algunas compuestos orgánicos como alcoholes, ácidos orgánicos simples y tiamina (Darley, 1987).

La Familia Desmidiacea de la Clase Zygophyceae, se caracteriza porque para su desarrollo, prefieren ambientes ácidos y con baja concentración de calcio, de tal forma que en aguas alcalinas y ricas en calcio, el número de especies reduce (Margalef, 1983).

El grupo de las Cholorophyceae es uno de los más diversos en especies y adaptaciones a los diferentes hábitats dentro del fitoplancton de aguas dulces, para su optimo crecimiento necesitan temperaturas entre los 30 y 35°C, así como cantidades traza de hierro, manganeso, cobre, zinc, calcio, molibdeno y boro (Duque, 2000).

Los dinoflagelados son organismos que poseen una nutrición diversificada, entre fotosintética, heterotrófica, saprofita, parasítica, simbiótica y holozóica (Ramírez, 2000) debido al doble movimiento que le imprimen sus dos flagelos. Esas algas se encuentran adaptadas a vivir en ambientes pobres en nutrientes, aunque también se desarrollan en ambientes con alto contenido de materia orgánica (Margalef, 1983).

Las Crisofíceas son un grupo de algas pardo-doradas que presentan formas flageladas, formas inmóviles semejantes a amebas y formas inmóviles organizadas en masas gelatinosas (Streble y Krauter 1987). Para su desarrollo necesitan de algunas vitaminas como la tiamina y la biotina (Hutchinson, 1967) y pueden sobrevivir en ambientes bajos en fósforo.

Y finalmente, las diatomeas, tienen como características más sobresaliente, su pared celular, impregnada de silencio, en cantidades variables (Ramírez, 2000). La Mayoría de ellas son autoauxotróficas, aunque Navícula es heterótrofa facultativa. Varios géneros habitan principalmente en aguas bajas en calcio y magnesio y con un Ph menor a 7, pero otros como por ejemplo Gyrosigma, parecen evitar aguas acidas y concentraciones bajas de calcio y magnesio.

Zooplancton

El zooplancton está conformado por todos aquellos organismos microscópicos de origen animal que flotan libremente en la columna de agua, principalmente protozoarios, rotíferos y microcrustáceos (Cladóceros y Copépodos) (Roldán, 1992). Este grupo como componente basal de las ramas tróficas marinas está

conformado por organismos de tamaño pequeño de diversos grupos taxonómicos que se encuentran en suspensión en la columna de agua, cuya distribución está condicionada principalmente por las corrientes (Suthers y Rissik 2009, Chavance 2011). Tiene gran importancia ecológica puesto que es un componente esencial de la bomba biológica de carbono y puede ser indicador de la calidad ambiental y variabilidad climática (Beagraund et al., 2002), y en el ecosistema pelágico presenta una alta variabilidad espacial y temporal (Benfield et al., 2007).

De manera tradicional, en el zooplancton continental se incluyen tres grupos: cladóceros, copépodos y rotíferos: sin embargo, es importante aclarar que existen muchos más que forman parte de esa comunidad, como los protozoos y otros taxones de crustáceos como los ostrácodos, algunos antípodos y otro grupos como los ácaros.

La composición taxonómica del zooplancton como comunidad zooplanctónica está representada por la clase Monogonta, del Phylum Rotífera y las clases Branchiopoda, Copepoda e Insecta, del Phylum Arthropoda.

Los Rotíferos de la clase Monogonta son el grupo que exhibe la mayor diversificación dentro del zooplancton de agua dulce. En lagos tropicales no se ha encontrado una relación precisa entre los rotíferos planctónicos y el nivel trófico de los mismos, ya que esos organismos pueden encontrase en cualquier ambiente, independientemente del nivel trófico (Esteves 1988). Sin embargo, algunos de ellos como el género Brachionus, resistente pH elevados y aguas abundantes en calcio, cloruros, sulfatos y carbonatos, porque se han tomado como indicadores de aguas altamente eutroficadas (Pennak, 1978)

Los cladóceros de la clase Branchiopoda, denominados comúnmente pulgas de agua, abundan principalmente en la zona litoral de los lagos, pero también están ampliamente representados en el plancton. No toleran variaciones bruscas de oxigeno e igual que los rotíferos, son organismos filtradores, que en aguas etróficas registran abundancias significativas (Margalef, 1983).

Los copépodos son crustáceos que se caracterizan por tolerar deficiencias de oxígeno, migrar verticalmente en forma diaria y presentar ciclomorfosis, aunque en menor grado que los cladóceros (Pennak, 1978). Se ha encontrado que en algunos cuerpos de agua altamente eutroficados, los copépodos del orden Cyclopoida son ampliamente dominantes, conjuntamente con los rotíferos del genero Branchionus (Roldán, 1992).

Perifiton

Hace referencia a la comunidad de algas que viven adheridas a sustratos sumergidos orgánicos o inorgánicos, bien sea vivos o muertos (Wetzei, 1983).

Ecológicamente este grupo es importante, ya que se constituye en la base alimenticia de muchas especies acuáticas, especialmente peces, así como también insectos acuáticos y algunas larvas de batracios (Roldán, 1992)

Las taxas aparecen agrupadas en las clases Cyanophyceae, Ulothricophyceae, Zygophyceae, Chlorophyceae, Dinophyceae y Bacillariophyceae.
La clase Cyanophyceae está representada principalmente por las formas filamentosas de los géneros Anabaenopsis, Lyngya, Oscillatoria y Spirulina, y por colonias tabulares formadas por una sola capa de células, como la del genero Merismopedia.

Dentro de las clase Ulothricophyceae se encuentra únicamente el género Ulothrix cuyos individuos son formas filamentosas no ramificadas, que crecen formando masas alargadas sobre el sustrato, de sistemas tanto lenticos como loticos (Streble y Krauter 1987).

En la clase Cholorophyceae se diferencian dos tipos de organismos, las formas unicelulares del genero Closteriopsis, la cual se puede considerar como un elementos incidental dentro del Perifiton, debido a que su hábitat es principalmente planctónico, y los agregados de células (formas cenobiales) del género Scenedesmus, que se encuentran preferiblemente en ambientes lenticos.

Los dinoflagelados como el género Ceratium son organismos que poseen una nutrición diversificada, entre fotosintética, heterotrófica, saprofita, parasita, simbiótica y holozóica (Ramírez, 2000).

La Clase Bacillariophyceae se encuentra representada mayoritariamente por formas unicelulares de simetría bilateral (orden pennales) que viven posadas sobre el sustrato, como es el caso de los géneros Navícula o Pinnularia, o se encuentran sujetas mediante pedúnculos de mucilago, como Gomphonema o Cymbella. Algunas veces pueden formar cadenas por unión de células, como en el caso de Fragilaria.

Macrófitas

Las macrófitas pueden ser plantas con flores o sin flores, y comprenden a todas las plantas acuáticas pluricelulares, incluyendo a las algas de buen tamaño visible a simple vista, musgos, las hepáticas y fanerógamas (plantas con flores). Forma parte o son componentes naturales de la mayoría de los ecosistemas acuáticos. En esencia el término macrófito se refiere a las plantas acuáticas visibles a simple vista, entre las que se encuentran las plantas vasculares y las no vasculares previamente nombradas. Se incluyen bajo este nombre también al grupo de plantas conocidas como plantas no vasculares como son los musgos acuáticos, hepáticas y las algas marinas o de ríos que sean grandes o de tamaño macroscópico.

Las macrófitas se presentan en diferentes tipos de hábitat. Por su forma de vida encontramos los siguientes tipos: plantas flotantes (no enraizadas), plantas sumergidas (toda o la mayor parte de la planta está sumergida dentro del agua) y plantas emergentes (pueden estar enraizadas al suelo por debajo del agua). Según Roldán (1992) están representadas por la vegetación que crece en la zona litoral de lagunas, embalses, ciénagas y ríos; en la zona de la interfase agua – tierra, sobre la superficie del agua; y crecen totalmente sumergidas.

La abundancia, presencia o ausencia de las poblaciones naturales de las macrófitas acuáticas se relaciona con factores o condiciones del medio como son el tipo y el área del litoral; las condiciones topográficas del sustrato que las sustenta y el estado de eutrofización del agua. En el trópico la productividad primaria funciona por la vía detrítica, esta es la base de las cadenas tróficas que sustentan los ecosistemas acuáticos en la mayoría de los sistemas tropicales; en esos ambientes las macrófitas juegan un papel vital y principal en la producción primaria (Roldán 1992, Universidad del Norte 2003).

De acuerdo con Engel (1998) la importancia de las comunidades de las macrófitas radica en que le confieren estabilidad al terreno; generan la vía trófica directa y la detrítica; diversifican las vías tróficas; y constituyen el sustrato, base apta y adecuada para el desarrollo de una abundante y diversidad comunidad de organismos asociados a los cursos de aguas, entre ellos los Macroinvertebrados. También desempeñan un papel preponderante en los ecosistemas lenticos y loticos: por un lado, se constituyen en las mayores aportantes de materia orgánica a las aguas, y por otro, generan alrededor de ellas un hábitat que alberga una variada y abundante fauna asociada. Además presentan una de las más altas productividades dentro del reino vegetal, muy por encima de las que ofrecen las comunidades de microalgas (Roldán, 1992).

El número de especies animales que pueden consumir directamente a las plantas acuáticas superiores (macrófitas) es reducido, por lo que la gran mayoría lo hace indirectamente en forma de detritus proveniente de su descomposición.

Algunas especies de peces las consumen directamente sin que medie la vía detrítica; pero en sentido amplio se puede decir que estos consumos tienen poca o ninguna importancia como ruta metabólica de los ecosistemas acuáticos.

Peces

Alguna de las causas más importantes para la perdida acelerada en la biodiversidad Íctica colombiana son la contaminación de las aguas y los suelos, lo cual ocasiona un deterioro en la calidad físico-química con implicaciones en la distribución y aumento de los índices de mortalidad. Ese problema, entre otros tiene sus orígenes en las explotaciones mineras de oro de aluvión y de filón. Adicionalmente la

proliferación de cultivos ilícitos (sonde se utilizan insumo como cianuro, cetonas, plomo) y el derrame de hidrocarburos sobre microcuencas y ríos.

Otro fenómeno que amenaza la ictiofauna nacional es la introducción en los cuerpos de agua de especies no nativas, las cuales amenazan a la flora y a la fauna natural por predacion, competencia o alteración del hábitat natural, y se convierten a menudo en especies residentes y ocasionan problemas en las comunidades nativas. Por ejemplo, García (2001) estableció, a través de inventarios rápidos sobre la biodiversidad (RAP) de la ictiofauna para algunas cuencas y microcuencas Andinas, que la "Trucha arco iris" (Oncorhynchus mykiss) afecto a la especie Astrobleplus sp. Por la competencia por el hábitat y la predación.

Así mismo se sabe que la sabaleta (Brycon henni) actualmente comparte su hábitat con peces exóticos y nativos, algunos son representantes de la familias Xichlidae (Caquetaia kraussii – "mojarra amarilla"-, Oreochromis sp. "tilapias"-), Centrarquidae (Micropterus salmoides –"trucha"-) desconociéndose en la actualidad, que tipo de alteraciones podrían ocurrir sobre la población de esos charácidos. Por otro lado, los peces representantes de las familias taxonómicas anteriormente señaladas, son grupos biológicos destacados propios de las aguas quietas, debido a las adaptaciones reproductivas apropiadas durante su evolución como ha sido la incubación bucal de las larvas (en los cíclidos), la protección de larvas y alevines (en los Centrarquidae y Ciclidae), y por su acentuado carácter agresivo, se han constituido en especies excesivamente proliferas en muchos ambientes acuáticos del país.

2.10.3. Caracterización de las Comunidades Hidrobióticas del Río: Fitoplancton, Zooplancton, Perifiton, Macroinvertebrados Bentónicos (Bentos)

La Caracterización de las comunidades Hidrobióticas del Rio se realizó teniendo en cuenta las condiciones presentadas en la Figura 34.

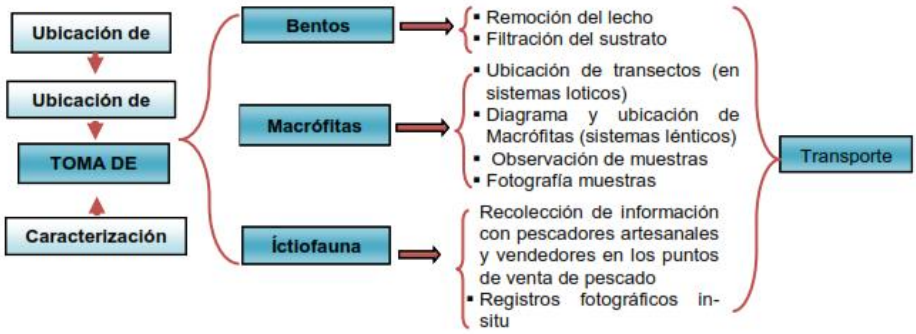


Figura 34. Condiciones del Monitoreo
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA, 2014 (Tomado de Antek S.A , 2013)

A continuación se describe el proceso de caracterización para cada una de las comunidades Hidrobióticas de Río Frío Campoalegre:

Macroinvertebrados Bentónicos

Los estudios cualitativos sirven para caracterizar la biodiversidad de un lugar, en particular recolectando la mayor cantidad de taxas, a diferencia de estudios cuantitativos que asocian una unidad de esfuerzo de muestreo a la muestra de los Macroinvertebrados. En el presente estudio se recolectaron muestras por áreas de muestreo (Ramírez, 2010).

Para el muestreo se usó una draga tipo Ekman para los sistemas lenticos y/o loticos profundos, la cual facilita la toma de las muestras de sedimentos a diferentes profundidades. Consiste de dos palas que se cierran en el fondo, mediante el envío de una plomada “mensajero” a través de una cuerda. Esas muestras toman un área de 225 cm^2 de sedimentos (Roldán, 1996) y esa operación se repite tres veces en cada área de muestreo.

El material colectado fue depositado en bolsas de seguridad, fijado con solución Transeau y teñido con colorante rosa de bengala. De esa forma se trasladaron hasta el laboratorio de hidrobiología para su análisis taxonómico y numérico.
Las muestras son lavadas en tamices de 0.5 mm y 4.0 mm con el fin de separar los organismos del sedimento fino y obtener el material divido por tamaño; posteriormente la parte de la muestra más grandes. Es dispuesta en bandejas blancas y observada con la ayuda de una lámpara con lupa para retirar los organismos. La parte de la muestra más pequeña, es separada en cajas de Petri y son rotuladas cada una con su código respectivo. Se observan con la ayuda del estereoscopio AmScope SM-1TSWZ-LGW-10M utilizado por el equipo técnico de CONSTRUCSUELOS.

Cuando se tienen los macroinvertebrados separados, se procede a la identificación de los organismos usando el estereoscopio y microscopio, basados en la bibliografía especializada como Roldán (1988 y 2003), Posada y Roldán (2003). Una vez determinados se hace el conteo de ejemplares por familia taxonómica, género o especie según el nivel de clasificación que se logre hacer de cada uno de esos individuos. El resultado es la base de datos para el análisis del registro de los macroinvertebrados que integran la comunidad estudiada.

Perifiton

El muestreo de Perifiton en sustratos naturales se realizó raspando en diferentes superficies (troncos, piedras, hojas) con la ayuda de un cepillo pequeño. En todos se observan biopelículas (cuando se utilizaron rocas, se rasparon las partes laterales que estaban semisumergidas y no directamente la superficie de la roca

expuesta a la roca expuesta a la corriente ni contra-corriente, puesto que puede ocurrir variación en la comunidad). Para la recolección de las muestras se contó con la ayuda de un Erlenmeyer plástico para determinar el volumen de la muestra fijarla con solución Transeau.

Las muestras cualitativas se realizaron raspando indiscriminadamente los sustratos disponibles en los puntos de muestreo, mientras que el cuantitativo consistió en usar un cuadrante plástico flexible de 5 cm x 5 cm para delimitar el área de muestreo, realizando de 5 a 10 réplicas por punto de muestreo, dependiendo el número de sustratos.

Macrófitas

Para el muestreo de las macrófitas se realizó un reconocimiento e inspección de los puntos de muestreo. El área de reconocimiento e inspección dependía de la proximidad que existía entre los puntos de muestreo, con el fin de detectar la presencia de las plantas acuáticas en todo el sector objeto del estudio. Para cada uno de los sitio de identifico una estación de muestreo.

Se tiene en cuenta las recomendaciones dadas en el Manual del Laboratorio de Hidrobiología para los procedimientos de campo suministrado por CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA, el cual recomienda que para los cuerpos lenticos menores a 50 Ha se deben realizar dos transectos perpendiculares entre su y un recorrido por toda la orilla; y para los cuerpos lóticos, se deben realizar dos transectos por puntos de muestreo, uno en cada orilla del río.

La extracción del material vegetal para las observaciones respectivas y la correcta determinación taxonómica, se realizó con rastrillo y con cuidado para no estropear las plantas, las cuales después de ser estudiadas y clasificadas fueron devueltas al río.

En detalle se tiene que:

1. El estudio para el análisis de la composición florística se realizó mediante aplicación del método de Transecto, tanto perpendicular como paralelo a la línea de la ribera u orilla de los cuerpos de agua.

2. Se hizo el reconocimiento completo de la cobertura de las macrófitas acuáticas y de la vegetación terrestre propia de sitios húmedos y/o encharcados.

3. El análisis de las muestras observadas y fotográficas en campo, junto con todos los datos relativos a las macrófitas, como son sus características morfológicas, fenología y Autoecología, que permiten y ayudan a identificar

las macrófitas hasta el menos nivel taxonómico posible (género y especie) fueron tomadas en campo.

La determinación taxonómica y la clasificación del material vegetal registrado y fotografiado en campo se hizo con base en la observación estereoscópica y/o con lupa de los caracteres morfológicos anotados en campo, el uso de claves taxonómicas, comparación con los nombres comunes, registrados en campo y con ejemplares de herbario al igual que de ilustraciones; así se determinó el género y la especie de las macrófitas.

Ictiofauna

El proceso de captura de peces se realizó siguiendo la metodología especificada por CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA para proceder en campo según las características del cuerpo de agua, por medio de una red de mano (900 cm^2) con tamaño de malla poro de 2 mm y/o una atarraya de ojo de malla igual a una pulgada, en horas del día y en horas de la noche.

Igualmente, el técnico encargado y asignado para los monitoreos, utilizo el método alterno para la recogida y toma de información en campo como son las encuestas sobre los peces capturados con mayor frecuencia, si abundancia, aparición y captura de especies araras o escasas (poco frecuentes); obtención de los nombres comunes o vernáculas que acostumbran a los pescadores y moradores del sector. Se efectuaron registros fotográficos de los ejemplares que fueron devueltos al cuerpo de agua.

En las dos faenas de pesca se recogió la información en las primeras horas de los dos días en que se realizaron. También fueron visitados y se hizo el registro fotográfico de los ejemplares peces se hace una aproximación a la clasificación taxonómica y determinación de los géneros y especies de los peces fotografiados. Posteriormente en la fase de laboratorio se confirmó y se corrigió la determinación taxonómica basada en las características morfológicas.

Con la información obtenida en campo se elaboraron tablas de frecuencia y presencia/ausencia con su respectivo conteo numérico. Los especímenes se listaron y se identificaron siguiendo los lineamientos expuestos por Maldonado – Ocampo et al. (2005). Es de anotar que la mayoría del listado de peces propios del Río Magdalena fueron determinados y confirmados su nombre científico, por el especialista en ictiología el Dr. Carlos Useche (Director de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca – AUNAP- en la territorial del Departamento del Huila).

2.10.4. Determinación de la Calidad de Agua

A continuación se presentan los resultados de parámetros hidrobiológicos medidos sobre Río Frío, en los puntos de control correspondientes A01, A02, A03, A04, A05, A06, A07 y A08.

MUESTREO SIMPLE - CUALITATIVO		
A01: Antes de la bocatoma del acueducto municipal		
COORDENADAS: X= 865383.358 Y= 789507.526		
FITOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Fragilaria sp	Volumen filtrado 10 litros	Presencia
Navicula sp		Presencia
ZOOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
	Volumen filtrado 10 litros	Presencia
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Veliidae Rhagovelia Sp1	Se empleo la red triangular	Presencia
Hydropsychidae Smicridea sp		Presencia
Hydropsychidae Leptonema		Presencia
Naucoridae Pelecoris		Presencia
Naucoridae Limnocoris		Presencia
Libellulidae Brechmorhoga		Presencia
Pyralidae Petrophila confusalis		Presencia
PERIFITON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Microspora sp	Raspado sobre sustratos naturales	Presencia
spirogyra sp		Presencia
Stauroneis sp		Presencia
Navicula sp		Presencia
Fragilaria sp		Presencia
MACROFITAS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Commelina sp	Transecto lineal de 25 metros.	Presencia
Zingiberaceae sp		Presencia
PECES - ICTIOFAUNA		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Trichomycterus sp	Transecto lineal de 25 metros. Colecta con redes.	Presencia

Tabla 262. Resultados hidrobiológicos – Cualitativo "Punto de Control A01"
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTRO LTDA, 2014

MUESTREO SIMPLE - CUANTITATIVO		
A01: Antes de la bocatoma del acueducto municipal		
COORDENADAS: X= 865383.358 Y= 789507.526		
FITOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/ml)**
Fragilaria sp	Volumen filtrado 50 litros.	2,4

Cocconeis sp		12
Pinnularia		0,24
Navicula sp		0,72
ZOOPLANCTON		
OBSERVACIONES		
La ausencia de especies se debe a multifactores que obedecen a caracteristicas intrinsecas y extrinsecas del punto de muestreo. Volumen filtrado 50 litros.		
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/m²)**
Veliidae *Rhagovelia sp1*	Se empleo la red Surber	7
Hydropsychidae *Smicridea sp*		6
PERIFITON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/m²)**
Microspora sp	Raspado en sustrato naturales empleando marco de acetato.	0,035
spirogyra sp		0,005
Stauroneis sp		0,01
Navicula sp		0,005
Fragilaria sp		0,01
MÁCROFITAS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (% de Cobertura)**
Commelina sp	Transecto lineal de 25 metros.	5%
Zingiberaceae sp		3%
PECES - ICTIOFAUNA		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Individuos)**
Trichomycterus sp	Transecto lineal de 25 metros. Colecta con redes.	3

Tabla 263. Resultados hidrobiológicos – Cuantitativo "Punto de Control A01"
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTRO LTDA, 2014

MUESTREO SIMPLE - CUALITATIVO		
A02: Antes de la desembocadura del drenaje		
COORDENADAS: X=862123.349 Y=789095.523		
FITOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Fragilaria sp	Volumen filtrado 10 litros.	Presencia
Pinnularia		Presencia
Stauroneis sp		Presencia
Scenedesmus sp		Presencia
ZOOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Calanoida sp 2	Volumen filtrado 10 litros.	Presencia
Harpacticoida sp 1		Presencia
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Elmidae *Macrelmis sp*	Se empleo la red triangular	Presencia
Libellulidae *Dythemis sp2*		Presencia
Perlidae *Anacroneuria sp*		Presencia
Philopotamidae *Chimarra sp*		Presencia

Hydropsychidae	*Leptonema sp*		Presencia
Hydropsychidae	*Smicridea sp*		Presencia
Leptohyphidae	*Tricorythodes sp*		Presencia
Leptohyphidae	*Leptohyphes sp*		Presencia
Veliidae	*Rhagovelia sp*		Presencia
Veliidae	*Microvelia sp 2*		Presencia
Mesoveliidae	*Mesoveloidea williamsi*		Presencia
Naucoridae	*Pelecoris*		Presencia
Naucoridae	*Limnocoris sp*		Presencia
Tubificidae	*sp*		Presencia
Ancylidae	*Ferrissia sp*		Presencia
Lymnaeidae	*Lymnae sp*		Presencia
Physidae	*Physa sp*		Presencia
Thiaridae	*sp*		Presencia
Planorbidae	*Gyraulus sp*		Presencia
PERIFITON			
TAXA		**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Navicula sp		La muestra de agua estaba muy turbia y presento gran cantidad de perifiton. Raspado sobre sustratos naturales.	Presencia
Melosira sp			Presencia
Synedra sp			Presencia
Fragilaria sp			Presencia
Nitzschia sp			Presencia
Pinnularia sp			Presencia
Stauroneis sp			Presencia
Melosira sp1			Presencia
Melosira sp2			Presencia
Cymbela sp			Presencia
Phormidium sp			Presencia
Anabaena sp			Presencia
Oedogomium sp			Presencia
MÁCROFITAS			
OBSERVACIONES		**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (% de Cobertura)**
Zona de abundantes piedras y poco caudal. Transecto lineal de 25 metros.			
PECES - ICTIOFAUNA			
TAXA		**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Sturisomatichthys leightoni		Transecto lineal de 25 metros. Colecta con redes.	Presencia

Tabla 264. Resultados hidrobiológicos – Cualitativo "Punto de Control A02"
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTRO LTDA, 2014

MUESTREO SIMPLE - CUANTITATIVO		
A02: Antes de la desembocadura del drenaje		
COORDENADAS: X=862123.349 Y=789095.523		
FITOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/ml)**
Fragilaria sp	Volumen filtrado 50 litros.	2,64
Navicula sp		1,92
Pinnularia		0,72

Melosira sp		0,24
Stauroneis sp		0,48
Scenedesmus sp		0,24
ZOOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/ml)**
Calanoida sp 2	Aspectos como predadores, flujo de agua y morfología de la fuente hídrica pudieron condicionar la presencia de estas especies. Volumen filtrado 50 litros.	0,252
Harpacticoida sp 2		0,072
Myodocopida sp 5		0,108
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/m²)**
Libellulidae *Dythemis sp2*	Se empleo la red Surber	1
Corydalidae *Corydalus sp*		1
Hydropsychidae *Smicridea*		52
Leptophlebiidae *Thraulodes sp*		8
Veliidae *Rhagovelia sp*		2
Naucoridae *Pelecoris*		9
Lymnaeidae *Lymnae sp*		2
Physidae *Physa sp*		2
PERIFITON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/m²)**
Navicula sp	La muestra de agua estaba muy turbia y presento gran cantidad de perifiton. Raspado en sustrato naturales empleando marco de acetato.	0,63
Melosira sp		0,215
Synedra sp		0,115
Fragilaria sp		0,27
Nitzschia sp		0,105
Pinnularia sp		0,42
Stauroneis sp		0,165
Melosira sp1		0,115
Melosira sp2		0,53
Cymbela sp		0,155
Phormidium sp		0,025
Anabaena sp		0,045
Oedogomium sp		0,01
MÁCROFITAS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (% de Cobertura)**
Zona de abundantes piedras y poco caudal. Transecto lineal de 25 metros.		
PECES - ICTIOFAUNA		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Individuos)**
Sturisomatichthys leightoni	Transecto lineal de 25 metros. Colecta con redes.	2

Tabla 265. Resultados hidrobiológicos – Cuantitativo "Punto de Control A02"
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTRO LTDA, 2014

MUESTREO SIMPLE - CUALITATIVO		
A03: Despues de la desembocadura de la Quebrada el Vergel (que transporta AR del matadero municipal)		
COORDENADAS: X= 861890.971 Y=789184.289		
FITOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Navicula sp	Volumen filtrado 10 litros.	Presencia
Fragilaria sp		Presencia
Scenedesmus sp		Presencia
ZOOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Cladocera sp 4	Volumen filtrado 10 litros.	Presencia
Ostracoda sp 1		Presencia
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Calopterygidae *Hetaerina sp1*	Se empleo la red triangular	Presencia
Coenagrionidae *Coenagrionidae A*		Presencia
Coenagrionidae *Ischnura*		Presencia
Libellulidae *Brechmorhoga*		Presencia
Libellulidae *Dythemis sp2*		Presencia
Leptohyphidae *Leptohyphes sp*		Presencia
Veliidae *Rhagovelia sp*		Presencia
Veliidae *Microvelia sp2*		Presencia
Gerridae *Trepobates trepidos*		Presencia
Naucoridae *Pelecoris*		Presencia
Naucoridae *Limnocoris sp*		Presencia
Planariidae *Dugesia sp*		Presencia
Lymnaeidae *Lymnaea sp*		Presencia
Physidae *Physa sp*		Presencia
Thiaridae *sp*		Presencia
PERIFITON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Fragilaria sp	Raspado sobre sustratos naturales	Presencia
Pinnularia		Presencia
MÁCROFITAS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (% de Cobertura)**
Limnocharis sp	Transecto lineal de 25 metros.	Presencia
Paspalum sp		Presencia
Heteranthera reniformis		Presencia
PECES - ICTIOFAUNA		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Priapichthys sp	Condiciones hidro-limnológicas pueden condicionar la presencia de especies. Transecto lineal de 25 metros. Colecta con redes.	Presencia
Poecilia sp		Presencia

Tabla 266. Resultados hidrobiológicos – Cualitativo "Punto de Control A03"
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTRO LTDA, 2014

MUESTREO SIMPLE - CUANTITATIVO		
A03: Despues de la desembocadura de la Quebrada el Vergel (que transporta AR del matadero municipal)		
COORDENADAS: X= 861890.971 Y=789184.289		
FITOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/ml)**
Navicula sp	Volumen filtrado 50 litros.	2,88
Coelastrum sp		0,48
Stauroneis sp		0,48
Fragilaria sp		2,4
Dictyosphaerium sp		0,96
Staurastrum sp		0,24
Scenedesmus sp		1,92
Chlorella sp		3,36
ZOOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/ml)**
Cladocera sp 7	La abundancia registrada puede obedecer a mejores condiciones tróficos en el cuerpo de agua. Mayor disponibilidad de alimento en cuanto a abundancia de fitoplancton y probablemente a menor presencia de predadores. Volumen filtrado 50 litros.	0,132
Copepoda sp 2 Nauplio		0,192
Ostracoda sp 3		0,108
Polychaeta sp 3		0,132
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/m^2)**
Philopotamidae Chimarra	Se empleo la red Surber	3
Calopterygidae Hetaerina sp1		2
Planariidae Dugesia sp		2
Tubificidae sp		1
Physidae Physa sp		3
Thiaridae sp		2
PERIFITON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/m^2)**
Fragilaria sp		0,045
Pinnularia		0,01
MÁCROFITAS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (% de Cobertura)**
Limnocharis sp	Transecto lineal de 25 metros.	15%
Paspalum sp		25%
Heteranthera reniformis		10%
PECES - ICTIOFAUNA		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Individuos)**
Priapichthys sp	Condiciones hidro-limnológicas pueden condicionar la presencia de especies. Transecto lineal de 25 metros. Colecta con redes.	1
Poecilia sp		6

Tabla 267. Resultados hidrobiológicos – Cuantitativo "Punto de Control A03"
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTRO LTDA, 2014

MUESTREO SIMPLE - CUALITATIVO			
A04: Antes de la desembocadura de la quebrada Lavapatas			
COORDENADAS: X= 861206.861 Y= 789284.401			
FITOPLANCTON			
TAXA		**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Scenedesmus sp		Volumen filtrado 10 litros.	Presencia
Cocconeis sp			Presencia
Surirella sp			Presencia
ZOOPLANCTON			
TAXA		**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Cladocera sp 2		Volumen filtrado 10 litros.	Presencia
Cladocera sp 3			Presencia
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS			
TAXA		**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Thiaridae sp		Se empleo la red triangular	Presencia
Physa sp			Presencia
Lymnaea sp			Presencia
Planaridae	*Dugessia*		Presencia
Veliidae	*Microvelia*		Presencia
Veliidae	*Rhagovelia sp*		Presencia
PERIFITON			
TAXA		**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Navicula sp		La muestra de agua estaba muy turbia y presento gran cantidad de perifiton. Raspado sobre sustratos naturales.	Presencia
Pinnularia			Presencia
Surirella sp			Presencia
Melosira sp2			Presencia
Fragilaria sp			Presencia
Nitzschia sp			Presencia
Cymbella sp			Presencia
Closterium sp			Presencia
Scendesmus sp			Presencia
Synedra sp			Presencia
Stauroneis sp			Presencia
Cocconeis sp			Presencia
Anabaena sp			Presencia
Oscillatoria sp			Presencia
MÁCROFITAS			
TAXA		**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (% de Cobertura)**
Paspalum sp		Transecto lineal de 25 metros.	Presencia
Ludwigia sp			Presencia
PECES - ICTIOFAUNA			
TAXA		**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Priapichthys sp		Condiciones hidro-limnológicas pueden condicionar la presencia de especies. Transecto lineal de 25 metros. Colecta con redes.	Presencia

Tabla 268. Resultados hidrobiológicos – Cualitativo "Punto de Control A04"
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTRO LTDA, 2014

MUESTREO SIMPLE - CUANTITATIVO		
A04: Antes de la desembocadura de la quebrada Lavapatas		
COORDENADAS: X= 861206.861 Y= 789284.401		
FITOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/ml)**
Scenedesmus sp	Volumen filtrado 50 litros.	1,68
Pediastrum sp		0,24
Fragilaria sp		4,08
Coleastrum sp		0,24
Cocconeis sp		6
Surirella sp		0,24
ZOOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/ml)**
Cladocera sp 8	Aspectos como predadores, flujo de agua y morfología de la fuente hídrica pudieron condicionar la presencia de estas especies. Volumen filtrado 50 litros.	0,072
Cladocera sp 9		0,132
Polychaeta sp 2		0,252
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/m^2)**
Chironomidae sp	Se empleo la red Surber	4
Libellulidae Brechmorhoga sp.		2
Leptohyphidae Leptohyphes sp		20
Veliidae Rhagovelia sp		1
Planariidae Dugesia sp		8
Tubificidae sp		1
Physidae Physa sp		12
Thiaridae sp		7
PERIFITON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/m^2)**
Navicula sp	La muestra de agua estaba muy turbia y presento gran cantidad de perifiton.Raspado en sustrato naturales empleando marco de acetato.	0,03
Pinnularia		0,07
Surirella sp		0,045
Melosira sp2		0,195
Fragilaria sp		0,075
Nitzschia sp		0,015
Cymbella sp		0,015
Closterium sp		0,015
Scendesmus sp		0,065
Synedra sp		0,015
Stauroneis sp		0,04
Cocconeis sp		0,02
Anabaena sp		0,045
Oscillatoria sp		0,17
MÁCROFITAS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (% de Cobertura)**
Paspalum sp	Transecto lineal de 25 metros.	50%

Ludwigia sp		7%
PECES - ICTIOFAUNA		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Individuos)**
Priapichthys sp	Condiciones hidro-limnológicas pueden condicionar la presencia de especies. Transecto lineal de 25 metros. Colecta con redes.	10

Tabla 269. Resultados hidrobiológicos – Cuantitativo "Punto de Control A04"
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTRO LTDA, 2014

MUESTREO SIMPLE - CUALITATIVO		
A05: Despues de la desembocadura de la quebrada Lavapatas		
COORDENADAS: X= 861162.110 Y= 789294.164		
FITOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Navicula sp	Volumen filtrado 10 litros.	Presencia
Chlorella sp		Presencia
Scendesmus sp		Presencia
ZOOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Cladocera sp 5	Volumen filtrado 10 litros.	Presencia
Ostracoda sp 2		Presencia
Rotífera sp 4		Presencia
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Psychodidae Clognia albipunctatus	Se empleo la red triangular	Presencia
Chironomidae sp		Presencia
Simuliidae Simulium sp		Presencia
Leptohyphidae Tricorythodes sp		Presencia
Veliidae Rhagovelia sp		Presencia
Planariidae Dugesia sp		Presencia
Physidae Physa sp		Presencia
Thiaridae sp		Presencia
PERIFITON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Stauroneis sp	Raspado sobre sustratos naturales	Presencia
Navicula sp		Presencia
Pinnularia sp		Presencia
Scendesmus sp		Presencia
Chlorella sp		Presencia
Pediastrum sp		Presencia
Surirella sp		Presencia
Cyclotella sp		Presencia
Melosira sp2		Presencia
Cymbella sp		Presencia
Raphidiopsis sp		Presencia
Fragilaria sp		Presencia
MÁCROFITAS		

TAXA	OBSERVACIONES	RESULTADO (% de Cobertura)
Zona de alta contaminación. Transecto lineal de 25 metros.		
PECES - ICTIOFAUNA		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Poecilia sp	Condiciones hidro-limnológicas pueden condicionar la presencia de especies. Transecto lineal de 25 metros. Colecta con redes.	Presencia
Priapichthys sp		Presencia
Trichmycterus sp		Presencia

Tabla 270. Resultados hidrobiológicos – Cualitativo "Punto de Control A05"
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTRO LTDA, 2014

MUESTREO SIMPLE - CUANTITATIVO		
A05: Despues de la desembocadura de la quebrada Lavapatas		
COORDENADAS: X= 861162.110 Y= 789294.164		
FITOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/ml)**
Navicula sp	Volumen filtrado 50 litros.	0,96
Chlorella sp		3,36
Scendesmus sp		1,68
Dictyosphaerium sp		1,2
ZOOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/ml)**
Cladocera sp 5	La alta abundancia registrada puede obedecer a mejores condiciones tróficos en el cuerpo de agua. Mayor dissponibilidad de alimento en cuanto a abundancia de fitoplancton y probablemente a menor presencia de predadores. Volumen filtrado 50 litros.	0,036
Cladocera sp 6		0,048
Ostracoda sp 1		0,072
Ostracoda sp 2		0,06
Polychaeta sp 2		0,396
Rotífera sp 1		0,144
Rotífera sp 4		0,276
Rotífera sp 6		0,492
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/m^2)**
Physidae *Physa sp*	Se empleo la red Surber	1
Planaridae *Dugessia sp*		56
Veliidae *Rhagovelia sp*		1
Chironomidae *sp*		125
PERIFITON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/m^2)**
Stauroneis sp	Raspado en sustrato naturales empleando marco de acetato.	0,085
Navicula sp		0,265
Pinnularia sp		0,015
Scendesmus sp		0,06
Chlorella sp		0,125
Pediastrum sp		0,005
Surirella sp		0,035
Cyclotella sp		0,035
Melosira sp2		0,03
Cymbella sp		0,015

Raphidiopsis sp		0,005
Fragilaria sp		0,025
MÁCROFITAS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (% de Cobertura)**
Zona de alta contaminación. Transecto lineal de 25 metros.		
PECES - ICTIOFAUNA		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Individuos)**
Poecilia sp	Condiciones hidro-limnológicas pueden condicionar la presencia de especies. Transecto lineal de 25 metros. Colecta con redes.	13
Priapichthys sp		41
Trichmycterus sp		3

Tabla 271. Resultados hidrobiológicos – Cuantitativo "Punto de Control A05"
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTRO LTDA, 2014

MUESTREO SIMPLE – CUALITATIVO		
A06: Antes de la desembocadura de la quebrada Acropolis (AR de la PTAR)		
COORDENADAS: X=860391.68 Y=790602.474		
FITOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Stauroneis sp	Volumen filtrado 10 litros.	Presencia
Fragilaria sp		Presencia
Scendesmus sp		Presencia
Cyclotella sp		Presencia
Tetraedrom sp		Presencia
ZOOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Rotifera sp 1	Volumen filtrado 10 litros.	Presencia
Rotifera sp 3		Presencia
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Physidae *Physa sp*	Se empleo la red triangular	Presencia
Lymnaeidae *Lymnaea sp*		Presencia
Planaridae *Dugessia sp*		Presencia
PERIFITON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Cyclotella sp	Raspado sobre sustratos naturales	Presencia
Chlorella sp		Presencia
Oedogonium sp		Presencia
MÁCROFITAS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (% de Cobertura)**
Ludwigia sp	Transecto lineal de 25 metros.	Presencia
Eichhornia crassipes		Presencia
Heteranthera reniformis		Presencia
Polygonum sp		Presencia
PECES - ICTIOFAUNA		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Priapichthys sp		Presencia

Trichmycterus sp	Transecto lineal de 25 metros. Colecta con redes.	Presencia
Oreochromis niloticus		Presencia

Tabla 272. Resultados hidrobiológicos – Cualitativo "Punto de Control A06"
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTRO LTDA, 2014

MUESTREO SIMPLE – CUANTITATIVO		
A06: Antes de la desembocadura de la quebrada Acropolis (AR de la PTAR)		
COORDENADAS: X=860391.68 Y=790602.474		
FITOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/ml)**
Stauroneis sp	Volumen filtrado 50 litros.	12
Navicula sp		10,8
Geminella sp		1,2
Fragilaria sp		5,52
Scendesmus sp		7,2
Stigeoclonium sp		0,24
Chlorella sp		5,04
Cyclotella sp		1,2
Tetraedrom sp		0,24
ZOOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/ml)**
Rotifera sp 1	Dinámicas del río y de productividad primaria probablemente influyeron en la baja densidad poblacional. Volumen filtrado 50 litros.	0,672
Rotifera sp 3		0,048
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/m^2)**
Hydropsychidae Smicridea	Se empleo la red Surber	1
Chironomidae sp		12
Coenagrionidae Acantagrion sp 2		2
Planariidae Dugesia sp		6
Physidae Physa sp		15
Thiaridae sp		1
PERIFITON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/m^2)**
Cyclotella sp	Raspado en sustrato naturales empleando marco de acetato.	0,115
Chlorella sp		0,07
Oedogonium sp		0,02
MÁCROFITAS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (% de Cobertura)**
Ludwigia sp	Transecto lineal de 25 metros.	3%
Eichhornia crassipes		30%
Heteranthera reniformis		60%
Polygonum sp		3%
PECES - ICTIOFAUNA		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Individuos)**

Priapichthys sp	Transecto lineal de 25 metros. Colecta con redes.	11
Trichmycterus sp		1
Oreochromis niloticus		17

Tabla 273. Resultados hidrobiológicos – Cuantitativo "Punto de Control A06"
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTRO LTDA, 2014

MUESTREO SIMPLE - CUALITATIVO		
A07: Despues de la desembocadura de la quebrada Acropolis (AR de la PTAR)		
COORDENADAS: X= 860399.928 Y= 790684.015		
FITOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Melosira sp2	Volumen filtrado 10 litros	Presencia
Navicula sp		Presencia
Raphidiopsis sp		Presencia
Scenedesmus sp		Presencia
Chlorella sp		Presencia
Melosira sp		Presencia
Synedra sp		Presencia
Melosira sp1		Presencia
Fragilaria sp		Presencia
Stauroneis sp		Presencia
ZOOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Copepoda sp 1 Nauplio	Volumen filtrado 10 litros.	Presencia
Myodocopida sp 6		Presencia
Rotífera sp 1		Presencia
Rotífera sp 2		Presencia
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Physidae *Physa sp*	Se empleo la red triangular	Presencia
Chironomidae *sp*		Presencia
PERIFITON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Oedogonium sp	Raspado sobre sustratos naturales	Presencia
Stauroneis sp		Presencia
Pinnularia		Presencia
Botryococcus sp		Presencia
Navicula sp		Presencia
Coleastrum sp		Presencia
Scenedesmus sp		Presencia
MÁCROFITAS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (% de Cobertura)**
Eichhornia crassipes	Transecto lineal de 25 metros.	Presencia
Paspalum sp		Presencia
Heteranthera reniformis		Presencia
PECES - ICTIOFAUNA		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Condiciones hidro-limnológicas pueden condicionar la presencia de especies. Transecto lineal de 25 metros. Colecta con redes.		

Tabla 274. Resultados hidrobiológicos – Cualitativo "Punto de Control A07"
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTRO LTDA, 2014

MUESTREO SIMPLE - CUANTITATIVO		
A07: Despues de la desembocadura de la quebrada Acropolis (AR de la PTAR)		
COORDENADAS: X= 860399.928 Y= 790684.015		
FITOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/ml)**
Staurastrum sp	Volumen filtrado 50 litros.	0,24
Oscillatoria sp		0,96
Cymbella sp		0,72
Melosira sp2		5,28
Navicula sp		12,72
Raphidiopsis sp		1,44
Scenedesmus sp		2,16
Cyclotella sp		0,72
Chlorella sp		1,68
Melosira sp		1,92
Synedra sp		1,44
Chlorhormidium sp		0,24
Melosira sp1		8,4
Botryococcus sp		0,96
Fragilaria sp		1,2
Stauroneis sp		2,64
Closterium sp		0,72
ZOOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/ml)**
Copepoda sp 1 Nauplio	La abundancia registrada puede obedecer a mejores condiciones tróficos en el cuerpo de agua. Mayor dissponibilidad de alimento en cuanto a abundancia de fitoplancton y probablemente a menor presencia de predadores. Volumen filtrado 50 litros.	0,204
Myodocopida sp 6		0,06
Polychaeta sp 1		0,54
Rotífera sp 1		0,036
Rotífera sp 2		0,18
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/m^2)**
Chironomidae sp	Se empleo la red Surber	131
Psychodidae *Clognia albipunctatus*		11
PERIFITON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/m^2)**
Oedogonium sp	Raspado en sustrato naturales empleando marco de acetato.	0,05
Stauroneis sp		0,03
Pinnularia		0,035
Botryococcus sp		0,01
Navicula sp		0,025
Coleastrum sp		0,005
Scenedesmus sp		0,01
MÁCROFITAS		

TAXA	OBSERVACIONES	RESULTADO (% de Cobertura)
Eichhornia crassipes	Transecto lineal de 25 metros.	5%
Paspalum sp		30%
Heteranthera reniformis		20%
PECES - ICTIOFAUNA		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Individuos)**
Condiciones hidro-limnológicas pueden condicionar la presencia de especies. Transecto lineal de 25 metros. Colecta con redes.		

Tabla 275. Resultados hidrobiológicos – Cuantitativo "Punto de Control A07"
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTRO LTDA, 2014

MUESTRE SIMPLE - CUALITATIVO		
A08: Antes de la desembocadura de Río Frío a Río Neiva		
COORDENADAS: X= 860295.139 Y= 791707.886		
FITOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Navicula sp	Volumen filtrado 10 litros.	Presencia
Botryococcus sp		Presencia
ZOOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Rotífera sp 1	Volumen filtrado 10 litros.	Presencia
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
No se capturaron macroinvertebrados con la red triangular		
PERIFITON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Chlorella sp	Agua muy clara. Raspado sobre sustratos naturales.	Presencia
MÁCROFITAS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (% de Cobertura)**
Commelina sp	Transecto lineal de 25 metros.	Presencia
Paspalum sp.		Presencia
Eichhornia crassipes		Presencia
PECES - ICTIOFAUNA		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO**
Oreochromis niloticus	Transecto lineal de 25 metros. Colecta con redes.	Presencia

Tabla 276. Resultados hidrobiológicos – Cualitativo "Punto de Control A08"
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTRO LTDA, 2014

MUESTRE SIMPLE - CUANTITATIVO		
A08: Antes de la desembocadura de Río Frío a Río Neiva		
COORDENADAS: X= 860295.139 Y= 791707.886		
FITOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/ml)**
Navicula sp	Volumen filtrado 50 litros.	3,6
Microspora sp		1,2
Melosira sp		0,72

Stauroneis sp		0,72
Botryococcus sp		0,24
ZOOPLANCTON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/ml)**
Cladocera sp 3	Dinámicas del río y de productividad primaria probablemente influereon en la baja densidad poblacional. Volumen filtrado 50 litros.	0,036
Rotífera sp 1		0,024
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/m^2)**
No se capturaron macroinvertebrados con la red surber		
PERIFITON		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Ind/m^2)**
Chlorella sp	Agua muy clara. Raspado en sustrato naturales empleando marco de acetato.	0,035
MÁCROFITAS		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (% de Cobertura)**
Commelina sp	Transecto lineal de 25 metros.	15%
Paspalum sp.		30%
Eichhornia crassipes		10%
PECES - ICTIOFAUNA		
TAXA	**OBSERVACIONES**	**RESULTADO (Individuos)**
Oreochromis niloticus	Transecto lineal de 25 metros. Colecta con redes.	2

Tabla 277. Resultados hidrobiológicos – Cuantitativo "Punto de Control A08"
Fuente: CONSTRUCSUELOS SUMINISTRO LTDA, 2014

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS USOS POTENCIALES DEL RECURSO HÍDRICO

3.1 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Teniendo en cuenta las pautas para el ordenamiento y manejo del recurso hídrico, establecidas en el Decreto 3930 de 2010[17], se realiza la aplicación y calibración del modelo de simulación de calidad de agua con el propósito de determinar la capacidad asimilativa de sustancias biodegradables o acumulativas, además de la capacidad de dilución de sustancias no biodegradables.

El procesamiento de la información consiste en la realización de la modelación de la calidad del agua de Río Frío, teniendo en cuenta antecedentes y resultados

[17] **Decreto 3930 de 2010:** Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. (MINIAMBIENTE, 2010)

actuales de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos contenidos en el agua, permitiendo así establecer el comportamiento ideal de la fuente, buscando la sostenibilidad en el orden ambiental, social y económico.

3.1.1. Modelación de la Calidad del Agua – Software "QUAL 2Kw"

3.3.1.1. Alcance

La implementación del modelo de calidad del agua QUAL2Kw en Río Frío - Campoalegre, 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, así como la gradualidad de las actividades a realizar.

La calibración 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.

3.3.1.2. Antecedentes

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

- ✓ Tipos de procesos: Físicos, químicos, biológicos
- ✓ Tipo de método de solución: Métodos empíricos, soluciones aproximadas, análisis simplificado, modelos matemáticos con diferencias finitas.
- ✓ Tipo de cuerpo de agua: Río, lago, reservorio.
- ✓ Dimensión: 1, 2 o 3 dimensiones.
- ✓ Estado: Estacionario, dinámico, cuasi-dinámico.

- ✓ Tipo de transporte: Advección, dispersión, intercambio béntico.
- ✓ Tipo de cuenca: Urbanas, no urbanas.

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

- ✓ Simulación de los parámetros básicos de calidad de agua como oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), nitrógeno y el fósforo, principalmente, además de tener en cuenta la reducción de la concentración de contaminantes por el efecto de entradas de flujo adicionales.
- ✓ Flexibilidad, es decir, poder adaptarse a las condiciones de diferentes corrientes, puesto que sería algo no viable económico y técnicamente utilizar un modelo de simulación diferente para cada corriente.
- ✓ Aplicabilidad. Se prefieren los programas que hayan sido empleados en otras regiones similares a la de aplicación del modelo.
- ✓ Simplicidad en su ejecución y precisión en sus resultados. Un modelo con entradas de datos o procesos más complejos, necesariamente no es más preciso.
- ✓ Viabilidad económica. No se justifica hacer una gran inversión para un programa que tendría casi los mismos resultados de un programa más económico.
- ✓ Aprovechamiento de la información hidrométrica, meteorológica y de calidad de agua, disponible en forma histórica o actual, para los datos de entrada, lo cual se refleja en disminución de la cantidad de datos de entrada y, por tanto, de los costos, facilidad para realizar modelaciones con datos históricos y verificación más efectiva del modelo.

El proceso general de simulación de una corriente hídrica superficial (Figura 35) inicia con la identificación de las necesidades de la corriente a modelar y sigue con la etapa de selección del modelo, en esta etapa se puede elegir uno de los modelos existentes o se puede desarrollar uno nuevo. Posteriormente se inician las etapas de aplicación, calibración y verificación del modelo, las cuales permitirán finalmente predecir la calidad del agua de la corriente y tomar las medidas pertinentes o contar con una herramienta de planificación futura.

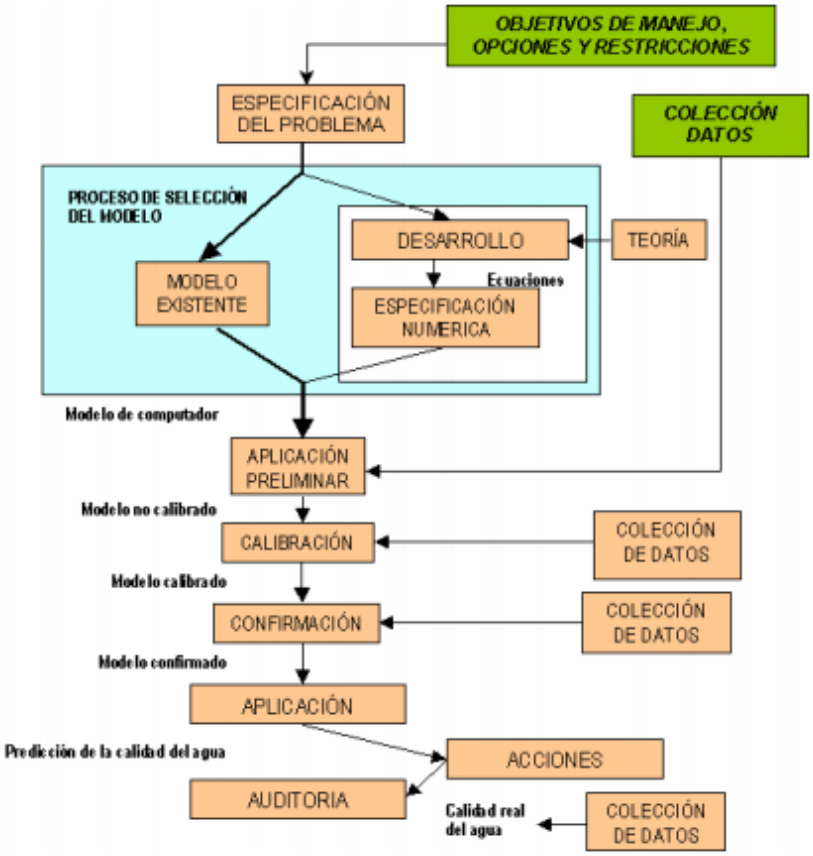


Figura 35. Proceso de Simulación de una Corriente Hídrica Superficial
Fuente: Lozano G. et al, 2003

Entidades como la Agencia de Protección Ambiental (EPA, 1988), perteneciente al gobierno de los Estados Unidos, han desarrollado una serie de modelos matemáticos mediante los cuales se puede estudiar el comportamiento de la calidad del agua en una fuente natural. Entre los modelos desarrollados por esta entidad se pueden mencionar: WASP (Water Quality Analysis Simulation Program), QUAL2K y QUAL2Kw, entre otros. Otras instituciones de reconocimiento internacional también se han preocupado por el estudio y desarrollo de este tipo de herramientas, tal es el caso del Instituto de Hidráulica Danés, (DHI por sus siglas en inglés: Danish Hydraulic Institute), quien en 1999 desarrolló el modelo MIKE11[18]; el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS)[19], agencia especializada de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), a través de su División de Salud y Ambiente (HEP), ha desarrollado y aplicado el modelo de calidad del agua RIOS; finalmente, otro software muy utilizado para modelar la calidad del agua en

[18] Danish Hydraulic Institute DHI. (1999). MIKE 11: Comprehensive 1-d dynamic flow model, www.bossintl.com
[19] Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS. (1999). Modelo matemático de calidad de aguas RIOS.

corrientes superficiales es el modelo Quality Simulation Along River Systems (QUASAR. Whitehead et al., 1997). A continuación, se realiza una descripción general de cuatro de los modelos utilizados en el mundo:

MODELO	DESCRIPCIÓN GENERAL
QUASAR	Este software modela un río como una serie de tramos definidos por confluencias de tributarios, vertederos, tomas públicas de abastecimiento de agua o descargas de efluentes, y puede ser corrido en dos modos diferentes. En modo planificación el modelo puede proporcionar distribuciones de flujo y calidad en puntos clave, permitiendo así fijar niveles máximos de efluentes para mantener la calidad del río. En modo dinámico el modelo proporciona estimaciones de flujo y de calidad en los extremos de cada tramo en un período de tiempo, permitiendo evaluar cambios propuestos en el uso, caudal y calidad de agua del río. Durante su pasaje a través de un tramo las concentraciones de los determinantes de la calidad del agua se modifican de acuerdo a procesos físicos, biológicos y químicos. Pueden ser modelados los siguientes parámetros: caudal, amoníaco, pH, nitratos, temperatura, E. Coli, demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, contaminante conservativo o trazador.
MIKE 11	Este programa fue desarrollado por el Instituto de Calidad del Agua de Dinamarca. Este modelo simula los aspectos básicos de la calidad del agua en áreas influenciadas por las actividades del hombre, como por ejemplo, el consumo de oxígeno debido a las descargas de materia. Simula los procesos de reacción de sistemas multicompuestos incluyendo la degradación de la materia orgánica, la fotosíntesis y respiración de las plantas, la nitrificación y el intercambio de oxígeno con la atmósfera. El modelo se acopla al modelo básico de advección - dispersión AD, lo cual significa que el modelo simula los procesos de transformación de diferentes compuestos y el modelo AD es utilizado para simular los procesos de transporte simultáneamente. El modelo resuelve un sistema de ecuaciones diferenciales acopladas que describen las interacciones físicas, químicas y biológicas en el río.
RIOS	RIOS proporciona un método estándar, basado en la ciencia para el manejo de cuencas en contextos en todo el mundo; combina datos biofísicos, sociales y económicos para ayudar a los usuarios a identificar las mejores ubicaciones para la protección y las actividades de restauración con el fin de maximizar el retorno de la inversión ecológica, dentro de los límites de lo que es socialmente y políticamente factible.
QUAL2Kw	El QUAL2Kw es un modelo de calidad el agua que 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. El modelo fue desarrollado por Chapra y Pelletier en el año 2008 para la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA).

Tabla 278. Descripción de Modelos de Simulación Más Utilizados en el Mundo
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En el país se han implementado diferentes modelos comerciales de calidad del agua sobre algunas corrientes superficiales entre las cuales destacan: río Bogotá, río Otún, río Cauca, río Medellín y el río Chinchiná. Los principales modelos que han sido utilizados en el país son MIKE – 11, QUASAR, OTIS, ADZ, RIOS, QUAL2E, QUAL2K y QUAL2Kw, siendo el modelo de calidad del agua QUAL2Kw uno de los

más implementados por las ventajas y características que se mencionan más adelante.

3.3.1.3. Generalidades 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. Este es un modelo de calidad el agua que 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).

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Tipo de software e interface gráfica	El modelo se ejecuta en ambiente Windows mediante el lenguaje Visual Basic. La interface gráfica funciona bajo el software Excel, lo que hace el modelo muy amigable y de fácil uso.
Segmentación del modelo	El modelo no presenta limitaciones en la especificación del número y longitud de tramos que se pueden modelar, por lo cual se pueden incluir múltiples fuentes puntuales o dispersas en cualquier tramo.
Dimensionalidad	El QUAL2Kw es un modelo unidimensional en la dirección del flujo, esto es debido a que en la mayoría de los ríos las dimensiones de la longitud son mucho mayores a las profundidades y anchos. Adicionalmente se asume que el río o canal se encuentra bien mezclado tanto vertical como horizontalmente.
Hidrodinámica	El flujo de agua se simula en condiciones hidráulicas estables, esto quiere decir en condiciones de flujo permanente, simulando periodos de caudal y cargas constantes en el tiempo
Modelación de sistemas hídricos de tipo dendrítico	El modelo permite realizar simulaciones en casos donde la simulación se extiende no solo a la corriente principal, sino también a tributarios. El modelo tiene capacidad de simular en total cuatro (4) corrientes superficiales de manera independiente o integrada al ramal principal dependiendo de las necesidades del usuario.
Entradas de masa y calor al sistema	Se simulan vertimientos y extracciones tanto puntuales como dispersas.
Parámetros modelados	Conductividad, sólidos suspendidos inorgánicos, oxígeno disuelto, DBO rápida, DBO lenta, nitrógeno orgánico disuelto, nitrógeno amoniacal, nitratos, fósforo orgánico disuelto, fósforo inorgánico, fitoplancton, detritus, patógenos, alcalinidad, carbono orgánico total, algas de fondo, temperatura y cauda
Especies de DBO carbonácea	El modelo QUAL2Kw usa dos formas de DBO carbonácea para representar el carbono orgánico. Estas formas son: la DBO de lenta oxidación (DBO slow) y la DBO de rápida oxidación (DBO fast). Adicionalmente, se simula la materia orgánica particulada (Detritus), este material de detritus está compuesto por partículas de carbón, nitrógeno y fósforo en una estequiometria fija. Las diferentes formas de DBO que simula el modelo están en términos de DBO última

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.

Tabla 279. Características del QUAL2Kw
Fuente: FUNDISPROS, 2014

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

- El modelo no es muy flexible y por tanto se encuentra algo limitado en cuanto a los parámetros y procesos que pueden ser simulados. Por ejemplo, no se incluye la degradación de hidrocarburos. Los vertidos de derivados del petróleo no pueden modelarse.

- El modelo es unidimensional y por tanto asume que el río tiene una mezcla perfecta lateral y vertical. Esta es una asunción razonable para la mayoría de los ríos, excepto cuando los ríos son particularmente anchos, profundos o tienen un movimiento lento. En estos casos debería considerarse un modelo bidimensional.

3.3.1.4. Esquematización del Modelo QUAL2Kw

La esquematización del modelo matemático de simulación QUAL2Kw corresponde a la representación de las características del sistema que se requiere modelar. En el caso de la modelación en corrientes superficiales dicha representación se refiere a las características hidrogeométricas y la definición de las fronteras del modelo (fronteras internas y externas). Las fronteras externas corresponden a las estaciones de monitoreo ubicadas aguas arriba y aguas abajo del tramo en estudio, mientras que las fronteras internas corresponden a los ríos tributarios, las extracciones y los vertimientos para los cuales se dispone de información de caudales y calidad del agua. En el momento de seleccionar los tramos entre las

estaciones se debe tener en cuenta que las propiedades físicas e hidráulicas (sección transversal, pendiente de la corriente, rugosidad etc), químicas y biológicas permanecen constantes a lo largo de cada tramo (CRC, 2012). En la Figura 36 se puede observar el esquema general del modelo QUAL2Kw con sus fronteras externas e internas.

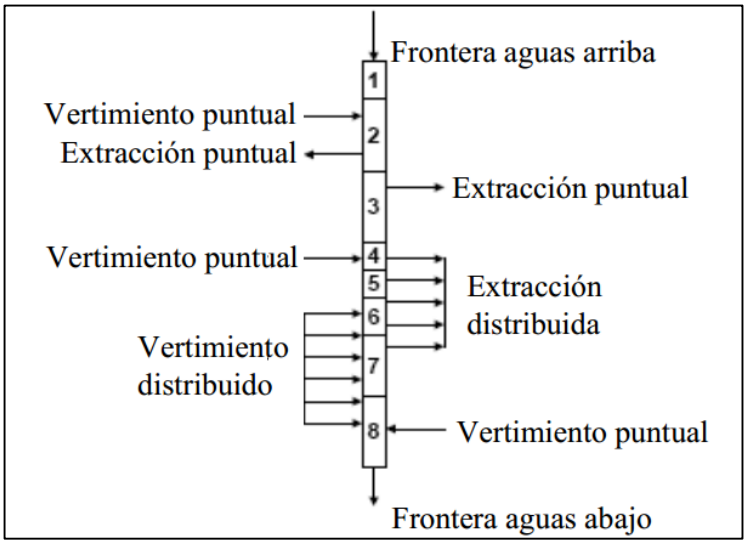


Figura 36. Esquema General del Qual2Kw
Fuente: (Chapra, et al., 2008)

En el modelo QUAL2Kw el tramo de la corriente estudiada se divide en una sucesión de pequeños subtramos o elementos computacionales que operan como reactores completamente mezclados. Para cada elemento computacional se realiza un balance hidrológico en términos del caudal, un balance térmico en términos de la temperatura y un balance de masa en términos de concentración de cada compuesto. Se tienen en cuenta procesos de transporte (advección y dispersión), fuentes externas (descarga de agua residual o extracciones de agua) y fuentes internas (demanda béntica o transformaciones bioquímicas). Las ecuaciones de balance resultante se resuelven para el caso de flujo permanente con un método clásico de diferencias finitas implícito.

Los resultados finales se traducen en curvas que muestran la variación de los parámetros modelados a lo largo de la corriente (CRC, 2012)

3.3.1.5. Balance de Flujo

El modelo QUAL2Kw trabaja bajo régimen estacionario, o sea que el flujo entrante y saliente en cada uno de los elementos computacionales en análisis se mantiene constante a través del tiempo (Ecuación 1). El esquema del balance de flujo se puede ver en la Figura 37.

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

Ecuación 1. Balance de Flujo

En donde, Q_i: Caudal de salida del elemento computacional; Q_{i-1}: Caudal de entrada del elemento computacional; $Q_{in,\ i}$: Caudal de entrada neto lateral por fuentes puntuales y difusas; $Q_{ab,\ i}$: Caudal de salida neto lateral por fuentes puntuales y difusas (Chapra, et al., 2008)

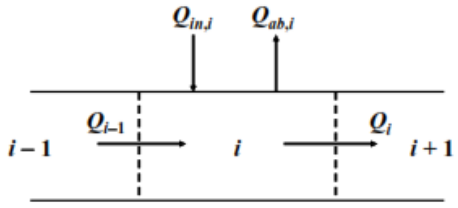


Figura 37. Esquema de Balance de Flujo
Fuente: Chapra et. Al.,2008

3.3.1.6. Balance de Masa

El modelo QUAL2Kw considera por cada constituyente (parámetro fisicoquímico o biológico) un balance general de masa en cada elemento computacional (Figura 38), el cual se describe mediante la Ecuación 2, la cual involucra los efectos de advección, dispersión, dilución, consumo o generación de constituyentes por reacciones químicas o bioquímicas y la generación o pérdida de nutrientes por fuentes externas o internas (descargas puntuales, captaciones, etc).

$$\frac{dc_i}{dt} = \frac{Q_{i-1}}{V_i} C_{i-1} - \frac{Q_i}{V_i} C_{\ i} + \frac{Q_{ab,i}}{V_i} C_i + \frac{E'_{i-1}}{V_i} (C_{I-1} - C_i) + \frac{E'_i}{V_i} (C_{i+1} - C_i) + \frac{W_i}{V_i} + S_i$$

Ecuación 2. Balance de Masa

En donde, Ci: Concentración; Qi: Flujo en el iésimo segmento; Qab: Salida en el elemento i debido a extracción puntual o difusa; Vi: Volumen incremental del iésimo segmento; t: Tiempo; Si: Fuentes y sumideros del constituyente debido a reacciones y mecanismos de transferencia de masa; Ei: Coeficiente de dispersión longitudinal entre segmentos i y i+1; Si: Carga externa del constituyente en el elemento i. (Chapra, et al., 2008)

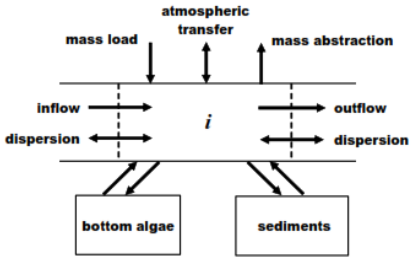


Figura 38. Esquema de Balance de Masa
Fuente: (Chapra, et Al., 2008)

3.3.1.7. Modelo de Reaireación

Las ecuaciones que permiten predecir el proceso de reaireación en los ríos están enfocadas a determinar la tasa de reaireación, también llamada coeficiente de reaireación (Ka), la cual mide la velocidad a la que el oxígeno presente en la atmósfera es transferido a los cuerpos de agua (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2007). En la Tabla 280 se resumen las ecuaciones que predicen las tasas de reaireación en el QUAL2Kw, a partir de parámetros hidráulicos.

Ecuación	Ka (d^{-1} a 20°C)	Unidades
O´Cannor y Dobbins (1958)	$Ka = 3.93\ \frac{U^{0,5}}{H^{1.5}}$ 0,305 m ≤ H ≤ 3,35 m 0,15 m/s ≤ U ≤ 0,49 m/s 0,05 d^{-1} ≤ Ka ≤ 12,2 d^{-1}	U= m/s H=m
Churchill et al. (1962)	$Ka = 5{,}026\ \frac{U^{0,969}}{H^{1,673}}$ 0,61 m ≤ H ≤ 3,35 m 0,55 m/s ≤ U ≤ 1,5 m/s 0,000126 m/m ≤ S ≤ 0,002351 m/m 0,225 d^{-1}≤ Ka ≤ 5.56 d^{-1}	U= m/s H=m S=m/m
Owens et al. (1964)	$Ka = 5{,}34\ \frac{U^{0,67}}{H^{1,85}}$ 0,122 m ≤ H ≤ 3,35 m 0,0305 m/s ≤ U ≤ 1,52 m/s 0,000156 m/m ≤ S ≤ 0,0106 m/m 0,31 d^{-1}≤ Ka ≤ 49,17 d^{-1} $Ka = 6{,}935\ \frac{U^{0,73}}{H^{1,75}}$ 0,122 m ≤ H ≤ 0,7315 m 0,0305 m/s ≤ U ≤ 0,549 m/s	U= m/s H=m S=m/m
Tsivolglou y Neal (1976)	$Ka = 0{,}3609\ \frac{\Delta H}{t}$ Para 0,028 m3/s ≤ Q ≤ 0,28 m3/s $Ka = 0{,}1772\ \frac{\Delta H}{t}$ Para 0,708 m3/s ≤ Q ≤ 85 m3/s Ka= 13566 US	ΔH= m T=d U= m/s S=m/m
Thackston y Dawson (2001)	$ka = 0{,}000025\ \left(1 + 9F^{\frac{1}{4}}\right) * \frac{U}{H}$	U= m/s H=m
USGS (pool – rifle)	$Ka = 517\ (US)^{0{,}524} * Q^{-0{,}242}$	U=m/s

	Para Q < 0,556 m3/s $Ka = 596\ (US)^{0,528} * Q^{-0,136}$ Para Q < 0,556 m3/s $Ka = 88\ (US)^{0,313} * D^{-0,353}$	Q=m3/s
USGS (Channel – control)	Para Q < 0,556 m3/s $Ka = 142\ (US)^{0,333} * D^{-0,66} * W^{-0,243}$ Para Q>0,556 m3/s	U= m/s Q= m3/s D=m W=m

Tabla 280. Ecuaciones predictivas de las tasas de reaireación
Fuente: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2007

3.3.1.8. Datos de entrada y salida del modelo

El modelo QUAL2Kw 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. El libro de Excel contiene varias hojas de trabajo en las cuales se ingresan los diferentes datos de entrada del modelo y desde donde éste es ejecutado.
Cada hoja de trabajo tiene un nombre que identifica el tipo de información que contiene y que puede resumirse de la siguiente forma: parámetros fisicoquímicos y microbiológicos tomados en campo en las campañas de monitoreo, descripción de los tramos del río, constantes hidráulicas, los valores de las constantes cinéticas de calibración del modelo, condiciones meteorológicas (temperatura del aire, temperatura del punto de rocío, velocidad del viento, nubosidad y sombra), y la información fisicoquímica correspondiente a fuentes puntuales y difusas como tributarios, captaciones y vertimientos (Corporación Autónoma Regional del Cauca CRC, 2012; Chapra et.al., 2008).

En el modelo se usan colores en las celdas para identificar si la información debe ser ingresada por el usuario o si corresponden a resultados del programa:

- ***Celdas azules:*** corresponden a las variables de diseño y los valores de los parámetros que deben ser ingresados por el usuario.
- ***Celdas amarillas***: son los datos medidos en campo que deben ser ingresados por el usuario. Estos datos posteriormente se muestran en las gráficas generadas por el modelo.
- ***Celdas verdes:*** corresponden a los resultados del modelo.
- ***Celdas oscurecidas:*** se usan para títulos y nomenclatura y no deben cambiarse.

Después de que el modelo QUAL2Kw ha efectuado los cálculos necesarios para poder realizar las corridas de simulación, se generan diferentes hojas electrónicas

y gráficas con los resultados. En las gráficas resultantes se pueden comparar las curvas correspondientes al perfil de concentraciones de los diferentes parámetros estimados por el modelo a lo largo del río, con los datos medidos en campo en las estaciones de monitoreo (Área Metropolitana Valle de Aburrá, 2011).

3.3.1.9. Información Meteorológica

La información meteorológica necesaria para la implementación del modelo consiste en datos de temperatura, temperatura de punto de rocío, velocidad del viento, nubosidad, sombra en el río producida por la topografía o vegetación y radiación solar (Chapra et.al., 2008). Estos datos y la temperatura del agua del río permiten realizar el balance de energía térmica para el cálculo de la temperatura del agua como se mencionó anteriormente.

Esta información puede ser tomada en campo, se puede consultar la base de datos de la National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA), o se pueden consultar estaciones meteorológicas existentes en la zona para obtener los valores correspondientes al día en el que se realizó el monitoreo de calidad del agua.

3.3.1.10. 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 converga hacia soluciones admisibles para el mismo. En la Figura 39 se presenta el esquema del proceso de calibración que sique el modelo de calidad del agua.

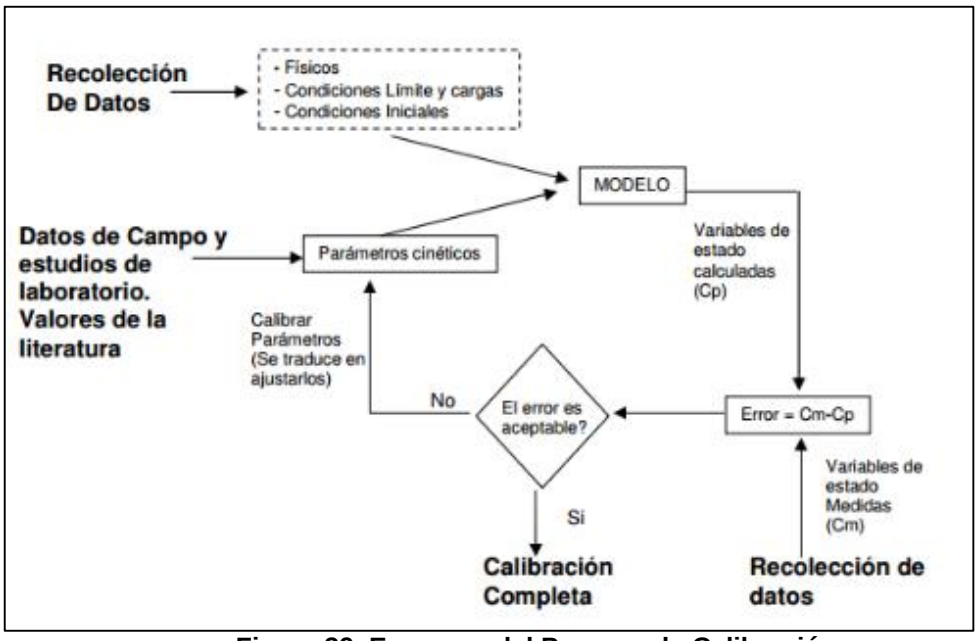


Figura 39. Esquema del Proceso de Calibración
Fuente: (Pelletier et.al., 2005)

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).

Para iniciar el proceso de optimización las variables de entrada del algoritmo genético AG-PIKAIA en el modelo QUAL2Kw son:

Random number seed: Semilla para la generación de las poblaciones iniciales en el generador de números aleatorios de Fortran. Puede introducirse cualquier valor entero real. Los números aleatorios generados están en un rango entre 0 y 1, y por ello debe introducirse rangos de variación de cada una de las variables que se van ingresar para poder reescalarlos en los valores usados para la generación aleatoria (Vera, 2007).

Model runs in a population: Corresponde al número de veces que corre el modelo en una generación. Representa el total de poblaciones de prueba que utiliza para cada generación. Se debe ingresar un número entero par, ya que si se ingresa un número entero impar el programa por defecto lo asume como el entero par anterior y realiza la corrida con ello. Puede introducirse hasta un máximo de 512 poblaciones (Vera, 2007).

Generations in the evolution: Es el número total de generaciones en que se desarrolla la población (Vera, 2007).

Digits to encode genotype: Corresponde al proceso de codificación del individuo utilizado para la población. Normalmente los algoritmos genéticos utilizan sistemas binarios para codificar los números susceptibles de calibración, esto se hace para generar un código único del individuo (asumido como el cromosoma del individuo) susceptible de cruzamiento en la siguiente generación y donde el padre deja su huella genética en la siguiente generación. Para el caso de PIKAIA este utiliza una codificación decimal es decir una variable susceptible de modificación será representada por números de 0 a 9 (ejemplo 0.235687 se representara como 235687) y este cambio se hace ya que no es muy fácil programar y manipular la codificación binaria en plataforma de Fortran. El máximo de dígitos para la codificación es de seis (Vera, 2007).

Crossover mode: El operador de cruzamiento actúa sobre el par de cromosomas padres para producir un par de cromosomas descendientes que se originaran a través de la selección e intercambio de partes de los cromosomas padres. Hay diferentes tipos de cruzamiento: cruzamiento un-punto, dos-puntos y uniforme. En el cruzamiento un-punto y dos-puntos el operador intercambia partes del cromosoma en puntos aleatoriamente seleccionados de los dos parámetros padres. Ellos difieren en el número de cortes hechos en los cromosomas padres (Pelletier et. al., 2006). En el cruzamiento uniforme son los genes individuales seleccionados aleatoriamente de los dos parámetros padres para el intercambio y no partes del cromosoma. Adicionalmente, a estos tres modos de cruzamiento el modelo QUAL2Kw presenta las opciones de cruzamiento aritmético y modos híbridos de cruzamiento que son combinaciones de un-punto, dos-puntos, uniforme y aritmético (Chapra et. al., 2008).

Crossover probability: Representa la probabilidad total de individuos susceptibles de cruzamiento, el valor estándar recomendado por múltiples autores es del 85% (0.85), esto quiere decir que por cada 100 individuos susceptibles de cruzarse se deben usar 85 de ellos para realizar el cruzamiento (Vera, 2007).

Mutation mode: Representa la mutación posible que puede realizar el programa, se presentan básicamente cinco métodos de mutación, todos están basados en una tasa de modificación que es susceptible de modificación de acuerdo al ajuste o a la distancia sobre las respuesta obtenidas, o también este proceso se puede realizar con una tasa fija. La mutación es el factor que permite la existencia de diversidad de especie en la población en cada generación siguiente a la inicial de manera que pueda evitar la rápida convergencia de la misma a una solución que puede ser la incorrecta y que no pueda salir de allí (Vera, 2007).

Initial mutation rate: Representa la tasa de mutación inicial en el caso que se usen planes de mutación diferentes a la tasa fija, si se utiliza la opción de tasa fija este será el valor de la tasa de mutación. Puede variar entre 0 y 1, pero se recomiendan valores bajos (Martínez, 2000) debido a que si se fijan valores alto el algoritmo puede degradarse y perder la convergencia inicial planteada.

Minimun mutation rate: Representa el valor mínimo que puede asumir la tasa de mutación en caso de utilizar un método de mutación diferente al de la tasa fija. Puede variar entre cero y uno (Vera, 2007).

Maximun mutation rate: Representa el valor máximo que puede asumir la tasa de mutación en caso de utilizar un método de mutación diferente al de la tasa fija. Puede variar entre cero y uno (Vera, 2007).

Relative Fitness Differential: Se puede traducir como la presión de la selección, este parámetro indica cuanta ventaja supone tener una aptitud alta para ser elegido como padre. Cuando el valor es fijado en uno los individuos más aptos tienen las mayores ventajas para transmitir sus genes, mientras que cuando es fijado en cero se anula la presión de selección y los individuos serán elegidos al azar independiente de su aptitud eliminando así la componente de selección genética del algoritmo. Se recomienda usar el valor máximo de uno (Vera, 2007).

Reproduction Plan: Es el plan de reproducción que el algoritmo debe usar. La selección de los individuos en el algoritmo PIKAIA se realiza por el método de la rueda de la ruleta “roulette wheel” usando el ajuste relativo obtenido para la población como una medida de la probabilidad de selección. Esto puede representarse como un juego de ruleta, en la cual cada individuo obtiene una sección de la ruleta y los individuos más aptos obtienen mayores secciones de la ruleta, luego la ruleta se hace girar y para en los individuos que va utilizar para realizar generaciones siguientes o crear hijos. Una vez definidos estos se debe seleccionar el método de reproducción a utilizar, que básicamente se divide en tres: En la primera alternativa se realiza un reemplazo total de la población, esto quiere decir que el total de hijos creados reemplaza al total de padres originales; la segunda alternativa se denomina selección aleatoria de eliminación; y la tercera eliminación de los peores, para estas dos últimas los planes de reproducción difieren en los miembros de la población que se eliminan cuando la generación siguiente es incorporada (Vera, 2007).

Elitism: Es una forma de conservar los individuos más aptos de una población de padres para que puedan pasar sin modificaciones a la generación siguiente. Si se coloca el valor de cero no se realizara elitismo, mientras si se coloca el valor de uno se realizará dicha preservación, que será únicamente ejecutada si se utiliza el segundo o tercer plan de reproducción (Vera, 2007).

Restart from previous evolution: Si se selecciona el valor de cero, indica que todas las poblaciones iniciales para la corrida de autocalibración serán generadas de forma aleatoria cada vez que se corra, mientras si se selecciona el valor de uno, siempre el programa toma una población inicial como los valores que se presentan para las variables a calibrar que se encuentren dentro de la hoja electrónica al momento de realizar la calibración (Vera, 2007).

Otro factor importante para llevar a cabo la calibración del modelo, es definir el tipo de error que se quiere manejar, o la función objetivo a calibrar, esto se hace bajo dos aspectos (Vera, 2007):

El primero de ellos obedece a la formulación matemática utilizada para el mismo, aquí se puede mencionar por ejemplo el error cuadrático medio que realiza una diferencia cuadrática de los datos observados contra los datos modelados. Para poderlo generalizar se realiza una sumatoria de estas diferencia puntuales que se estandariza entre la media de los datos usados para la calibración del mismo, o algún test de tipo estadístico que permita manejar un nivel de confianza para el modelo.

El segundo está definido en los rangos de error permitidos para que el modelo se aceptado como calibrado, o en los niveles de confianza sobre los cuales el modelo puede ser aceptado, esto es criterio del diseñador y debe estar fundamentado en una explicación racional del ajuste o nivel de confianza del mismo.

Esta función de error es programada de forma independiente dentro de la hoja “Fitness” del QUAL2Kw, todos los cálculos de la función objetivo se realizan de forma secuencial y el resultado se enlaza en la hoja de trabajo “Rates” para efectuar la calibración automática.

3.3.1.11. Confirmación del Modelo

En un modelo de calidad del agua es necesario evaluar la capacidad predictiva del modelo en condiciones hidrológicas y ambientales diferentes a las observadas en la calibración. Por este motivo, terminado el proceso de calibración del QUAL2Kw y establecidos los valores de las constantes cinéticas que mejor representan las características de la corriente modelada, es necesario corrobar el ajuste manteniendo las constantes fijas y alimentando el modelo con nueva información en los puntos usados para calibración, de esta forma bajo rangos de error o ajustes estadísticos se acepta o no la confirmación del modelo (Vera, 2007).

3.3.1.12. 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.

Es importante tener en cuenta que la toma de decisiones debe estar enfocada al monitoreo posterior a la realización de las medidas que se hayan tomado para solucionar el problema, y saber si el escenario de modelación tomado como base para tomar esa decisión, fue efectivo y tuvo el impacto esperado, o si el modelo debe ser ajustado (Vera, 2007).

3.1.2. Metodología para La implementación del Modelo QUAL 2Kw

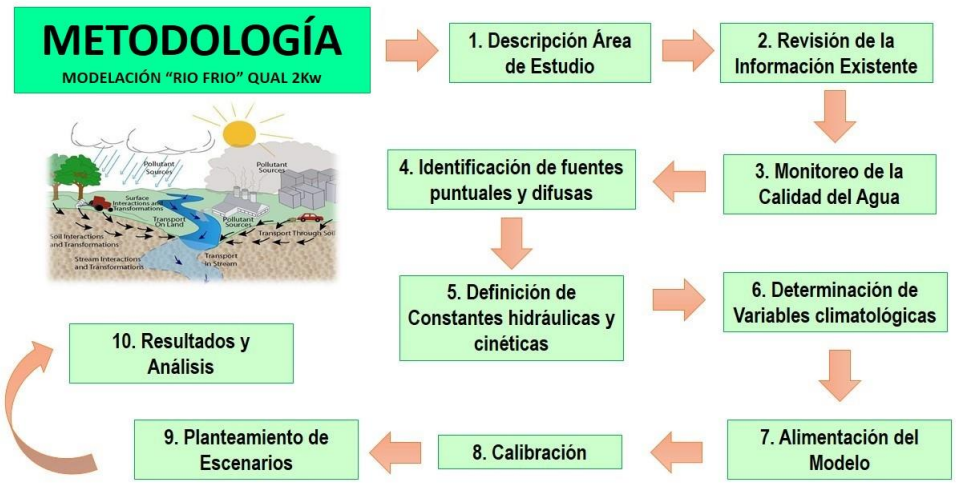


Figura 40. Esquema de La Metodología Utilizada para La Implementación del Modelo QUAL2Kw
Fuente: FUNDISPROS, 2014

3.1.2.1 Descripción Área de Estudio

La subcuenca de Río Frío - Campoalegre se encuentra ubicada en la cuenca hidrográfica del río Neiva en el departamento del Huila, y comprende al municipio

de Campoalegre. La corriente tiene una longitud de 10.26 Km y nace en la cordillera Oriental a una altura de 800 m.s.n.m. y desemboca en el río Neiva aproximadamente a 480 m.s.n.m.; sus afluentes principales son la quebrada El Vergel, la quebrada Lavapatas y la quebrada Acrópolis. Presenta deforestación, procesos erosivos avanzados y contaminación por aguas residuales y agroquímicos.

Figura 41. Río Frio - Campoalegre
Fuente: GOOGLE MAPS, 2014

El manejo y conservación de esta corriente superficial es de vital importancia teniendo en cuenta que provee el agua necesaria para el acueducto del municipio de Campoalegre y el acueducto de la vereda Palmar Bajo (Campoalegre). Adicionalmente, esta corriente superficial provee el agua necesaria para otros usuarios individuales que captan el agua para sus actividades diarias. Por otra parte, la corriente también es receptora a lo largo de su recorrido de múltiples vertimientos de aguas residuales domésticas y en menor medida de aguas residuales de tipo agrícola (cultivos de arroz, cacao y algodón), además, sus tributarios más importantes presentan niveles de contaminación elevados ya que son receptores de importantes vertimientos de aguas residuales de tipo doméstico en su mayoría sin ningún tipo de tratamiento.

3.1.2.2 Revisión de la Información Existente

La subcuenca de Río Frío - Campoalegre cuenta con escasa información de tipo ambiental, sin embargo, la Fundación Desarrollo de las Ingenierías y Ciencias de la Salud para la Proyección Social – FUNDISPROS, realizó recientemente el diagnóstico de la subcuenca, en este estudio se determinó la información climatológica (precipitación, humedad relativa, temperatura), se realizaron los

balances hídricos, se aforó la corriente y sus principales tributarios en diferentes puntos, se llevó a cabo el estudio de suelo y se determinó la oferta y la demanda de agua en la subcuenca tanto para tiempo de lluvia como para tiempo seco de acuerdo a los usuarios y las actividades productivas. Por otra parte, se identificaron y se aforaron los vertimientos directos que se realizan al cuerpo de agua principal.
Adicionalmente, se cuenta con un monitoreo de calidad del agua realizada en el año 2009 en 6 puntos distribuidos así: 2 puntos ubicados sobre la corriente y 4 puntos ubicados en la descarga de sus principales vertimientos. A continuación se resume la información secundaria más importante y que sirvió para implementar el modelo de calidad del agua QUAL2Kw

Parámetro	Uni.	Valor (mensual)											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
T	ºC	25.8	26	25.5	25.2	25.3	25.2	25.5	26.2	26.5	25.9	25.1	25.1
HR	%	72	71	75	78	76	72	66	61	62	71	78	77
PPT	mm	114.9	125.47	158.75	161.95	106.53	49.4	46.59	22.97	44.59	179.49	193.25	144.25

Tabla 281. Variables climatológicas, Datos mensuales. Estación Hda. Potosí
Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, 2010

SITIO DE AFORO	CAUDAL (m^3/s)					
	Campaña 1		Campaña 2		Campaña 3	
	06/05/2014	26/05/2014	02/09/2014	03/09/2014	07/10/2014	08/10/2014
Antes de la bocatoma del Acueducto Municipal de Campoalegre	0.81		0,67		0.59	
Río Frío - Antes de la desembocadura del drenaje		0.08	0,01		0.01	
Río Frío – Despues de la desembocadura del drenaje pero antes de la Q. El Vergel		0.13	0,01		0.01	
Q. El Vergel - Antes de desembocar en el Río Frío	0.01		0,02			
Río Frío-Despues de la desembocadura de la Q.El Vergel	0.16					
Río Frío – Antes del Colector deA.R. (Barrio Rodrigo Lara)				0.12		
Río Frío – Despues del Colector de A.R. (Barrio Rodrigo Lara)				0.12		
Colector de A.R. Roto (BarrVilla Gloria) – Antes de desembocar al Río Frío				0.02		
Río Frío – Despues del Colector de A.R. Roto (Barrio Villa Gloria)				0.12		

Río Frío - Antes de la desembocadura de la Q. Lavapatas	0.11		0,03	0,03	
Q. Lavapatas – Antes de desembocar en Río Frío	0.02		0.02	0.01	
Despues de la desembocadura de la Q. Lavapatas					
Río Frío – Antes de la descargade la Q. Caraguaja		0.27		0.08	
Q. Caraguaja – Antes de desembocar al Río Frío			0.72	0.35	
Río Frío – Tomo El Viso – Despues de la Q. Caraguaja		0.23	0.74		0.26
Río Frío - Antes de la desembocadura de la Q. Acropolis (AR de la PTAR)		0.01			
Q. Acrópolis - Antes de desembocar en el Río Frío			0.25		
Río Frío - Despues de la esembocadura de la Q. Acropolis (AR de la PTAR)			0.23		
Antes de la desembocadura de Río Frío a Río Neiva			0.15	0.51	

Tabla 282. Aforos Río Frío y principales tributarios, 2014
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Sitio de Aforo	Descripción	Coordenadas		Caudal (L/s)
		X	Y	
B01	Río Frío aguas arriba	75° 18’ 55.6”	2° 41’ 35.8”	484
B02	Río Frío aguas abajo	75° 20’ 8.2”	2° 41’ 50.7”	1670
B03	Vertimiento 1: Villa Gloria	75° 19’ 54.4”	75° 19’ 54.4”	38.3
B04	Vertimiento 2: Villa Sincelejo	75° 19’ 55.2”	2° 41’ 40”	10.5
B05	Vertimiento 3: San Isidro 12 de octubre	75° 20’ 11”	2° 41’ 10.9”	11.8
B06	Vertimiento 4: San Isidro 12 de octubre	75° 20’ 11.2”	2° 41’ 11.5”	5.43

Tabla 283. Puntos de monitoreo calidad del agua, año 2009
Fuente: ANTEK S.A & FUNDACORH-UNIVLAB, 2009

3.1.2.3 Monitoreo de la Calidad del Agua

Para implementar el modelo de calidad del agua QUAL2Kw es fundamental contar con datos históricos o recientes de campañas de monitoreo de calidad del agua en estaciones ubicadas sobre la corriente que se requiere modelar, de tal forma que sea posible realizar la calibración y confirmación de las constantes cinéticas que mejor representan las características de la corriente.

Para el modelo, las fronteras externas corresponden a las estaciones de monitoreo ubicadas aguas arriba y aguas abajo del tramo de estudio. El modelo permite ingresar los valores de calidad del agua medidos en la corriente de forma puntual, el valor medio de los datos medidos en un tiempo determinado y los valores mínimos y máximos observados para cada parámetro de calidad de agua en las estaciones monitoreadas (Vera, 2007).

El QUAL2Kw permite modelar los siguientes parámetros fisicoquímicos y microbiológicos: 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.

El QUAL2Kw usa dos formas para trabajar la demanda bioquímica de oxígeno carbonácea (DBOC), estas dos formas son la DBO rápida (BOD fast) que es la materia orgánica fácilmente oxidada por los microorganismos y la DBO lenta (BOD slow) que es la materia orgánica que es difícilmente biodegradable por la población bacteriana (Vera, 2007). Al modelo es necesario ingresar los valores de DBO rápida y DBO lenta en términos de DBO última, esto supone una dificultad teniendo en cuenta que actualmente la materia orgánica es medida en el laboratorio a 5 días (DBO5) por cuestiones de tiempo y presupuesto.

La DBO última o total es la medida hasta el agotamiento total de la materia orgánica total, lo que usualmente ocurre en un periodo de 20 días, esta oxidación se alcanza en dos etapas: en la primera se estabiliza la materia carbonácea y corresponde a la primera fase de la desoxigenación; mientras que en la segunda fase se oxidan los compuestos nitrogenados carbonácea (Metcalf et.al., 1998).

La cantidad de oxigeno remanente en un tiempo determinado es la Demanda Bioquímica de Oxigeno a ese tiempo, esta medida de la DBO es proporcional a la cantidad de material orgánico biodegradable o sustrato. La velocidad de consumo de sustrato sigue una cinética de primer orden, lo cual matemáticamente se puede establecer de la siguiente manera (Pelletier et.al., 2004):

$$\boldsymbol{Yt = L_0 * \left(1 - e^{-k*t}\right)}$$

Ecuación 3

Donde y
t
Donde: Y_t demanda bioquímica de oxígeno en un tiempo t; L_0: DBO última; K: constante cinética de reacción; t: tiempo.

Experimentalmente se ha encontrado que la constante cinética de reacción para la DBO en aguas superficiales y residuales varía entre 0.05 y 0.3 d^{-1}, estableciéndose

que el valor más común es de K≈0.23 d. Para aguas de otro tipo, como por ejemplo las aguas producidas por industrias K varía de 0.12 a 0.7 d^{-1} (Pelletier et.al., 2004).

Para efectos de evaluar la calidad del agua y realizar la modelación de Río Frío - Campoalegre, FUNDISPROS realizó una campaña de monitoreo en enero del 2014 sobre ocho (8) puntos ubicados a lo largo del recorrido de la corriente. A continuación se detallan los puntos monitoreados, la distancia acumulada hace referencia al kilómetro sobre la corriente sobre el cual se ubicaron las estaciones de monitoreo, para efectos de la modelación se toma que el kilómetro 0 es la desembocadura de Río Frío en el río Neiva.

Sitio de Aforo	Descripción	Coordenadas		Altura (m.s.n.m)	Distancia Acumulada (Km)	Caudal (L/s)
		X	Y			
A01	Antes de la bocatoma del Acueducto Municipal Campoalegre	865383.36	789507.53	732	9.14	466
A02	Antes de la desembocadura del drenaje	862123.35	789095.52	553	4.50	297
A03	Después de la desembocadura de La Q. El Vergel (que transporta AR del matadero municipal)	861890.97	789184.29	547	4.24	326
A04	Antes de la desembocadura de la Q. Lavapatas	861206.86	789284.40	527	3.45	132.4
A05	después de la desembocadura de la Q. Lavapatas	861162.11	789294.16	527	3.40	211.4
A06	Antes de la desembocadura de la Q. Acropolis (AR de la PTAR)	860391.68	790602.47	501	1.35	281.8
A07	después de la desembocadura de la Q. Acrópolis (AR de la PTAR)	860399.93	790684.02	497	1.27	390.9
A08	Antes de la desembocadura de Río Frío al río Neiva	860295.14	791707.89	493	0.12	212.8

Tabla 284. Puntos de monitoreo calidad del agua, año 2014
Fuente:FUNDISPROS, 2014

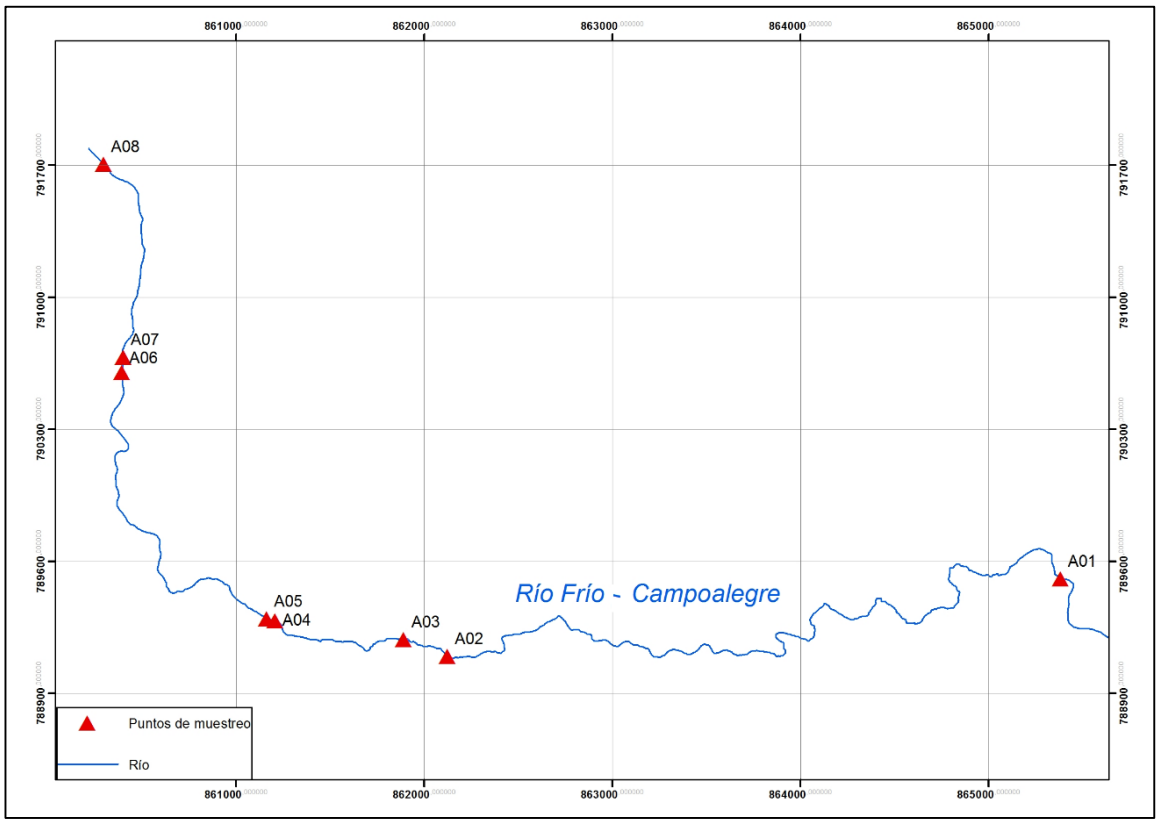


Figura 42. Ubicación de los puntos de Monitoreo sobre Río Frío - Campoalegre
Fuente:FUNDISPROS, 2014

En la campaña de monitoreo realizada se evaluaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que permitieron implementar el modelo de calidad del agua QUAL2Kw. Los resultados de los parámetros medidos in situ y lo resultados de los parámetros determinados en el laboratorio se presentan 3.1.4 y 3.1.5 del presente documento.

Para efectos de la modelación, se tiene en cuenta que al modelo QUAL2Kw se deben ingresar valores de DBO última, se asumió una constante cinética para la DBO (K_{DBO}) igual a 0.22 d^{-1}, ya que de acuerdo a la literatura este valor oscila entre 0.05 y 0.3 d^{-1} (Pelletier et.al., 2004). A partir de los valores de DBO5 filtrada se calcularon los valores de DBO rápida que deben ingresarse al modelo, en el caso de la DBO lenta, no se contó con la medición del carbono orgánico disuelto, por lo cual se asumió que dadas las características de la corriente la DBO lenta se puede aproximar a cero. Para el caso del detritus, se asumió de acuerdo a la literatura que los sólidos suspendidos volátiles (SSV) representan el 83.33% de los sólidos suspendidos totales (SST), posteriormente se determinó que la DBO última de los SSV es igual a los detritus. A continuación se presentan las ecuaciones utilizadas y se resumen los resultados.

$$DBO_{u\,Total} = DBO_{u\,Detritus} + DBO_{u\,rápida} + DBO_{u\,Lenta}$$ Ecuación 4

$$DBO_{u\,Total} = \frac{DBO_5}{1-e^{-k*5}}$$ Ecuación 5

$$DBO_{u\,Filtrada} = \frac{DBO_{5\,Filtrada}}{1-e^{-k*5}}$$ Ecuación 6

$$DBO_{u\,Rapida} = DBO_{u\,filtrada}$$ Ecuación 7

$$DBO_{u_{SSV}} = g\frac{SSV}{L} * \frac{40_g\,C}{g\,SSV} * \frac{2.69_g O_2}{gC}$$ Ecuación 8

$$DBO_{u\,Detritus} = DBO_{u_{SSV}}$$ Ecuación 9

$$DBO_{u_{Lenta}} = 0$$ Ecuación 10

Sitio de aforo	DBO_5 Filtrada (mg/L)	SSV (mg/L)	DBO_u Rápida (mg/L)	DBO_u Detritus (mg/L)	DBO_u Lenta (mg/L)
A01	15	8.01	22.48	0.86	0.00
A02	12	8.01	17.99	0.86	0.00
A03	1	74.16	1.50	7.98	0.00
A04	10	153.33	14.99	16.50	0.00
A05	40	21.67	59.96	2.33	0.00
A06	9	18.33	13.49	1.97	0.00
A07	7	108.33	10.49	11.66	0.00
A08	7	10.83	10.49	1.17	0.00

Tabla 285. Determinación de DBO rápida, lenta y Detritus
Fuente: FUNDISPROS, 2014

3.1.2.4 Identificación de Fuentes puntuales y Difusas

Las fuentes de contaminación del agua se dividen en fuentes puntuales y fuentes difusas, la primera consiste en fuentes que entran al medio ambiente por un solo punto de entrada que se identifica fácilmente, mientras que las fuentes difusas son aquellas que se reparten en áreas más extensas. Las fuentes puntuales tienden a ser aquellas directamente identificadas por sus orígenes en actividades humanas y son descargadas por tuberías y alcantarillas a los cuerpos de agua (fábricas, plantas de tratamiento de aguas residuales, minas, pozos petroleros, etc). Las fuentes difusas por el contrario son relativamente más difíciles de identificar y controlar (Vertimiento de sustancias químicas, tierras de cultivo, lotes para pastar ganado, construcciones, tanques sépticos) (Manahan, 2006).

En el QUAL2Kw las fronteras internas del modelo corresponden a las fuentes puntuales (ríos, extracciones y vertimientos) y a las fuentes difusas (vertimientos no

puntuales) para los cuales se dispone de información de caudales y calidad del agua ya que han sido previamente identificados en campo.

En el recorrido de 10.26 Km que realiza Río Frío desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Neiva, se identificaron aproximadamente 12 tributarios (quebradas y drenajes), sin embargo, debido a las condiciones de la zona de estudio, la mayoría de estos tributarios son corrientes menores que permanecen la mayor parte del año sin caudal. Al modelo de calidad del agua se ingresó la información de cinco tributarios principales de Río Frío y sobre los cuales se realizaron aforos en el año 2014 como se detalló anteriormente (Drenaje, Quebrada El Vergel, Lavapatas, Caraguaja y Acrópolis). En cuanto a captaciones de caudal sobre la corriente, existen 11 captaciones con concesión de caudal en tiempo seco y en tiempo de lluvia. Teniendo en cuenta que el monitoreo de calidad del agua sobre Río Frío se realizó en el mes de enero del 2014, al modelo de calidad se ingresó la información de caudal concesionado para tiempo seco. En el caso de los vertimientos que se realizan directamente sobre la corriente, se identificaron 60 vertimientos (en su mayoría aguas residuales domésticas), los cuales se encuentran aforados pero no fueron caracterizados mediante análisis fisicoquímicos.

Finalmente, para la implementación del modelo de calidad del agua se despreció el aporte directo de fuentes difusas. A continuación se presentan los datos descritos anteriormente y que fueron ingresados al modelo como fuentes puntuales, la distancia acumulada hace referencia al kilómetro sobre la corriente sobre el cual se ubica cada fuente puntual.

Nombre	Coordenadas X	Coordenadas Y	Altitud	Distancia Acumulada
Drenaje	865885	789064	783	10.02
Drenaje	865711	789173	766	9.54
Drenaje	865534	789242	750	9.06
Drenaje	865345	789575	728	4.47
Quebrada El Vergel	862097	789123	551	4.26
Drenaje	861913	789186	549	3.82
Quebrada Lavapatas	861521	789179	535	3.42
Quebrada Caraguaja	861180	789291	527	2.82
Quebrada Acropolis	860693	789442	515	1.31
Zanja El Carbonal	860398	790646	498	0.57
Drenaje	860495	791347	501	0.40
Drenaje	860478	791518	498	0.33

Tabla 286. Tributarios de Río Frío
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Para el ingreso al modelo de la caracterización físico-química de los tributarios, se asumió la caracterización físico-química de la estación de monitoreo sobre Río Frío más cercana a su desembocadura en el mismo, esto teniendo en cuenta que solamente se contó con parámetros de campo in situ para algunos de los tributarios.

Nombre	Cód.	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m)	Distancia Acumu. (Km)	Caudal Tiempo Seco (L/s)
		X	Y			
Primera derivación primera izquierda Acueducto Municipal de Campoalegre	D1	865353	789532	731	9.10	108.4
Primera derivación primera izquierda primera subderivaciones izquierda Acueducto Palmar Bajo	D2	865345	789575	728	9.06	2.6
Segunda derivación segunda izquierda Acequia La Encinada	D3	865336	789604	732	9.02	64.1
Tercera derivación primera derecha Acequia Potosí – El Viso (ramal izquierdo)	D4	865249	789663	725	8.90	18.6
Cuarta derivación segunda derecha Acequia Churumbelo (ramal derecho)	D5	864830	789458	698	8.22	30.5
Tercera derivación primera derecha Acequia Potosí - el viso (ramal derecho)	D6	864691	789329	686	7.96	25.5
Quinta derivación tercera izquierda Acequia La Lozada (ramal izquierdo)	D7	864541	789298	682	7.77	38.4
Cuarta derivación segunda derecha Acequia Churumbelo (ramal izquierdo)	D8	864530	789311	680	7.75	8.2
Quinta derivación tercera izquierda Acequia La Lozada (ramal derecho)	D9	864524	789319	680	7.74	45.3
Sexta derivación cuarta izquierda Acequia La Quinta	D10	863108	789159	597	5.71	7.8
Séptima derivación cuarta derecha Bombeo Predio el Balso	D11	860382	791627	492	0.24	21.1

Tabla 287. Captaciones sobre Río Frío, Tiempo seco
Fuente: FUNDISPROS, 2014

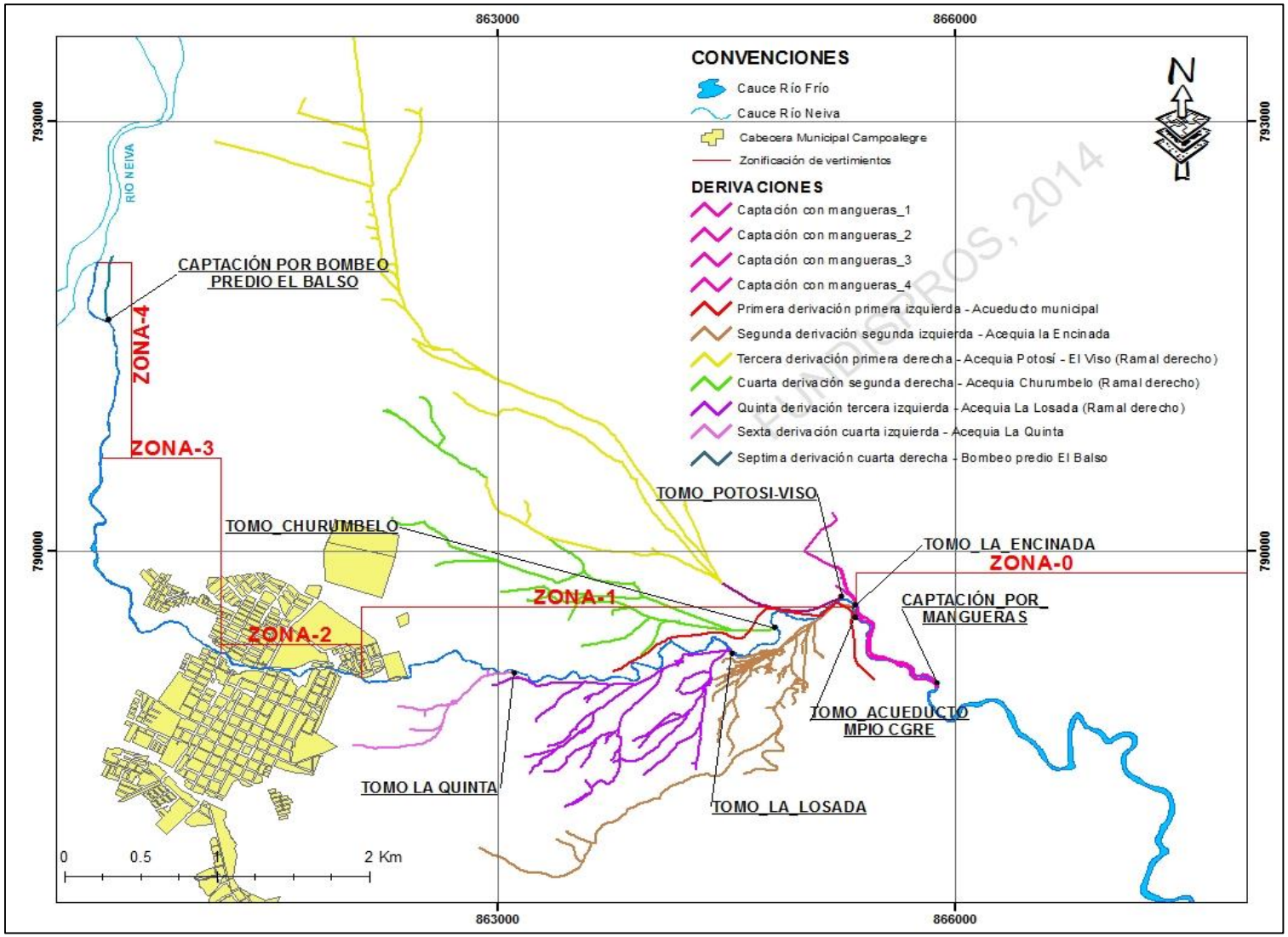


Figura 43. Localización de las Derivaciones en la Cada Zona.
Fuente:FUNDISPROS, 2014

Nombre	Cód.	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m)	Distancia Acumulada (Km)	Caudal (L/s)
		X	Y			
Vertimiento doméstico	V1		789154	550	5.04	1.00
Vertimiento doméstico	V2		789158	548	5.02	0.02
Vertimiento doméstico	V3		789162	548	5.00	0.04
Vertimiento mixto colectores de AR Barrio Panama_A	V4		789186	543	4.90	1.03
Vertimiento doméstico	V5		789206	543	4.83	0.15
Vertimiento doméstico	V6		789196	541	4.82	0.03
Vertimiento doméstico	V7		789194	542	4.81	0.03
Vertimiento doméstico	V8		789155	543	4.81	0.05
Vertimiento doméstico	V9		789133	542	4.80	0.02
Vertimiento doméstico	V10		789139	543	4.80	0.03
Vertimiento doméstico	V11		789131	540	4.75	0.08
Vertimiento doméstico	V12		789114	540	4.74	0.08
Vertimiento mixto colectores de AR Barrio Panama_B	V13		789122	540	4.73	0.87
Vertimiento doméstico	V14		789114	536	4.68	0.02
Vertimiento doméstico	V15		789121	538	4.63	0.38
Vertimiento doméstico	V16		789135	538	4.63	0.03
Vertimiento doméstico	V17		789188	535	4.55	0.20
Vertimiento doméstico	V18		789191	535	4.54	0.08
Vertimiento doméstico	V19		789184	535	4.54	0.02
Vertimiento doméstico	V20		789185	535	4.53	0.02
Vertimiento doméstico	V21		789160	536	4.53	4.53
Vertimiento doméstico	V22		789178	535	4.53	0.04
Vertimiento doméstico	V23		789186	535	4.53	0.02
Vertimiento pecuario	V24		789189	536	4.52	0.05
Vertimiento doméstico	V25		789197	536	4.52	0.40
Vertimiento doméstico	V26		789161	537	4.50	0.03
Vertimiento doméstico	V27		789211	532	4.44	0.05
Vertimiento doméstico	V28		789200	531	4.36	0.01
Vertimiento doméstico	V29		789210	531	4.31	0.02
Vertimiento doméstico	V30		789244	530	4.30	0.01
Vertimiento doméstico	V31		789222	531	4.30	0.04
Vertimiento doméstico	V32		789286	530	4.27	0.03
Vertimiento doméstico	V33		789293	529	4.26	0.01
Vertimiento mixto colectores de AR Barrio Alfonso Lopez_C	V34		789259	529	4.22	0.83
Vertimiento mixto colectores de AR Barrio Alfonso lopez_D	V35		789284	527	4.18	0.81
Vertimiento doméstico	V36		789282	526	4.14	0.03
Vertimiento doméstico	V37		789301	527	4.13	0.05
Vertimiento doméstico	V38		789287	526	4.13	0.03
Vertimiento doméstico	V39		789302	527	4.12	0.03
Vertimiento doméstico	V40		789305	527	4.12	0.03
Vertimiento doméstico	V41		789291	527	4.11	0.02
Vertimiento doméstico	V42		789296	526	4.10	0.05
Vertimiento doméstico	V43		789324	528	4.10	0.02
Vertimiento doméstico	V44		789350	524	4.00	0.02
Vertimiento doméstico	V45		789360	522	3.99	0.05
Vertimiento doméstico	V46		789365	522	3.97	0.04
Vertimiento doméstico	V47		789376	521	3.94	0.81
Vertimiento doméstico	V48		789412	519	3.90	0.01
Vertimiento doméstico	V49		789567	518	3.80	1.01
Vertimiento doméstico	V50		789577	519	3.79	0.04

Vertimiento mixto colectores de AR Barrio Rodrigo Lara - Villa Gloria_E	V51	789509	517	3.77	3.50
Vertimiento doméstico	V52	789518	515	3.70	0.02
Vertimiento doméstico	V53	789515	515	3.68	0.02
Vertimiento mixto colectores de AR Barrio San Carlos_F	V54	789690	512	3.22	23.82
Vertimiento doméstico	V55	789730	512	3.18	0.03
Vertimiento doméstico	V56	789731	512	3.18	0.04
Vertimiento doméstico	V57	789733	512	3.17	0.03
Vertimiento doméstico	V58	789734	512	3.17	0.03
Vertimiento descoles de riego	V59	790799	500	1.85	3.50
Vertimiento descoles de riego	V60	791116	496	1.53	5.30

Tabla 288. Vertimientos a Río Frío
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Para el ingreso al modelo de la caracterización físico-química de los vertimientos producto de actividades domésticas y del riego de cultivos de arroz, se recurrió a la literatura dado que no se contaba con información tomada en campo. A continuación se presenta la caracterización físico-química que se ingresó al modelo de acuerdo al tipo de vertimiento.

Parámetro	Unidades	Vertimiento de ARD[20]	Vertimiento de Riego – Cultivo de Arroz
pH	Unid.	6.8	6.9
Conductividad	µS/cm	350	400
Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	3	4.5
DBO Lenta	mg/L	115.2	218.8
DBO rápida	mg/L	164.8	146.9
Nitrógeno orgánico	µg/L	15000	500
Nitrógeno amoniacal	µg/L	25000	500
Fósforo orgánico	µg/L	3000	100
Fósforo inorgánico	µg/L	5000	100
Sólidos suspendidos inorgánicos	mg/L	36.67	16.67

Tabla 289. Caracterización de Vertimientos
Fuente: FUNDISPROS, 2014

3.1.2.5 Definición de Constantes Hidráulicas y Cinéticas

3.1.2.5.1 Constantes Hidráulicas

En un modelo de calidad es indispensable definir en forma correcta el componente hidráulico, ya que la velocidad media de la corriente, la pendiente del tramo, el ancho y la profundidad de la sección transversal, determinan la tasa de reaireación de la corriente y por lo tanto su capacidad de autodepuración, así mismo la velocidad del flujo determinan los tiempos de viaje o de residencia de los contaminantes en el tramo (Chapra et.al., 2008).
El QUAL2Kw tiene dos opciones para definir las constantes hidráulicas como se muestra a continuación, el primer método se conoce como Rating Curves y el

[20] ARD: Aguas Residuales Domésticas

segundo utiliza la fórmula de Manning. La elección de cualquiera de estos métodos depende de la información con la que se cuente y la confiabilidad de la misma.

- **Rating Curves:**

$$U = k * Q^m$$
Ecuación 11

$$H = c * Q^f$$
Ecuación 12

$$W = a * Q^b$$
Ecuación 13

$$c * k * a = 1$$
Ecuación 14

$$f + b + m = 1$$
Ecuación 15

Donde Q: caudal; U: velocidad; H: profundidad; W: ancho; k, c, a: constantes; f, b, m: coeficientes.

- **Manning Formula:**

$$Q = \frac{S_O^{1/2} A_C^{5/3}}{n P^{2/3}}$$

Donde Q: caudal; So: pendiente del fondo; Ac: área transversal; P: perímetro mojado; n: coeficiente de Manning.

Teniendo en cuenta que en el año 2014 se realizaron aforos y el levantamiento de la sección transversal en diferentes puntos sobre Río Frío y sus principales tributarios, se aprovechó esta información para determinar las constantes hidráulicas de la corriente mediante el método de Rating Curves. A continuación se resumen los datos de los aforos realizados.

Aforo	Ancho (m)	Profundidad (m)	Caudal (m^3/s)	Velocidad (m/s)
1	8.00	0.24	0.964	0.37
2	7.20	0.23	0.809	0.28
3	1.20	0.08	0.010	0.08
4	4.00	0.14	0.160	0.24
5	3.40	0.13	0.107	0.19
6	1.60	0.12	0.024	0.10
7	3.90	0.09	0.078	0.15
8	3.00	0.13	0.133	0.22
9	1.40	0.73	0.233	0.21
10	0.90	0.32	0.013	0.04
11	6.10	0.11	0.267	0.34
12	5.40	0.36	0.489	0.23
13	6.30	0.27	0.671	0.30
14	0.85	0.15	0.005	0.03
15	1.20	0.10	0.013	0.06
16	1.00	0.12	0.010	0.05
17	1.00	0.20	0.018	0.08

18	1.50	0.17	0.022	0.07
19	2.20	0.14	0.034	0.08
20	2.00	0.24	0.123	0.18
21	4.90	0.09	0.124	0.17
22	0.60	0.14	0.024	0.25
23	2.40	0.17	0.120	0.28
24	4.00	0.13	0.150	0.24
25	2.80	0.14	0.228	0.44
26	2.20	0.20	0.247	0.40
27	1.50	0.98	0.737	0.49
28	2.00	0.60	0.723	0.58
29	4.60	0.46	0.526	0.21
30	6.00	0.25	0.591	0.27
31	0.45	0.08	0.006	0.14
32	1.30	0.11	0.013	0.07
33	1.50	0.11	0.014	0.07
34	1.80	0.14	0.027	0.09
35	5.20	0.23	0.510	0.32
36	1.50	0.77	0.257	0.21
37	7.00	0.22	0.084	0.70
38	2.80	0.23	0.354	0.54

Tabla 290. Detalles aforos realizados en el año 2014
Fuente: FUNDISPROS, 2014

A partir de la información anterior se determinaron por medio de regresiones potenciales (Rating Curves) las relaciones hidráulicas entre el caudal, la velocidad y la altura de la lámina de agua. Las relaciones hidráulicas sostenidas en las secciones, permiten expresar los parámetros por medio de las siguientes expresiones:

$$U = aQ^b$$ ***Ecuación 16***

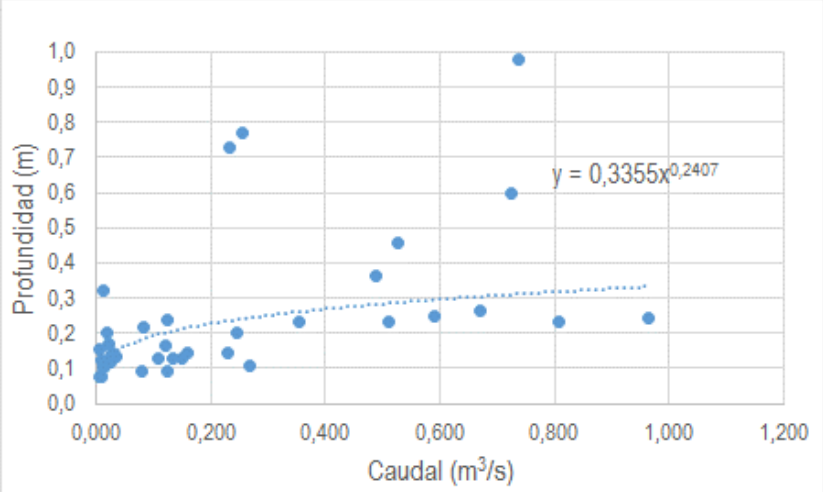
$$H = \propto Q^{\beta}$$ ***Ecuación 17***

Donde a, b, α y β son coeficientes empíricos que se determinan de las curvas velocidad - caudal y de profundidad – caudal. Los valores de las contantes hidráulicas que se determinaron para Río Frío – Campoalegre se presentan a continuación:

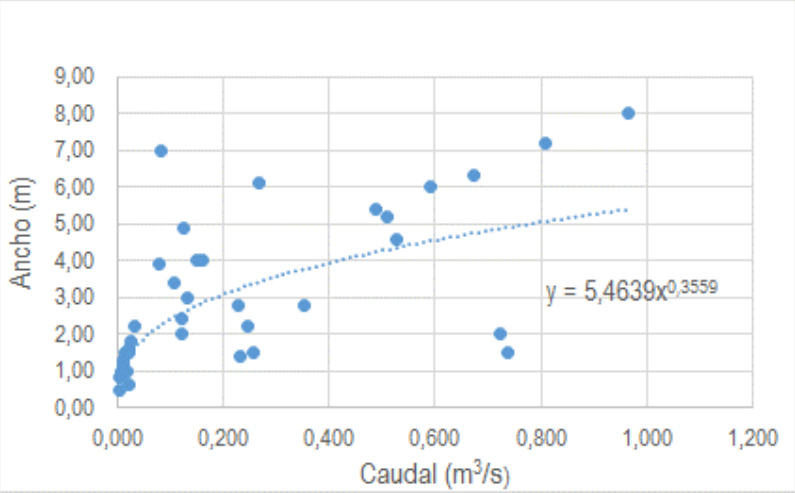
Parámetro	Valor
a	0.4707
b	0.4124
α	0.3355
β	0.2407

Tabla 291. Definición de constantes hidráulicas
Fuente: FUNDISPROS, 2014

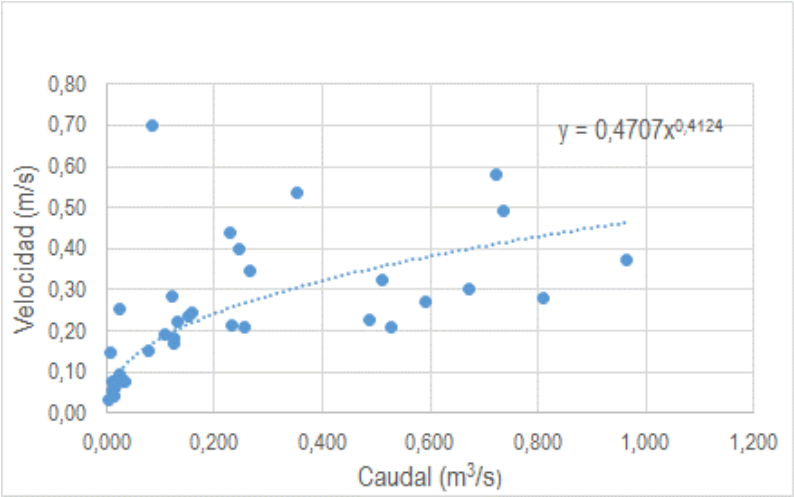
Así mismo se presentan las gráficas con las regresiones potenciales de las curvas:



Gráfica 28. Relación Profundidad – Caudal
Fuente: FUNDISPROS, 2014



Gráfica 29. Relación Ancho – Caudal
Fuente: FUNDISPROS, 2014



Gráfica 30. Relación Velocidad – Caudal
Fuente: FUNDISPROS, 2014

3.1.2.5.2 Constantes Cinéticas

El artículo 7 del Decreto 3930 del 2010 establece los siguientes parámetros mínimos a tener en cuenta para implementar los modelos de simulación de la calidad del agua con fines de ordenamiento del recurso hídrico: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DB05), Demanda Química de Oxígeno (DQO), sólidos suspendidos, pH, temperatura, oxígeno disuelto, caudal, coliformes totales y coliformes fecales.
Teniendo en cuenta los parámetros que permite modelar el QUAL2Kw y las constantes cinéticas involucradas, así como lo que establece la norma vigente para los modelos implementados con fines de ordenamiento, se definió calibrar las constantes cinéticas de la Tabla 292.

Constantes cinéticas	Abreviación	Unidades
Velocidad de sedimentación de sólidos suspendidos inorgánico	VS - SSI	m/d
Tasa de hidrólisis de la materia orgánica de lenta descomposición	Tasa hidrólisis DBO slow	1/d
Tasa de oxidación de la materia orgánica de lenta descomposición	Tasa oxidación DBO- DBO slow	1/d
Tasa de oxidación de la materia orgánica de rápida degradación	T. Oxidación DBO fast	1/d
Hidrólisis de nitrógeno orgánico	Hidrólisis NO	1/d
Velocidad de sedimentación de nitrógeno orgánico	VS-NO	m/d
Tasa de nitrificación de amonio	Tasa Nitrificación	1/d
Tasa de desnitrificación de nitratos (importante cuando existen condiciones anaeróbicas)	Tasa Desnitrificación	1/d
Coeficiente de transferencia por desnitrificación de sedimentos	CT- Desnitrificación Sed.	m/d
Hidrólisis del Fósforo Orgánico	Hidrólisis PO	m/d
Velocidad de sedimentación del Fósforo Orgánico	VS - PO	1/d
Velocidad de sedimentación del Fósforo Inorgánico	VS - PI	m/d

Hidrólisis de la materia orgánica particulada (Detritus (POM))	Hidrólisis POM	m/d
Velocidad de sedimentación de la materia orgánica particulada (Detritus (POM))	Vel. Sedimentación POM	1/d

Tabla 292. Constantes cinéticas para calibración
Fuente: (SANEAR & CORPOCALDAS, 2010)

Los valores iniciales de las constantes cinéticas son los que traen el ejemplo del programa al descargarse, se revisó que los valores estuvieran en los rangos establecidos en la literatura y a partir de estos valores se inició la calibración automática del modelo.

3.1.2.6 Determinación de Variables Climatológicas

Para la subcuenca de Río Frío – Campoalegre, se contó con los datos meteorológicos detallados en la revisión de la información existente, se utilizaron los datos mensuales del mes de enero para cada variable, teniendo en cuenta que la campaña de monitoreo se realizó en el mes de enero del año 2014.

VARIABLE	ENERO
Precipitación (mm)	114,9
Temperatura del aire (°C)	25,8
Humedad Relativa (%)	72
Velocidad del Viento (m/s)	2,7

Tabla 293. Variables meteorológicas, datos mensuales
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Los valores de temperatura de rocío se determinaron a partir de la temperatura del aire y la humedad relativa. En el caso de la sombra y la nubosidad, estos datos se ingresaron de acuerdo a las observaciones realizadas en campo en cada punto de monitoreo.

3.1.2.7 Alimentación del Modelo

Como se mencionó anteriormente, para implementar el modelo QUAL2Kw en una corriente es necesario dividirla en una sucesión de pequeños subtramos o elementos computacionales que operan como reactores completamente mezclados, de esta forma, para cada elemento computacional se realiza un balance hidrológico en términos del caudal, un balance térmico en términos de la temperatura y un balance de masa en términos de concentración de cada compuesto. En la Figura 44 se presenta la segmentación por tramos que se realizó sobre Río Frío - Campoalegre para alimentar el modelo de calidad, se ubican en esta segmentación las fronteras externas e internas del modelo.

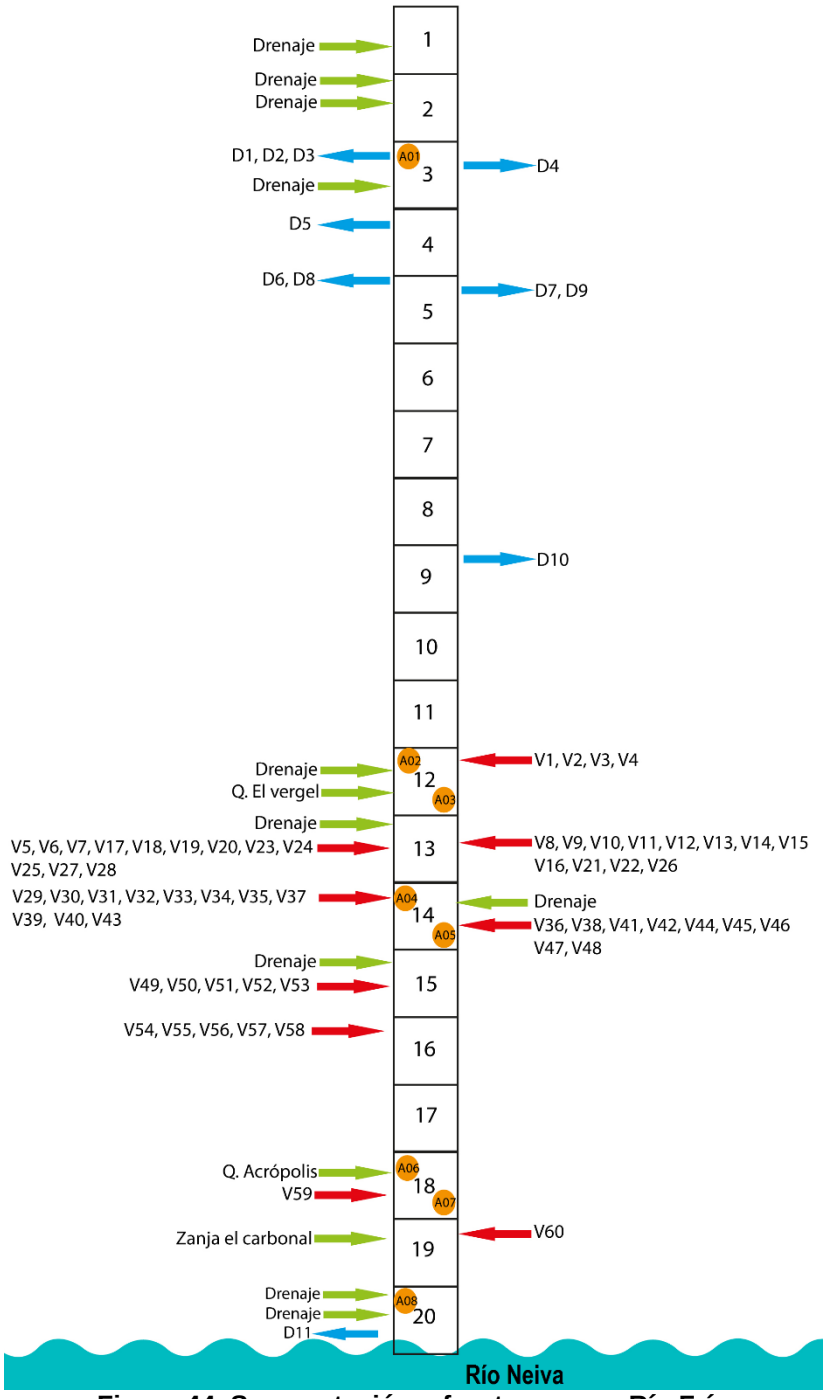
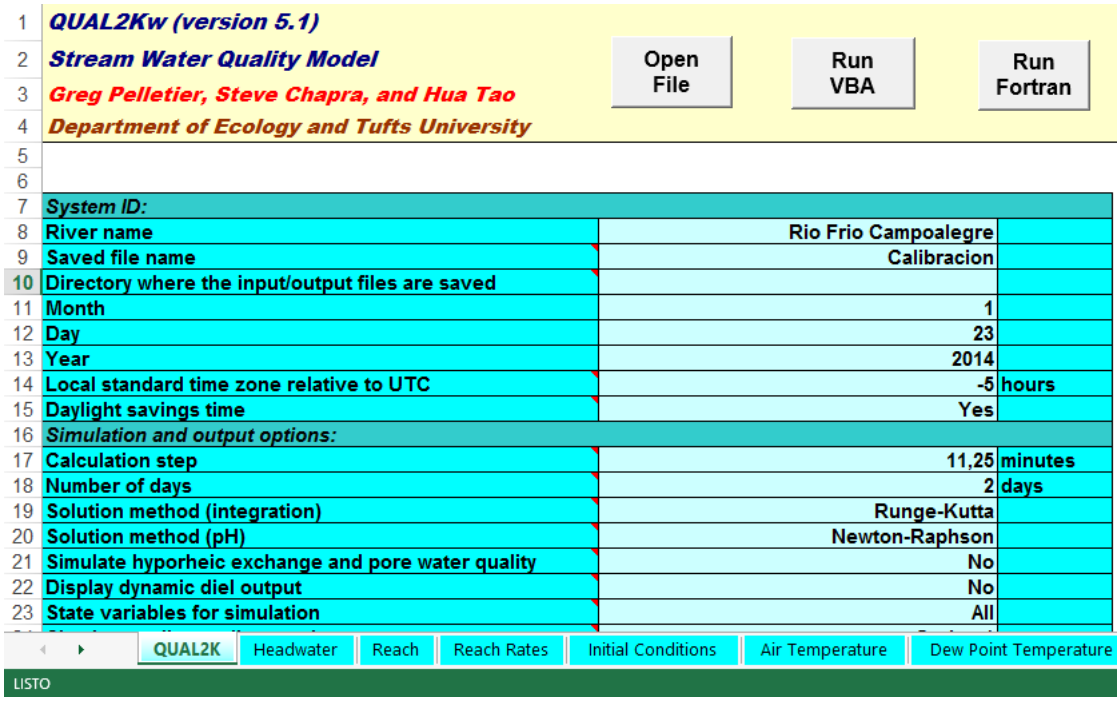


Figura 44. Segmentación y fronteras para Río Frío
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La información general que se alimentó en el modelo de calidad del agua QUAL2Kw es la que se describió en los ítems anteriores y se puede resumir de la siguiente

forma: datos de calidad y cantidad tanto de las estaciones de monitoreo ubicadas sobre la corriente, tributarios, vertimientos y captaciones, características hidráulicas de la corriente, las constantes cinéticas y la información climatológica, entre otras consideraciones necesarias. En las Figura 45, Figura 46, Figura 47, Figura 48, Figura 49, Figura 50 y Figura 51 se presentan algunas de las hojas de trabajo del QUAL2Kw en las cuales se ingresó toda la información al modelo

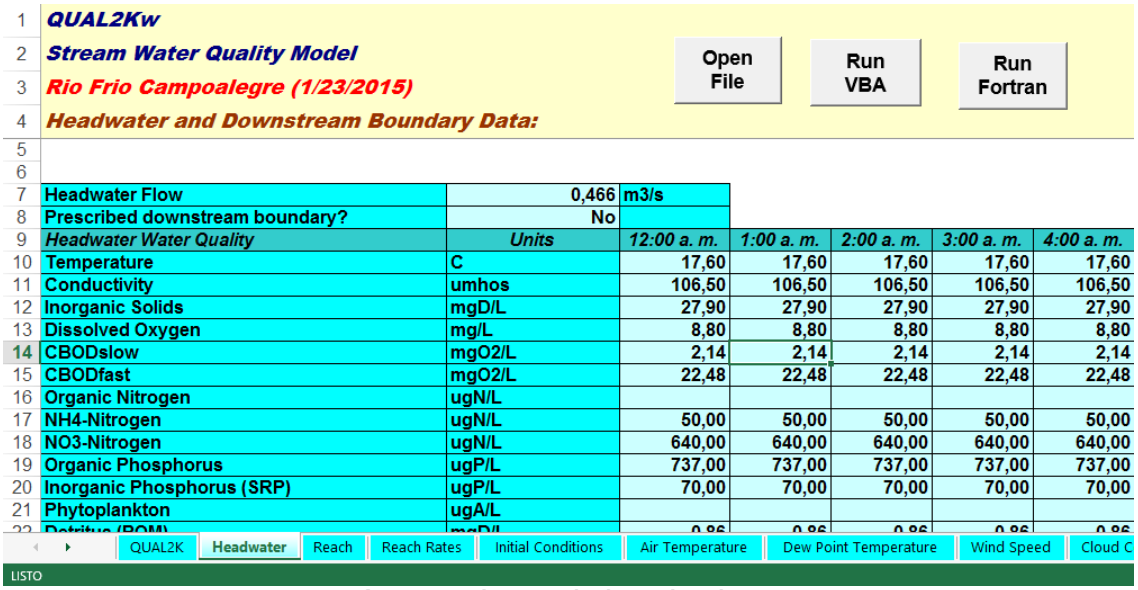


1	***QUAL2Kw (version 5.1)***		
2	***Stream Water Quality Model***	Open File / Run VBA / Run Fortran	
3	***Greg Pelletier, Steve Chapra, and Hua Tao***		
4	***Department of Ecology and Tufts University***		
5			
6			
7	***System ID:***		
8	River name	Rio Frio Campoalegre	
9	Saved file name	Calibracion	
10	Directory where the input/output files are saved		
11	Month	1	
12	Day	23	
13	Year	2014	
14	Local standard time zone relative to UTC	-5	hours
15	Daylight savings time	Yes	
16	***Simulation and output options:***		
17	Calculation step	11,25	minutes
18	Number of days	2	days
19	Solution method (integration)	Runge-Kutta	
20	Solution method (pH)	Newton-Raphson	
21	Simulate hyporheic exchange and pore water quality	No	
22	Display dynamic diel output	No	
23	State variables for simulation	All	

QUAL2K | Headwater | Reach | Reach Rates | Initial Conditions | Air Temperature | Dew Point Temperature

LISTO

Figura 45. Hoja de trabajo del QUAL2Kw
Fuente: FUNDISPROS, 2014



QUAL2Kw

Stream Water Quality Model

Rio Frio Campoalegre (1/23/2015)

Headwater and Downstream Boundary Data:

Open File | Run VBA | Run Fortran

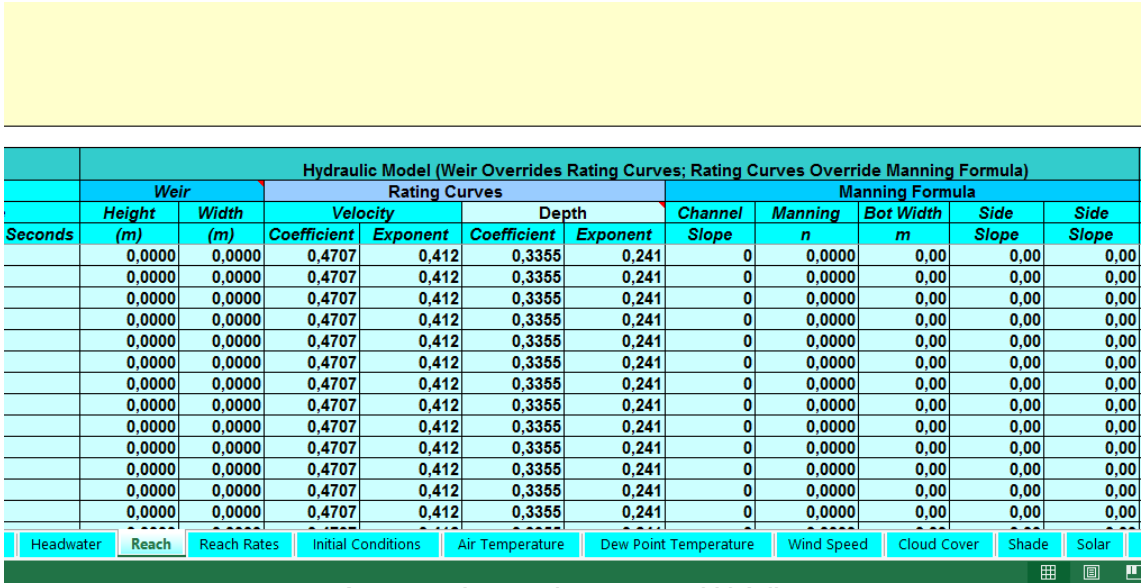
Headwater Flow	0,466	m3/s	
Prescribed downstream boundary?	No		

Headwater Water Quality	Units	12:00 a. m.	1:00 a. m.	2:00 a. m.	3:00 a. m.	4:00 a. m.
Temperature	C	17,60	17,60	17,60	17,60	17,60
Conductivity	umhos	106,50	106,50	106,50	106,50	106,50
Inorganic Solids	mgD/L	27,90	27,90	27,90	27,90	27,90
Dissolved Oxygen	mg/L	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80
CBODslow	mgO2/L	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14
CBODfast	mgO2/L	22,48	22,48	22,48	22,48	22,48
Organic Nitrogen	ugN/L					
NH4-Nitrogen	ugN/L	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
NO3-Nitrogen	ugN/L	640,00	640,00	640,00	640,00	640,00
Organic Phosphorus	ugP/L	737,00	737,00	737,00	737,00	737,00
Inorganic Phosphorus (SRP)	ugP/L	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
Phytoplankton	ugA/L					

QUAL2K | Headwater | Reach | Reach Rates | Initial Conditions | Air Temperature | Dew Point Temperature | Wind Speed | Cloud C

LISTO

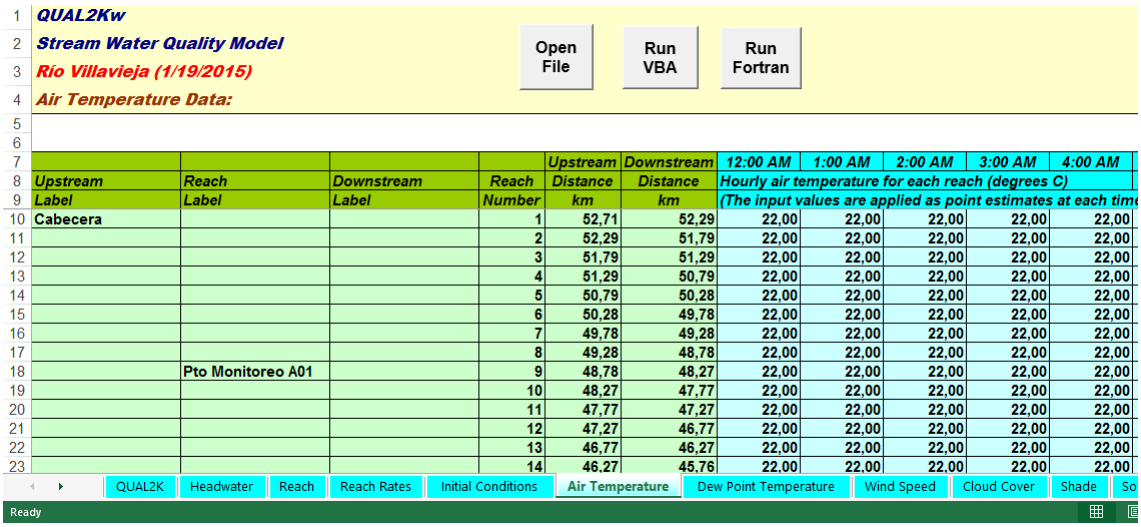
Figura 46. Ingreso de datos de cabecera
Fuente: FUNDISPROS, 2014



	Hydraulic Model (Weir Overrides Rating Curves; Rating Curves Override Manning Formula)										
	Weir		Rating Curves				Manning Formula				
	Height	Width	Velocity		Depth		Channel	Manning	Bot Width	Side	Side
Seconds	(m)	(m)	Coefficient	Exponent	Coefficient	Exponent	Slope	n	m	Slope	Slope
	0,0000	0,0000	0,4707	0,412	0,3355	0,241	0	0,0000	0,00	0,00	0,00
	0,0000	0,0000	0,4707	0,412	0,3355	0,241	0	0,0000	0,00	0,00	0,00
	0,0000	0,0000	0,4707	0,412	0,3355	0,241	0	0,0000	0,00	0,00	0,00
	0,0000	0,0000	0,4707	0,412	0,3355	0,241	0	0,0000	0,00	0,00	0,00
	0,0000	0,0000	0,4707	0,412	0,3355	0,241	0	0,0000	0,00	0,00	0,00
	0,0000	0,0000	0,4707	0,412	0,3355	0,241	0	0,0000	0,00	0,00	0,00
	0,0000	0,0000	0,4707	0,412	0,3355	0,241	0	0,0000	0,00	0,00	0,00
	0,0000	0,0000	0,4707	0,412	0,3355	0,241	0	0,0000	0,00	0,00	0,00
	0,0000	0,0000	0,4707	0,412	0,3355	0,241	0	0,0000	0,00	0,00	0,00
	0,0000	0,0000	0,4707	0,412	0,3355	0,241	0	0,0000	0,00	0,00	0,00
	0,0000	0,0000	0,4707	0,412	0,3355	0,241	0	0,0000	0,00	0,00	0,00
	0,0000	0,0000	0,4707	0,412	0,3355	0,241	0	0,0000	0,00	0,00	0,00

Headwater | Reach | Reach Rates | Initial Conditions | Air Temperature | Dew Point Temperature | Wind Speed | Cloud Cover | Shade | Solar

Figura 47. Ingreso de constantes hidráulicas
Fuente: FUNDISPROS, 2014



QUAL2Kw
Stream Water Quality Model
Rio Villavieja (1/19/2015)
Air Temperature Data:

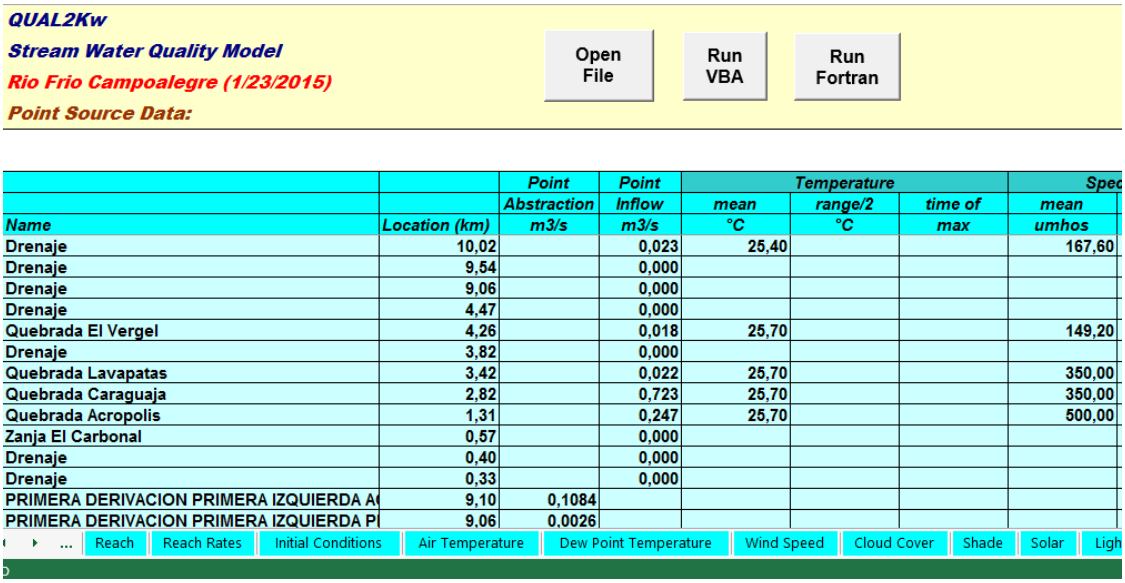
Open File | Run VBA | Run Fortran

Upstream Label	Reach Label	Downstream Label	Reach Number	Upstream Distance km	Downstream Distance km	12:00 AM	1:00 AM	2:00 AM	3:00 AM	4:00 AM
						Hourly air temperature for each reach (degrees C) (The input values are applied as point estimates at each time				
Cabecera			1	52,71	52,29	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
			2	52,29	51,79	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
			3	51,79	51,29	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
			4	51,29	50,79	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
			5	50,79	50,28	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
			6	50,28	49,78	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
			7	49,78	49,28	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
			8	49,28	48,78	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
	Pto Monitoreo A01		9	48,78	48,27	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
			10	48,27	47,77	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
			11	47,77	47,27	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
			12	47,27	46,77	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
			13	46,77	46,27	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
			14	46,27	45,76	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00

QUAL2K | Headwater | Reach | Reach Rates | Initial Conditions | Air Temperature | Dew Point Temperature | Wind Speed | Cloud Cover | Shade | So

Ready

Figura 48. Ingreso de datos climatológicos
Fuente: FUNDISPROS, 2014



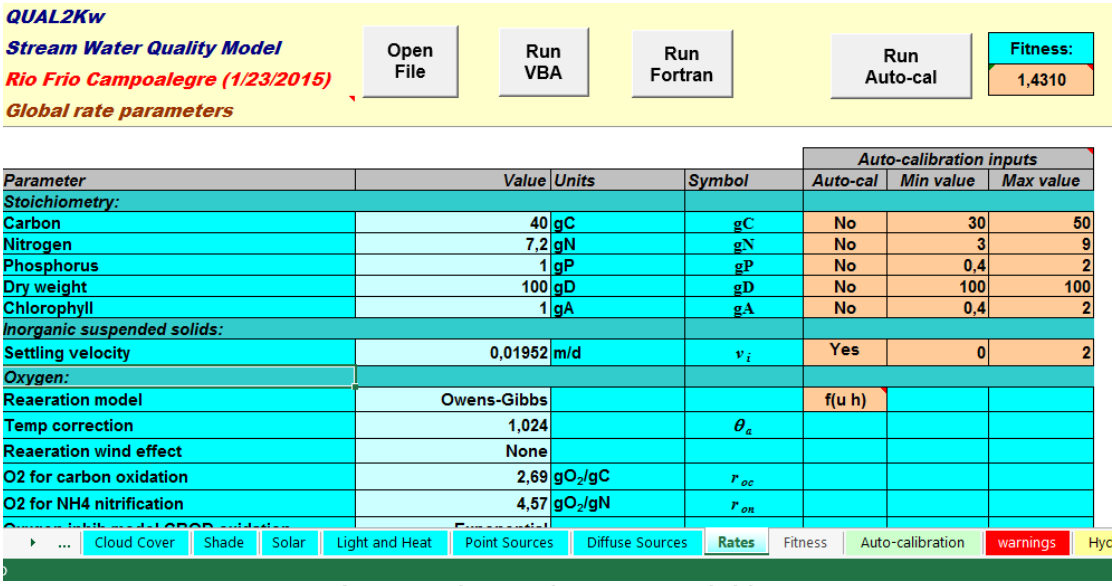
QUAL2Kw
Stream Water Quality Model
Rio Frio Campoalegre (1/23/2015)
Point Source Data:

Open File | Run VBA | Run Fortran

Name	Location (km)	Point Abstraction m3/s	Point Inflow m3/s	Temperature mean °C	Temperature range/2 °C	Temperature time of max	Spec mean umhos
Drenaje	10,02		0,023	25,40			167,60
Drenaje	9,54		0,000				
Drenaje	9,06		0,000				
Drenaje	4,47		0,000				
Quebrada El Vergel	4,26		0,018	25,70			149,20
Drenaje	3,82		0,000				
Quebrada Lavapatas	3,42		0,022	25,70			350,00
Quebrada Caraguaja	2,82		0,723	25,70			350,00
Quebrada Acropolis	1,31		0,247	25,70			500,00
Zanja El Carbonal	0,57		0,000				
Drenaje	0,40		0,000				
Drenaje	0,33		0,000				
PRIMERA DERIVACION PRIMERA IZQUIERDA A(	9,10	0,1084					
PRIMERA DERIVACION PRIMERA IZQUIERDA P(	9,06	0,0026					

... | Reach | Reach Rates | Initial Conditions | Air Temperature | Dew Point Temperature | Wind Speed | Cloud Cover | Shade | Solar | Ligh

Figura 49. Ingreso de fuentes puntuales
Fuente: FUNDISPROS, 2014



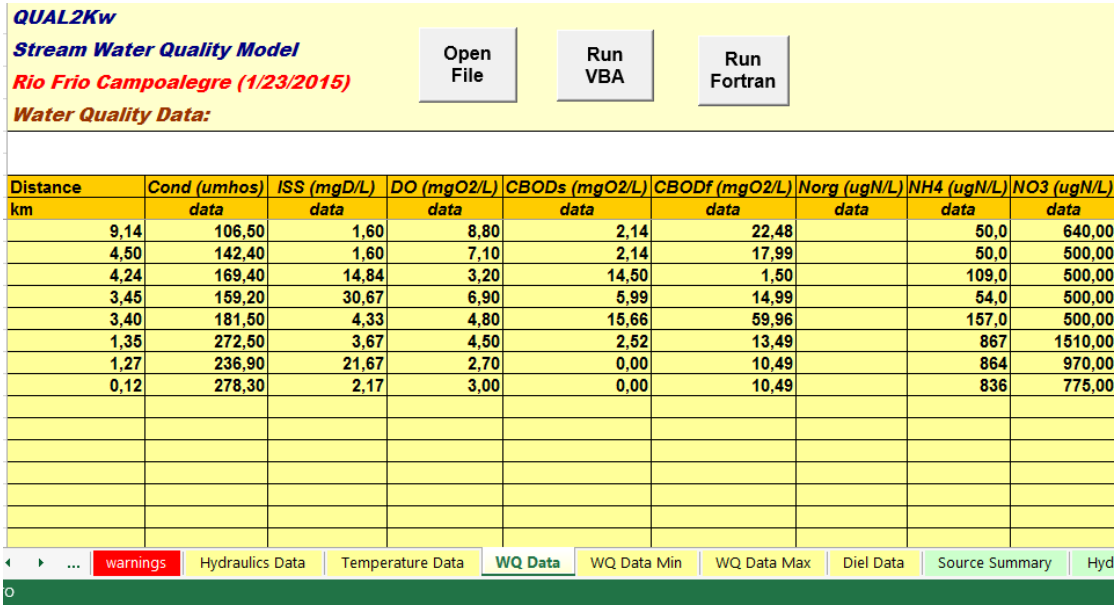
QUAL2Kw
Stream Water Quality Model
Rio Frio Campoalegre (1/23/2015)
Global rate parameters

Open File | Run VBA | Run Fortran | Run Auto-cal | Fitness: 1,4310

Parameter	Value	Units	Symbol	Auto-calibration inputs: Auto-cal	Min value	Max value
Stoichiometry:						
Carbon	40	gC	gC	No	30	50
Nitrogen	7,2	gN	gN	No	3	9
Phosphorus	1	gP	gP	No	0,4	2
Dry weight	100	gD	gD	No	100	100
Chlorophyll	1	gA	gA	No	0,4	2
Inorganic suspended solids:						
Settling velocity	0,01952	m/d	v_i	Yes	0	2
Oxygen:						
Reaeration model	Owens-Gibbs			f(u h)		
Temp correction	1,024		θ_a			
Reaeration wind effect	None					
O2 for carbon oxidation	2,69	gO_2/gC	r_{oc}			
O2 for NH4 nitrification	4,57	gO_2/gN	r_{on}			

... | Cloud Cover | Shade | Solar | Light and Heat | Point Sources | Diffuse Sources | Rates | Fitness | Auto-calibration | warnings | Hyc

Figura 50. Ingreso de constantes cinéticas
Fuente: FUNDISPROS, 2014



QUAL2Kw
Stream Water Quality Model
Rio Frio Campoalegre (1/23/2015)
Water Quality Data:

Open File | Run VBA | Run Fortran

Distance km	Cond (umhos) data	ISS (mgD/L) data	DO (mgO2/L) data	CBODs (mgO2/L) data	CBODf (mgO2/L) data	Norg (ugN/L) data	NH4 (ugN/L) data	NO3 (ugN/L) data
9,14	106,50	1,60	8,80	2,14	22,48		50,0	640,00
4,50	142,40	1,60	7,10	2,14	17,99		50,0	500,00
4,24	169,40	14,84	3,20	14,50	1,50		109,0	500,00
3,45	159,20	30,67	6,90	5,99	14,99		54,0	500,00
3,40	181,50	4,33	4,80	15,66	59,96		157,0	500,00
1,35	272,50	3,67	4,50	2,52	13,49		867	1510,00
1,27	236,90	21,67	2,70	0,00	10,49		864	970,00
0,12	278,30	2,17	3,00	0,00	10,49		836	775,00

... | warnings | Hydraulics Data | Temperature Data | WQ Data | WQ Data Min | WQ Data Max | Diel Data | Source Summary | Hyd

Figura 51. Ingreso de datos de calidad del agua en los puntos de muestreo
Fuente: FUNDISPROS, 2014

3.1.2.8 Calibración

Antes de iniciar la calibración del modelo de calidad, se definió el modelo de reaireación que más se ajustaba a las características de la corriente, para esto, se ensayaron todos los modelos que se describieron en la Tabla 280, hasta encontrar que el modelo O'Connor-Dobbins es el que mejor se ajustaba.

Teniendo en cuenta que el QUAL2Kw realiza la calibración automática de las constantes cinéticas mediante algoritmos genéticos para obtener un margen de error mínimo entre los datos medidos en campo y los datos simulados por el modelo, se seleccionó la función objetivo recomendada por Kannel et. Al y Pelletier et al. Que se presenta a continuación.

$$f(x) = \left[\sum_{i=1}^{q} W_1\right]\left[\sum_{i=1}^{q} \frac{1}{W_1}\left[\frac{\frac{\sum_{j=1}^{m} O_{ij}}{m}}{\left[\frac{\sum_{j=1}^{m}(P_{i,j} - O_{i,j}{}^2}{m}\right]^{1/2}}\right]\right]$$

Ecuación 18

Donde: $O_{i,j}$ es el valor observado, $P_{i,j}$ es el valor predicho por el modelo, m es el número de pares de valores observados y predichos, w_i es el factor de peso y q es el número de variables de estado.

El peso asignado a cada variable se definió de acuerdo a la importancia del parámetro en la modelación y a la confiablidad del dato, por esta razón variables como conductividad, oxígeno disuelto, pH y sólidos suspendidos totales, tuvieron pesos más altos que las otras variables fisicoquímicas.

La función objetivo se programó en la hoja de trabajo “Fitness” del programa y se enlazó al algoritmo genético y las constantes cinéticas a calibrar en la hoja de trabajo “Rates”. En el algoritmo genético los valores de velocidad de mutación inicial, velocidad de mutación mínima y máxima, y el número de dígitos para codificar el genotipo correspondieron a los valores que trae el ejemplo del programa. Se seleccionó una población de 10 y un número de generaciones de 10 con el fin de disminuir el tiempo de cálculo. En la Tabla 294 se resumen los datos del AG utilizado para la calibración.

Auto-calibration genetic algorithm control:		
Random number seed	**123456**	seed
Model runs in a population (<=512)	**10**	np
Generations in the evolution	**10**	ngen
Digits to encode genotype (<=6)	**5**	nd
Crossover mode (1, 2, 3, 4, 5, 6, or 7)	**3**	icross
Crossover probability (0-1):	**0.85**	pcross
Mutation mode (1, 2, 3, 4, 5, or 6)	**2**	imut
Initial mutation rate (0-1):	**0.005**	pmut
Minimum mutation rate (0-1):	**0.0005**	pmutmn
Maximum mutation rate (0-1):	**0.25**	pmutmx
Relative fitness differential (0-1):	**1**	fdif
Reproduction plan (1, 2, or 3):	**1**	irep
Elitism (0 or 1):	**1**	ielite

Restart from previous evolution (0 or 1):	**0**	irestart

Tabla 294. Algoritmo genético para calibración
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Una vez se ingresó al modelo toda la información de la campaña de monitoreo seleccionada para la calibración, se programó la función objetivo, se seleccionaron las constantes cinéticas a calibrar y se definieron los parámetros del algoritmo genético, se ejecutó la opción “Run Auto-cal” del modelo. Al finalizar la calibración se obtuvieron las gráficas con los resultados para los parámetros modelados.

3.1.2.9 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. Con el objetivo de comparar el nivel de asimilación y/o depuración de los parámetros más representativos de la calidad del agua en Río Frío ante escenarios futuros probables, se formularon tres posibles situaciones y se ingresaron al modelo de calidad para predecir la respuesta de la corriente.

El primer escenario formulado corresponde a la necesidad de optimizar la PTAR existente del municipio de Campoalegre, de tal forma que cumpla con los valores límite máximos permisibles para los vertimientos puntuales de aguas residuales domesticas (ARD) y de las aguas residuales no domésticas (ARD-ARnD) de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales dispuestos en el artículo 8 de la resolución 631 de 2015. Actualmente la PTAR vierte las aguas tratadas a la quebrada Acrópolis, la cual posteriormente desemboca en Río Frío.

El segundo escenario plantea la optimización de la PTAR del municipio de Campoalegre como se describió anteriormente, y la necesidad de contar con sistemas individuales de saneamiento para los vertimientos de aguas residuales domésticas de las viviendas unifamiliares o bifamiliares que se ubican sobre los principales tributarios de Río Frío, de tal forma que se cumplan los valores límite máximos permisibles que establece el artículo 8 de la resolución 631 de 2015, puesto que actualmente las corrientes receptoras se ven fuertemente impactadas por estas descargas y posteriormente contribuyen al deterioro de la calidad del agua de la corriente principal. Adicionalmente, se plantea la necesidad de cumplir 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.
Finalmente, el tercer escenario contempla la implementación de sistemas individuales de saneamiento para los vertimientos de aguas residuales domésticas de las viviendas unifamiliares o bifamiliares que se ubican en este caso

directamente sobre el cauce principal de Río Frío y que fueron identificados y aforados por FUNDISPROS. Adicionalmente, se plantea la necesidad de cumplir 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. En la Figura 52 se resumen los escenarios formulados y que fueron ingresados al modelo.

ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3
Optimización de PTAR de Campoalegre para dar cumplimiento al artículo 8 de la Resolución N° 631 del 2015	Optimización de PTAR de Campoalegre para dar cumplimiento al artículo 8 de la resolución 631 del 2015 + Implementación de sistemas individuales de saneamiento para Viviendas unifamiliares o bifamiliares ubicadas sobre tributarios de Río Frío para dar Cumplimiento al artículo 8 de la Resolución 631 del 2015 + Cumplimiento de las determinantes Ambientales para el manejo de áreas forestales protectoras	Implementación de sistemas individuales de saneamiento para viviendas unifamiliares o bifamiliares ubicadas sobre el cauce principal de Río Frío para dar cumplimiento al artículo 8 de la resolución 631 del 2015 + Cumplimiento de las determinantes ambientales para el manejo de área forestales protectoras de la Corriente

Figura 52. Descripción de Los Escenarios
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La PTAR del municipio de Campoalegre contribuye a disminuir el impacto que causa el vertimiento directo a la fuente receptora de las aguas residuales provenientes del sistema de alcantarillado del municipio, sin embargo, a partir de la entrada en vigencia de la resolución 631 del 2015[21], las PTAR's deben cumplir los valores límites máximos permisibles para los vertimientos puntuales de aguas residuales domesticas (ARD) y de las aguas residuales (ARD-ARnD) de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales que trata el artículo 8 de la presente resolución. La estimación del caudal vertido por la PTAR del municipio de Campoalegre se determinó a partir de la población actual y de acuerdo a las especificaciones del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000) como se presenta a continuación.
Caudal:

$$Q = \frac{D * P * R * K}{86400}$$

Donde: Q es el caudal, D es la dotación neta, P es a población, R es el factor de retorno, K es el factor de mayoración.

DESCRIPCION	MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE
Población actual (Hab)	25993*
Nivel de complejidad	Medio - Alto
Dotación clima cálido (L/hab.dia)	135
Factor retorno	0.8
Factor mayoración	1.3
Caudal (L/s)	42.24

Tabla 295. Caudal PTAR Campoalegre
Fuente: DANE. Resultados y proyecciones 2005-2020.

La carga contaminante de DBO5 en Kg/día para la PTAR se determinó a partir del aporte de carga contaminante por habitante por día ajustado para Colombia que se encuentran en la literatura (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2012), como se presentan a continuación.

$$Carga = Carga\ DBO_5\ habitantes\ equivalente * Habitantes$$

Donde: Carga (Kg/día), Carga DBO5 habitante equivalente (g/h.día).

PARAMETRO	APORTE DE 1 HABITANTE EQUIVALENTE
DBO5 (g/h.día).	60
Población actual (hab)	25993*
Carga (Kg/día)	1559.58

[21] **Resolución 631 de 2015**: "Por la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público" (MINIAMBIENTE, 2015). Entra en Vigencia a partir del año 2016, se tiene en cuenta por tener un quinquenio prolongado hasta el año 2018.

Tabla 296. Cálculo carga contaminante
Fuente: FUNDISPROS, 2014 (* DANE. Resultados y proyecciones 2005-2020.)

Como se observa, se determinó que la PTAR del municipio de Campoalegre tiene una carga mayor a 625 Kg/día y menor o igual a 3000 Kg/día, por lo cual se tomaron los siguientes valores de acuerdo a la normativa (Resolución 631 del 2015):

Parámetro	Valor límite permitido	Unidades
DBO5	90	mg/l O_2
DQO	180	mg/l O_2
SST	90	mg/l

Tabla 297. Límites máximos permisibles para vertimiento de PTAR de Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Las viviendas unifamiliares o bifamiliares que no cuentan con sistema de alcantarillado y realizan sus vertimientos directamente a corrientes superficiales, deben implementar sistemas individuales de saneamiento y cumplir con los valores límite máximos permisibles que establece el artículo 8 de la resolución 631 de 2015, a continuación se especifican los valores que establece la normativa y que se tuvieron en cuenta para la formulación del escenario 2 y 3.

Parámetro	Valor Límite Permitido	Unidades
pH	6-9	Unid.
DQO	200	mg/LO_2
SST	100	mg/L

Tabla 298. Límites máximos permisibles para vertimientos Unifamiliares o Bifamiliares
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Las determinantes ambientales para el manejo de áreas forestales protectoras de corrientes que permitan la demarcación de las áreas de retiro, será determinada con base en estudios técnicos, ambientales y socioeconómicos adoptados por el Ministerio de Ambiente. En el caso de Río Frío, se determinó que el área mínima de retiro de los cultivos y los asentamientos humanos a la corriente debe ser de 15 metros, lo anterior teniendo en cuenta que la corriente es de orden de drenaje 2.

En el caso de los escenarios 2 y 3, se espera que a nivel global las medidas a implementar logren reducir como mínimo la concentración de los contaminantes presentes en los vertimientos en un 50% de lo que se encuentran actualmente, de esta manera se ingresaron los datos al modelo para predecir el comportamiento de la corriente.

3.1.2.10 Resultados y Análisis

3.1.2.10.1 Calibración del Modelo mediante algoritmo Genético

La calibración del modelo de calidad de agua mediante el algoritmo genético (AG) y la función objetivo recomendada por Kannel et. Al y Pelletier et al., permitió determinar las constantes cinéticas que se adaptan mejor para Río Frío – Campoalegre. En la siguiente tabla se presenta las constantes cinéticas calibradas para la corriente.

Constante Cinética	Abreviación	Unidades	Rango de calibración	Calibración río Frío
Velocidad de sedimentación de sólidos suspendidos inorgánicos	VS – SSI	m/d	0 – 2	0.019
Tasa de hidrólisis de la materia orgánica de lenta descomposición	Tasa hidrólisis DBO slow	1/d	0 – 5	0.741
Tasa de oxidación de la materia orgánica de lenta descomposición	Tasa oxidación DBO- DBO slow	1/d	0 – 0,5	0.106
Tasa de oxidación de la materia orgánica de rápida degradación	T. Oxidación DBO fast	1/d	0 - 5	2.991
Hidrolisis de nitrógeno orgánico	Hidrolisis NO	1/d	0 - 5	1.132
Velocidad de sedimentación de nitrógeno orgánico	VS-NO	m/d	0 - 2	1.244
Tasa de Nitrificación de amonio	Tasa nitrificación	1/d	0 - 10	4.059
Tasa de desnitrificación de nitratos (importante cuando existen condiciones anaeróbicas)	Tasa nitrificación	1/d	0 - 2	0.665
Coeficiente de transferencia por desnitrificación de sedimentos	CT-Desnitrificación Sed.	m/d	0 - 1	0.528
Hidrólisis del Fósforo Orgánico	Hidrólisis PO	m/d	0 - 5	2.928
Velocidad de sedimentación del Fósforo Orgánico	VS – PO	1/d	0 - 2	0.827
Velocidad de sedimentación del Fósforo Inorgánico	VS – PI	m/d	0 - 2	1.414
Hidrólisis de la materia orgánica particulada (Detritus (POM))	Hidrólisis POM	m/d	0 – 5	1.020
Velocidad de sedimentación de la materia orgánica particulada (Detritus (POM))	Vel. Sedimentación POM	1/d	0 – 5	0.038

Tabla 299. Constantes calibradas para Río Frío
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Teniendo en cuenta la naturaleza de la modelación, los datos recopilados en campo y las constantes cinéticas calibradas, se presentan a continuación los resultados de la calibración del modelo para los parámetros más representativos medidos in situ

y los parámetros de calidad más relevantes para evaluar determinados en el laboratorio. Los resultados para los otros parámetros que permite modelar el QUAL2Kw se pueden observar en su totalidad en el archivo *Cal_.Rio_Frio_Campoalegre.exe* (ANEXO 7)

En las gráficas que se observan a continuación la línea continua representa la predicción que realiza el modelo, mientras que los puntos representan los datos medidos en campo a lo largo de la corriente durante la campaña de monitoreo.

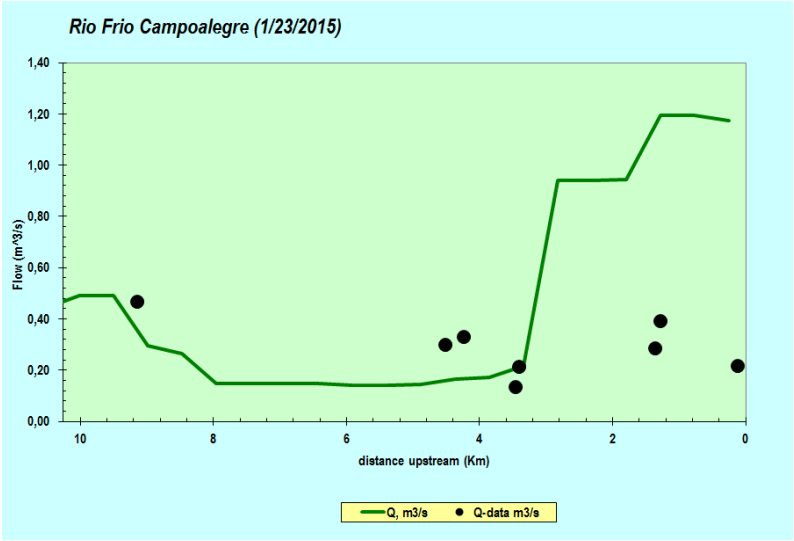


Figura 53. Calibración del caudal
Fuente: FUNDISPROS, 2014

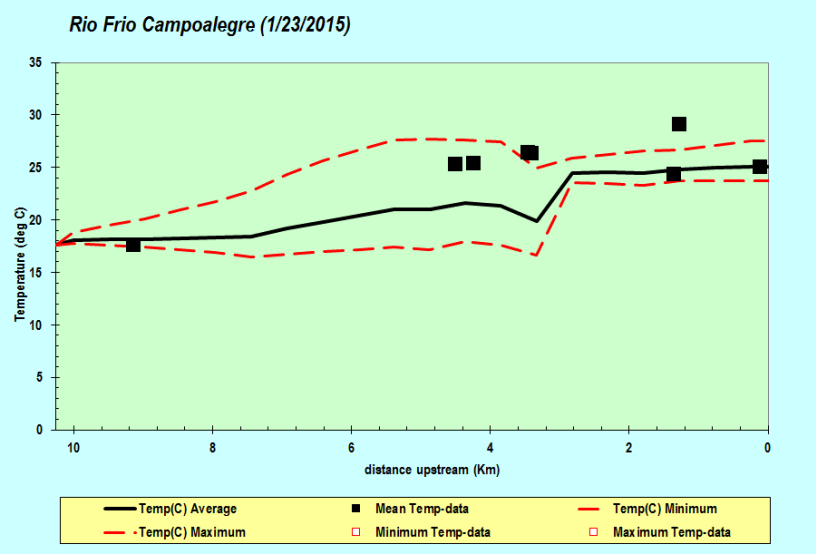


Figura 54. Calibración de la Temperatura
Fuente: FUNDISPROS, 2014

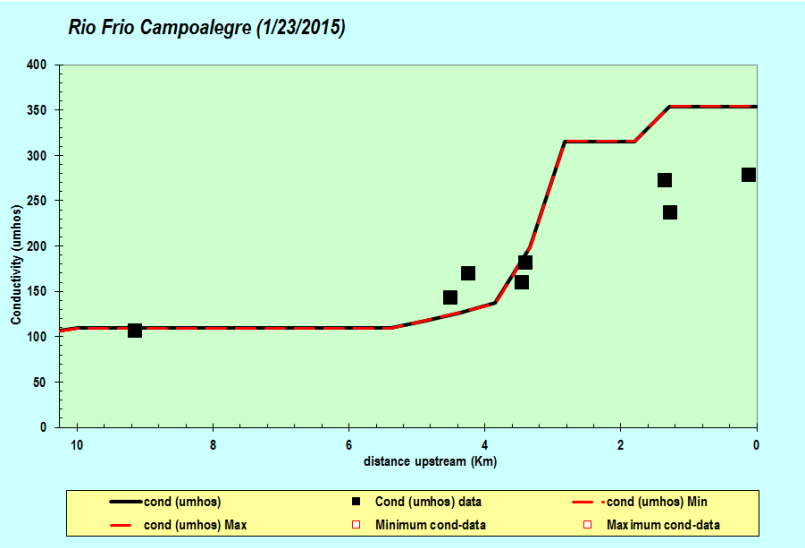


Figura 55. Calibración de la Conductividad
Fuente: FUNDISPROS, 2014

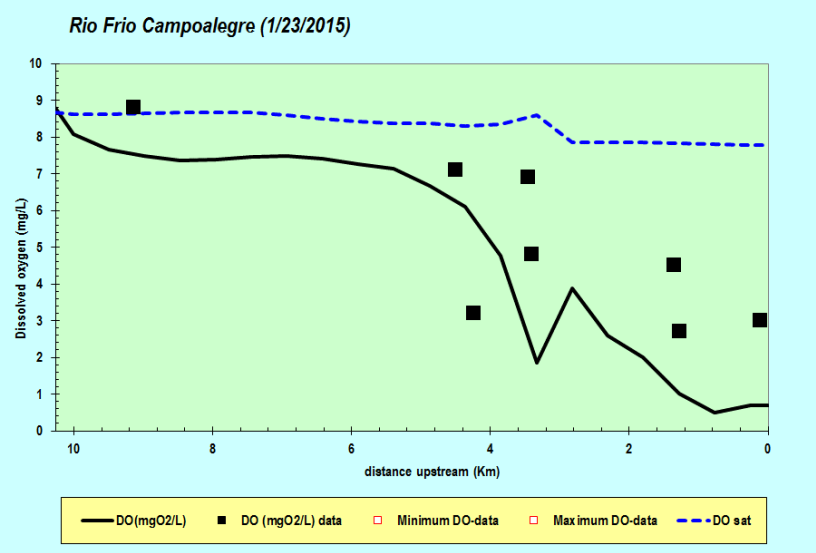


Figura 56. Calibración del Oxígeno Disuelto
Fuente: FUNDISPROS, 2014

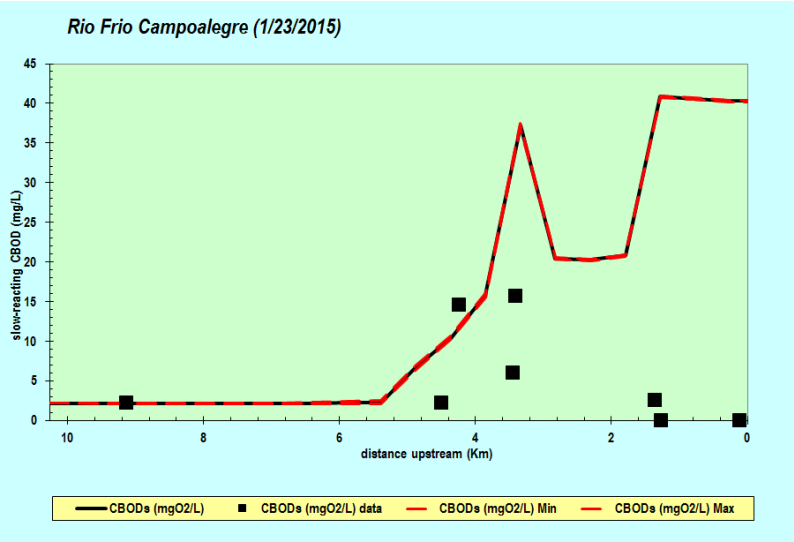


Figura 57. Calibración DBO Lenta
Fuente: FUNDISPROS, 2014

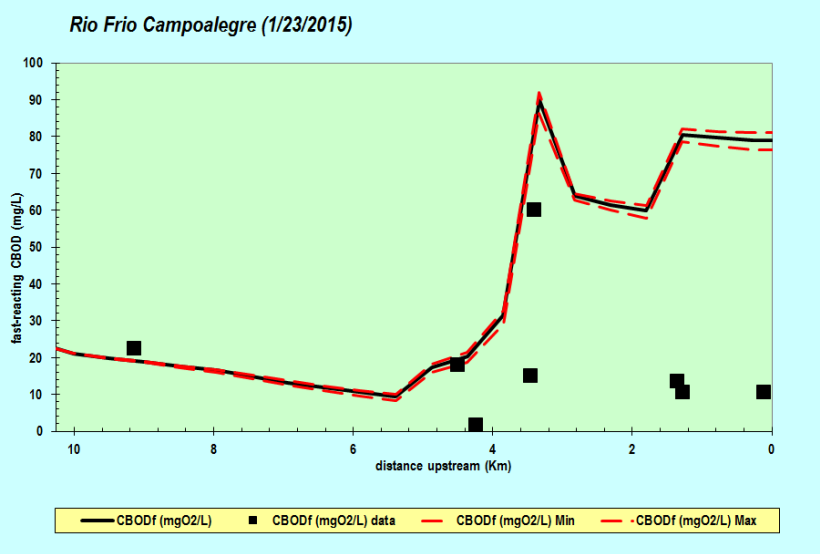


Figura 58. Calibración DBO Rápida
Fuente: FUNDISPROS, 2014

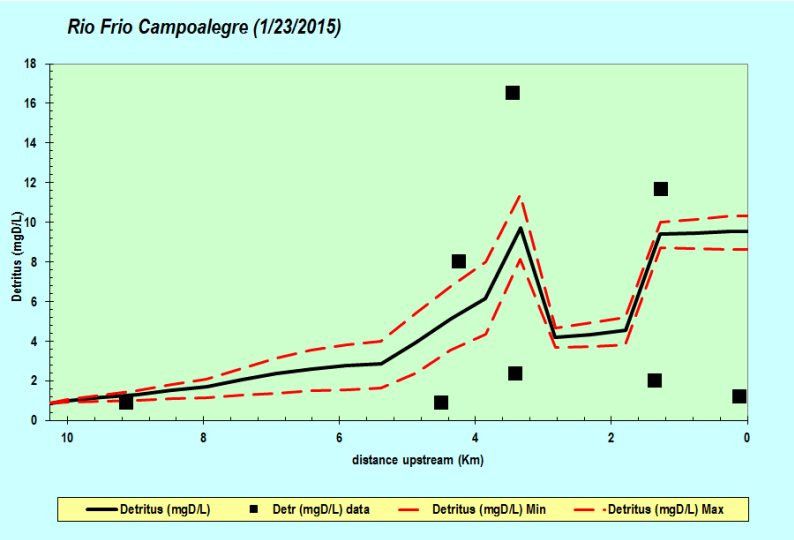


Figura 59. Calibración del detritus
Fuente: FUNDISPROS, 2014

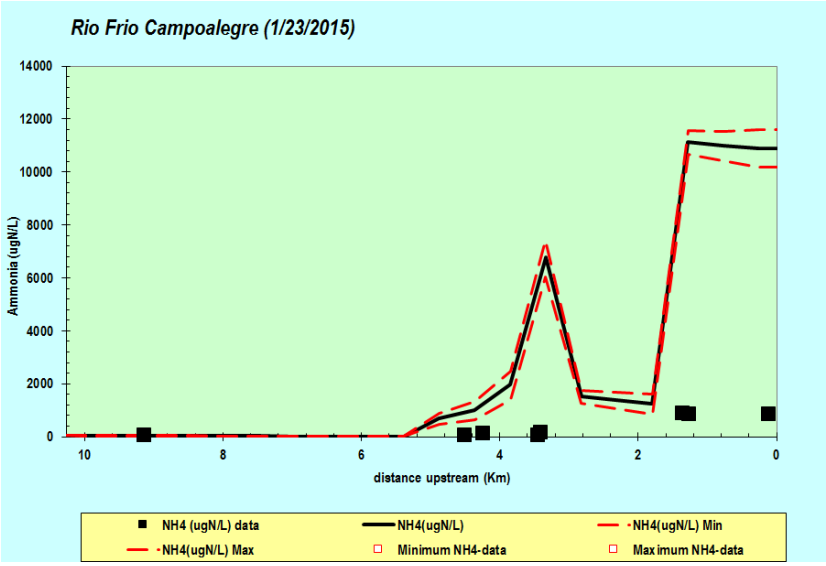


Figura 60. Calibración del Nitrógeno Amoniacal
Fuente: FUNDISPROS, 2014

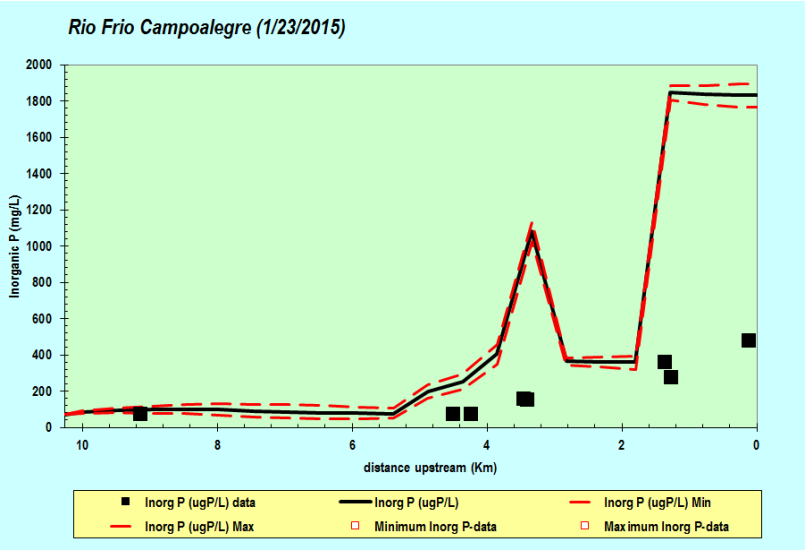


Figura 61. Calibración del Fosforo Inorgánico
Fuente: FUNDISPROS, 2014

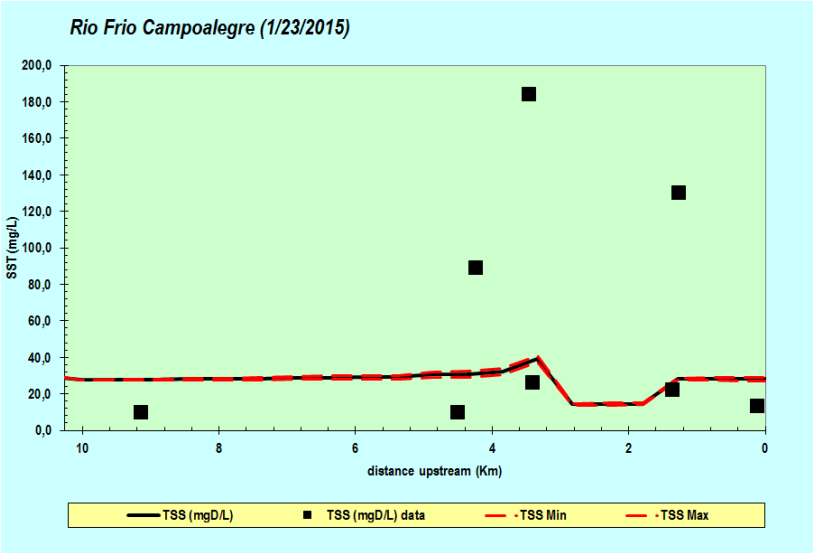


Figura 62. Calibración SST
Fuente: FUNDISPROS, 2014

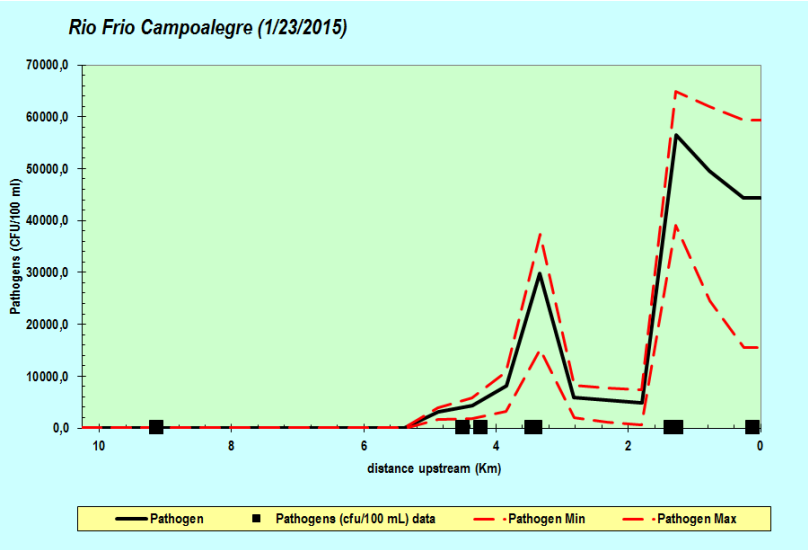


Figura 63. Calibración de Los Patógenos
Fuente: FUNDISPROS, 2014

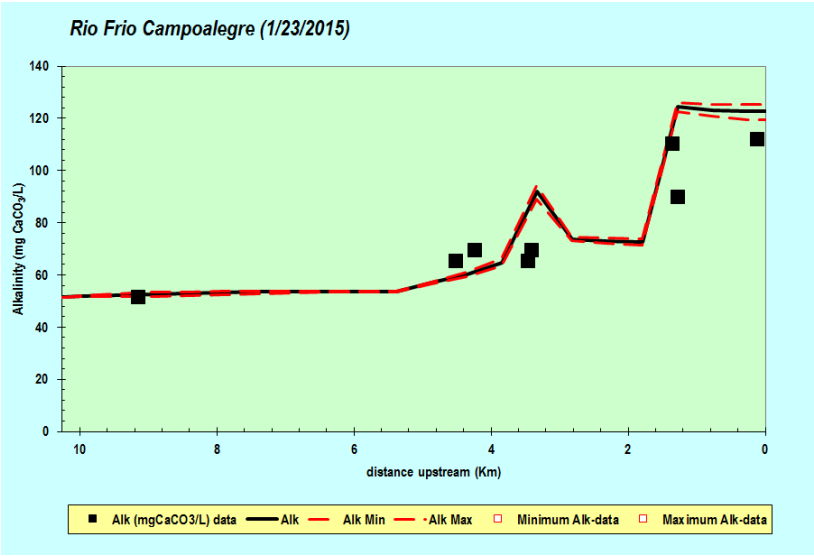


Figura 64. Calibración SSI
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En la Tabla 300 se resumen los datos medidos en campo y los resultados del modelo para los puntos de monitoreo sobre Río Frío.

PARAMETRO	PUNTO MONITOREO	VALORES CAMPO	VALORES SIMULADOS
Caudal (m3/s)	A01 (9.14 km)	0.46	0.49
	A02 (4.50km)	0.29	0.14
	A03 (4.23km)	0.32	0.16
	A04 (3.45 km)	0.13	0.17
	A05 (3.40 km)	0.21	0.22

	A06 (1.35 km)	0.28	0.94
	A07 (1.27 km)	0.39	1.19
	A08 (0.11 km)	0.21	1.17
Temperatura (°C)	A01 (9.14 km)	17.60	18.11
	A02 (4.50km)	25.30	20.98
	A03 (4.23km)	25.40	21.57
	A04 (3.45 km)	26.40	21.35
	A05 (3.40 km)	26.30	19.9
	A06 (1.35 km)	24.30	24.5
	A07 (1.27 km)	29.10	24.79
	A08 (0.11 km)	25.00	25.05
Conductividad (µS/cm)	A01 (9.14 km)	106.50	109.38
	A02 (4.50km)	142.40	117.82
	A03 (4.23km)	169.40	126.75
	A04 (3.45 km)	159.20	137.13
	A05 (3.40 km)	181.50	198.58
	A06 (1.35 km)	272.50	315.49
	A07 (1.27 km)	236.90	353.98
	A08 (0.11 km)	278.30	353.98
OD (mg/L)	A01 (9.14 km)	8.80	7.65
	A02 (4.50km)	7.10	6.67
	A03 (4.23km)	3.20	6.1
	A04 (3.45 km)	6.90	4.77
	A05 (3.40 km)	4.80	1.85
	A06 (1.35 km)	4.50	1.99
	A07 (1.27 km)	2.70	1.00
	A08 (0.11 km)	3.00	0.7
DBO Fast (mg/L)	A01 (9.14 km)	22.48	19.84
	A02 (4.50km)	17.99	17.45
	A03 (4.23km)	1.50	20.4
	A04 (3.45 km)	14.99	31.38
	A05 (3.40 km)	59.96	89.76
	A06 (1.35 km)	13.49	59.8
	A07 (1.27 km)	10.49	80.52
	A08 (0.11 km)	10.49	79.02
SST(mg/L)	A01 (9.14 km)	9.61	27.75
	A02 (4.50km)	9.61	30.47
	A03 (4.23km)	89.00	30.63
	A04 (3.45 km)	184.00	32.24
	A05 (3.40 km)	26.00	39.01
	A06 (1.35 km)	22.00	14.6
	A07 (1.27 km)	130.00	28.00
	A08 (0.11 km)	13.00	28.14
Nitrógeno Amoniacal (µg/L)	A01 (9.14 km)	50.00	24.75
	(A02 (4.50km)	50.00	697.82
	A03 (4.23km)	109.00	1002.48
	A04 (3.45 km)	54.00	1970.51
	A05 (3.40 km)	157.00	6768.3
	A06 (1.35 km)	867.00	1230.04
	A07 (1.27 km)	864.00	11121.05
	A08 (0.11 km)	836.00	10905.65

Fósforo inorgánico (µg/L)	A01 (9.14 km)	70.00	93.88
	A02 (4.50km)	70.00	196.53
	A03 (4.23km)	70.00	251.49
	A04 (3.45 km)	158.00	402.75
	A05 (3.40 km)	151.00	1081.22
	A06 (1.35 km)	360.00	358.35
	A07 (1.27 km)	272.00	1847.27
	A08 (0.11 km)	476.00	1830.78
Detritus (mg/L)	A01 (9.14 km)	0.86	1.15
	A02 (4.50km)	0.86	3.91
	A03 (4.23km)	7.98	5.13
	A04 (3.45 km)	16.50	6.14
	A05 (3.40 km)	2.33	9.72
	A06 (1.35 km)	1.97	4.53
	A07 (1.27 km)	11.66	9.38
	A08 (0.11 km)	1.17	9.54
Patógenos (UFC/100 ml)	A01 (9.14 km)	3.00	1.97
	A02 (4.50km)	4.00	3137.47
	A03 (4.23km)	21.00	4405.87
	A04 (3.45 km)	12.00	8082.86
	A05 (3.40 km)	16.00	29718.25
	A06 (1.35 km)	12.00	4766.51
	A07 (1.27 km)	4.00	56498.49
	A08 (0.11 km)	28.00	44308.34
Alcalinidad (mg/L)	A01 (9.14 km)	51.50	52.25
	A02 (4.50km)	65.00	56.91
	A03 (4.23km)	69.40	60.24
	A04 (3.45 km)	65.00	64.70
	A05 (3.40 km)	69.40	91.81
	A06 (1.35 km)	110.00	72.69
	A07 (1.27 km)	89.60	124.33
	A08 (0.11 km)	112.00	122.61

Tabla 300. Resumen valores de campo y valores simulados en los puntos de monitoreo
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Como se ha venido mencionando, el fin de la calibración del modelo de calidad del agua QUAL2Kw para Río Frío, es el de reproducir a partir de los datos recopilados en campo y la información secundaria con la que se cuenta las condiciones actuales del río, de tal forma que la predicción del modelo se acerque lo más acertadamente posible a los datos reales. En general, el análisis de los resultados de la calibración permite observar que parámetros como la temperatura, la conductividad, el oxígeno disuelto, los sólidos suspendidos totales y la alcalinidad, reproducen en gran medida los datos de campo medidos a lo largo del cauce, mientras que parámetros como la DBO lenta, la DBO rápida y los nutrientes (nitrógeno y fósforo), presentan dificultades en el ajuste a partir del kilómetro 5 antes de la desembocadura de Río Frío en el río Neiva.

Las dificultades en el ajuste de los parámetros mencionados refleja que existen condiciones en el tramo de 5 kilómetros de la corriente antes de su desembocadura,

en el cual las condiciones ingresadas al modelo difieren en alguna medida de las reales, se infiere que el hecho de no contar con caracterizaciones reales de los vertimientos y los tributarios de importancia de Río Frío ocasiona los resultados encontrados, ya que justamente es en este tramo donde se concentran las descargas de la mayoría de los vertimientos y tributarios de la corriente. Es importante resaltar que calibrar las constantes cinéticas de una corriente superficial requiere de validaciones, por lo cual los resultados encontrados son fundamentales para establecer una línea base que permita encontrar las constantes definitivas.
En la Figura 53 se puede observar el resultado del modelo para el caudal, este parámetro es determinado por el software mediante los balances de flujo, partiendo del caudal de cabecera del río (466 L/s) y los aportes por tributarios (1033 L/s) y vertimientos (45 L/s) a lo largo de su recorrido, así como también tiene en cuenta las extracciones en tiempo seco (370.5 L/s) producto de las captaciones para el abastecimiento de los diferentes usuarios del recurso. Es importante tener en cuenta que al modelo solo se ingresó la información de caudal para los cinco tributarios más importantes del Río Frío (Drenaje, Q. El Vergel, Q. Lavapatas, Q. Caraguaja y Q. Acrópolis) ya que se determinó que los tributarios restantes permanecen la mayor parte del año secos o su caudal es muy pequeño y no se cuenta con datos de campo.

Teniendo en cuenta que la implementación del modelo se realizó en tiempo seco, se tiene que el caudal de la corriente disminuye en los primeros kilómetros de su recorrido debido a la extracción de 108.4 L/s que realiza el primer usuario identificado y que corresponde al Acueducto Municipal de Campoalegre (kilómetro 9.1 antes de su desembocadura en el río Neiva). Después de este punto, el caudal de la corriente sigue disminuyendo ya que hasta el kilómetro 7.74 antes de la desembocadura en el río Neiva se concentran la mayoría de extracciones de la corriente y no se tienen identificados vertimientos o tributarios de importancia que aporta caudal al río como puede observarse en la Figura 44. Se recuerda que el kilómetro 0 es la desembocadura Río Frío en el río Neiva.

De acuerdo a los aforos realizados en el año 2014 sobre los tributarios de importancia de la corriente, en los últimos 5 kilómetros antes de la desembocadura se ubican la mayoría de los tributarios del río, siendo la quebrada Caraguaja (kilómetro 2.82) y la quebrada Acrópolis (kilómetro 1.31) las de mayor importancia desde el punto de vista de aporte de caudal, la primera con 723 L/s y la segunda con 247 L/s. Adicionalmente, en este mismo tramo se concentran la mayoría de los vertimientos identificados. Debido a lo mencionado anteriormente, en los resultados del modelo para el caudal se observa un aumento significativo del mismo en esta zona, sin embargo, los aforos realizados en enero del año 2015 sobre el cauce principal de la corriente, no reflejan los aportes descritos, esto puede estar ocasionado a que los aforos se realizaron en meses distintos.

En cuanto a la calidad del agua de la corriente, se tiene que en el mismo tramo en el cual aumenta notablemente el caudal, la calidad del río se ve afectada de acuerdo a los distintos parámetros de calidad analizados, esto se debe a que en la zona se concentran los 60 vertimientos identificados, los cuales son en su mayoría descargas de origen doméstico, provenientes de usuarios que realizan sus vertimientos al cauce principal sin ningún tipo de tratamiento. Por otra parte, se esperaría que la desembocadura de los tributarios en la corriente principal disminuyeran la concentración de los contaminantes por los efectos de dilución, sin embargo, para este caso se tiene que los tributarios de Río Frío se encuentran fuertemente afectados por ser los receptores de aguas residuales provenientes de distintas actividades, tal es el caso de la quebrada El Vergel y la quebrada Acrópolis, las cuales transportan las aguas residuales provenientes del Matadero y de la PTAR de Campoalegre respectivamente.

La calibración de la temperatura en el modelo es la primera en resolverse, dado que esta variable de estado afecta el cálculo de la gran mayoría de los componentes a modelar y a la vez no depende de ninguno de ellos para su estimación (Jorgensen S.E, 2001). En la Figura 54, se observa que el modelo predijo con un buen ajuste la temperatura del río en todo su recorrido, en la parte alta en donde nace Río Frío la temperatura del agua tiene valores de 17.6°C y cuando desemboca en el río Neiva alcanza los 25°C.

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 Río Frío, se encontró que la calibración de la conductividad se ajustó en mejor medida hasta el kilómetro 3 aproximadamente antes de la desembocadura de la corriente en el río Neiva, en el nacimiento del río la conductividad tiene valores de 106.5 µS/cm y antes de desembocar en el río Neiva tiene valores de 278.3 µS/cm de acuerdo a los datos de campo, sin embargo para el modelo en la desembocadura la corriente debería presentar valores de 353.98 µS/cm.

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. La reaireación debido a las condiciones hidráulicas del sistema que se está modelando, puede aportar o consumir oxígeno dependiendo si el oxígeno presente es inferior o superior al oxigeno de saturación respectivamente (Chapra, S. *et al*, 2006). Por otra parte, de acuerdo a los estándares de calidad del agua, se sabe que una concentración de oxígeno disuelto menor a 5 mg/L afecta la diversidad biológica.

En la Figura 56 se observa el comportamiento del oxígeno disuelto en el río, se puede ver que el oxígeno empieza a disminuir notablemente en el kilómetro 5 aproximadamente antes de su desembocadura y no se observa una recuperación, esto debido a que en este tramo se concentran las descargas de vertimientos y tributarios en mal estado que disminuyen la calidad de la corriente y por consiguiente la concentración del oxígeno disuelto decrece. En el nacimiento del río el oxígeno disuelto tiene una concentración de 8.8 mg/L muy cercana al oxígeno de saturación, sin embargo, su concentración disminuye hasta alcanzar valores de 3 mg/L de acuerdo a los datos de campo, en el caso de los resultados del modelo, este predice que se alcanzan valores de 0.7 mg/L antes de desembocar en el río Neiva.

La DBO es el parámetro que más dificultades presenta para ser simulado, posiblemente por tratarse de un bioensayo donde son muchos los factores que afectan la medición, como por ejemplo la relación de la materia orgánica soluble a la suspendida, los sólidos sedimentables y los flotables, la presencia de hierro en su forma oxidada o reducida, la presencia de compuestos azufrados entre otros (Corporación Autónoma Regional del Cauca CAR, 2012).

La DBO lenta y la DBO rápida representan la materia orgánica que es lentamente biodegradable y rápidamente biodegradable respectivamente, los datos de entrada al modelo se determinaron a partir de los resultados de la DBO total y la DBO filtrada medida en el laboratorio, y la aplicación de ecuaciones como se describió en la metodología, esto teniendo en cuenta que al modelo no se pueden ingresar valores de DBO_5 o DQO, sino que se deben ingresar valores de DBO última.

En la Figura 57 y la Figura 58 se encuentran los resultados para la DBO lenta y la DBO rápida respectivamente, como se puede ver la calibración se ajustó mejor hasta alcanzar el kilómetro 5 antes de la desembocadura de la corriente en el río Neiva. En el caso de la DBO lenta, en el nacimiento del río esta presenta valores de 2.14 mg/L, alcanza su valor máximo en el kilómetro 3.4 de acuerdo a los valores medidos en campo y es igual a 0 mg/L cuando desemboca en el río Neiva, sin embargo, el modelo predice que de acuerdo a las características ingresadas de los tributarios y vertimientos que se concentran en la zona, la DBO lenta al final del recorrido de Río Frío debería alcanzar valores de 40 mg/L aproximadamente. Algo similar ocurre con la DBO rápida, ya que en el nacimiento de la corriente esta presenta valores de 22.48 mg/L y empieza a aumentar a partir del kilómetro 5 antes de su desembocadura hasta alcanzar un valor crítico de 59.96 mg/L en el kilómetro 3.4, al final de su recorrido la concentración disminuye hasta 10.49 mg/L, lo anterior de acuerdo a los datos medidos en campo.

Por otra parte, de acuerdo al modelo de calidad la corriente debería desembocar con una concentración de 79 mg/L de DBO rápida.

La calibración de sólidos suspendidos totales en Río Frío tuvo un buen ajuste en la mayor parte de su recorrido y se mantiene con concentraciones inferiores a 30 mg/L (Figura 62), sin embargo, de acuerdo a los datos medidos en campo los sólidos aumentan en el punto de monitoreo ubicado a 3.45 kilómetros antes de la desembocadura alcanzando un valor de 184 mg/L.

Los resultados del modelo de calidad para detritus, nutrientes (fósforo y nitrógeno) y patógenos que se presentan en la Figura 59, Figura 60, Figura 61 y Figura 63, tienen un comportamiento similar al descrito para la materia orgánica medida en términos de DBO lenta y DBO rápida, ya que evidencian el deterioro de la corriente en los mismos puntos.

3.1.2.10.2 Análisis de los Escenarios Futuros

A partir de la calibración del modelo QUAL2Kw para Río Frío, se ingresaron por separado los datos de los tres escenarios futuros formulados y descritos anteriormente en detalle. A continuación se presentan de la Figura 65 a la Figura 68, la comparación de los resultados y los análisis del modelo para 4 de los parámetros de calidad del agua más representativos de acuerdo a la naturaleza de la modelación (OD, DBO lenta, DBO rápida y SST).

Los resultados para los otros parámetros que permite modelar el QUAL2Kw se pueden observar en su totalidad en los archivos (ANEXO 7)

- ✓ *Escenario_1_Rio_Frio_Campoalegre.exe,*
- ✓ *Escenario_2_.Rio_Frio_Campoalegre.exe,*
- ✓ *Escenario_3_.Rio_Frio_Campoalegre.exe*

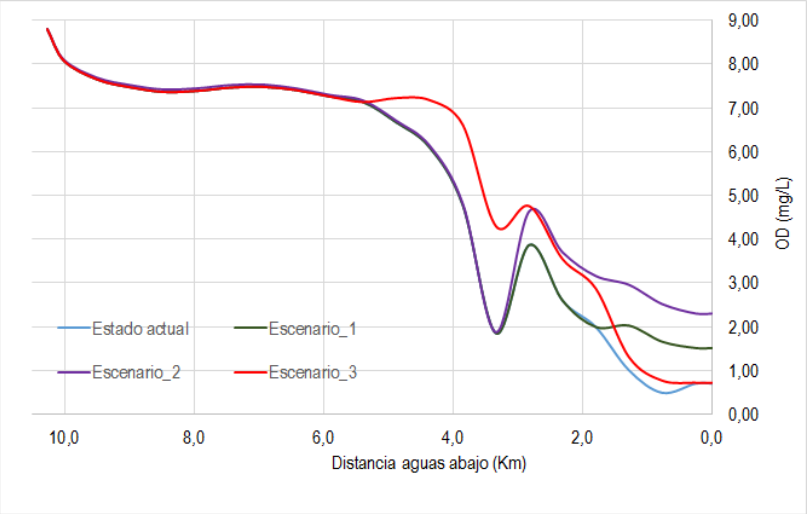


Figura 65. Escenarios para OD
Fuente: FUNDISPROS, 2014

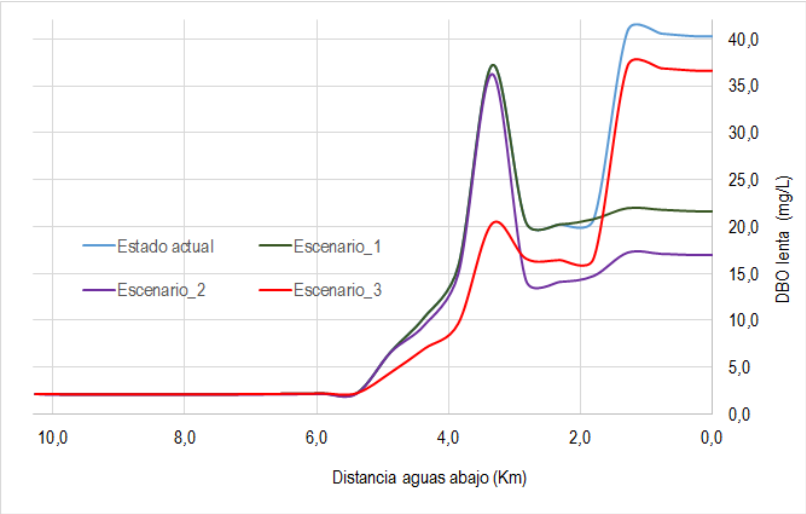


Figura 66. Escenarios para La DBO Lenta
Fuente: FUNDISPROS, 2014

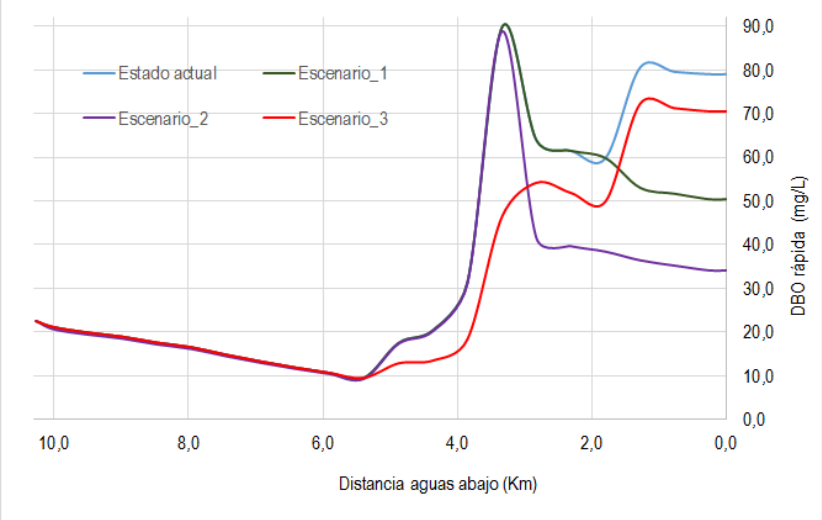


Figura 67. Escenarios para La DBO Rápida
Fuente: FUNDISPROS, 2014

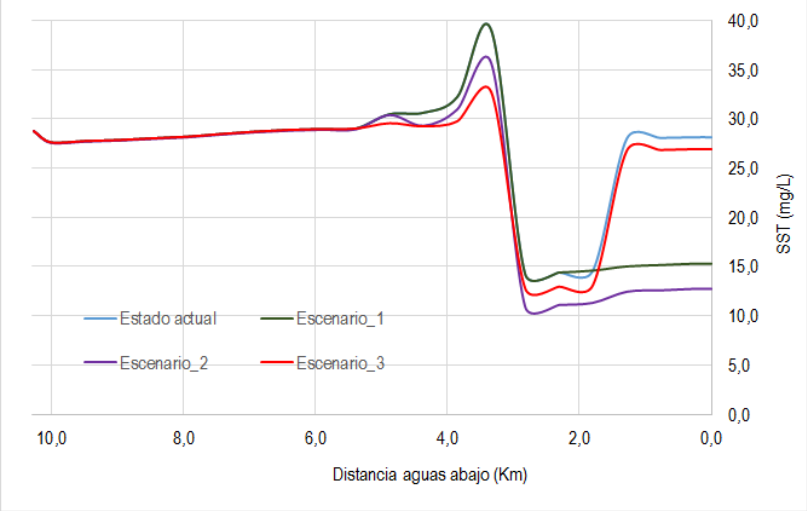


Figura 68. Escenarios para SST
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Los escenarios de modelación planteados permitieron predecir la asimilación y/o degradación de los parámetros físico-químicos en la corriente ante distintas situaciones futuras. La formulación de estos escenarios contempló las tres situaciones más probables que impactarán directamente la calidad del agua de Río Frío y por consiguiente a sus usuarios.

Los resultados del modelo de calidad para los tres escenarios planteados se compararon con el estado actual de la corriente como puede evidenciarse en las figuras anteriores, esto permite realizar un análisis rápido y llegar a mejores conclusiones. En general, se encontró que al ingresar la información correspondiente a cada escenario descrita en la metodología (Figura 52) y correr el modelo con las constantes calibradas, el QUAL2Kw predijo que desde el nacimiento de la corriente hasta el kilómetro 6 antes de su desembocadura, todos los escenarios tendrán el mismo comportamiento que se evidencia en el estado actual, esto debido a que los escenarios planteados no contemplan ninguna acción en este tramo.

Por otra parte se evidencia que el escenario 3, el cual contempla la implementación de sistemas individuales de saneamiento para viviendas unifamiliares o bifamiliares ubicadas sobre el cauce principal de Río Frío, unido al manejo de las áreas forestales protectoras, tendrá un impacto positivo en el tramo ubicado del kilómetro 6 al kilómetro 4, teniendo en cuenta que para efectos de la modelación el kilómetro 0 es la desembocadura de Río Frío en el río Neiva.

Finalmente, se observa que en el tramo ubicado del kilómetro 4 hasta la desembocadura de la corriente, es el escenario 2, el cual contempla la optimización de la PTAR de Campoalegre, más la implementación de sistemas individuales de saneamiento para viviendas unifamiliares o bifamiliares ubicadas sobre tributarios

de Río Frío y el manejo de las áreas forestales protectoras, el escenario de saneamiento que impactará en mayor medida la calidad del agua del río.

A partir del análisis de los resultados de los parámetros de calidad del agua para los escenarios planteados, es evidente que aunque los escenarios permitirán mejorar la calidad del agua en alguna medida, serán necesarias acciones más contundentes que permitan mayores porcentajes de remoción de contaminantes en los vertimientos y tributarios de la corriente, puesto que en el caso del oxígeno disuelto, el modelo predice que en ninguno de los escenarios planteados se alcanzará un oxígeno disuelto superior a 3mg/L antes de la desembocadura de Río Frío en el río Neiva.

3.1.2.11 Conclusiones y Recomendaciones de la Modelación

La campaña de monitoreo realizada en Río Frío y la información histórica existente, permitieron contar con los datos de campo necesarios para calibrar el modelo QUAL2Kw, obteniéndose un buen ajuste para parámetros como temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales y alcalinidad, mientras que parámetros como la DBO lenta, la DBO rápida y los nutrientes (nitrógeno y fósforo), presentaron dificultades en el ajuste a partir del kilómetro 5 antes de la desembocadura de Río Frío en el río Neiva.

En los últimos 5 kilómetros antes de la desembocadura se ubican la mayoría de los tributarios del río, siendo la quebrada Caraguaja y la quebrada Acrópolis las de mayor importancia debido al aporte de caudal, la primera con 723 L/s y la segunda con 247 L/s.

Se encontró que los tributarios de Río Frío se encuentran fuertemente afectados por ser los receptores de aguas residuales provenientes de distintas actividades, tal es el caso de la quebrada El Vergel y la quebrada Acrópolis, las cuales transportan las aguas residuales provenientes del Matadero y de la PTAR de Campoalegre respectivamente.

La degradación en la que se encuentran los tributarios y el aporte importante de caudal que tienen sobre la corriente principal, ocasiona que en el tramo de 5 kilómetros antes de desembocar Río Frío en el río Neiva, la calidad del agua de la corriente disminuya notoriamente. Por otra parte, en la misma zona se concentran los 60 vertimientos identificados (origen doméstico) provenientes de usuarios que realizan sus vertimientos al cauce principal sin ningún tipo de tratamiento.

Se formularon tres escenarios futuros para predecir el impacto que cada uno de ellos tendría sobre el río, el primer escenario contempló la optimización de la PTAR del municipio de Campoalegre; el segundo escenario contempló la optimización de la PTAR de Campoalegre, más la implementación de sistemas individuales de saneamiento para viviendas unifamiliares o bifamiliares ubicadas sobre tributarios

de Río Frío y el manejo de las áreas forestales protectoras; el tercer escenario contempló la implementación de sistemas individuales de saneamiento para viviendas unifamiliares o bifamiliares ubicadas sobre el cauce principal de Río Frío, unido al manejo de las áreas forestales protectoras.

Los resultados de la predicción del modelo para los escenarios futuros evidenciaron que la acción más favorable para la corriente en el tramo ubicado del kilómetro 6 al kilómetro 4, es el escenario 3, mientras que el escenario 2 será el más favorable en el tramo ubicado del kilómetro 4 hasta la desembocadura de la corriente.

Los resultados presentados en este informe permitieron conocer el estado actual de Río Frío y su respuesta ante los escenarios futuros formulados, sin embargo, se recomienda contar con una segunda campaña de monitoreo que permita validar las constantes cinéticas calibradas o en su defecto ajustarlas, de tal forma que se aumente el ajuste de la calibración y se pueda predecir más acertadamente la calidad del agua en la corriente ante distintos escenarios.

La información de calidad del agua correspondiente a vertimientos se asumió de acuerdo a la literatura, sin embargo, se recomienda contar con valores reales tomados en campo para cada tipo de vertimiento. Por otra parte, se recomienda contar con aforos actualizados de los tributarios de Río Frío, así como contar con una caracterización físico-química de los mismos.

Teniendo en cuenta que al modelo de simulación QUAL2Kw se deben ingresar valores de DBO última, se recomienda incluir este parámetro en otras campañas de monitoreo, de esta forma se contaría con datos de campo más confiables.

3.2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA

Para establecer el diagnóstico de la calidad del agua de la corriente Rio Frío – Campoalegre en cuanto a usos, objetivos de calidad y metas de reducción de carga contaminante se tendrá en cuenta la información anteriormente procesada, correspondiente antecedentes existentes sobre estudios de calidad de agua en la zona, los análisis de calidad de agua sobre los puntos de monitoreo realizados para el presente ordenamiento y el modelo de simulación de calidad de agua desarrollado mediante el software QUAL2Kw.

3.2.1. Identificación de características naturales del cuerpo de agua

La cuenca del Río Frío se encuentra en su totalidad en el municipio de Campoalegre al Nororiente del departamento del Huila sobre la cordillera oriental nace en el sitio conocido como el alto del Esmero de propiedad del municipio, antiguamente se desarrollaba actividades de ganadería y era de propiedad del señor José Eugenio Galindo quien fue la persona que le vendió al estado para

reserva forestal, lugar donde se encuentra su parte aguas. (“EMAC S.A. E.S.P”, 2010)

La Zona de estudio objeto de ordenación hace referencia a la cuenca hidrográfica del Rio Frio y se encuentra ubicada en el municipio de Campoalegre en las estribaciones de la cordillera oriental en el sector de la Siberia, a los 2°39´48.7”N y 75°12´33.4”W .La fuente principal nace a una altura de 2675 m.s.n.m. y desemboca en el rio Neiva a los 2°43´2.8”N y 75°20´11.4”W a una altura de 500 m.s.n.m.

Dentro de sus principales tributarios o sub cuencas en la parte alta se encuentran la quebrada Manzanares, doña Luisa, quebrada el esmero, las pavas, quebrada Vergelito y Tabor, aguas abajo de la bocatoma municipal sus principales tributarios son la quebrada las Caraguaja, la cabuya, quebrada san Isidro, la rocha efluentes donde se vierten las agua residuales del municipio; la desembocadura se encuentra en el Rio Neiva y posteriormente al rio magdalena; Para captación del cuerpo de agua se caracterizaron 131 usuarios y 60 vertimientos dispersos de aguas residuales domésticas, aguas residuales combinadas del alcantarillado del municipio de Campoalegre así como aguas residuales de tipo agrícola.

3.2.2. Identificación actual de los usos existentes y potenciales del recurso

Para la identificación actual de los usos existentes y potenciales del recurso se tendrá en cuenta las principales actividades realizadas por los usuarios de la cuenca, se plantea que para la adjudicaciones de caudales está el del darle un cubrimiento general a todos los usuarios localizados dentro del área de influencia de esta fuente destinando el recurso hídrico a las actividades propias: uso doméstico, agrícola (arroz, maíz, piña, caña, cacao, frutales y pastos), pecuario (piscícola, animales), uso industrial, y consecuentemente garantizar el no agotamiento del caudal de la corriente asegurando la preservación de cualquier forma de vida ictiológica que en dicho cauce existan.

3.2.3. Definición de objetivos de calidad del recurso hídrico (corto, mediano y largo plazo)

Se entiende por objetivo de calidad como el conjunto de parámetros (criterios de calidad) y niveles de contaminantes (estándares) que deben conseguirse en un programa destinado al manejo de la calidad del agua. Debe quedar claro entonces para los alcances de esta Guía que el criterio de calidad define la contaminación en función de un parámetro y el estándar la dimensiona en función de un índice o límite establecido por la norma generalmente, o través de un criterio técnico especializado. (Metodologia MESOCA, 2006)

Siendo consecuente con el decreto 3440 de 2004, el cual modifica el decreto 3100 de 2003, donde determina la necesidad de las autoridades ambientales

competentes a establecer objetivos de calidad de los cuerpos de agua de acuerdo a su uso y a los planes ordenamiento del recurso hídrico.

Para establecer los objetivos de calidad se utilizara la metodología MESOCA, afirmando que cumple con las siguientes tres condiciones esenciales:

1. Permite definir escenarios objetivos de calidad para los cuerpos de agua de la jurisdicción, con énfasis en las sustancias reglamentadas en el decreto 3100 de 2003.

2. Dichos escenarios pueden ser retomados y validados en el proceso integral y definitivo de Ordenamiento de los recursos hídricos, como lo establecen los requisitos normativos establecidos en el Capítulo IV del Decreto 1594 de 1984, el cual reglamenta la implementación de los PORH.

3. Se adapta a la mejor información disponible en la Autoridad Ambiental Competente.

Así mismo se sustrae de la metodología Mesoca los Compromisos estratégicos necesarios para el establecimiento de los objetivos de calidad, los cuales se presentan a continuación:

Figura 69. Metodología para Establecer Los Objetivos de Calidad
Fuente. (MESOCA, 2006)

1. Identifique en un mapa, las cuencas, los cuerpos de agua más importantes de la jurisdicción y las principales fuentes puntuales de contaminación hídrica:

En el proceso de georreferenciación del cauce principal del río, se identificó y referenció cada uno de los vertimientos puntuales de aguas residuales que se observaron sobre el cauce del Río. Es importante resaltar que no se incluyeron cargas dispersas de contaminantes, ni se consideraron como vertimientos: lavados de suelos por aguas lluvias, arrastres por erosión, aguas cargadas con turbas orgánicas, etc.; solo se consideraron las fuentes puntuales de aguas residuales. Se consideró como un vertimiento los aliviaderos o canales de riego, ya que durante su recorrido por los predios cultivados arrastran partículas de suelo ricas en fungicidas, herbicidas y demás abonos químicos utilizadas en las labores agrícolas. A continuación se presenta la localización de las fuentes puntuales de vertimientos ubicados sobre cada tramo en el que fue divido el Río:

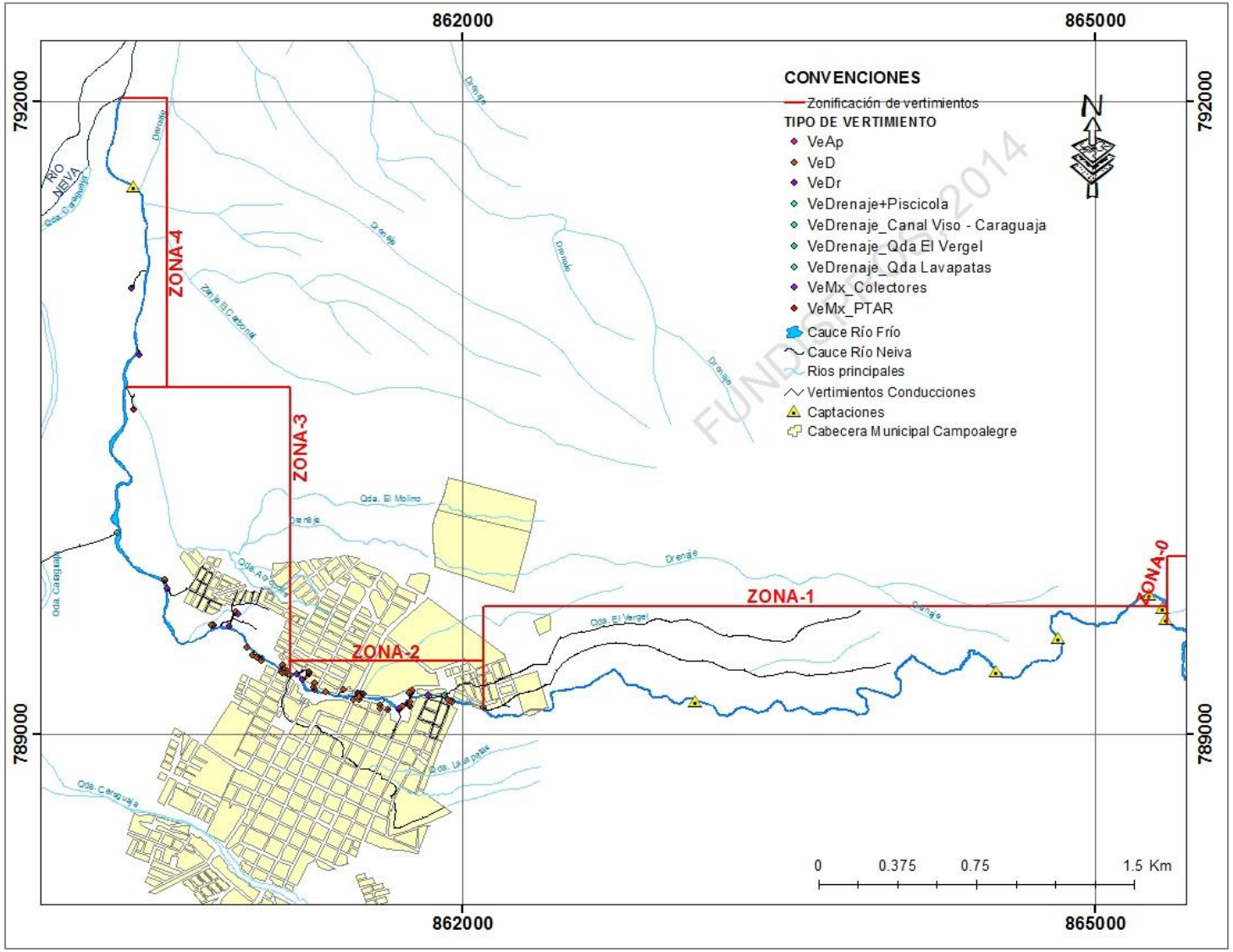


Figura 70. Vertimientos Puntuales sobre Río Frío – Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014

2. Elabore el perfil de calidad de cada uno de los cuerpos de agua identificados con base en los usos reales de los cuerpos de agua.

Una vez determinadas las zonas o tramos en los que se dividió el rio, se consignó en la siguiente tabla los parámetros más representativos encargados de su caracterización y que definirán su perfil de calidad.

RIO	ZONA O TRAMO	PUNTO MONITOREADO	PARAMETRO[22]	VALOR MEDIDO O ASUMIDO
RIO FRIO	ZONA 1	A01	DBO5 (mg/L)	17,0
			DQO (mg/L)	37,8
			SST (mg/L)	<9,61
			OD (mg/L)	8,8
			OD de saturación	103,5
			PH (unidad Ph)	7,07
			T (C)	17,6
			Coliformes Totales (NMP/100ml)	21,0
			Coliformes Fecales (NMP/100ml)	3,0
			Sulfatos ($mgSO_4/L$)	1,86
			Cloruros ($mgCl/L$)	1,03
			Nitratos ($mg\ NO_3/L$)	0,640
			Nitritos ($mgNO_2/L$)	0,139
			Grasas y aceites (mg/L)	5,34
		A02	DBO5 (mg/L)	14,0
			DQO (mg/L)	37.8
			SST (mg/L)	<9,61
			OD (mg/L)	7,1
			OD de saturación	95,6
			PH (unidad Ph)	7,18
			T (C)	25,3
			Coliformes Totales (NMP/100ml)	268,0
			Coliformes Fecales (NMP/100ml)	4,0
			Sulfatos ($mgSO_4/L$)	2,02
			Cloruros ($mgCl/L$)	1,9
			Nitratos ($mg\ NO_3/L$)	<0,50
			Nitritos ($mgNO_2/L$)	0,02
			Grasas y aceites (mg/L)	5,34
RIO FRIO	ZONA 2	A03	DBO5 (mg/L)	16,0
			DQO (mg/L)	36,3
			SST (mg/L)	89,0
			OD (mg/L)	3,2
			OD de saturación	41,0
			PH (unidad Ph)	7,53
			T (C)	25,4
			Coliformes Totales (NMP/100ml)	341,0
			Coliformes Fecales (NMP/100ml)	21,0
			Sulfatos ($mgSO_4/L$)	2.65
			Cloruros ($mgCl/L$)	6,1
			Nitratos ($mg\ NO_3/L$)	<0,50
			Nitritos ($mgNO_2/L$)	0,037
			Grasas y aceites (mg/L)	15
		A04	DBO5 (mg/L)	25,0
			DQO (mg/L)	69,7
			SST (mg/L)	184,0
			OD (mg/L)	6,9
			OD de saturación	85,4
			PH (unidad Ph)	7,77

[22] Parámetros escogidos de acuerdo a lo estipulado en el Capítulo IV del Decreto 1594 de 1984.

			T (C)	26,4
			Coliformes Totales (NMP/100ml)	182,0
			Coliformes Fecales (NMP/100ml)	12,0
			Sulfatos ($mgSO_4/L$)	2,41
			Cloruros ($mgCl/L$)	10,3
			Nitratos ($mg\ NO_3/L$)	<0,50
			Nitritos ($mgNO_2/L$)	0,049
			Grasas y aceites (mg/L)	34,0
RIO FRIO	ZONA 3	A05	DBO5 (mg/L)	52,0
			DQO (mg/L)	130,1
			SST (mg/L)	26,0
			OD (mg/L)	4,8
			OD de saturación	81,6
			PH (unidad Ph)	7,64
			T (C)	26,3
			Coliformes Totales (NMP/100ml)	231,0
			Coliformes Fecales (NMP/100ml)	16,0
			Sulfatos ($mgSO_4/L$)	2,65
			Cloruros ($mgCl/L$)	11,8
			Nitratos ($mg\ NO_3/L$)	<0,50
			Nitritos ($mgNO_2/L$)	0,078
			Grasas y aceites (mg/L)	10,00
		A06	DBO5 (mg/L)	12,0
			DQO (mg/L)	28,5
			SST (mg/L)	22,0
			OD (mg/L)	4,5
			OD de saturación	73,9
			PH (unidad Ph)	7,33
			T (C)	24,3
			Coliformes Totales (NMP/100ml)	224,0
			Coliformes Fecales (NMP/100ml)	12,0
			Sulfatos ($mgSO_4/L$)	20,75
			Cloruros ($mgCl/L$)	19,4
			Nitratos ($mg\ NO_3/L$)	1.51
			Nitritos ($mgNO_2/L$)	0,057
			Grasas y aceites (mg/L)	<5,34
RIO FRIO	ZONA	A07	DBO5 (mg/L)	13,0
			DQO (mg/L)	31,4
			SST (mg/L)	130,0
			OD (mg/L)	2,7
			OD de saturación	41,5
			PH (unidad Ph)	7,45
			T (C)	31,5
			Coliformes Totales (NMP/100ml)	268,0
			Coliformes Fecales (NMP/100ml)	4,0
			Sulfatos ($mgSO_4/L$)	19,95
			Cloruros ($mgCl/L$)	15,6
			Nitratos ($mg\ NO_3/L$)	0,970
			Nitritos ($mgNO_2/L$)	0,246
			Grasas y aceites (mg/L)	<5,34
		A08	DBO5 (mg/L)	7,0
			DQO (mg/L)	17,4
			SST (mg/L)	13,0
			OD (mg/L)	3,0
			OD de saturación	58,5
			PH (unidad Ph)	7,22
			T (C)	25,0
			Coliformes Totales (NMP/100ml)	319,0
			Coliformes Fecales (NMP/100ml)	28,0
			Sulfatos ($mgSO_4/L$)	17,02
			Cloruros ($mgCl/L$)	15,6

Nitratos (mg NO_3/L)	0,775
Nitritos (mgNO_2/L)	0,221
Grasas y aceites (mg/L)	28,00

Tabla 301. Perfil de Calidad de Agua – Río Frío Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014

3. Elabore la línea base por DBO5 y SST para cada cuerpo de agua o tramo significativo

Línea Base de Calidad de Agua

Se define la Línea Base, como el marco de condiciones que definen la tendencia de carga contaminante por DBO_5 y SST, para un periodo de cinco años. El Decreto 3100 de 2003[23] establece como primer período, el comprendido entre el año 2005 y el año 2010. (Hernández, 2004)

En este sentido La Línea Base es una suma de factores de referencia, los cuales sirven como condición básica para la negociación de metas de reducción de cargas contaminantes para las sustancias reglamentadas, así como para la estructuración de los elementos que definen el desempeño de los compromisos que se adquieren entre las partes interesadas y la autoridad ambiental.

La Línea Base Global de carga contaminante la corporación la estableció por tramos para toda la cuenca alta del Río Magdalena, por tramos para el quinquenio 2013 – 2018, esta línea base se tendrá en cuenta y será objeto de comparación de cargas contaminantes en Río Frío. Así la Línea Base de carga contaminante se hará para el quinquenio (2014-2019), se hallará carga domestica para los vertimientos de aguas residuales domésticas y aguas residuales por vertimientos de riego de los cultivos de arroz.

A continuación de hallan las cargas contaminantes domésticas, agrícolas y de vertimientos de sedimentos por DBO5 y SST, se escogieron estos tipos de vertimientos por tener incidencia sobre la fuente hídrica, y que fueron caracterizados en modelo de calidad de agua.

Carga domestica de DBO5 y SST para Río Frío - Campoalegre

Para estimar crecimientos o declinación futura de las cargas de contaminación doméstica, se sugiere ajustarse a los índices de crecimiento poblacional oficiales que reporta el DANE[24]. En este sentido, el crecimiento se calculará con base en la fórmula de proyecciones geométricas.

[23] **Decreto 3100 de 2003**: Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones
[24] DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística

Cabe resaltar que se tiene en cuenta La Resolución 631 de 2015[25] en cuanto a límite máximo permisible para vertimientos puntuales y la carga contaminante máxima generada por una persona.

Carga Contaminante Domestica presente 2014
El Decreto 2667 de 2012 establece los parámetros necesarios para hallar cargas contaminantes diarias, para ello se requiere de información de la fuente, el cual se presenta a continuación:

Datos:
A continuación se presentan los datos con los cuales se hallara la carga contaminante generada por vertimientos domésticos, sabiendo que no hay caracterización fisicoquímica sobre dichos vertimientos, se utilizaran datos de la bibliografía revisada para cada tipo de vertimiento.

DBO_5= 164, 8 mg/L
SST= 36, 67 mg/L
Q= 36,3 L/s
Fórmula para Hallar Carga Contaminante:
$C_C = Q\ x\ C\ x\ 0.0036$
Donde:
Cc = Carga Contaminante, en kilogramos por día (kg/día)
Q = Caudal promedio de aguas residuales, en litros por segundo (l/s)
C = Concentración del elemento, sustancia o compuesto contaminante, en miligramos por litro (mg/l)
0.0036 = Factor de conversión de unidades (de mg/s a kg/h)

Carga Contaminante (Cc) de DBO5 a 2014:
Cc_{DBO5} = 36, 3 L/s (164, 8 mg/L) (0, 0036)
Cc_{DBO5} = 21,53 Kg/h (24h/1dia) (360dias/1año)
Cc_{DBO5} = 186.019,2 Kg/año

Carga Contaminante (Cc) de SST a 2014:
Cc_{SST} = 36, 3 L/s (36, 67 mg/L) (0, 0036)
Cc_{SST} = 4,79 Kg/h (24h/1dia) (360dias/1año)
Cc_{SST} = 41.385,6 Kg/año

Carga Domestica proyectada a 2019
La fórmula para la proyección y para estimar la carga contaminante de origen doméstico en un tiempo futuro (Ccp), será:

[25] Resolución 631 de 2015: Establece los parámetros y valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y los sistemas de alcantarillado público, se tiene en cuenta que aun no entrando a regir, pero se tiene en cuenta porque las metas de reducción se prolongan hasta el año 2018.

$Ccp = Cc\ (1 + r)^{1/n}$

Datos:
Ccp= Carga Contaminante
Ccp_{DBO5} = 186.019,2 kg/año
Ccp_{SST} = 41.385,6 kg/año
n = 5 Años
r= tasa de crecimiento anual en forma decimal y las demás variables se definen igual por el método geométrico descrito en el titulo B.2.2.4 del RAS – 2000.
La tasa de crecimiento anual se calcula de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{r} = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}}\right)^{\frac{1}{(T_{uc}-T_{ci})}} - 1$$

Dónde: P_{uc} es la población (hab) correspondiente al último año censado con información, P_{ci} es la población (hab) correspondiente al censo inicial con información, T_{uc} es el año correspondiente al último año censado con información, T_{ci} es el año correspondiente al censo inicial con información.

P_{uc}= (Población en el año 2005)
P_{uc}= 32.101 Hab.
P_{ci}= (Población en el año 1993)
P_{ci}= 26.195 Hab.
T_{uc} = 2005
T_{ci} = 1993

$$\boldsymbol{r} = \left(\frac{32.101}{26.195}\right)^{\frac{1}{(2005-1993)}} - 1$$
$$\boldsymbol{r} = (1{,}22)^{(0{,}083)} - 1$$
$$\boldsymbol{r} = \mathbf{0{,}017}$$
$$\boldsymbol{r} = \mathbf{1{,}70}\ \%$$

Carga Proyectada de DBO_5 a 2019 (Ccp)
$Ccp_{DBO5} = Cc\ (1 + r)^{1/n}$
Ccp_{DBO5} = (186.019,2 kg/año) $(1+ 0{,}017)^{1/5}$
Ccp_{DBO5} = (186.019,2 kg/año) $(1.017)^{0,2}$
Ccp_{DBO5} = (186.019,2 kg/año) (1,003)
Ccp_{DBO5} = 186.647,40 kg/año

Carga Proyectada de SST a 2019 (Ccp)
$Ccp_{SST} = Cc\ (1 + r)^{1/n}$
Ccp_{SST} = (41.385,6 kg/año) $(1+ 0{,}017)^{1/5}$
Ccp_{SST} = (41.385,6 kg/año) (1,003)
Ccp_{SST} = 41.525,36 kg/año

Carga Contaminante Agrícola de DBO5 y SST para Río Frío - Campoalegre
Carga Contaminante Agrícola presente 2014

Datos:

$C_C = Q\ x\ C\ x\ 0.0036\ x\ t$

Donde:

Cc = Carga Contaminante, en kilogramos por día (kg/día)

Q = Caudal promedio de aguas residuales, en litros por segundo (l/s)

C = Concentración del elemento, sustancia o compuesto contaminante, en miligramos por litro (mg/l)

0.0036 = Factor de conversión de unidades (de mg/s a kg/h)

Q = 8,8 L/s (Vertimientos Agrícolas)

C_{DBO5}= 146, 9 mg/L

C_{SST}= 16, 67 mg/L

Carga Agrícola Contaminante (Cc) de DBO5 a 2014:

Cc_{DBO5} = 8, 8 L/s (146, 9 mg/L) (0, 0036)

Cc_{DBO5} = 4,65 Kg/h (24h/1dia) (360dias/1año)

Cc_{DBO5} = 40.208,76 Kg/año

Carga Agrícola Contaminante (Cc) de SST a 2014:

Cc_{SST} = 8, 8 L/s (16, 67 mg/L) (0, 0036)

Cc_{SST} = 0,528 Kg/h (24h/1dia) (360dias/1año)

Cc_{SST} = 4.562,8 Kg/año

Carga Agrícola Proyectada de DBO5 a 2019 (Ccp)

$Ccp_{DBO5} = Cc\ (1 + r)^{1/n}$

Ccp_{DBO5} = (40.208,76 kg/año) $(1+ 0,017)^{1/5}$

Ccp_{DBO5} = (40.208,76 kg/año) (1,003)

Ccp_{DBO5} = 40.329,38 kg/año

Carga Agrícola Proyectada de SST a 2019 (Ccp)

$Ccp_{SST} = Cc\ (1 + r)^{1/n}$

Ccp_{SST} = (4.562,8 Kg/año) $(1+ 0,017)^{1/5}$

Ccp_{SST} = (4.562,8 kg/año) (1,003)

Ccp_{SST} = 4.576,48 kg/año

Línea Base Global

La LINEA BASE global de contaminación, será la conjugación al último año del periodo que estima el modelo, de las cargas domésticas y agrícolas proyectadas para una cuenca, tramo o región hidrográfica. Es la sumatoria de la totalidad de usuarios domésticos, agrícolas, comerciales e industriales y sus cargas de DBO5 y SST proyectadas para una cuenca, tramo o región hidrográfica. (Hernández, 2004)

- **Línea Base Global de DBO5 Actual**

LBG $_{DBO5\ (kg/año)=}$ Cc_{DBO5} Domestica + Cc_{DBO5} Agrícola
LBG $_{DBO5\ (kg/año)=}$ 186.019,2 Kg/año + 40.208,76 Kg/año
LBG $_{DBO5\ (kg/año)=}$ 226.227,96 kg/año

- **Línea Base Global de SST Actual**

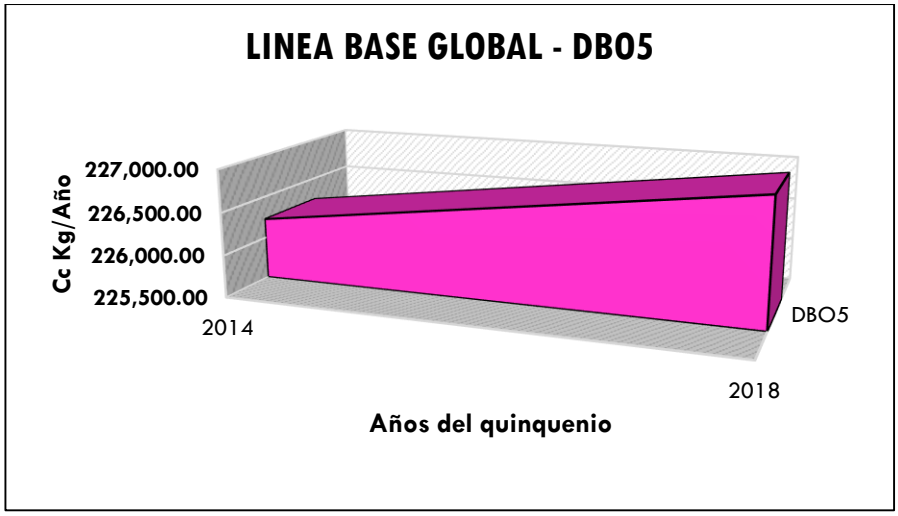
$LBG_{SST\ (kg/año)=}$ Cc_{DSST} Domestica + Cc_{SST} Agrícola
$LBG_{SST\ (kg/año)=}$ 41.385,6 Kg/año + 4.562,8 Kg/año
$LBG_{SST\ (kg/año)=}$ 45.948,4 kg/año

- **Línea Base Global de DBO5 a Cinco Años**

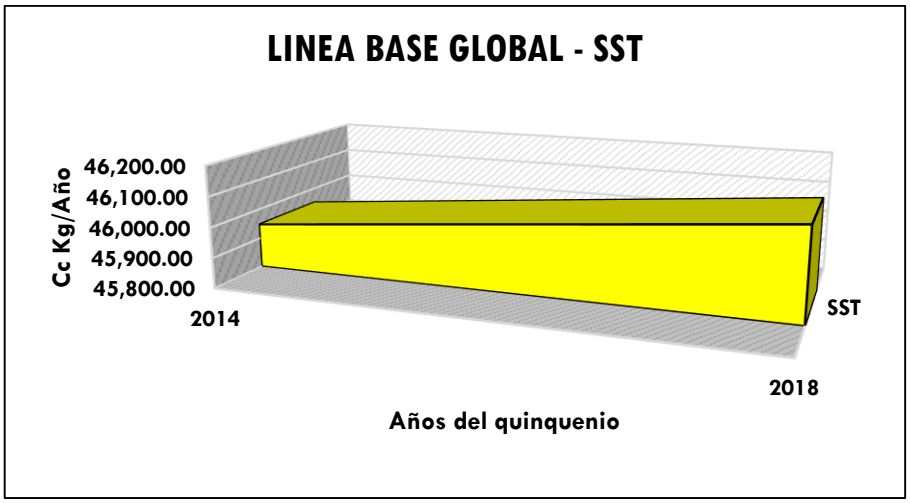
LBG $_{DBO5\ (kg/año)=}$ Cc_{DBO5} Domestica Proyectada + Cc_{DBO5} Agrícola Proyectada
LBG $_{DBO5\ (kg/año)=}$ 186.647,40 kg/año + 40.329,38 kg/año
LBG $_{DBO5\ (kg/año)=}$ 226.976,78 kg/año

- **Línea Base Global de SST a Cinco Años**

$LBG_{SST\ (kg/año)=}$ Cc_{DSST} Domestica Proyectada + Cc_{SST} Agrícola Proyectada
$LBG_{SST\ (kg/año)=}$ 41.525,36 kg/año + 4.576,48 kg/año
$LBG_{SST\ (kg/año)=}$ 46.101,84 kg/año



Gráfica 31. Línea Base Global de Carga Contaminante de DBO5
Fuente: FUNDISPROS, 2014



Gráfica 32. Línea Base Global de Carga Contaminante de SST
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Proyecciones de Cargas contaminantes a Corto, Mediano y Largo Plazo

A continuación se proyectan las cargas contaminantes generadas en los tiempos que se establecen a continuación:

RIO FRÍO - CAMPOALEGRE			VERTIMIENTOS DOMESTICOS	VERTIMIENTOS AGRICOLAS
Caudal (L/s)				
Concentración DBO (mg/l)			164,8	146,9
Concentración SST (mg/l)			36,67	16,67
Plazos para proyeccion	Corto	3		
	Mediano	6		
	Largo	10		
Escenarios de proyección C.C - BO5 (Kg/Año)	Actual	Carga Contaminante Generada	186.019,2	40.208,76
	Corto Plazo		186.949,29	40.435,10
	Mediano Plazo		188.001,66	40.662,71
	Largo Plazo		188.795,62	40.834,35
Escenarios de proyección C.C - SST (Kg/Año)	Actual	Carga Contaminante Generada	41.385,6	4.562,8
	Corto Plazo		41.618,56	4.588,48
	Mediano Plazo		41.850,72	4.614,30
	Largo Plazo		42.027,46	4.633,78

Tabla 302. Proyecciones de Cargas contaminantes de vertimientos
Fuente: FUNDISPROS, 2014

4. Clasifique los cuerpos de agua o tramos de acuerdo a los criterios de calidad que establece la norma indicando sus usos actuales

	PARAMETROS	RIO FRIO - CAMPOALEGRE								Unid	Estándar Normativo Dec. 1594/1984					Usos Reales del Cuerpo de Agua				
		TRAMO I		TRAMO II		TRAMO III		TRAMO IV												
		A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08		(A)	(P)	(H)	(I)	(R)	(A)	(P)	(H)	(I)	(R)
1	pH	7,07	7,18	7,53	7,77	7,64	7,33	7,45	7,22	und	4.5 - 9.0		5.0-9.0	5.0-9.0	5.0-9.0	X		X	X	X
2	Temperatura	17,6	25,3	25,4	26,4	26,3	24,3	29,1	25,0	ºC	<40	<40	<40	<40	<40	X	X	X	X	X
3	Boro	<0,84	<0,84	<0,84	<0,84	<0,84	<0,84	<0,84	<0,84	mg/L	0.3-4.0	5.0				X	X			
4	Cloruros	<1,03	1,9	6,1	10,3	11,8	19,4	15,6	15,6	mg/L			250					X		X
5	Nitratos	0,640	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	1.51	0,970	0,775	mg/L		90	10				X	X		X
6	Nitritos	0,139	0,02	0,037	0,049	0,078	0,057	0,246	0,221	mg/L		10	1.0				X	X		X
7	Nitrógeno Amoniacal	<0,05	<0.05	0,109	<0,05	0,157	0,867	0.864	0,836	mg/L			1.0				X			
8	Sulfatos	1,86	2,02	2.65	2,41	2,65	20,75	19,95	17,02	mg/L			400				X			
9	Coliformes Fecales	3,0	4,0	21,0	12,0	16,0	12,0	4,0	28,0	NMP	1000		2000	200	200	X		X	X	X
10	Coliformes Totales	21,0	268,0	341,0	182,0	231,0	224,0	268,0	319,0	NMP	5000		20000	1000	1000	X		X	X	X
11	% de Oxígeno Disuelto	103,5	95,6	41,0	85,4	81,6	73,9	41,5	58,5	%				70	70				X	X

CONVENCCIONES
Uso Agrícola (A)
Uso Pecuario (P)
Uso Humano Domestico (H)
Uso Industrial (I)
Uso Recreacional (R)

Tabla 303. Usos Reales del Cuerpo de Agua y cumplimiento de la normatividad – Rio Frío Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En la Tabla 303 se presenta los usos reales del cuerpo de agua, estos definidos con base en las encuestas del censo de usuarios agropecuario; se clasificaron los usos de acuerdo a los valores permisibles contenidos en el decreto 1594 de 1984 para cada uso, de acuerdo a los resultados de los monitoreos de calidad de agua realizados sobre los tres tramos en los que fue divido el Río.

A Continuación se detalla el uso real de mayor preponderancia por cada tramo, de acuerdo a lo registrado en las encuestas del censo de usuarios:

FUENTE	TRAMO	USO REAL DE MAYOR PREPONDERANCIA				
		Agrícola (A)	Pecuario (P)	Humano - Domestico (H)	Industrial (I)	Recreacional (R)
RIO FRIO	TRAMO I	X	X	X	X	X
	TRAMO II					
	TRAMO III					
	TRAMO IV	X				

Tabla 304. Usos Reales de Mayor Preponderancia – Rio Frío Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Se puede apreciar en la Tabla 304 los usos reales de mayor preponderancia que se presentan en Río Frío, destacando que en el tramo I de la cuenca se presenta cuatro usos preponderantes, en el tramo II y tramo III no existen ningún uso pues no hay usuarios en la zona.

5. Evalúe los escenarios de intervención propuesta y/o en desarrollo, relacionados con la calidad del cuerpo de agua o tramo.

La metodología Mesoca propone que los objetivos de calidad para los recursos hídricos pueden darse en el marco de dos escenarios:
1. Que corresponda a un proceso sobre el cual ya se hayan dado algunos avances.
2. Que sea un proceso totalmente nuevo.
Para Río Frío se tendrá en cuenta el escenario 1, pues existen avances sobre calidad de agua sobre la fuente, realizado por empresas públicas de públicas de Campoalegre.
En este sentido se cuenta con avances de calidad de agua sobre la fuente realizados en el año 2009 por el laboratorio Antek S.A & FUNDACORH – UNIVLAB, se evaluaron seis sitios de monitoreo, donde solamente dos se encuentra sobre Río Frío. A continuación se presentan los antecedentes de calidad de agua sobre la fuente:

SITIOS DE MUESTREO AÑO 2009			
NOMBRE	COORDENADAS		DESCRIPCIÓN
	N	E	
B01	02°41´35.8”	75°18´55.6”	Río Frío-Aguas Arriba
B02	02°41´50.7”	75°20´08.2”	Río Frío-Aguas Abajo
B03	02°41´42.4”	75°19´54.4”	Vertimiento 1: Villa Gloria
B04	02°41´40.0”	75°19´55.2”	Vertimiento 2: Villa Sincelejo

B05	02°41´10.9”	75°20´11.0	Vertimiento 3: San Isidro 12 de Octubre
B06	02°41´11.5”	75°20´11.2”	Vertimiento 4: San Isidro 12 de Octubre

Tabla 305. Sitios monitoreados en el año 2009
Fuente: ANTEK S.A & FUNDACORH-UNIVLAB, 2009

PARAMETROS		**PUNTOS DE MUESTREO**						**UNIDADES**	**TECNICA ANALITICA**
SITIO DE MUESTREO		**B01**	**B02**	**B03**	**B04**	**B05**	**B06**		
N°	**FECHA**	**2- FEBRERO - 2009**							
1	Temperatura	22.4	23.4	*	*	*	*	°C	Termometrico
2	Saturación de Oxigeno	90.3	87.9	*	*	*	*	% de Saturación	Electrodo De Membrana
3	Oxígeno Disuelto	7.7	7.5	*	*	*	*	mg O/L	Electrodo De Membrana
4	Caudal	484	1670	38.3	10.5	11.8	5.43	L/s	Volumetrico
5	pH	7.73	7.58	7.08	6.89	6.87	7.02	Unidades de pH	Electrometrico

Tabla 306. Resultados Parámetros In Situ, Río Frío – Campoalegre, 2009.
Fuente: ANTEK S.A & FUNDACORH-UNIVLAB, 2009

N°	**PARÁMETRO**	**RESULTADOS**						**LMQ[26]**	**UNID.**
	SITIO DE MUESTREO	**B01**	**B02**	**B03**	**B04**	**B05**	**B06**		
	RESPONSABLE DEL MONITOREO	**ANTEK S.A & FUNDACORH-UNIVLAB**							
1	Coliformes Totales	36000	680000	*[27]	*	*	*	N.E.	NMP/100 ml
2	Coliformes Fecales	220	100000	*	*	*	*	N.E.	NMP/100 ml
3	Fosfatos	0.093	0.258	1.31	2.24	2.24	1.11	0,07	mgPO4/L
4	Nitritos	*	*	*	*	0.067	0.065	0,0035	mgNO2/L
5	Nitratos	0.605	1.17	1.49	1.48	*	*	0,50	mg NO3/L
6	Sólidos Disueltos Totales	49	67	240	224	280	260		mg/L
7	Sólidos Suspendidos Totales	19	18	107	145	92	182	9,61	mg/L
8	DBO5	8	10	180	169	223	193	7,03	mgO2/L
9	DQO	*	*	301	281	372	322	10,52	mgO2/L
10	Turbiedad	17,1	12.9	146	141	200	181	1,0	NTU

Tabla 307. Resultados Parámetros En Laboratorio, Río Frío - 2009.
Fuente: ANTEK S.A & FUNDACORH-UNIVLAB, 2009

Es importante resaltar que para la presente reglamentación y ordenamiento de la cuenca de Río Frío, se realizaron análisis de calidad de agua de tipo físico, químico y microbiológico y que son objeto de aplicación del modelo de simulación de calidad de agua desarrollado para la fuente.

[26] LQM: Limite de Cuantificación
[27] *Sin Información

Así mismo también se contemplan los objetivos de calidad de los cuerpos de agua receptores de aguas domesticas en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, establecidos bajo la resolución N°0825 del 19 de Mayo del 2006.

A continuación se detalla los objetivos de calidad de Río Frío como fuente receptora de los vertimientos domésticos del Municipio Campoalegre, establecidos por la Autoridad Ambiental:

Cuenca	Corriente	Municipio	Tramo	Usos del Agua	Principal usos del agua	Parametro Fisicoquimico			
						Unidad de Medida	Valor Actual	Valor tecnico - Normativo	Objetivo de Calidad
RIO MAGDALENA	RIO NEIVA	RIO FRIO (Campoalegre)	Zona 1: Antes del area urbana de Campoalegre	Abastecimiento para consumo doméstico	Abastecimiento para consumo humano	pH (unidades de pH)	7-9	7-9	7-9
						DB05 (mg/L)	3 a 5	≤ 5	≤ 5
						SST (mg/L)	≤ 10	≤ 10	≤ 10
						OD (mg/L)	4 a 7	≥ 2	≥ 4
						Conformes Totales (NMP)	≤ 20000	≤ 20000	≤ 20000
						Conformes Fecales (NMP)	≤ 2000	≤ 2000	≤ 2000
						Sustancias de interés sanitario	Ausentes	Ausentes	Ausentes
		RIO FRIO (Campoalegre)	Zona 2: Luego del area urbana de campoalegre hasta la desembocadura	Riego, asimilacion y paisaje urbano	Asimilacion y Agricola	pH (unidades de pH)	5 a 9		7-9
						DB05 (mglL)	>10	≤ 20	≤ 15
						OD (mq/L)	0 a 2	≥ 2	≥ 3
						Material Flotante	Presentes	Ausentes	Ausentes
						Grasas y aceites	Presentes	Ausentes	Ausentes
						Olores Agresivos	presentes		Ausentes

Tabla 308. Objetivos de Calidad "Fuente receptora de los vertimientos domésticos del Municipio de Campoalegre"
Fuente: Resolución N°0825 del 2006 – Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM, 2006

6. Levante una lista de usos potenciales del agua y criterios de calidad

En la Tabla 303 se relacionaron los usos reales actuales sobre Río Frio, indicando los criterios de calidad que deben cumplirse, además en la Tabla 304 se mencionan los usos de mayor preponderancia en cada uno de los tramos del Rio. El paso siguiente es mencionar los usos potenciales que pueden existir sobre el Río de acuerdo a los análisis de calidad realizados y los Criterios de calidad establecidos por la Norma, presentando en la siguiente Tabla:

N°	PARAMETROS	USOS POTENCIALES - RÍO FRÍO MPIO. CAMPOALEGRE								ESTANDAR NORMATIVO – USOS (DECRETO 1594/1984)							Unid.
		TRAMO I		TRAMO II		TRAMO III		TRAMO IV		Art. 38	Art. 39	Art. 40	Art. 41	Art. 42	Art. 43	Art. 45	
		A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	H	h	A	P	R	r	F	

1	Oxígeno disuelto	F	F	N.C	F	F	F	N.C	N.C							4.0	mg/L
2	% Saturación de Oxígeno	Rr	Rr	N.C	Rr	Rr	Rr	N.C	Rr					70	70		%
3	pH	HhARrF	HhARrF	HhARrF	HhARrF	HhARrF	HhARrF	HhARrF	HhARrF	5.0-9.0	6.5-8.5	4.5-9.0		5.0-9.0	5.0-9.0	4.5-9.0	und
4	Temperatura	HhAPRrF	HhAPRrF	HhAPRrF	HhAPRrF	HhAPRrF	HhAPRrF	HhAPRrF	HhAPRrF	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	ºC
5	Boro	AP	AP	AP	AP	AP	AP	AP	AP			0.3-4.0	5.0				mg/L
6	Cloruros	Hh	Hh	Hh	Hh	Hh	Hh	Hh	Hh	250	250						mg/L
7	Nitratos	HhP	HhP	HhP	HhP	HhP	HhP	HhP	HhP	10	10		90				mg/L
8	Nitritos	HhP	HhP	HhP	HhP	HhP	HhP	HhP	HhP	1.0	1.0		10				mg/L
9	Nitrógeno Amoniacal	HhF	HhF	Hh	HhF	Hh	Hh	Hh	Hh	1.0	1.0					0.1 CL	mg/L
10	Sulfatos	Hh	Hh	Hh	Hh	Hh	Hh	Hh	Hh	400	400						mg/L
11	Turbiedad	h	h	h	h	h	h	h	h		190						NTU
12	Coliformes Fecales	HAR	HAR	HAR	HAR	HAR	HAR	HAR	HAR	2000		1000		200			UFU/100cm3
13	Coliformes Totales	HARr	HARr	HARr	HARr	HARr	HARr	HARr	HARr	20000		5000		1000	5000		UFU/100cm3

CONVENCIONES
(H) consumo humano y doméstico, se requiere solamente tratamiento convencional
(h) consumo humano y doméstico, se requiere sólo desinfección
(A) uso agrícola
(P) uso pecuario
(R) Uso recreativo mediante contacto primario
(r) Uso recreativo mediante contacto secundario
(F) preservación de flora y fauna
(N.C) No Cumple

Tabla 309. Usos Potenciales del Cuerpo de Agua y criterios de Calidad – Rio Frío Mpio. Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En la Tabla 309 se presenta los posibles usos potenciales que se pueden dar sobre el cuerpo de agua, se clasificaron los usos de acuerdo a los valores permisibles contenidos en el decreto 1594 de 1984 para cada uso, de acuerdo a los resultados de los monitoreos de calidad de agua realizados sobre los cuatro tramos en los que fue divido el Rio. A continuación se detalla el uso potencial de mayor preponderancia por cada tramo, de acuerdo a lo clasificado en la tabla anterior.

RIO	TRAMOS	PUNTO	USOS POTENCIALES DE MAYOR PREPONDERANCIA						
			(H)	(h)	(A)	(P)	(R)	(r)	(F)
RIO FRIO	TRAMO I	A01	X	X	X	X	X	X	X
		A02	X	X	X	X	X	X	X
	TRAMO II	A03			X	X	X		
		A04			X	X	X		X
	TRAMO III	A05			X	X	X		X
		A06			X	X	X		X
	TRAMO IV	A07			X	X	X	X	
		A08			X	X	X	X	

Tabla 310. Usos Potenciales de Mayor Preponderancia – Rio Frío
Fuente: FUNDISPROS, 2014 (Decreto 1594 de 1984)

En la Tabla 310 se presentan los usos preponderantes de acuerdo a los resultados y valores permisibles para cada uso, se resalta el uso doméstico, agrícola, pecuario y recreacional como usos preponderante en la fuente hídrica.

7. Elabore una lista con los objetivos de Calidad que más probabilidad tiene de ser cumplidos de acuerdo con la modelación de capacidad de carga del cuerpo de agua.

RIO	TRAMO	PUNTO	USOS DEL RECURSO HIDRICO	REAL	POTENCIAL
RIO FRIO CAMPOALEGRE	TRAMO I	A01	Consumo Humano y Doméstico	P	P
			Agrícola	P	P
			Pecuario	P	P
			Recreativo	P	P
			Industrial	P	P
			Preservación De Flora y Fauna		X
			Transporte		X
			Estético		X
		A02	Consumo Humano y Doméstico	P	P
			Agrícola	P	P
			Pecuario	P	P
			Recreativo	P	P
			Industrial	P	P
			Preservación De Flora y Fauna		X
			Transporte		X
			Estético		X
	TRAMO II	A03	Consumo Humano y Doméstico		
			Agrícola		X
			Pecuario		X
			Recreativo		X
			Industrial		
			Preservación De Flora y Fauna		
			Transporte		
			Estético		
		A04	Consumo Humano y Doméstico		

		Agrícola		X
		Pecuario		X
		Recreativo		X
		Industrial		
		Preservación De Flora y Fauna		X
		Transporte		
		Estético		
TRAMO III	A05	Consumo Humano y Doméstico		
		Agrícola		X
		Pecuario		X
		Recreativo		X
		Industrial		
		Preservación De Flora y Fauna		X
		Transporte		
		Estético		
	A06	Consumo Humano y Doméstico		
		Agrícola		X
		Pecuario		X
		Recreativo		X
		Industrial		
		Preservación De Flora y Fauna		X
		Transporte		
		Estético		
TRAMO IV	A07	Consumo Humano y Doméstico		
		Agrícola	P	P
		Pecuario		X
		Recreativo		X
		Industrial		
		Preservación De Flora y Fauna		
		Transporte		
		Estético		
	A08	Consumo Humano y Doméstico		
		Agrícola	P	P
		Pecuario		X
		Recreativo		X
		Industrial		
		Preservación De Flora y Fauna		
		Transporte		
		Estético		
P= Preponderante				

Tabla 311. Usos Reales y Potenciales Preponderantes de Río Frío
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Teniendo en cuenta que en los tramos en los que fue divido el Río se presentan múltiples usos, se tiene en cuenta el artículo 22 del decreto 3930 de 2010 donde establece que: “En aquellos tramos del cuerpo de agua o acuífero en donde se asignen usos múltiples, los criterios de calidad para la destinación del recurso corresponderán a los valores más restrictivos de cada referencia”

Es preciso aclarar que para definir los criterios de calidad para uso doméstico, agrícola y pecuario se recurrió a la Resolución N° 0825 del 2006, por medio de la cual se definieron los objetivos de calidad para los cuerpos de agua o tramos de los mismos, de los municipios de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM.

Así mismo se aclara que los valores asignados para los objetivos de calidad se establecieron con base en los límites permisibles dados por la normatividad colombiana y los resultados de los parámetros en la modelación realizada; también se establecieron para los tramos 2 y 3 pues a partir de la modelación se sacaron los usos potenciales para un futuro que se describieron en la Tabla 311.

CUENCA	TRAMO	PUNTO	USOS DEL AGUA	USOS PRINCIPALES DEL AGUA	PARAMETRO FISICOQUIMICO				OBJETIVOS DE CALIDAD
					Unidad	Valor Medido	Valor Modelado QUAL2Kw	Valor tecnico o Normativo	
RIO FRIO - CAMPOALEGRE	TRAMO I	A01	Consumo Humano y Doméstico Agricola Pecuario Recreativo Industrial	Consumo Humano y Doméstico Agricola Pecuario Recreativo Industrial	pH (unid.)	7,07	7,07	6-9	7-9
					DB05 (mg/L)	17,0	22,48	180	≤25
					SST (mg/L)	<9,61	28,04	90	≤45
					OD (mg/L)	8,8	7,47	≥2	≥4
					Coliformes Fecales (NMP)	3,0	3,00	≤2000	≤2000
					Coliformes Totales (NMP)	21,0	*	≤20000	≤20000
					Grasas y Aceites (mg/L)	5,34	*	≤20	≤10
		A02	Consumo Humano y Doméstico Agricola Pecuario Recreativo Industrial	Consumo Humano y Doméstico Agricola Pecuario Recreativo Industrial	pH (unid.)	7,18	7,57	6-9	6-9
					DB05 (mg/L)	14,0	17,99	180	≤25
					SST (mg/L)	<9,61	30,15	90	≤45
					OD (mg/L)	7,1	6,67	≥2	≥4
					Coliformes Fecales (NMP)	4,0	3.918,76	≤2000	≤2000
					Coliformes Totales (NMP)	268,0	*	≤20000	≤20000
					Grasas y Aceites (mg/L)	5,34	*	≤20	≤10
	TRAMO II	A03	No existen usos en este tramo	No existen usos en este tramo	pH (unid.)	7,53	7,53	6-9	7-9
					DB05 (mg/L)	16,0	32,83	180	≤35
					SST (mg/L)	89,0	32,26	90	≤35
					OD (mg/L)	3,2	4,77	≥2	≥4
					Coliformes Fecales (NMP)	21,0	5.857,18	≤2000	≤2000
					Coliformes Totales (NMP)	341,0	*	≤20000	≤20000
					Grasas y Aceites (mg/L)	15	*	≤20	≤15

	A04	**No existen usos en este tramo**	**No existen usos en este tramo**	pH (unid.)	7,77	6,93	6-9	6-9
				DB05 (mg/L)	25,0	92,05	180	≤100
				SST (mg/L)	184,0	34,12	90	≤90
				OD (mg/L)	6,9	1,85	≥2	≥4
				Coliformes Fecales (NMP)	12,0	29.718,25	≤2000	≤2000
				Coliformes Totales (NMP)	182,0	*	≤20000	≤20000
				Grasas y Aceites (mg/L)	34,0	*	≤20	≤20
TRAMO III	**A05**	**No existen usos en este tramo**	**No existen usos en este tramo**	pH (unid.)	7,64	6,93	6-9	6-9
				DB05 (mg/L)	52,0	92,05	180	≤100
				SST (mg/L)	26,0	40,66	90	≤50
				OD (mg/L)	4,8	1,85	≥2	≥4
				Coliformes Fecales (NMP)	16,0	29.718,25	≤2000	≤2000
				Coliformes Totales (NMP)	231,0	*	≤20000	≤20000
				Grasas y Aceites (mg/L)	10,00	*	≤20	≤10
	A06	**No existen usos en este tramo**	**No existen usos en este tramo**	pH (unid.)	7,33	6,91	6-9	6-9
				DB05 (mg/L)	12,0	82,00	180	≤90
				SST (mg/L)	22,0	22,00	90	≤25
				OD (mg/L)	4,5	1,00	≥2	≥4
				Coliformes Fecales (NMP)	12,0	64.810,37	≤2000	≤2000
				Coliformes Totales (NMP)	224,0	*	≤20000	≤20000
				Grasas y Aceites (mg/L)	<5,34	*	≤20	≤10

TRAMO IV	**A07**	**Agricola**	**Agricola**	pH (unid.)	7,45	6,91	6-9	6-9
				DB05 (mg/L)	13,0	82,00	180	≤90
				SST (mg/L)	130,0	28,76	90	≤30
				OD (mg/L)	2,7	1,00	≥2	≥4
				Coliformes Fecales (NMP)	4,0	64.810,37	≤2000	≤2000
				Coliformes Totales (NMP)	268,0	*	≤20000	≤20000
				Grasas y Aceites (mg/L)	<5,34	*	≤20	≤10
	A08	**Agricola**	**Agricola**	pH (unid.)	7,22	7,22	6-9	7-9
				DB05 (mg/L)	7,0	79,02	180	≤80
				SST (mg/L)	13,0	28,92	90	≤30
				OD (mg/L)	3,0	0,70	≥2	≥4
				Coliformes Fecales (NMP)	28,0	44.308,34	≤2000	≤2000
				Coliformes Totales (NMP)	319,0	*	≤20000	≤20000
				Grasas y Aceites (mg/L)	28,00	*	≤20	≤20

Tabla 312. Objetivos de Calidad para Cada punto Monitoreado– Río Frío "Mpio. Campoalegre Huila"
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La Tabla 312 presenta los objetivos de calidad propuestos para cada punto de control monitoreado para el análisis de calidad de agua de la fuente, cabe resaltar que se propusieron objetivos de calidad para los puntos A03, A04, A05, y A06, correspondientes a los tramos 3 y 4; en estos no existen usos, pero se plantean con el propósito de recuperar la calidad del agua de la fuente y con miras al futuro establecimiento de usos potenciales en sobre estos tramos.
A continuación se presentan los objetivos de calidad establecido para cada uso asignada en cada tramo de Río Frío:

CUENCA	TRAMO	USOS	CRITERIOS DE CALIDAD	UNIDAD	OBJETIVOS DE CALIDAD
RÍO FRIO - CAMPOALEGRE	TRAMO I	Consumo Humano y Doméstico Agricola Pecuario Recreativo Industrial	Ph	(unid.)	7-9
			DB05	(mg/L)	≤25
			SST	(mg/L)	≤45
			OD	(mg/L)	≥4
			Coliformes Fecales	(NMP)	≤2000
			Coliformes Totales	(NMP)	≤20000
			Grasas y Aceites	(mg/L)	≤10
	TRAMO II	No existen usos en este tramo	pH	(unid.)	6-9
			DB05	(mg/L)	≤100
			SST	(mg/L)	≤90
			OD	(mg/L)	≥4
			Coliformes Fecales	(NMP)	≤2000
			Coliformes Totales	(NMP)	≤20000
			Grasas y Aceites	(mg/L)	≤20
	TRAMO III	No existen usos en este tramo	pH	(unid.)	6-9
			DB05	(mg/L)	≤100
			SST	(mg/L)	≤50
			OD	(mg/L)	≥4
			Coliformes Fecales	(NMP)	≤2000
			Coliformes Totales	(NMP)	≤20000
			Grasas y Aceites	(mg/L)	≤10
	TRAMO IV	Agricola	pH	(unid.)	7-9
			DB05	(mg/L)	≤80
			SST	(mg/L)	≤30
			OD	(mg/L)	≥4
			Coliformes Fecales	(NMP)	≤2000
			Coliformes Totales	(NMP)	≤20000
			Grasas y Aceites	(mg/L)	≤20

Tabla 313. Objetivos de Calidad para Cada Tramo – Rio Frío Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014

El cumplimiento de los objetivos de calidad propuestos para Río Frío deberá darse en el corto plazo, es decir en los próximos 5 años a partir del momento de su aprobación bajo Resolución.

Para conocer los objetivos de calidad en el mediano y largo plazo se tendrá en cuenta los escenarios futuros (Escenario 1, 2 y 3) que mejor se ajustó a la modelación realizada sobre Río Frío, pues este permitió predecir la asimilación y/o degradación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos en la corriente.

Los resultados del modelo de calidad para los tres escenarios planteados se compararon con el estado actual de la corriente como puede evidenciarse en las figuras anteriores, esto permite realizar un análisis rápido y llegar a mejores conclusiones. En general, se encontró que al ingresar la información correspondiente a cada escenario descrita en la metodología (Figura 40) y correr el modelo con las constantes calibradas, el QUAL2Kw predijo que desde el nacimiento de la corriente hasta el kilómetro 6 antes de su desembocadura, todos los escenarios tendrán el mismo comportamiento que se evidencia en el estado actual, esto debido a que los escenarios planteados no contemplan ninguna acción en este tramo.

Por otra parte se evidencia que el escenario 3, el cual contempla la implementación de sistemas individuales de saneamiento para viviendas unifamiliares o bifamiliares ubicadas sobre el cauce principal de Río Frío, unido al manejo de las áreas forestales protectoras, tendrá un impacto positivo en el tramo ubicado del kilómetro 6 al kilómetro 4, teniendo en cuenta que para efectos de la modelación el kilómetro 0 es la desembocadura de Río Frío en el Río Neiva.

Finalmente, se observa que en el tramo ubicado del kilómetro 4 hasta la desembocadura de la corriente, es el escenario 2, el cual contempla la optimización de la PTAR de Campoalegre, más la implementación de sistemas individuales de saneamiento para viviendas unifamiliares o bifamiliares ubicadas sobre tributarios de Río Frío y el manejo de las áreas forestales protectoras, el escenario de saneamiento que impactará en mayor medida la calidad del agua del río.

En este sentido se presenta a continuación los valores de los parámetros de calidad que fueron modelados, siendo estos los valores máximos para asimilar la carga contaminante que se genera en cada tramo de Río Frío con respecto a los usos desarrollados en las actividades de los usuarios de la cuenca.

CUENCA	TRAMO	USOS	PUNTOS	CRITERIOS DE CALIDAD	UNIDAD	RESULTADOS MODELACIÓN QUAL 2Kw				OBJETIVOS DE CALIDAD		
						CALIBRACION	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3	CORTO PLAZO (0-3 años)	MEDIANO PLAZO (3-6 años)	LARGO PLAZO (6-10 años)
RÍO FRIO CAMPOALEGRE	TRAMO I	Consumo Humano y Doméstico Agricola Pecuario Recreativo Industrial	A01	pH	(unid.)	7,07	7,07	7,07	7,07	7-9	7-9	7-9
				DB05	(mg/L)	22,48	22,48	18,55	19,01	≤25	≤25	≤25
				SST	(mg/L)	28,04	28,04	27,98	28,04	≤45	≤45	≤45
				OD	(mg/L)	7,47	7,47	22,48	7,47	≥4	≥4	≥4
				Coliformes Fecales	(NMP)	3,00	3,00	3,00	3,00	≤2000	≤2000	≤2000
			A02	pH	(unid.)	7,57	7,57	7,18	7,91	6-9	7-9	7-9
				DB05	(mg/L)	17,99	17,99	17,99	13,44	≤25	≤25	≤25
				SST	(mg/L)	30,15	31,96	31,85	31,04	≤45	≤45	≤45
				OD	(mg/L)	6,67	6,67	17,99	7,10	≥4	≥4	≥4
				Coliformes Fecales	(NMP)	3.918,76	3.918,76	3918,76	1959,82	≤2000	≤2000	≤2000
	TRAMO II	No existen usos en este tramo	A03	pH	(unid.)	7,53	7,33	7,53	7,53	7-9	7-9	7-9
				DB05	(mg/L)	32,83	32,83	21,06	14,09	≤35	≤35	≤35
				SST	(mg/L)	32,26	32,26	32,85	30,87	≤35	≤35	≤35
				OD	(mg/L)	4,77	4,77	32,55	6,61	≥4	≥4	≥4
				Coliformes Fecales	(NMP)	5.857,18	4.405,87	4400,11	54144,8	≤2000	≤2000	≤2000
			A04	pH	(unid.)	6,93	6,93	6,93	7,01	6-9	6-9	6-9
				DB05	(mg/L)	92,05	92,05	91,07	47,68	≤100	≤100	≤100
				SST	(mg/L)	34,12	40,66	37,32	34,38	≤90	≤90	≤90
				OD	(mg/L)	1,85	1,85	91,07	4,29	≥4	≥4	≥4
				Coliformes Fecales	(NMP)	29.718,25	37.267,76	37276,76	18635,24	≤2000	≤2000	≤2000
	TRAMO III	No existen usos en este tramo	A05	pH	(unid.)	6,93	7,02	6,93	7,16	6-9	6-9	6-9
				DB05	(mg/L)	92,05	92,05	91,07	54,61	≤100	≤100	≤100
				SST	(mg/L)	40,66	15,64	22,00	26,00	≤50	≤50	≤50
				OD	(mg/L)	1,85	1,85	91,07	4,80	≥4	≥4	≥4
				Coliformes Fecales	(NMP)	29.718,25	37.267,76	29610,69	14758,52	≤2000	≤2000	≤2000
			A06	pH	(unid.)	6,91	6,94	7,00	6,91	6-9	6-9	6-9
				DB05	(mg/L)	82,00	54,44	37,38	73,41	≤90	≤90	≤90
				SST	(mg/L)	22,00	15,85	13,29	27,38	≤25	≤25	≤25
				OD	(mg/L)	1,00	2,03	37,38	1,30	≥4	≥4	≥4

			Coliformes Fecales	(NMP)	64.810,37	17.392,45	13832,24	62045,56	≤2000	≤2000	≤2000
TRAMO IV	Agrícola	A07	pH	(unid.)	6,91	6,95	7,02	6,95	6-9	6-9	6-9
			DB05	(mg/L)	82,00	53,39	36,41	73,41	≤90	≤90	≤90
			SST	(mg/L)	28,76	15,85	13,00	27,54	≤30	≤30	≤30
			OD	(mg/L)	1,00	2,03	36,41	1,30	≥4	≥4	≥4
			Coliformes Fecales	(NMP)	64.810,37	13.891,83	13832,24	62045,56	≤2000	≤2000	≤2000
		A08	pH	(unid.)	7,22	6,97	7,22	7,22	7-9	6-9	6-9
			DB05	(mg/L)	79,02	50,39	35,56	72,35	≤80	≤80	≤80
			SST	(mg/L)	28,92	13,00	13,00	27,70	≤30	≤30	≤30
			OD	(mg/L)	0,70	1,51	35,56	0,72	≥4	≥4	≥4
			Coliformes Fecales	(NMP)	44.308,34	10.994,74	10926,98	42683,83	≤2000	≤2000	≤2000

Tabla 314. Objetivos de Calidad Propuestos en el Corto, Mediano y Largo Plazo – Rio Frío Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014

8. Aplique el modelo simplificado de simulación de capacidad de carga comparando escenarios reales y potenciales de vertimientos y carga permisible.

Para aplicar el modelo de simulación, se tuvieron en cuenta los resultados del monitoreo realizado en el río en Enero de 2014 y la literatura disponible sobre la calidad del agua exigida dependiendo de los usos del agua proyectados.
En la simulación de la capacidad de carga de cada tramo, se corrió el modelo Qua2Kw, este permitió determinar la capacidad asimilativa de sustancias biodegradables o acumulativas y la capacidad de dilución de sustancias.
La aplicación del modelo tuvo como fin evaluar el estado actual del Río en términos de calidad del agua, además de 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, así como la gradualidad de las actividades a realizar.

Se propusieron 3 escenarios, en el primero se plantea la necesidad de optimizar la PTAR existente del municipio de Campoalegre, de tal forma que cumpla con los valores límite máximos permisibles para los vertimientos puntuales de aguas residuales domesticas (ARD) y de las aguas residuales no domésticas (ARD-ARnD) de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales dispuestos en el artículo 8 de la resolución 631 de 2015. Actualmente la PTAR vierte las aguas tratadas a la quebrada Acrópolis, la cual posteriormente desemboca en Río Frío.

El segundo escenario plantea la optimización de la PTAR del municipio de Campoalegre como se describió anteriormente, y la necesidad de contar con sistemas individuales de saneamiento para los vertimientos de aguas residuales domésticas de las viviendas unifamiliares o bifamiliares que se ubican sobre los principales tributarios de Río Frío, de tal forma que se cumplan los valores límite máximos permisibles que establece el artículo 8 de la resolución 631 de 2015, puesto que actualmente las corrientes receptoras se ven fuertemente impactadas por estas descargas y posteriormente contribuyen al deterioro de la calidad del agua de la corriente principal. Adicionalmente, se plantea la necesidad de cumplir 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.

Finalmente, el tercer escenario contempla la implementación de sistemas individuales de saneamiento para los vertimientos de aguas residuales domésticas de las viviendas unifamiliares o bifamiliares que se ubican en este caso directamente sobre el cauce principal de Río Frío. Adicionalmente, se plantea la necesidad de cumplir 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.

A continuación se presenta la información correspondiente a la simulación de la capacidad de carga de cada uno de los tramos de Río Frío:

PARAMETRO	UNIDAD	ACTUAL	SUSTENTACIÓN
TRAMO I	**A01:** Antes de la bocatoma del acueducto municipal **A02:** Antes de la desembocadura del drenaje		
VERTIMIENTOS DOMESTICOS			
Caudal	L/s	36,3	Medido en Campo
Oxígeno Disuelto O.D	mg/L	3	Literatura Consultada
Demanda Bioquímica de Oxigeno DBO_5	mg/L	164,8	Literatura Consultada
Solidos Suspendidos Totales SST	mg/L	36,67	Literatura Consultada
Ph	Unidades	6,8	Literatura Consultada
Conductividad	µS/cm	350	Literatura Consultada
Nitrógeno Amoniacal	µg/L	25000	Literatura Consultada
Nitrógeno Orgánico	µg/L	15000	Literatura Consultada
Fosforo Orgánico	µg/L	3000	Literatura Consultada
Fosforo Inorgánico	µg/L	5000	Literatura Consultada
CALCULOS DE SIMULACION DE CAPACIDAD DE CARGA			
Velocidad de sedimentación de sólidos suspendidos inorgánico	m/d	0,01952	La calibración del modelo de calidad de agua mediante el Algoritmo genético (AG) y la función objetivo recomendada por Kannel et al y Pelletier et al.
Tasa de hidrólisis de la materia orgánica de lenta descomposición	1/d	0.7415	La calibración del modelo de calidad de agua mediante el Algoritmo genético (AG) y la función objetivo recomendada por Kannel et al y Pelletier et al.
Tasa de oxidación de la materia orgánica de lenta descomposición	1/d	0.10689	La calibración del modelo de calidad de agua mediante el Algoritmo genético (AG) y la función objetivo recomendada por Kannel et al y Pelletier et al.
Tasa de oxidación de la materia orgánica de rápida degradación	1/d	2.9909	La calibración del modelo de calidad de agua mediante el Algoritmo genético (AG) y la función objetivo recomendada por Kannel et al y Pelletier et al.
Hidrólisis de la materia orgánica particulada (Detritus (POM))	m/d	1.0205	La calibración del modelo de calidad de agua mediante el Algoritmo genético (AG) y la función objetivo recomendada por Kannel et al y Pelletier et al.
Velocidad de sedimentación de la materia orgánica particulada (Detritus (POM)	1/d	0.0378	La calibración del modelo de calidad de agua mediante el Algoritmo genético (AG) y la función objetivo recomendada por Kannel et al y Pelletier et al.
concentración de DBOu inmediatamente después del punto de descarga	mg/L	245,9	$DBO_u = \frac{DBO_5}{1-e^{-k*5}}$, Donde DB05= 164,8 mg/L y k=0,22 d^{-1}

PARAMETRO	UNIDAD	ACTUAL	SUSTENTACIÓN
DBOu máxima carga orgánica admisible por unidad de tiempo	Kg/h	32,13	Fórmula para hallar carga contaminante Extraída del Decreto 1267 de 2012. "Cc=Q*C*0,0036*t"
DBO5 Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días	Kg/h	21,5	Fórmula para hallar carga contaminante Extraída del Decreto 1267 de 2012. "Cc=Q*C*0,0036*t"
DBO5 Demanda Bioquímica de Oxígeno (Max Permisible)	Kg/día	516	Conversión de la DBO5 a días
Factor Percápita DBO5	Kg/P-día	0,05	Utilizado por CAM en los Procesos de tasas retributivas y establecido por MINIAMBIENTE.
Carga Equivalente	Personas	8600	Aporte de 1 habitante equivalente (h-eq) DBO5=0,06 Kg/día. Carga equivalente= 516 Kg/día / 0,06 Kg/día
Población Actual	Personas	25.990	Cantidad de habitantes que hacen realizan actividades relacionadas con Uso doméstico,
Carga de DBO5 equivalente a la población actual	Kg/día	1536,63	Este es la carga que genera la población actual del tramo (25.990 personas), se observa que la carga que puede asimilar el río es de 516 Kg/día que es una carga aportada por 8600 personas

Tabla 315. Modelo de Simulación "QUAL2Kw" de Capacidad de Carga para El Tramo I de Río Frío - Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014

PARAMETRO	UNIDAD	ACTUAL	SUSTENTACIÓN
TRAMO IV	**A07:** Después de la desembocadura de la quebrada Acropolis (AR de la PTAR) **A08:** Antes de la desembocadura de Río Frío a Río Neiva		
VERTIMIENTOS AGRICOLAS			
Caudal	L/s	8.8	
Oxígeno Disuelto O.D	mg/L	4.5	Literatura Consultada
Demanda Bioquímica de Oxigeno DBO_5	mg/L	146,9	Literatura Consultada
Solidos Suspendidos Totales SST	mg/L	16,67	Literatura Consultada
Ph	Unidades	6,9	Literatura Consultada
Conductividad	µS/cm	400	Literatura Consultada
Nitrógeno Amoniacal	µg/L	500	Literatura Consultada
Nitrógeno Orgánico	µg/L	500	Literatura Consultada
Fosforo Orgánico	µg/L	100	Literatura Consultada
Fosforo Inorgánico	µg/L	100	Literatura Consultada
CALCULOS DE SIMULACION DE CAPACIDAD DE CARGA			
Velocidad de sedimentación de sólidos suspendidos inorgánico	m/d	0,01952	La calibración del modelo de calidad de agua mediante el Algoritmo genético (AG) y la función objetivo recomendada por Kannel et al y Pelletier et al.
Tasa de hidrólisis de la materia orgánica de	1/d	0.7415	La calibración del modelo de calidad de agua mediante el Algoritmo genético (AG) y

PARAMETRO	UNIDAD	ACTUAL	SUSTENTACIÓN
lenta descomposición			la función objetivo recomendada por Kannel et al y Pelletier et al.
Tasa de oxidación de la materia orgánica de lenta descomposición	1/d	0.10689	La calibración del modelo de calidad de agua mediante el Algoritmo genético (AG) y la función objetivo recomendada por Kannel et al y Pelletier et al.
Tasa de oxidación de la materia orgánica de rápida degradación	1/d	2.9909	La calibración del modelo de calidad de agua mediante el Algoritmo genético (AG) y la función objetivo recomendada por Kannel et al y Pelletier et al.
Hidrólisis de la materia orgánica particulada (Detritus (POM))	m/d	1.0205	La calibración del modelo de calidad de agua mediante el Algoritmo genético (AG) y la función objetivo recomendada por Kannel et al y Pelletier et al.
Velocidad de sedimentación de la materia orgánica particulada (Detritus (POM)	1/d	0.0378	La calibración del modelo de calidad de agua mediante el Algoritmo genético (AG) y la función objetivo recomendada por Kannel et al y Pelletier et al.
concentración de DBOu inmediatamente después del punto de descarga	mg/L	219,25	$DBO_u = \frac{DBO_5}{1-e^{-k*5}}$, Donde DB05=146,9 mg/L y k=0,22 d^{-1}
DBOu máxima carga orgánica admisible por unidad de tiempo	Kg/h	6,94	Fórmula para hallar carga contaminante Extraída del Decreto 1267 de 2012. "Cc=Q*C*0,0036*t"
DBO5 Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días	Kg/h	4,65	Fórmula para hallar carga contaminante Extraída del Decreto 1267 de 2012. "Cc=Q*C*0,0036*t"
DBO5 Demanda Bioquímica de Oxígeno (Max Permisible)	Kg/día	111,6	Conversión de la DBO5 a días

Tabla 316. Modelo de simulación "QUAL2Kw" de Capacidad de Carga para El Tramo II y Tramo III de Río Frío Campoalegre.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

3.2.4. Riesgos asociados a la reducción de la oferta y disponibilidad del recurso hídrico.

Los Riegos asociados a la oferta y a la disponibilidad de agua, se derivan a partir de los resultados del índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH) actual y el índice de calidad fisicoquímico (ICA). (MINIAMBIENTE, 2014)

En este sentido se hallara el índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento y el índice de calidad Fisicoquímica de agua:

Vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH)

El Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico (IVH), permite identificar el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua, que ante amenazas –como periodos largos de estiaje o eventos como el Fenómeno cálido del Pacífico (El Niño) – podría generar riesgos de desabastecimiento. (IDEAM, 2010)

El Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico - IVH se determina a través de una matriz de relación de rangos del Índice de regulación hídrica (IRH) y el Índice de uso de agua (IUA).

INDICE DE USO DE AGUA - IUA	INDICE DE REGULACION HIDRICA - IRH	CATEGORIA DE VULNERABILIDAD
Muy bajo	Alto	Muy bajo
Muy bajo	Moderado	Bajo
Muy bajo	Bajo	Medio
Muy bajo	Muy Bajo	Medio
Bajo	Moderado	Bajo
Bajo	Bajo	Bajo
Bajo	Bajo	Medio
Bajo	Muy Bajo	Medio
Medio	Alto	Medio
Medio	Moderado	Medio
Medio	Bajo	Alto
Medio	Muy Bajo	Alto
Alto	Alto	Medio
Alto	Moderado	Alto
Alto	Bajo	Alto
Alto	Muy Bajo	Muy Alto
Muy alto	Alto	Medio
Muy alto	Moderado	Alto
Muy alto	Bajo	Alto
Muy alto	Muy Bajo	Muy Alto

Tabla 317. Interpretación de Resultados de IVH
Fuente: Estudio Nacional de Agua – ENA, 2010

A continuación se halla el índice de regulación hídrica e índice de uso de agua para hallar la vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento.

- **Índice de regulación hídrica (IRH)**

“Este índice mide la capacidad de retención de humedad de las cuencas con base en la distribución de las series de frecuencias acumuladas de los caudales diarios. Este índice se mueve en el rango entre 0 y 1, siendo los valores más bajos los que se interpretan como de menor regulación.” (ENA, 2010)

En este sentido se extrae la información del estudio nacional de Agua, en donde en su se registra la oferta e indicadores hídricos en 309 Subzonas hidrográficas para condiciones medias y secas.

DESCRIPCIÓN	RANGO DEL INDICADOR	CALIFICACIÓN
Muy baja retención y regulación de e humedad	(< 0.50)	Muy baja
Baja retención y regulación de humedad	(0.50 – 0.65)	Baja
Media retención y regulación de humedad media	(0,65 – 0.75)	Moderada
Alta retención y regulación de humedad	(0.75 - 0.85)	Alta
Muy alta retención y regulación de humedad	(> 0.85)	Muy alta

Tabla 318. Interpretación de la Calificación del IRH
Fuente: Estudio Nacional de Agua – ENA, 2010

Así se tiene en cuenta la zona del alto Magdalena y la Subzona hidrográfica correspondiente al Rio Neiva pues Río Frío desemboca directamente en esta fuente hídrica, por tanto el Índice de Regulación Hídrica es de 0,76; es decir que Rio Frio tiene Alta retención y regulación de humedad, siendo así una regulación hídrica Alta.

- **Índice de uso de agua Superficial (IUA)**

El Índice de uso del agua (IUA) corresponde a la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios, en un periodo de tiempo t (anual, mensual) y en una unidad espacial de referencia j (área, zona, Subzonas, etc.) en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades de tiempo y espaciales. (ENA, 2010)

IUA = (Dh / OH) * 100 ***Ecuación 19***

Dónde:
IUA: Índice de uso del agua
Dh: Demanda hídrica sectorial que corresponda
OH: oferta hídrica superficial disponible

DESCRIPCIÓN	RANGO DEL INDICADOR	CALIFICACIÓN
La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible.	(> 50)	Muy Alto
La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible.	(20.01 – 50)	Alto
La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible.	(10.01 -20)	Moderado
La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible.	(1-10)	Bajo
La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible	(≤ 1)	Muy Bajo

Tabla 319. Interpretación de la Calificación del IUA
Fuente: Estudio Nacional de Agua – ENA, 2010

ZONAS	OFERTA HIDRICA TOTAL		DEMANDA HIDRICA TOTAL	
	VERANO (lps)	INVIERNO (lps)	VERANO (lps)	INVIERNO (lps)
0	349.5	394.5	0,0	0,0
1	6.3	21.0	293	330
2	5.2	17.6	0,0	0,0
3	11.1	36.4	0,0	0,0
4	22.1	71.5	21	32
TOTAL	394,2	541	314	362

Tabla 320. Oferta y demanda hídrica total determinada para cada zona de estudio de la cuenca hidrográfica del río Frío
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

Índice de uso de Agua Superficial para época de invierno
IUA= (Dh / OH) * 100
IUA = (362Lps / 541Lps) * 100
IUA = 66,9 (Muy Alto)

Índice de Uso de Agua Superficial para época de verano
IUA= (Dh / OH) * 100
IUA = (314Lps / 394,2 Lps) * 100
IUA = 79,65 (Muy Alto)
Se puede apreciar que el índice de uso de agua para época de invierno y verano es muy alto, pues la presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible.
Después de conocer el índice de regulación hídrica y el índice por uso de agua, se halla la vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento; según lo registrado en la Tabla 317, la vulnerabilidad es Media; pues el índice de uso de agua es Muy alto y el índice de regulación hídrica es Alto.

Índice de calidad fisicoquímico (ICA)

Teniendo en cuenta que en el numeral 3.1.8.1 del presente documento se determinó el índice de calidad de agua, se tendrá en cuenta los resultados de la Tabla 246 se resumen a continuación en la siguiente tabla:

ZONAS	PUNTOS DE MONITOREO	RESULTADO CRÍTICO DEL ICA CALCULADO	RANGO ICA	CLASIFICACIÓN
1	A01	74,97	70-90	Buena Calidad
	A02	77,19	70-90	Buena Calidad
2	A03	52,65	50-70	Mediana Calidad
	A04	62,20	50-70	Mediana Calidad

3	A05	69,35	50-70	Mediana Calidad
	A06	67,82	50-70	Mediana Calidad
4	A07	56,52	50-70	Mediana Calidad
	A08	62,43	50-70	Mediana Calidad

Tabla 321. Índice de Calidad Fisicoquímica – ICA "Río Frío"
Fuente: FUNDISPROS, 2014

3.2.4.1. Riesgo Asociado a la Reducción de Oferta

La guía técnica para la formulación de planes de ordenamiento del recurso hídrico, formulado por el ministerio de ambiente establece las orientaciones para el Análisis del riego asociado a la reducción de oferta, las cuales se describen a continuación:
La amenaza se considerará media y alta en los tramos donde el Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH) sea alto y muy alto respectivamente.
La vulnerabilidad se determinará identificando las captaciones para abastecimientos doméstico, agrícola, piscícola, industrial y recreativo en los tramos previamente identificados con amenaza alta y media, considerando como de vulnerabilidad alta las que capten agua para uso doméstico y como de vulnerabilidad media las que se capten para los dos usos restantes. (MINIAMBIENTE, 2014)
Realizar el análisis cualitativo para determinar el riesgo, considerando la condición más crítica, por ejemplo: vulnerabilidad alta y amenaza alta: riesgo alto; alguna de las dos en nivel alto y la otra en medio: riesgo alto; las dos en nivel medio: riesgo medio.
Se puede determinar el riesgo por tramos en los que se presentan los usos indicados anteriormente, así:

CORRIENTE HÍDRICA	TRAMOS	VULNERABILIDAD	AMENAZA	RIESGO
Rio Frío	Tramo I	Alta	Media	Alto
	Tramo IV	Media	Media	Medio

Tabla 322. Riesgos Asociados a la Reducción de la Oferta por Tramos donde existen Usos
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Para hallar el riego global asociado a la reducción de la oferta sobre la Corriente, se determina la amenaza, sabiendo que la vulnerabilidad de la corriente hídrica es Alta, entonces la amenaza es media, generando así un Riego de Nivel Alto.

3.2.4.2. Riesgo Asociado a la Disponibilidad

La amenaza asociada a la disponibilidad se relacionará con la calidad del agua del recurso, mediante el análisis cualitativo de los resultados del ICA, por tramos.

La categorización de la amenaza se realizará asignando a los tramos la categoría de la condición más desfavorable del índice de calidad fisicoquímico, asociando la categoría de la amenaza al anterior resultado así:

a.) Calidad aceptable (Buena Calidad) con amenaza baja;
b.) Calidad regular (Mediana Calidad) con amenaza media y;
c.) Calidad mala con amenaza alta

Para hallar la vulnerabilidad por calidad, la información de las captaciones para abastecimientos doméstico, agrícola, piscícola, industrial y recreativo. Para aquellas captaciones localizadas en tramos con amenazas media y alta, realizar el respectivo análisis cualitativo de vulnerabilidad de acuerdo con la priorización del uso, según el artículo 41 del Decreto 1541 de 1978, considerando vulnerabilidad alta lo correspondiente a los literales a y b; media lo correspondiente a los literales c y d; baja para el resto de usos. La categorización del riesgo (alto, medio y bajo) resultará de superponer los dos análisis anteriores predominando la condición más crítica entre los dos.

El Decreto 1541 de 1978 en su artículo 41 establece el orden de prioridades para otorgar concesiones de agua, así:

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, comprendidos la acuicultura y la pesca;
e.) Generación de energía hidroeléctrica;
f.) Usos industriales o manufactureros;
g.) Usos mineros;
h.) Usos recreativos comunitarios, e
i.) Usos recreativos individuales.

CORRIENTE HÍDRICA	TRAMOS	VULNERABILIDAD	AMENAZA	RIESGO
Río Frío	Tramo I	Alta	Baja	Alto
	Tramo IV	Media	Media	Medio

Tabla 323. Riesgos Asociados a la Disponibilidad por Tramos
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En la Tabla 323 se presenta el nivel de riesgo asociado a la disponibilidad, encontrando que en el tramo I, el Riesgo es alto y en el tramo IV el nivel de riesgo es medio, no se presenta riesgo asociado a los tramos II y III pues estos no se definieron usos.

3.2.5. Usos a asignar

A partir de los usos potenciales establecidos en la Tabla 304, se establecen a continuación los siguientes usos para los cuatro tramos en los cuales fue divido Río Frío, como fase fundamental del proceso de ordenación de la Corriente:

FUENTE	TRAMOS	USOS DEFINITIVOS A ASIGNAR				
		Doméstico (H)	Agrícola (A)	Pecuario (P)	Industrial (I)	Recreativo (R)
Río Frío	Tramo I	X	X	X	X	X
	Tramo II					
	Tramo III					
	Tramo IV		X			

Tabla 324. Usos a Asignar
Fuente: FUNDISPROS, 2014

En la Tabla 324 se establecen los usos definitivos asignar sobre la corriente de Rio Frio que discurre por el municipio de Campoalegre, estableciendo que para la zona alta de la cuenca correspondiente al tramo I se podrá hacer uso Doméstico, agrícola, pecuario, industrial y recreativo; en los tramos II y III no establecieron usos, y el tramo cuatro se establece uso agrícola; cabe resaltar que para estos usos se debe cumplir con las normas de calidad para los respectivos vertimientos generados en las actividades correspondientes a los usos descritos.

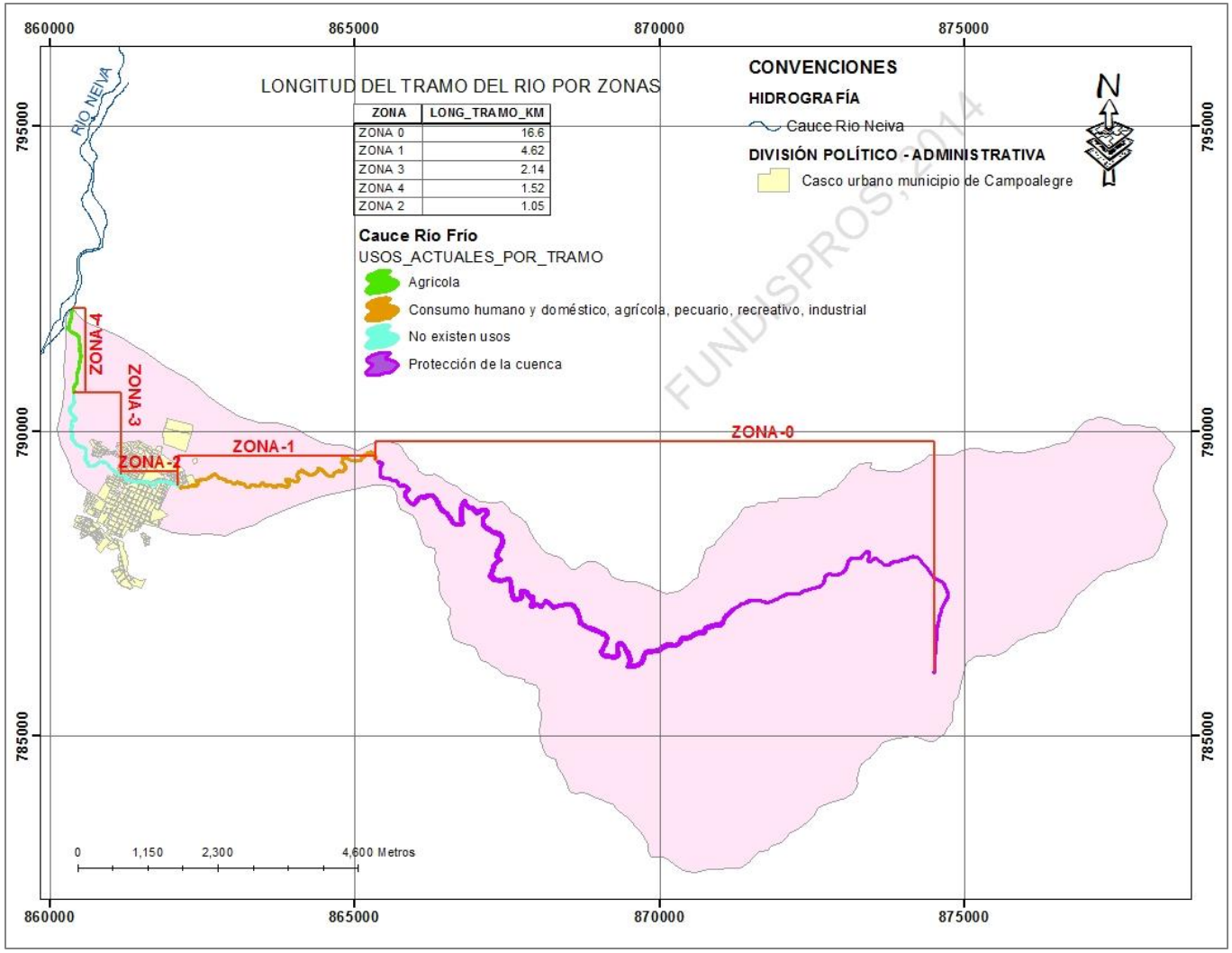


Figura 71. Usos a Asignar cuenca de Rio Frio – Mpio de Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014

3.2.6. Definición de criterios de calidad por usos

El Decreto 3930 de 2010 define como criterios de calidad al conjunto de parámetros y sus valores utilizados para la asignación de usos al recurso y como base de decisión para el Ordenamiento del Recurso Hídrico.

Así mismo se cita el artículo 21 del decreto mencionado, donde se establece el rigor subsidiario para definir los criterios de calidad del recurso hídrico, pues la autoridad ambiental tiene competencia en hacer más eestrictos los criterios de calidad de agua para los distintos usos previa la realización del estudio técnico que lo justifique, con fundamento en el artículo 63 de la Ley 99 de 1993. El criterio de calidad adoptado en virtud del principio del rigor subsidiario por la autoridad ambiental competente, podrá ser temporal o permanente.

En este sentido la definición de los criterios de calidad por usos para Rio Frío se realizara para usos múltiples, es decir que en aquellos tramos del Río en donde se asignen usos múltiples, los criterios de calidad para la destinación del recurso corresponden a los valores más restrictivos de cada referencia; así:

CUENCA	TRAMOS	USOS	CRITERIOS DE CALIDAD	UNIDAD
RIO FRIO - CAMPOALEGRE	Tramo I	Consumo Humano y Domestico Agrícola Pecuario Industrial Recreativo	pH	(unid.)
			DB05	(mg/L)
			SST	(mg/L)
			OD	(mg/L)
			Coliformes Fecales	(NMP)
			Coliformes Totales	(NMP)
			Grasas y Aceites	(mg/L)
	Tramo IV	Agrícola	pH	(unid.)
			DB05	(mg/L)
			SST	(mg/L)
			OD	(mg/L)
			Coliformes Fecales	(NMP)
			Coliformes Totales	(NMP)
			Grasas y Aceites	(mg/L)

Tabla 325. Criterios de Calidad definidos por Usos
Fuente: FUNDISPROS, 2014

3.2.7. Fijación de zonas en donde se prohibirá o condicionará, la descarga de aguas residuales.

De acuerdo a los resultados de calidad de agua en cada punto monitoreado sobre Río Frío y los criterios de calidad establecidos por la normatividad colombiana se condiciona la descarga de aguas residuales en las siguientes zonas:

CUENCA	ZONAS	PUNTO MONITOREADO	DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES "CONDICIONADA"	DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES "PROHIBIDA"
RIO FRIO	Zona 1	A01		X
		A02		X
	Zona 2	A03	X	
		A04	X	
	Zona 3	A05	X	
		A06	X	
	Zona 4	A07	X	
		A08	X	

Tabla 326. Zonas en las que se Condiciona y Prohíbe la descarga de Aguas Residuales
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Según lo Registrado en la Tabla 326 se prohíbe la descarga de aguas residuales en la Zona Uno de la cuenca, pues en esta zona predomina el uso doméstico, por ende se prohíbe la descarga de aguas residuales de vertimientos de cualquier índole que no cumpla con los criterios de calidad establecidos para el cumplimiento de los objetivos de calidad.
De otro lado se condiciona la descarga de aguas residuales en las zonas 2,3 y 4 pues según los análisis de calidad de agua parámetros como coliformes fecales, totales y conductividad eléctrica condiciona los usos potenciales que pueden darse en esta zona como el uso agrícola para cultivos de consumo directo y recreación mediante contacto primario.

3.2.8. Determinación de los casos en que deba prohibirse el desarrollo de actividades varias.

Para determinar los casos en los que se requiera la prohibición del desarrollo de actividades se debe tener en cuenta los usos asignados a cada tramo de división del Río, además la normatividad vigente en cuanto a calidad y cantidad del recurso hídrico.

En este sentido se prohíbe actividades domésticas, agrícolas, pecuarias, recreativas e industriales en las zonas 2 y 3 de Rio Frio, con el fin de prevenir afectaciones al ser humano y cumplir con lo dispuesto en la reglamentación de usos y aprovechamiento del agua de la fuente.

3.2.9.Metas quinquenales de reducción de cargas contaminantes (Decreto 2667 de 2012)

De acuerdo con el Decreto 2667 de 2012 para el establecimiento de las metas quinquenales de reducción de carga contaminante se debe contar con la siguiente información:

- ✓ Estado del cuerpo de agua o tramo del mismo en términos de calidad y cantidad

- ✓ Identificación los usuarios que realizan vertimientos en cada cuerpo de agua.
- ✓ Cálculo de la línea base como el total de carga contaminante de cada elemento, sustancia o parámetro contaminante vertida al cuerpo de agua o tramo del mismo
- ✓ Objetivos de calidad de los cuerpos de agua o tramos de los mismos
- ✓ Presentación de los escenarios de metas, de acuerdo al análisis de las condiciones que más se ajusten al objetivo de calidad y la capacidad de carga del tramo o cuerpo de agua definidos a partir de evaluaciones y/o modelaciones de calidad del agua.

Estos requerimientos ya se encuentran definidos en el presente informe; a continuación se presentan un resumen de las cargas contaminantes generadas por los vertimientos sobre Río Frío:

RESUMEN CARGA ACTUAL CONTAMINANTE POR VERTIMIENTOS (2014)				
TIPO DE USUARIO	**DBO5 (Kg/Año)**	**SST (Kg/Año)**	**DBO5 (%)**	**SST (%)**
Domestico	186.019,20	41.385,60	82,22 %	90,06%
Agrícola	40.208,76	4.562,80	17,77%	9,93%
TOTAL	226.227,96	45.948,40	100,0%	100,0%

Tabla 327. Resumen Cargas Contaminantes por DBO5 y SST
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Es importante mencionar que empresas públicas del municipio de Campoalegre EMAC ESP, no presento propuesta de meta de reducción de carga contaminante por vertimientos domésticos para el quinquenio 2013 – 2018, se requirió presentar a la CAM, según el documento que contiene las Propuestas metas de reducción sector doméstico, titulado “Meta Global de Carga Contaminante en la jurisdicción de la CAM, para el quinquenio 2013-2018”.

En este sentido se espera que para los porcentajes de reducción planteados para el quinquenio 2014 – 2019, para los usuarios de Rio Frío en jurisdicción del municipio de Campoalegre, se logre concertar las metas que se plantean a continuación; siendo estas parte fundamental del proceso de ordenación de la cuenca.

Por lo anterior se plantea porcentajes de reducción de acuerdo a los límites permisibles de concentraciones por DBO5 y SST para vertimientos establecidos por la resolución N° 631 de 2015, teniendo en cuenta que de acuerdo a los resultados de calidad de agua y a la modelación el mayor impacto generado es por vertimientos doméstico. Por ende las metas estarán enfocadas en el escenario que mayor capacidad de asimilación tiene frente a los vertimientos generados sobre la fuente.

RIO FRIO - CAMPOALEGRE						
	DBO5			SST		
TIPO DE VERTIMIENTO	CARGA ACTUAL 2014 (Kg/Año)	CARGA A VERTER 2019 (Kg/Año)	CARGA TOTAL GENERADA EN CINCO AÑOS Kg/Año	CARGA ACTUAL 2014 (Kg/Año)	CARGA A VERTER 2019 (Kg/Año)	CARGA TOTAL GENERADA EN CINCO AÑOS Kg/Año
Domestico	186.019,2	186.647,40	628,20	41.385,6	41.525,36	139,76
Agrícola	40.208,76	40.329,38	120,62	4.562,8	4.576,48	13,68
TOTAL	226.227,96	226.976,78	748,82	45.948,40	46.101,84	153,44

Tabla 328. Carga Contaminante Total Generada en el Quinquenio 2014 – 2019
Fuente: FUNDISPROS, 2014

RIO FRIO - CAMPOALEGRE							
TIPO DE VERTIMIENTO	CAUDAL (L/s)	PARAMETRO	CARGA ADMISIBLE		CARGA ACTUAL (Kg/Año)	NECESIDAD DE REDUCCIÓN	
			CONCENTRACIÓN ADMISIBLE (mg/ L)	CARGA ADMISIBLE (Kg/Año)		(Kg/Año)	%
Domestico	36,3	DBO5	90	101.616,76	186.019,2	- 84.402,44	45,37%
		SST	90	101.616,76	41.385,6	60.231,16	0,0 %
Agrícola	8,8	DBO5	90	24.634,36	40.208,76	-15.574,4	38,73%
		SST	90	24.634,36	4.562,8	20.071,56	0,0 %

Tabla 329. Cargas máximas Admisibles y Necesidades de Reducción para el Quinquenio 2014 - 2019
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La Tabla 329 presenta las cargas máximas admisibles que se pueden generan sobre el agua de Rio Frio, esta se halló con las concentraciones máximas permisibles para DBO5 y SST establecidas por la resolución N° 631 del 2015 y el caudal medido en campo en los dos tipos de vertimientos caracterizados; después de tener la carga máxima permisible se halló la necesidad de reducción de carga para cada vertimiento, restándole a la carga actual la carga máxima permisible, así se establece el porcentaje de reducción de carga contaminante para cada tipo de vertimiento.

META GLOBAL DE CARGA CONTAMINANTE PARA EL QUINQUENIO 2014 - 2018						
TIPO DE VERTIMIENTO	DBO5 (Kg/Año)			SST (Kg/Año)		
	CARGA ACTUAL	META GLOBAL	% DE REDUCCIÓN	CARGA ACTUAL	META GLOBAL	% DE REDUCCIÓN
Domestico	186.019,2	104.170,76	45,37%	41.385,6	41.385,6	0,0%
Agrícola	40.208,76	20.506,48	38,73%	4.562,8	4.562,8	0,0%
TOTAL	226.227,96	124.677,24		45.948,40	45.948,40	

Tabla 330. Meta Global de Reducción de Carga Contaminante para DBO5 y SST
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La meta global de carga contaminante corresponde a la suma de las metas individuales de reducción para cada año del quinquenio, esta se determinó mediante la diferencia de la carga actual y la necesidad de reducción para cada tipo de vertimiento.

RIO FRIO		METAS DE REDUCCIÓN - INDIVIDUALES				
TIPO DE VERTIMIENTO	CARGA ACTUAL	DBO5 (Kg/Año)				
		REDUCCIÓN DE CARGA				
		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Domestico	186.019,2	186.019,2	165.557,09	145.094,98	124.632,87	104.170,76
Agrícola	40.208,76	40.208,76	35.283,19	30.357,62	25.432,05	20.506,48
TOTAL	226.227,96	226.227,96	200.840,28	175.452,6	150.064,92	124.677,24

Tabla 331. Cronograma de Cumplimiento Meta Global Carga Contaminante por DBO5
Fuente: FUNDISPROS, 2014

RIO FRIO		METAS DE REDUCCIÓN				
TIPO DE VERTIMIENTO	CARGA ACTUAL	SST (Kg/Año)				
		REDUCCIÓN DE CARGA				
		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Domestico	41.385,6	41.385,6	41.385,6	41.385,6	41.385,6	41.385,6
Agrícola	4.562,8	4.562,8	4.562,8	4.562,8	4.562,8	4.562,8
TOTAL	45.948,40	45.948,40	45.948,40	45.948,40	45.948,40	45.948,40

Tabla 332. Cronograma de Cumplimiento Meta Global Carga Contaminante por SST
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La Tabla 331 y Tabla 332 presenta la carga contaminante por DBO5 y SST respectivamente, que se debe verter en cada año correspondiente al quinquenio 2014 – 2019 para el cumplimiento de la meta global establecida para Río Frío.

Se puede observar que los vertimientos domésticos y agrícolas tienen carga contaminante por SST por debajo de la carga admisible reglamentada por la Resolución 631 de 2015, por lo anterior no existirá porcentaje de reducción para esta variable, teniendo en cuenta que se mantenga a lo largo del quinquenio.

Después de conocer las metas individuales de reducción y la meta global de carga contaminante sobre Río Frío, se procede a detallar a las acciones a realizar para el cumplimiento de las metas; estas acciones se proyectaran con base en los escenarios que más se ajustaron a la capacidad de asimilación de carga contaminante en Río Frío Campoalegre.

El modelo de simulación QUAL2Kw predijo que desde el nacimiento de la corriente hasta el kilómetro 6 antes de su desembocadura, todos los escenarios tendrán el mismo comportamiento que se evidencia en el estado actual, esto debido a que los escenarios planteados no contemplan ninguna acción en este tramo.

Por otra parte se evidencia que el escenario 3, el cual contempla la implementación de sistemas individuales de saneamiento para viviendas unifamiliares o bifamiliares ubicadas sobre el cauce principal de Río Frío, unido al manejo de las áreas forestales protectoras, tendrá un impacto positivo en el tramo ubicado del kilómetro 6 al kilómetro 4, teniendo en cuenta que para efectos de la modelación el kilómetro 0 es la desembocadura de Río Frío en el río Neiva.

Las determinantes ambientales para el manejo de áreas forestales protectoras de corrientes que permitan la demarcación de las áreas de retiro, será determinada con base en estudios técnicos, ambientales y socioeconómicos adoptados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. En el caso de Río Frío, se determinó que el área mínima de retiro de los cultivos y los asentamientos humanos a la corriente debe ser de 15 metros, lo anterior teniendo en cuenta que la corriente es de orden de drenaje 2.

3.2.10. Normas de preservación de la calidad del recurso de manera temporal y definitiva.

Para preservar la calidad del agua que se logre con el cumplimiento de las metas de reducción de carga contaminante generada por vertimientos puntuales sobre Río Frío, se debe atender a la normatividad establecida en cuanto al cumplimiento de los criterios de calidad.

Debido a lo anterior se mencionan los siguientes artículos contenidos en el decreto 1541 de 1978 se deben cumplir en cuanto a casos de vertimientos domésticos y agrícolas sobre Río Frío, además de lo establecido en el decreto 1594 de 1984:
El artículo 221 del decreto 1541 de 1978 afirma que para iniciar la construcción, ensanche o alteración de habitaciones o complejos habitacionales o industriales, requerirá la presentación y aprobación de los planos de desagüe, cañerías y alcantarillado, y métodos de tratamiento y disposición de aguas residuales, previamente.

Otro caso pertinente para tener en cuenta en los vertimientos de origen domestico es el siguiente: Artículo 222, Cuando las aguas servidas no puedan llevarse a sistemas de alcantarillado público, regirá lo dispuesto en el artículo 145 del Decreto - ley número 2811 de 1974, y su tratamiento deberá hacerse de modo que no produzca deterioro de las fuentes receptoras, los suelos, la flora o la fauna.

Así mismo el artículo 223 establece que todo sistema de alcantarillado se deberá someter los residuos líquidos a un tratamiento que garantice la conservación de las características de la corriente receptora con relación la clasificación de la corriente receptora con relación a la siguiente clasificación (artículo 205):

Clase I. Cuerpos de agua que admiten vertimientos.
Clase II. Cuerpos de aguas que admiten vertimientos con algún tratamiento.
Para los vertimientos de uso agrícola, riego y drenaje se tendrá en cuenta lo definido en los siguientes artículos correspondientes al decreto 1541 de 1978 y decreto 1594 de 1984:
Artículo 225. Los desagües provenientes de riego pueden ser concedidos preferencialmente para nuevos usos en riego. La concesión puede imponer a su beneficiario la obligación de contribuir a los gastos de construcción, mantenimiento y operación de las obras de captación y conducción construidas por el concesionario original. (Decreto 1541 de 1978)

Artículo 67. Para el control del cumplimiento de las normas de vertimiento por parte de cada usuario, se deberá tener en cuenta que cuando la captación y la descarga se realicen en un mismo cuerpo de agua, en las mediciones se descontarán las cargas de los contaminantes existentes en el punto de captación. (Decreto 1594 de 1984).

Artículo 68. Los usuarios existentes que amplíen su producción, serán considerados como usuarios nuevos con respecto al control de los vertimientos que correspondan al grado de ampliación. (Decreto 1594 de 1984).
Artículo 70. Los sedimentos, lodos y sustancias sólidas provenientes de sistema de tratamiento de agua o equipos de control de contaminación ambiental, y otras tales como cenizas, cachaza y bagazo, no podrán disponerse en cuerpos de aguas superficiales, subterráneas, marinas, estuarinas o sistemas de alcantarillado, y para su disposición deberá cumplirse con las normas legales en materia de residuos sólidos. (Decreto 1594 de 1984).

Artículo 71. Para efectos del control de la contaminación del agua por la aplicación de agroquímicos, se tendrá en cuenta:
a) Se prohíbe la aplicación manual de agroquímicos dentro de una franja de tres (3) metros, medida desde las orillas de todo cuerpo de agua.
b) Se prohíbe la aplicación aérea de agroquímicos dentro de una franja de treinta (30) metros, medida desde las orillas de todo cuerpo de agua.
c) La aplicación de agroquímicos en cultivos que requieran áreas anegadas artificialmente requerirá concepto previo del Ministerio de Salud o de su entidad delegada.

3.3 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO AL RECURSO HÍDRICO

Dentro de los objetivos de la corporación autónoma regional del alto magdalena – CAM, como máxima autoridad ambiental en el departamento del Huila, se encuentra definido planificar las acciones pertinentes encaminadas a la conservación, mitigación y control del estado de las fuentes hídricas.

En sentido se tiene como fuente hídrica priorizada para el ordenamiento del recurso hídrico la corriente de Río Frío con jurisdicción en el municipio de Campoalegre, teniendo claro que el desequilibrio apenas inicia o se está empezando a evidenciar y que es justo el momento en el que se debe iniciar el respecto control de seguimiento y monitoreo de dicha fuente.

Debido a lo anterior se debe reconocer que se debe implementar periódicamente la red de monitoreo establecida en el presente ordenamiento, con el propósito de evaluar y controlar la calidad y cantidad del recurso de esta fuente.

Se pretende tener en cuenta la evaluación de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e hidrobiológicos, con el fin de tener un diagnóstico de calidad

periódico, evaluando simultáneamente los objetivos de calidad, cumplimiento de los decreto 3930 de 2010 y 2667 de 2012.
Para el programa de monitoreo y seguimiento, se tendrá en cuenta los siguientes criterios presentados a continuación, considerando que los aspectos generales de dicho programa aplica Río Frío con jurisdicción en el municipio de Campoalegre – Huila.

3.3.1. Aspectos generales para el programa de seguimiento y monitoreo

Para la planificación del programa de monitoreo y seguimiento, se tendrá en cuenta los aspectos o criterios que se exponen a continuación, considerando que aplican a Río Frío - Campoalegre.

1. El comportamiento hidrológico de Río Frío
2. Los parámetros de calidad del agua definidos como objetivos de calidad
3. Los resultados de la campaña de monitoreo realizada en el presente ordenamiento.

3.3.2. 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 de Río Frío se plantean los siguientes objetivos:

- ✓ Cumplir con los objetivos y criterios de calidad del agua establecidos en cada uno de los puntos o 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

3.3.3. Duración de las campañas de monitoreo

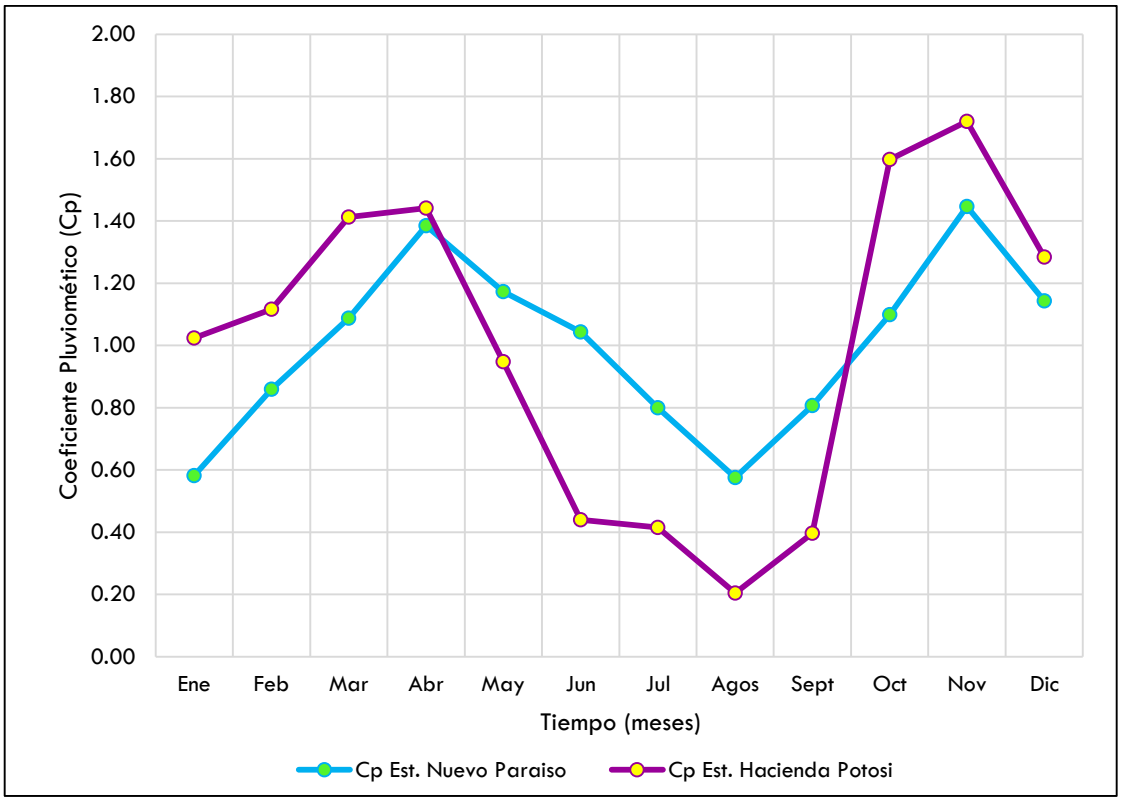
Se plantea realizar monitoreos en un periodo entre 8 y 10 horas (teniendo claro que las jornadas de trabajo inicie tipo 6:00 am), además se consideran aspectos logísticos como la facilidad de acceso a las estaciones de monitoreo, facilidad de movilidad en la zona, ubicación de vertimientos de aguas residuales. Esto con el propósito de realizar el respectivo seguimiento a los objetivos de seguimiento establecidos en el presente plan de ordenamiento.

Así mismo de debe tener en cuenta que el seguimiento a los objetivos y criterios de calidad debe realizarse en condiciones de caudales bajos, con el fin de tener en cuenta la menor capacidad de depuración y asimilación a los contaminantes presentes en el cuerpo de agua.

3.3.4. Frecuencia de muestreo

Para los periodos en los cuales se realizaran el monitoreo y seguimiento se tendrá en cuenta los objetivos del programa, para que el monitoreo sea representativo será necesario tener en cuenta el comportamiento hidrológico de la corriente monitoreada. La Gráfica 33 muestra el comportamiento de precipitación media según información recolectada de las estaciones pluviométricas ubicadas en la zona de estudio (Estación Nuevo paraíso y estación hacienda Potosí), este comportamiento se prevé que sea aplicable a la cuenca de Río Frío – Campoalegre.

En conclusión, las precipitaciones registradas para la totalidad de la cuenca de Río Frío, presentan dos periodos de lluvias durante todo el año. Las cuales tienen lugar en los meses de marzo y junio, presentando un pico en el mes de abril con un Cp de 1.38, y en los meses de octubre y diciembre para el segundo semestre con un pico en el mes de noviembre con un Cp de 1.45. Las épocas de estiaje se reconocen en los meses de enero y febrero para el primer semestre y en julio a septiembre para el segundo, siendo en agosto el mes más seco con un Cp de 0.58.



Gráfica 33. Régimen anual de lluvias estaciones disponibles con influencia en la cuenca de Río Frío – Campoalegre.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Con relación al comportamiento observado en la Gráfica 33 , se propone realizar dos (2) campañas de monitoreo para realizar el seguimiento al ordenamiento de Río Frío, las campañas de monitoreo se deben realizar de la siguiente forma:

1. Una campaña de monitoreo en época de caudales bajos. La Gráfica 33 muestra que la época de caudales más bajos ocurre desde julio a septiembre. Se propone que se realice una campaña de monitoreo a mediados de Agosto cuando se presenta los caudales mínimos es decir en el mes de agosto.

2. La segunda campaña de monitoreo en época de caudales altos, es decir se debe realizar en el mes de noviembre.

La realización de estas campañas de monitoreo permitirá a la corporación tener la información necesaria para evaluar el cumplimiento de los objetivos y criterios y calidad; además permitirá tener información adicional para alimentar y mejorar datos requeridos para el modelo de simulación de la calidad del agua.

Es importante tener en cuenta que estas dos campañas de monitoreo se realizaran para evaluar los objetivos de calidad en el corto (3 años), mediano (6 años) y largo

plazo (10 años), por lo tanto se realizara las dos campañas en el año en el evalúen los objetivos, en conclusión para el horizonte (10 años) del presente plan de ordenamiento del recurso hídrico se proyectan a realizar 6 campañas de monitoreo.

3.3.5. Tipos de Muestras

Muestreo Puntual[28] : Es la muestra tomada en lugar representativo, en un determinado momento.

Muestra Compuesta[29]: 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[30]: 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.

3.3.6. Parámetros a monitorear

La toma de muestras deberá realizarse en los puntos de monitoreo propuestos en el presente plan de ordenamiento.

Se debe tener en cuenta los usos potenciales del agua establecidos para cada una de las zonas, los parámetros analizados en la campaña del presente ordenamiento y los respectivos objetivos de calidad, así se plantea analizar los siguientes parámetros:

PARAMETROS FISICOQUIMICOS – IN SITU		
N°	**PARAMETROS**	**UNIDADES**
1	pH	Unidades de pH
2	Conductividad Eléctrica	µS/cm
3	Oxígeno Disuelto	mg/LO_2 y % de saturación
4	Temperatura del Agua	°C
5	Sólidos Totales Disueltos	mg/l
6	Caudal	m^3/s
PARAMETROS FISCOQUIMICOS - LABORATORIO		
7	Fosfatos	mgPO4/L
8	Fósforo Orgánico	mg/L
9	Fósforo Inorgánico	mg/L
10	Nitritos	mgNO2/L

[28] Tomado del Decreto 3100 del 30 de octubre de 2003 “Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones”
[29] Tomado del protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua, 2007.
[30] Ibídem 33.

11	Nitratos	mg NO3/L
12	Nitrógeno Amoniacal	mg/L
13	Sulfatos	mgSO4/L
14	Sólidos Totales	mg/L
15	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L
16	DBO_5	mgO2/L
17	DBO_5 Filtrada	mgO2/L
18	Cloruros	mgCl/L
19	DQO	mgO2/L
20	DQO Filtrada	mgO2/L
21	Grasas y Aceites	mg/L
22	Turbiedad	NTU
23	Alcalinidad Total	mg CaCo3/L
24	Bicarbonatos	mg CaCO3/L
25	Boro	mg/L
26	Calcio Total	mg/L
27	Carbonatos	mg CaCO3 /L
28	Carbono Orgánico Total (COT)	mg/L
29	Magnesio Total	mg/L
30	Potasio Total	mg/L
31	Sodio Total	mg/L
	PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS	
32	Coliformes totales	[NMP/100mL]
33	Coliformes fecales	[NMP/100mL]
	PARAMETROS HIDROBIOLÓGICOS	
34	Fitoplancton	Ind/ml
35	Peces	Ind
36	Perifiton	Ind/cm2
37	Zooplancton	Ind/ml
38	Macròfitas	Ind/m2

Tabla 333. Parámetros objeto de monitoreo para el seguimiento del recurso hídrico – Río Frío Campoalegre.
Fuente. FUNDISPROS, 2014

En cuanto a la caracterización de parámetros In situ, se realizará mediante equipos portátiles como el Multiparametro hq40d con sus respectivas sondas.

Los equipos utilizados para las caracterizaciones de campo deben estar en excelente condiciones, con su respectivo certificado de calibración actualizado.

3.3.7. Identificación de las Muestras

De acuerdo a diseñado en la red de monitoreo de calidad de agua, se tendrá en cuenta los mismo lineamientos para la implementación del presente programa de seguimiento y monitoreo del recurso hídrico.

Para la identificación de las muestras cada recipiente debe estar correctamente etiquetado, indicando cuáles serán los análisis que se les deben realizar a la

muestra que contiene cada uno. Cada laboratorio tiene su estilo de etiqueta, de acuerdo a su sistema de gestión de calidad; esta identificación debe contener como mínimo los siguientes datos.

- ✓ Nombre de la estación monitoreada con su respectivo código.
- ✓ Fecha y hora de toma de muestra
- ✓ Tipo de muestra (Puntual, compuesta, integrada)
- ✓ Tipo de preservante
- ✓ Datos medidos en el sitio (parámetros in situ: Ph, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto)
- ✓ Observaciones (apariencia, color, olor, descripción del sitio de monitoreo)
- ✓ Nombre del responsable de la toma de muestra
- ✓ Parámetros a analizar

Es importante tener en cuenta que la cubierta o etiqueta debe estar adherida al recipiente con cinta transparente de manera que cubra la totalidad de la etiqueta, de manera que no se moje y la información no tenga el riego de mojarse o borrarse.

3.3.8. Alistamiento de equipos y materiales

Siguiendo los lineamientos del protocolo de monitoreos para aguas superficiales y residuales del IDEAM, se presenta a continuación la lista de chequeo para el alistamiento de lista de chequeo para las actividades a llevar a cabo en el programa de seguimiento y monitoreo.

1. **Para la medición de parámetros de campo**

- ✓ Formato de captura de datos
- ✓ Geoposicionador
- ✓ Altímetro
- ✓ Multiparametro para datos in situ
- ✓ Reactivos de calibración
- ✓ Recipiente para calibración de equipos de medición
- ✓ Instructivo para la toma de muestras
- ✓ Baldes plásticos preferibles con tapa
- ✓ Cono Imhoff de 1L, para la medición de solidos sedimentables
- ✓ Termómetros sin mercurio
- ✓ Copias de los manuales de fabricantes del equipo de campo
- ✓ Calculadora
- ✓ Medidor de ph, buffers.

2. **Para la toma de muestras**

- ✓ Recipientes de vidrio o plástico
- ✓ Probeta plástica graduada de 1000 o 2000 Ml
- ✓ Recipiente con agua corriente
- ✓ Cuerda de nylon
- ✓ Bolsas de hielo
- ✓ Frascos de 50 o 100 Ml con gotero graduado
- ✓ Papel absorbente
- ✓ Bolsa pequeña de basura
- ✓ Ficha de seguridad de los preservantes
- ✓ Reactivos para la preservación de muestras
- ✓ Frasco lavador con agua destilada
- ✓ Balde plástico de 10 L de capacidad con llave plástica
- ✓ Neveras de icopor o de plástico
- ✓ Papel indicador universal
- ✓ Pera de caucho o pipeteador
- ✓ Cinta pegante o de enmascarar
- ✓ Bolsas plásticas.

3. Para protección y seguridad de las personas que efectúan el muestreo

- ✓ Overol o ropa de trabajo cómoda
- ✓ Gafas de seguridad
- ✓ Guantes de caucho
- ✓ Guantes de látex
- ✓ Guantes de carnaza
- ✓ Botas de caucho
- ✓ Impermeable para lluvia
- ✓ Mascara respiradora con filtros para ácidos y vapores orgánicos.

4. Para supervivencia en campo

- ✓ Caja con herramientas básicas
- ✓ Botiquín de primeros auxilios
- ✓ Sombrero, bloqueador solar, agua para beber
- ✓ Repelente contra insectos
- ✓ Agua suficiente
- ✓ Radio
- ✓ Bayetilla roja
- ✓ Binoculares
- ✓ Extintor (tipo B)
- ✓ Casco liviano
- ✓ Linterna con pilas extras
- ✓ Cuerda
- ✓ Pito y luces de bengala

- ✓ Linterna.

5. Para aforo por vadeo

- ✓ Cinta métrica
- ✓ Varillas de vadeo
- ✓ Contador
- ✓ Cartera de aforos
- ✓ Molinete

6. Para aforo volumétrico

- ✓ Definir y adecuar sección
- ✓ Balde aforado en litros
- ✓ Cartera de aforos
- ✓ Cronometro

3.3.9. Limpieza de los recipientes y equipos de muestreo

Continuando con los lineamientos expuestos en la guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales del IDEAM, la limpieza de los recipientes muestreo depende del análisis que se pretenda desarrollar.

Para la limpieza exterior de los equipos de muestreo es recomendable lavarlos con suficiente agua, sin ir a causar daños internos que puedan alterar las características de los diferentes componentes. Es importante llevar a cabo importante herramientas necesarias y apropiadas para efectuar la limpieza de los equipos que lo requieran. Adicionalmente, se deberá limpiar el equipo inmediatamente después de su uso entre muestreo y muestreo para evitar posibles contaminaciones y deterioro.

Para el caso de los sensores se recomienda realizar el lavado (si aplica) y conservación adecuada, siguiendo las recomendaciones de los fabricantes, ya que estos pueden ser muy delicados. Algunos sensores solo requiere enjuague y posterior secado.[31]

[31] Tomado de la Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas del IDEAM

Parámetro a determinar	Pretratamiento	Detergente	Observaciones antes del enjuague final	Enjuague
Metales (excepto cromo VI) y sulfatos	Abundante agua del grifo	Biodegradable neutro al 5% (en agua fría)	Sumergir en HNO3 al 10% por (30) minutos	Agua destilada o desionizada
DBO, coliformes, tensoactivos (SAAM), alcalinidad, cromo VI, sulfuros, cianuros solidos sedimentables, solidos suspendidos, análisis biológico, ph, conductividad eléctrica	Abundante agua del grifo. El material de DBO y coliformes debe haberse esterilizado previamente.	Biodegrable neutro al 5% en agua ligeramente caliente (50°C)	No pasar por acido	Agua destilada o desionizada
Grasas y aceites e hidrocarburos	Para contaminación especifica por grasa, utilizar una solución de hidróxido de sodio, luego sumergir en solución de HNO3 al 10 por un tiempo mínimo de 30 minutos	Biodegradable neutro al 5% en agua ligeramente caliente (50°C	No pasar por acido	Agua destilada o desionizada y posterior enjuague con n – hexano grado reactivo analítico.
Fósforo total y fósforo soluble	Abundante agua del grifo.	Biodegradable al 5%libre de fósforo (en agua fría)	Sumergir en HCl al 10% por treinta (30) minutos	Agua destilada o desionizada
Compuestos nitrogenados (Nitrógeno total, Nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos) y DQO	Abundante agua del grifo	Biodegradable neutro al 5% (en agua fría)	Sumergir en H2SO4 al 10% por treinta (30) minutos	Agua destilada o desionizada
PCBs, pesticidas	Descontaminación previa con acetona grado técnico	Biodegradable neutro al 5% (en agua fría)	No pasar por ácido.	Agua destilada o desionizada. En caso de análisis por cromatografía de gases, enjuagar con acetona grado reactivo, y finalmente con el solvente orgánico que se va a utilizar en el análisis (Acetona, n-hexano, éter del petróleo, etc.)

Tabla 334. Especificaciones para el lavado de recipientes
Fuente. Guía para monitoreos IDEAM, 2011

3.3.10. Alistamiento y transporte de envases y preservantes

Después de que se haya definido el tipo de muestra y los parámetros a analizar, es importante contar con envases suficientes para las muestras a tomar, se deberá tener precaución de alistar y llevar recipientes extras en caso de pérdida, ruptura o contaminaciones que puedan suceder durante el transporte y en campo.

Para la manipulación de los preservantes, es importante cumplir las normas de seguridad y de protección personal para sustancias químicas, siguiendo las recomendaciones de los fabricantes estipuladas en la fichas de seguridad de cada una de ellas, las cuales deber ser llevadas a campo, ya que estos pueden causar lesiones de salud, debido a sus características irritantes, corrosivas, explosivas y/o reactivas.

Los recipientes deberán ser entregados al responsable del muestreo, debidamente tapados y rotulados; rotulo que deberá estar bien asegurado al frasco y ser fácilmente distinguible de los demás.

El enfriamiento simple (en hielo o en un refrigerador a 4° C) y el almacenamiento de la muestra en la oscuridad es, en la mayoría de los casos, suficiente para preservar la muestra durante el transporte al laboratorio y durante un período de tiempo relativamente corto antes del análisis.

Los recipientes de los preservantes deberán ir en neveras con hielo de tal manera que se garantice una conservación adecuada. Las neveras deberán mantenerse a la sombra para permitir una mayor conservación de la temperatura.

3.3.11. Revisión y calibración de equipos de muestreo

Para la calibración de los equipos en campo se debe tener a mano el manual de operación y calibración para cada uno de los equipos, el cual deberá ser revisado antes del desplazamiento a campo, con el fin de identificar las necesidades de reactivos y estándares de calibración. [32]

Para los equipos correspondientes a multiparámetros u molinete es necesario realizar el proceso de calibración ante el organismo nacional de acreditación colombiana (ONAC), para tener certeza en las curvas de calibración, con su respectivo certificado que indique la calibración del equipo.

Antes de salir a campo es indispensable cerciorarse de que el equipo eléctrico y electrónico cuente con los cables adecuados y que se encuentre en buenas

[32] Ibídem 15

condiciones de operación. En cado de utilizar que requieran pilas, verificar su buen funcionamiento y llevar unas de repuesto.

3.3.12. Ubicación de las estaciones de monitoreo

Después de analizar los resultados de calidad de la campaña realizada en el presente ordenamiento, se recomienda la ubicación de 8 estaciones de monitoreo. En la siguiente tabla se presenta las estaciones sobre las cuales se recomienda realizar el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico y en los cuales se realizó la campaña de monitoreo del presente ordenamiento.

ESTACION DE MONITOREO	DATOS DE LA ESTACIÓN
	Descripción: Antes de la bocatoma del acueducto municipal de Campoalegre. **Coordenadas:** X= 865383.35 Y=789507.52 **Fuente:** Río Frío
	Descripción: Antes de la desembocadura del drenaje (transporta aguas residuales del lago píscicola). **Coordenadas:** X= 862123.34 Y= 789095.52 **Fuente:** Río Frío

Descripción:
Despues de la desembocadura de la Quebrada el Vergel (que transporta AR del matadero municipal).

Coordenadas:

X= 861890.97 Y= 789184.28

Fuente: Río Frío.

Descripción:
Antes de la desembocadura de la quebrada Lavapatas.

Coordenadas:

X=861206.86 Y= 789284.40

Fuente: Río Frío.

Descripción:
Despues de la desembocadura de la quebrada Lavapatas.

Coordenadas:

X= 861162.11 Y= 789294.16

Fuente: Río Frío.

	Descripción: Antes de la desembocadura de la quebrada Acropolis (AR de la PTAR). **Coordenadas:** X= 860391.68 Y= 790602.47 **Fuente:** Río Frío.
	Descripción: Después de la desembocadura de la quebrada Acropolis (AR de la PTAR). **Coordenadas:** X= 860399.9 Y= 790684.01 **Fuente:** Río Frío.
	Descripción: Antes de la desembocadura de Río Frío a Río Neiva. **Coordenadas:** X= 860295.13 Y= 791707.88 **Fuente:** Río Frío.

Tabla 335. Ubicación estaciones de monitoreo – Plan de monitoreo
Fuente. FUNDISPROS, 2014

La Tabla 335 muestra los puntos de monitoreo de la red de monitoreo que se diseñó para el presente plan de ordenamiento del recurso hídrico de Río Frío, y en los cuales se han ejecutado hasta la fecha una campaña de monitoreo. Esta la red que se pretende seguir monitoreando sobre Río Frío.

3.3.13. 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)

El caudal se puede medir en tiempo dado por diferentes métodos y la elección del método depende de las condiciones halladas en un emplazamiento en particular, observando que el de mayor aplicación práctica está basado en la medición de la velocidad y el área de la sección transversal de aforo.[33]

Aforo por Vadeo

Se utiliza cuando la profundidad es menor a un metro (<1m) y la velocidad de la corriente menor de un metro por segundo (<1m/s). Estas condiciones permiten que los operarios y los equipos se metan al cauce con seguridad, garantizando de esta manera que la medición se realice con comodidad y sin riesgo.

Requerimientos:

- ✓ Cinta métrica
- ✓ Varillas de vadeo
- ✓ Contador de revoluciones
- ✓ Molinete o Micromolinete
- ✓ Cartera de aforos y planillero
- ✓ Personal: dos técnicos (inspector y aforador)

Aforo volumétrico

La metodología de aforo volumétrico se utiliza para caudales pequeños en condiciones que no permitan el uso del molinete, o no se cuente con este equipo. El aforo volumétrico consiste en recolectar en un recipiente previamente calibrado, un volumen de agua conocido y tomar con Presicion el tiempo de recolección, preferiblemente con cronometro.

El protocolo de monitoreo para el seguimiento del agua del IDEAM, recomienda utilizarlo en corrientes pequeñas, en las cuales se pueda colectar en un recipiente calibrado el 100% del flujo a medir. La calibración del recipiente y el tiempo de

[33] Tomado del protocolo y monitoreo para el seguimiento del agua del IDEAM, 2007.

recolección deben ser muy precisos para garantizar la buena calidad de la medición del caudal. Para ello se recurre a recipientes de uso común como un balde o caneca que tenga registros de volumen; en otros casos el aforo se realiza en tanques de mayor tamaño que tengan dimensiones precisas, de tal manera que mediante la medición de un diferencial de nivel se determina un incremento de volumen y tomando el tiempo de incremento se puede calcular directamente el caudal que lleva la corriente o el canal.[34]

Requerimientos

- ✓ Definir y adecuar sección
- ✓ Canaleta para conducción del flujo al recipiente
- ✓ Recipiente (balde, caneca, tanque) aforado en litros
- ✓ Cronometro
- ✓ Cartera de aforos
- ✓ Planillero
- ✓ Personal: Un técnico (aforador)

3.3.14. Seguimiento a los objetivos de calidad

Con el monitoreo a la calidad y cantidad del recurso hídrico y de acuerdo con lo definido en el presente plan de ordenamiento del recurso hídrico – PORH, se facilitará el seguimiento a los objetivos y criterios de calidad de Río Frío por la CAM, para cumplir con lo establecido en los decreto 3930 de 2010 y el 2667 de 2012. El seguimiento se realizará en el corto, mediano y largo plazo.

3.3.15. Recomendaciones a tener en cuenta en las campañas de monitoreo

Para las campañas de monitoreo es importante considerar el orden de las etapas a llevar a cabo en el proceso, con el objetivo que se estas sean lo más representativas posibles para asegurar confiabilidad e integridad en los resultados que se obtengan, para ello se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

La localización de las estaciones de muestreo deberá establecerse con anterioridad, es decir se debe contar la red de monitoreo planificada, verificando la ubicación con el sistema de información geográfica (SIG) para obtener las coordenadas exactas. Para la toma de muestras en el cuerpo de agua principal y sus afluentes se debe evitar las áreas de turbulencia excesiva, considerando la profundidad, la velocidad de la corriente, y la distancia de separación entre ambas orillas.

El recipiente muestreador se ubicara en la dirección opuesta al flujo e independiente del tipo de muestreo que se utilice, se debe purgar dos o tres veces el recipiente

[34] Ibídem 17

con el agua a recolectarse (a menos de que el recipiente contenga un preservante); teniendo en cuenta que para la mayoría de los análisis orgánicos, el llenado de los recipientes es completo, en tanto para los análisis microbiológicos se dejará un espacio para aireación y mezcla.
Es necesario revisar el tipo de recipiente a utilizar por parámetro a evaluar, así como el volumen mínimo de muestra necesaria, los procedimientos de preservación y el tiempo que pueda mantenerse la muestra preservada, esto depende del protocolo del laboratorio con el que se trabaje.

Las muestras colectadas deberán conservarse en neveras térmicas a una temperatura de refrigeración (4°C) disponiendo para ello preservantes de temperatura (Hielo seco, Ice pack). Así mismo los recipientes deberán ser colocados en forma ordenada a fin de evitar daños, rompimientos o derrames.

Se recomienda tener cuidado especial en el transporte de los recipientes con muestras equipos y reactivos. La logística del transporte, así como del modo de embalar los frascos es determinadas antes de iniciar las labores de campo.

Las muestras se deberán entregar al laboratorio en el menor tiempo posible, preferiblemente dentro de las 24 horas de realizado el muestreo.

3.3.16. Normas de seguridad, protección personal y salud

Antes de iniciar las labores de campo se deben verificar las vías de acceso a los sitios de monitoreo, se debe revisar el estado del vehículo, contar con los implementos de carretera y seguridad vial, con la identificación del personal como documento de identificación, certificación de la EPS y ARL; además importante portar un carnet en el que indique la empresa para la cual labora y el tipo de sangre. Cuando se subcontrate personal del laboratorio para la recolección de las muestras se debe solicitar antes de iniciar labores de campo, el respectivo soporte de pago de seguridad social de los técnicos de campo.

Además de la anterior información se debe contar previamente con el estado del orden público de la región o zona en la cual se van a realizar los monitoreos; en caso de tratarse de una zona de conflicto, se debe informar a la autoridad competente de la presencia del grupo de muestreo indicando el número de personas que lo conforman, el tipo de actividad que van a realizar, el radio de acción en el territorio, el itinerario planeado para cada día de monitoreo, el número de celular en el que se puedan contactar y el tipo de vehículo de desplazamientos.

3.3.17. Proyección de costos para seguimiento y monitoreo del recurso hídrico en el corto, mediano y largo plazo

Después de planificar los aspectos a tener en cuenta dentro del programa de seguimiento y monitoreo del recurso hídrico para Río Frío, se proyecta los costos para la ejecución de las campañas de monitoreo en el corto (0 -3 años), mediano (3-6 años) y largo plazo (6 -10 años), según el horizonte del presente plan de ordenamiento del recurso hídrico (10 años).
Se presentan los costos por cada campaña de monitoreo para cada plazo, se recomienda realizar dos campañas de monitoreo, en dos épocas diferentes (invierno y verano).

PRESUPUESTO ECONÓMICO PARA CAMPAÑA CALIDAD DE AGUAS A CORTO PLAZO AÑO 2017				
No	**Parámetros**	**Cantidad**	**Costo Unitario**	**Total**
	Calidad de Cuerpos de Agua			
1	Parámetros Fisicoquímicos In Situ	1	$ 460,045.00	$ 460,045.00
2	Parámetros Fisicoquímicos Laboratorios	1	$ 604,395.00	$ 604,395.00
3	Parámetros Microbiológicos	1	$ 51,282.00	$ 51,282.00
4	Parámetros Hidrobiológicos	1	$ 685,980.00	$ 685,980.00
			Sub total Calidad de Cuerpos de Agua	$ 1,801,702.00
	Sitios de Análisis en el cauce	8	$ 1,801,702.00	$ 14,413,616.00
			Total calidad de cuerpos de agua	**$ 14,413,616.00**
3	**Logística**			
3.1	Honorarios biólogo/ día	3	$ 317,460.00	$ 952,380.00
3.2	Honorarios tecnólogo/ día	3	$ 280,830.00	$ 842,490.00
3.3	transporte a la zona de muestreo/día	2	$ 388,500.00	$ 777,000.00
3.4	informe	1	$ 466,200.00	$ 466,200.00
3.5	informe hidrobiológico	1	$ 466,200.00	$ 466,200.00
			Total Logística	**$ 3,504,270.00**
			Total Costos Directos Campaña	**$ 17,917,886.00**
			IVA	**$ 2,866,862.00**
			TOTAL	**$ 20,784,748.00**

Tabla 336. Costos proyectados a corto plazo para el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico – Río Frío Campoalegre.
Fuente. FUNDISPROS, 2014

PRESUPUESTO ECONÓMICO PARA CAMPAÑA CALIDAD DE AGUAS A MEDIANO PLAZO AÑO 2020				
No	**Parámetros**	**Cantidad**	**Costo Unitario**	**Total**
1	**Calidad de Cuerpos de Agua**			
1	Parámetros Fisicoquímicos In Situ	1	$ 510,653.00	$ 510,653.00
2	Parámetros Fisicoquímicos ex situ	1	$ 664,290.00	$ 664,290.00
3	Parámetros Microbiológicos	1	$ 56,364.00	$ 56,364.00
4	Parámetros Hidrobiológicos	1	$ 753,960.00	$ 753,960.00

			Sub total Calidad de Cuerpos de Agua	$	1,985,267.00
	Sitios de Análisis en el cauce	8	$ 1,985,267.00	$	15,882,136.00
			Total calidad de cuerpos de agua	**$**	**15,882,136.00**
3	**Logística**				
3.1	Honorarios biólogo	3	$ 348,920.00	$	1,046,760.00
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
			Total Logística	**$**	**3,851,540.00**
			Total Costos Directos Campaña	**$**	**19,733,676.00**
			IVA	**$**	**3,157,389.00**
			TOTAL	**$**	**22,891,065.00**

Tabla 337.Costos proyectados a mediano plazo para el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico – Río Frío Campoalegre
Fuente. FUNDISPROS, 2014

PRESUPUESTO ECONÓMICO PARA CAMPAÑA CALIDAD DE AGUAS A LARGO PLAZO (AÑO 2024)					
No	**Parámetros**	**Cantidad**	**Costo Unitario**		**Total**
1	**Calidad de Cuerpos de Agua**				
1	Parámetros Fisicoquímicos In Situ	1	$ 510,653.00	$	566,828.00
2	Parámetros Fisicoquímicos Ex situ	1	$ 664,290.00	$	789,525.00
3	Parámetros Microbiológicos	1	$ 56,364.00	$	66,990.00
4	Parámetros Hidrobiológicos	1	$ 753,960.00	$	896,100.00
			Sub total Calidad de Cuerpos de Agua	$	2,319,443.00
	Sitios de Análisis en el cauce	8	$ 2,319,443.00	$	18,555,544.00
			Total calidad de cuerpos de agua	**$**	**18,555,544.00**
3	**Logística**				
3.1	Honorarios biólogo	3	$ 414,700.00	$	1,244,100.00
3.2	Honorarios tecnólogo	3	$ 366,850.00	$	1,100,550.00
3.3	transporte a la zona de muestreo	2	$ 507,500.00	$	1,015,000.00
3.4	informe	1	$ 609,000.00	$	609,000.00
3.5	informe hidrobiológico	1	$ 609,000.00	$	609,000.00
			Total Logística	**$**	**4,577,650.00**
			Total Costos Directos Campaña	**$**	**23,133,194.00**
			IVA	**$**	**3,701,312.00**
			TOTAL	**$**	**26,834,506.00**

Tabla 338.Costos proyectados a largo plazo para el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico – Río Frío Campoalegre
Fuente. FUNDISPROS, 2014

3.3.18. Cronograma de seguimiento al recurso hídrico de Río Frío – Campoalegre

De acuerdo al horizonte de tiempo del plan de ordenamiento del recurso hídrico de Río Frío y los plazos para la evaluación de los objetivos de calidad, además de régimen pluvial anual de la cuenca de Río Frío, se propone ejecutar el seguimiento del recurso hídrico con la realización de dos campañas de monitoreo (anuales)

teniendo en cuenta los tiempos en el cual se dividió el horizonte del presente ordenamiento.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA EL SEGUIMIENTO AL RECURSO HIDRICO DE RÍO FRÍO						
ACTIVIDADES	**CORTO PLAZO (0-3 AÑOS)**		**MEDIANO PLAZO (3-6 AÑOS)**		**LARGO PLAZO (6-10 AÑOS)**	
AÑO	**2019**		**2020**		**2024**	
EPOCA DEL AÑO	**VERANO**	**INVERNO**	**VERANO**	**INVERNO**	**VERANO**	**INVERNO**
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 339. Cronograma de actividades para el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico – Río Frío Campoalegre
Fuente. FUNDISPROS, 2014

4. ELABORACIÓN DE PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO

4.1. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS

De acuerdo a los resultados medidos en los puntos de monitoreo sobre Río Frío - Campoalegre y a los resultados de laboratorio se plantea clasificar el agua teniendo en cuenta los siguientes parámetros contenidos en la legislación colombiana:

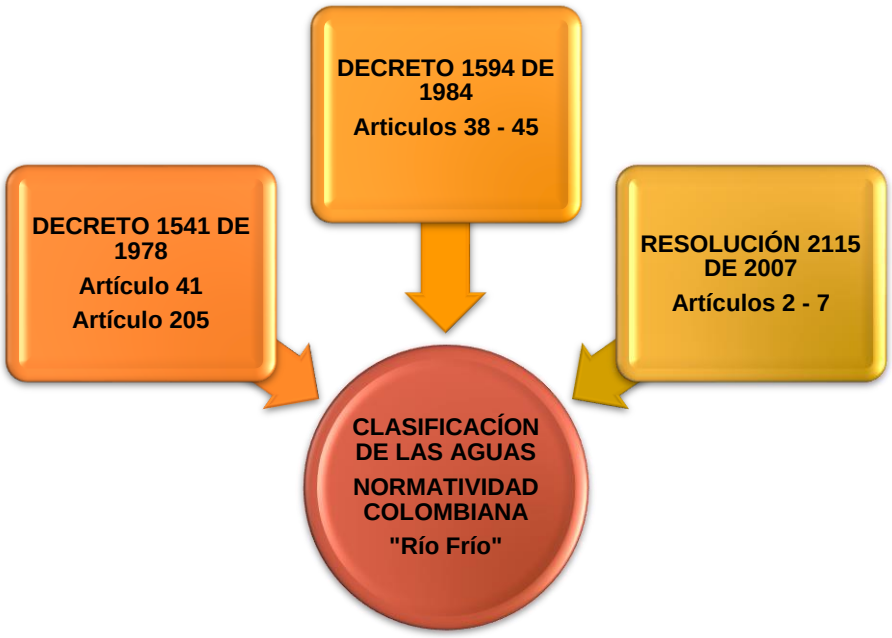


Figura 72. Clasificación de las Aguas – Normatividad Colombiana
Fuente: FUNDISPROS, 2014

4.1.1. Clasificación de las aguas (según artículo 41 del decreto 1541 de 1978)

El Decreto 1541 de 1978 reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973[35], para clasificar el agua de Río Frío – Campoalegre se tendrá en cuenta el artículo 41 y artículo 205 que definen lo siguiente:

El Artículo 41 establece el orden prioridades que debe tener en cuenta para otorgar concesiones de agua sobre una corriente hídrica, siendo el orden el siguiente:

[35] **Ley 23 de 1973:** Por el cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones.

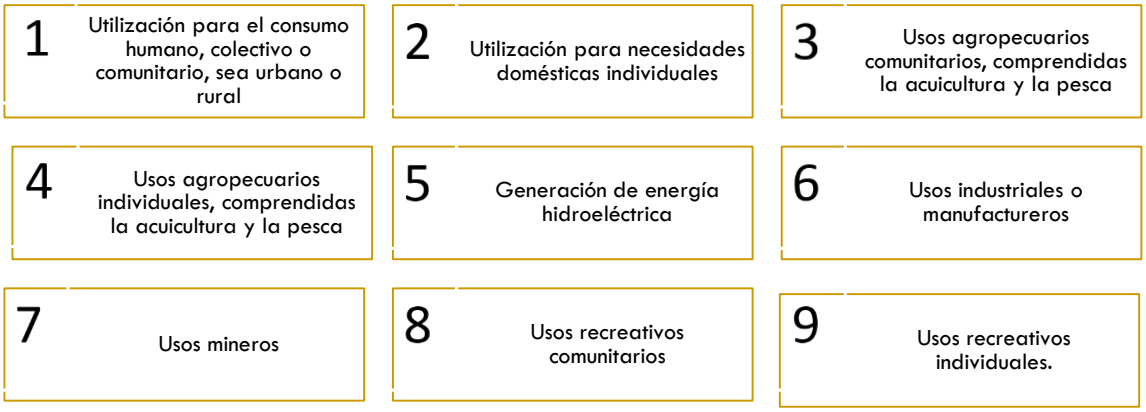


Figura 73. Orden de Importancia para otorgar concesiones de agua superficiales
Fuente: Artículo 41 - Decreto 1541 de 1978

Las concesiones de aguas superficiales que se otorgaran en la reglamentación de los usos y aprovechamientos de las aguas de Río Frío corresponden a los cuatro primeros órdenes de importancia que se establecen en la Figura 73, específicamente uso doméstico, uso agrícola y uso pecuario; se tiene en cuenta que se reparten caudales para cada usuarios de acuerdo a las condiciones del predio, a las épocas de invierno y verano, teniendo en cuenta que una vez se otorgue la resolución de los usos y aprovechamiento para poder hacer uso de los caudales asignados deben estar en funcionamiento de las obras de control de caudales.

A demás se debe tener en cuenta que la mayoría de usos por parte de los usuarios corresponde a uso doméstico; así mismo se tiene en cuenta que la acción más favorable para la corriente en el tramo ubicado del kilómetro 6 al kilómetro 4, es el escenario 3, mientras que el escenario 2 será el más favorable en el tramo ubicado del kilómetro 4 hasta la desembocadura de la corriente, según lo arrojado por el modelo de simulación de la calidad del agua.

4.1.2. Clasificación de las aguas (según artículo 205 del decreto 1541 de 1978)

El artículo 205 del decreto 1541 de 1978 establece la clasificación de las aguas con respecto a los vertimientos:

Clase I. Cuerpos de agua que admiten vertimientos.
Clase II. Cuerpos de aguas que admiten vertimientos con algún tratamiento.

Pertenece a la Clase I:

1. Las cabeceras de las fuentes de agua;
2. Las aguas subterráneas;

3. Los cuerpos de agua o zonas costeras, utilizadas actualmente para recreación;
4. Un sector aguas arriba de las bocatomas para agua potable, en extensión que determinará el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena, conjuntamente con el Ministerio de Salud;
5. Aquellos que declare el Inderena como especialmente protegidos de acuerdo con lo dispuesto por los artículos 70 y 137 del Decreto-ley 2811 de 1974.

Pertenecen a la Clase II, los demás cuerpos de agua no incluidos en Clase I

De acuerdo a la norma citada se realizó la clasificación del cuerpo de agua en estudio Río Frío, clasificado como sigue:

Clase uno. Cuerpos de agua que no admiten vertimientos

Río Frío desde su nacimiento (874497.10 E, 786051.47 N), hasta el punto de captación del acueducto municipal de Campoalegre en coordenadas (865338.9326 E, 789545.939 N), tramo que comprende la zona 0 de monitoreo.

Clase dos. Cuerpos de aguas que admiten vertimientos con algún tratamiento.

Rio Frio desde el punto de captación del acueducto municipal de Campoalegre sobre cauce principal en coordenadas (865338.9326 E, 789545.939 N), hasta su desembocadura en Rio Neiva (860362.16 E, 792378.60 N) tramo que comprende la zona 1, 2, 3, 4 de monitoreo.

Teniendo en cuenta lo anterior en la siguiente tabla se muestra la clasificación de del cuerpo de agua Río Frío, municipio de Campoalegre.

RÍO FRIO - CAMPOALEGRE							
Zonas	**Tramo Inicial**	**Tramo Final**	**Clase**	**X inicial**	**Y inicial**	**X final**	**Y final**
0	Nacimiento	Bocatoma acueducto municipal de Campoalegre	1	874497.1	786051.4	865338.9	789545.9
1,2,3,4	Bocatoma acueducto municipal de Campoalegre	Desembocadura en Río Neiva	2	865338.9	789545.9	860362.1	792378.6

Tabla 340. Clasificación del Cuerpo de Agua en estudio; Río Frío, Municipio de Campoalegre-Huila de acuerdo al decreto 1541 de 1978.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

4.1.3. Clasificación de las aguas (según artículos 38 al 45, decreto 1594 de 1984)

El Decreto 1594 de 1984 reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979[36], así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974[37] en cuanto a usos del agua y residuos líquidos; para clasificar los usos de agua del agua de Río Frío se tiene en cuenta el "Capitulo IV, de los criterios de calidad para destinación del recurso", en sus artículos 38 al 45, así:

ARTÍCULOS	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
Art. 38	Donde se establece los criterios admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional	(H)
Art. 39	Donde se establece los criterios admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico, e indican que para su potabilización se requiere sólo desinfección	(h)
Art. 40	Donde se establece los criterios admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola	(A)
Art. 41	Donde se establece los criterios admisibles para la destinación del recurso para uso pecuario	(P)
Art. 42	Donde se establece los criterios admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario	(R)
Art. 43	Donde se establece los criterios admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto secundario	(r)
Art. 44	Donde se establece los criterios admisibles para la destinación del recurso para uso estético.	(E)
Art. 45	Donde se establece los criterios admisibles para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna, en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas o estuarinas.	(F)

Tabla 341. Criterios de Calidad para destinación del recurso Hídrico
Fuente: DECRETO 1594 DE 1984

4.1.4. Clasificación de las aguas (según artículos 2 al 7 de la Resolución 2115 de 2007)

La resolución 2115 de 2007 establece las características, instrumentos básicos, y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

[36] **Ley 09 de 1979:** Establece las normas generales que servirán de base a las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar y mejorar las condiciones sanitarias en lo que se relaciona a la salud humana.
[37] **Decreto 2811 de 1974**: Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente

Para la evaluación de los parámetros permisibles contemplados en la resolución 2115 de 2007 se tendrá en cuenta el capítulo II de la Resolución, referente a las características físicas, químicas y microbiológicas del agua. En cuanto a características físicas de calidad contenidas en la resolución 2115 y los parámetros físicos evaluados en los monitoreos se encuentran los siguientes:

- ✓ Turbiedad
- ✓ Conductividad
- ✓ Potencial del hidrogeno

Para las características químicas se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

- ✓ Carbono Orgánico Total
- ✓ Nitritos
- ✓ Nitratos
- ✓ Cloruros
- ✓ Magnesio
- ✓ Sulfatos
- ✓ Fosfatos

Finalmente se tuvieron en cuenta las características microbiológicas del agua, determinadas mediante la técnica de filtración por membranas (SM22 9221 B) las cuales están representadas por:

- ✓ Coliformes Fecales
- ✓ Coliformes Totales

Es importante resaltar que se evalúan las anteriores características con el propósito de determinar la calidad del agua de Río Frío en jurisdicción del Municipio de Campoalegre y las implicaciones sobre la salud humana, si se encuentran por encima del límite permisible por la resolución. Así mismo se aclara que la presente resolución adopta criterios señalados en el Decreto 1575 de 2007, que establece el sistema de protección y control de la calidad del agua para consumo humano.

A continuación se especifica los criterios evaluados y su comparación con el decreto 1594 de 1984 y la resolución 2115 de 2007:

N	PARÁMETRO / SITIO DE MUESTREO	CUMPLIMIENTO DEL DECRETO 1594/84 Y RESOLUCION 2115 DE 2007 DE ACUERDO A LOS VALORES PERMISIBLES PARA CADA USO								VALORES PERMISIBLES DEC. 1594/84							VALORES PERMISIBLES RESOLUCION 2115/2007	Otros Autores (Uso Agrícola)	UNID
		A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	Art. 38 H	Art. 39 h	Art. 40 A	Art. 41 P	Art. 42 R	Art. 43 r	Art. 45 F	Art. 2,3,4,5,6 y 7 C[38]		
	RESPONSABLE DEL MONITOREO	CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA.																	
1	Oxígeno disuelto	F	F	N.C	F	F	F	N.C	N.C							4.0			mg/L
2	% Saturación de Oxígeno	Rr	Rr	N.C	Rr	Rr	Rr	N.C	Rr					70	70				%
3	pH	HhA RrF	HhA RrF	HhA RrF	HhA RrF	HhA RrF	HhA RrF	HhA RrF	HhA RrF	5.0-9.0	6.5-8.5	4.5-9.0		5.0-9.0	5.0-9.0	4.5-9.0			und
		C	C	C	C	C	C	C	C								6.5 – 9,0		
4	Temperatura	HhA PRr F	HhA PRr F	HhA PRr F	HhA PRr F	HhA PRr F	HhA PRr F	HhA PRr F	HhA PRr F	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40			ºC
5	Boro	AP	AP	AP	AP	AP	AP	AP	AP			0.3-4.0	5.0						mg/L
		A	A	A	A	A	A	A	A									< 1	mEq/L
6	Cloruros	Hh	Hh	Hh	Hh	Hh	Hh	Hh	Hh	250	250								mg/L
		C	C	C	C	C	C	C	C								250		
7	Nitratos	HhP	HhP	HhP	HhP	HhP	HhP	HhP	HhP	10	10		90						mg/L
		C	C	C	C	C	C	C	C								10		
8	Nitritos	HhP	HhP	HhP	HhP	HhP	HhP	HhP	HhP	1.0	1.0		10						mg/L
		N.C	C	C	C	C	C	N.C	N.C								0,1		
9	Nitrógeno Amoniacal	HhF	HhF	Hh	HhF	Hh	Hh	Hh	Hh	1.0	1.0					0.1 CL			mg/L
10	Sulfatos	Hh	Hh	Hh	Hh	Hh	Hh	Hh	Hh	400	400								mg/L
		C	C	C	C	C	C	C	C								250		
11	Turbiedad	h	h	h	h	h	h	h	h		190								NTU
		h	h	h	h	h	h	h	h		10								UJT
		C	C	N.C	N.C	N.C	N.C	N.C	N.C								2		NTU
13	Coliformes Fecales	HAR	HAR	HAR	HAR	HAR	HAR	HAR	HAR	2000		1000		200					NMP
		N.C	N.C	N.C	N.C	N.C	N.C	N.C	N.C								0		UFU/100cm3

[38] C: Cumple con los Límites permisibles para consumo Humano.

N	PARÁMETRO / SITIO DE MUESTREO	CUMPLIMIENTO DEL DECRETO 1594/84 Y RESOLUCION 2115 DE 2007 DE ACUERDO A LOS VALORES PERMISIBLES PARA CADA USO								VALORES PERMISIBLES DEC. 1594/84							VALORES PERMISIBLES RESOLUCION 2115/2007	Otros Autores (Uso Agrícola)	UNID
		A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	Art. 38	Art. 39	Art. 40	Art. 41	Art. 42	Art. 43	Art. 45	Art. 2,3,4,5,6 y 7		
										H	h	A	P	R	r	F	C[38]		
14	Coliformes Totales	HARr	HARr	HARr	HARr	HARr	HARr	HARr	HARr	20000		5000		1000	5000				NMP
		N.C	N.C	N.C	N.C	N.C	N.C	N.C	N.C								0		UFU/100cm3
15	Conductividad Eléctrica	A	A	A	A	A	N.C	A	N.C									0-250[39]	µs/cm
		C	C	C	C	C	C	C	C								1000		
16	Carbono Orgánico Total COT	C	C	C	C	C	N.C	N.C	N.C								5		Mg/L
17	Calcio	C	C	C	C	C	C	C	C								60		Mg/L
18	Alcalinidad Total	C	C	C	C	C	C	C	C								200		Mg/L
19	Magnesio	C	C	C	C	C	C	C	C								36		Mg/L
20	Fosfatos	C	C	C	C	C	N.C	N.C	N.C								0,5		Mg/L
21	Relación de Absorción de Sodio (RAS)	A	A	A	A	A	A	A	A									0-10[40]	$(mEqL^{-1})^{1/2}$
22	Porcentaje de Sodio Posible (PSP)	A	A	A	A	A	A	A	A									>50[41]	%
23	Salinidad Efectiva	A	A	A	A	A	A	A	A									<3[42]	mEq/l
24	Salinidad Potencial	A	A	A	A	A	A	A	A									<3[10]	mEq/l
25	Carbonato de Sodio Residual	A	A	A	A	A	A	A	A									<1.25	mEq/l

Tabla 342. Comparación de Parámetros con el Decreto 1594/1984 y La Resolución 2115/2007
Fuente: FUNDISPROS, 2014

[39] Límite propuesto por la FAO y Pérez León (2011) para uso Agrícola
*Sin Información
[40] Límite propuesto por Pizarro (1978) & Pérez León (2011) para uso Agrícola
[41] Límite propuesto por Palacios y Aceves (1970) para uso Agrícola
[42]Límite propuesto por Valverde (1998) para uso Agrícola

A continuación se presenta la comparación de parámetros con el decreto 1594 de 1984 con los puntos monitoreados en el año 2009 sobre Río Frío en el Municipio de Campoalegre.

Nº	PARÁMETRO	CUMPLIMIENTO DEL DECRETO 1594/84 Y RESOLUCION 2115 DE 2007 DE ACUERDO A LOS VALORES PERMISIBLES PARA CADA USO						VALORES PERMISIBLES DEC. 1594/84							VALORES PERMISIBLES RESOLUCION 2115/2007	Otros Autores (Uso Agrícola)	UNID
	FECHA	2- FEBRERO - 2009						Art. 38	Art. 39	Art. 40	Art. 41	Art. 42	Art. 43	Art. 45	Art. 2,3,4,5,6 y 7		
	SITIO DE MUESTREO	B01	B02	B03	B04	B05	B06	H	h	A	P	R	r	F	C		
	RESPONSABLE DEL MONITOREO	ANTEK S.A & FUNDACORH-UNIVLAB															
1	Oxígeno disuelto	F	F	*	*	*	*							4.0			mg/L
2	% Saturación de Oxígeno	F	F	*	*	*	*					70	70				%
3	pH	HhARrF	HhARrF	HhARrF	HhARrF	HhARrF	HhARrF	5.0-9.0	6.5-8.5	4.5-9.0		5.0-9.0	5.0-9.0	4.5-9.0			und
		C	C	C	C	C	C								6.5 – 9,0		
4	Temperatura	HhAPRrF	HhAPRrF	*	*	*	*	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40			ºC
5	Boro	*	*	*	*	*	*			0.3-4.0	5.0						mg/L
6	Cloruros	*	*	*	*	*	*	250	250								mg/L
		*	*	*	*	*	*								250		
7	Nitratos	HhP	HhP	HhP	HhP	*	*	10	10		90						mg/L
		C	C	C	C	*	*								10		
8	Nitritos	*	*	*	*	HhP	HhP	1.0	1.0		10						mg/L
		*	*	*	*	C	C								0,1		
9	Nitrógeno Amoniacal	*	*	*	*	*	*	1.0	1.0					0.1 CL			mg/L
10	Sulfatos	*	*	*	*	*	*	400	400								mg/L
		*	*	*	*	*	*								250		Mg/L
11	Turbiedad	h	h	h	h	N.C	h		190								NTU
		h	h	h	h	N.C	h		10								NJU
		C	C	N.C	N.C	N.C	N.C								2		NTU
12	Coliformes Fecales	HA	N.C	*	*	*	*	2000		1000		200					NMP

Nº	PARÁMETRO	CUMPLIMIENTO DEL DECRETO 1594/84 Y RESOLUCION 2115 DE 2007 DE ACUERDO A LOS VALORES PERMISIBLES PARA CADA USO						VALORES PERMISIBLES DEC. 1594/84							VALORES PERMISIBLES RESOLUCION 2115/2007	Otros Autores (Uso Agrícola)	UNID
	FECHA	2- FEBRERO - 2009						Art. 38	Art. 39	Art. 40	Art. 41	Art. 42	Art. 43	Art. 45	Art. 2,3,4,5,6 y 7		
	SITIO DE MUESTREO	B01	B02	B03	B04	B05	B06	H	h	A	P	R	r	F	C		
		N.C	N.C	*	*	*	*								0		NMP
13	Coliformes Totales	N.C	N.C	*	*	*	*	20000		5000		1000	5000				NMP
		N.C	N.C	*	*	*	*								0		
14	Conductividad Eléctrica	*	*	*	*	*	*									0-250[43]	µs/cm
		*	*	*	*	*	*								1000		
15	Carbono Orgánico Total COT	*	*	*	*	*	*								5		
16	Calcio	*	*	*	*	*	*								60		
17	Alcalinidad Total	*	*	*	*	*	*								200		
18	Magnesio	*	*	*	*	*	*								36		
19	Fosfatos	C	C	N.C	N.C	N.C	N.C								0,5		
20	Relación de Absorción de Sodio (RAS)	*	*	*	*	*	*									0-10[44]	$(mEqL^{-1})^{1/2}$
21	Porcentaje de Sodio Posible (PSP)	*	*	*	*	*	*									>50[45]	%
22	Salinidad Efectiva	*	*	*	*	*	*									<3[46]	mEq/l
23	Salinidad Potencial	*	*	*	*	*	*									<3[10]	mEq/l
24	Carbonato de Sodio Residual	*	*	*	*	*	*									<1.25	mEq/l

Tabla 343. Comparación de Parámetros con el Decreto 1594/84 y La Resolución 2115/2007
Fuente: FUNDISPROS, 2014

[43] Límite propuesto por la FAO y Pérez León (2011) para uso Agrícola
*Sin Información
[44] Límite propuesto por Pizarro (1978) & Pérez León (2011) para uso Agrícola
[45] Límite propuesto por Palacios y Aceves (1970) para uso Agrícola
[46]Límite propuesto por Valverde (1998) para uso Agrícola

Para los puntos monitoreados sobre Rio Campoalegre y de acuerdo a lo contenido en el Decreto 1594 de 1984 y la resolución 2115 de 2007 para fines correspondientes a la calidad del recurso hídrico de la fuente se identificaron los siguientes usos:

A01: En este punto correspondiente a Antes de la bocatoma del acueducto municipal, el agua es apta para los usos agrícola, pecuario y recreativo; tiene uso condicionado para consumo humano y doméstico, debido a los coliformes fecales y totales encontrados en el sitio de monitoreo. Además y de acuerdo a lo indicado en los límites permisibles del Decreto la potabilización de la fuente hídrica se puede realizar mediante Tratamiento Convencional o solo Desinfección.

A02: En este punto correspondiente a Antes de la desembocadura del drenaje el agua es muy similar a la del monitoreo A01, por tanto los usos permitidos en esta zona corresponde a Agrícola y Pecuario; tiene uso condicionado para consumo humano y doméstico, debido a los coliformes fecales y totales encontrados en el sitio de monitoreo.

A03: En este punto correspondiente a Después de la desembocadura de la Quebrada el Vergel (que transporta Aguas Residuales del matadero municipal), muestra que los usos permitidos están relacionados con uso Pecuario, Recreativos mediante contacto primario y secundario, en cuanto a usos condicionados se encuentra la Preservación de Flora y Fauna; finalmente este punto se encuentra limitado para consumo humano y doméstico por lo tanto tiene uso prohibido para uso agrícola, debido a parámetros de oxígeno disuelto y coliformes fecales y totales por fuera del rango permisible por el decreto 1594 y la resolución 2115.

A04: En este punto correspondiente a Antes de la desembocadura de la quebrada Lavapatas, el agua es apta para los uso agrícola, Pecuario, Recreativos mediante contacto primario y secundario y preservación de Flora y Fauna, tiene uso prohibido para Consumo Humano y Doméstico.

A05: En este punto correspondiente Después de la desembocadura de la quebrada Lavapatas, el agua es apta para los uso agrícola (cultivos de consumo in indirecto) Pecuario, Recreativos mediante contacto primario y secundario y preservación de Flora y Fauna, y tiene usos condicionados para uso agrícola en cultivos de consumo directo y uso prohibido para Consumo Humano y Doméstico.

A06: En este punto correspondiente a Antes de la desembocadura de la quebrada Acropolis (+ Aguas Residuales de la PTAR), se encontró que la fuente en este punto el agua es apta para los uso agrícola (cultivos de consumo in indirecto) Pecuario, Recreativos mediante contacto primario y secundario y preservación de Flora y Fauna, y tiene usos condicionados para uso agrícola en cultivos de consumo directo y uso prohibido para Consumo Humano y Doméstico

A07: En este punto correspondiente a Después de la desembocadura de la quebrada Acropolis (+ Aguas Residuales de la PTAR), el agua es apta para los uso agrícola (cultivos de consumo in indirecto) Pecuario, Recreativos mediante contacto primario y secundario y preservación de Flora y Fauna, y tiene usos condicionados para uso agrícola en cultivos de consumo directo y uso prohibido para Consumo Humano y Doméstico

A08: En este punto correspondiente a Antes de la desembocadura de Rio Frio a Rio Neiva, se encontró que la fuente en este punto el agua es apta para los uso agrícola (cultivos de consumo in indirecto) Pecuario, Recreativos mediante contacto primario y secundario y preservación de Flora y Fauna, y tiene usos condicionados para uso agrícola en cultivos de consumo directo y uso prohibido para Consumo Humano y Doméstico.

Para los puntos monitoreados en el año 2009 sobre Rio Frio, resulta complejo establecer con exactitud los usos del recurso hídrico, pues no se cuenta con información requerida para los parámetros evaluados por el decreto 1594 de 1984 y la resolución 2115 de 2007; a continuación se hará una descripción de los resultados de los parámetros de los cuales se tiene información y se establecerá los usos para los cuales están destinados:

B01: En este punto monitoreado en el año 2009, correspondiente a Aguas Arriba – Río Frio – Campoalegre, el agua No es apta para los uso de consumo humano y Domestico, agrícola y pecuario, pues que excede el limite permisible, en los coliformes totales y fecales.

B02: En este punto monitoreado en el año 2009, correspondiente a Aguas Abajo– Río Frio – Campoalegre, se presenta las mismas condiciones que el punto B01.

B03: En este punto monitoreado en el año 2009, correspondiente al Vertimiento 1: Villa Gloria, el agua es apta para uso agrícola, pecuario y Recreativo, para el parámetro correspondiente a Ph, teniendo en cuenta que varios parámetros no reportan resultado, además no es apta para consumo humano y doméstico.

B04: En este punto monitoreado en el año 2009, correspondiente al Vertimiento 2: Villa Sincelejo, el agua es apta para uso agrícola, pecuario y Recreativo, para el parámetro correspondiente a Ph, teniendo en cuenta que varios parámetros no reportan resultado, además no es apta para consumo humano y doméstico.

B05: En este punto monitoreado en el año 2009, correspondiente al Vertimiento 3: San Isidro 12 de Octubre, el agua es apta para uso agrícola, pecuario y Recreativo, para el parámetro correspondiente a Ph, teniendo en cuenta que varios parámetros no reportan resultado.

B06: En este punto monitoreado en el año 2009, correspondiente al Vertimiento 4: San Isidro 12 de Octubre, el agua es apta para uso agrícola, pecuario y Recreativo, para el parámetro correspondiente a Ph; teniendo en cuenta que varios parámetros no reportan resultado; por lo tanto no se puede afirmar que sea apta en su totalidad, además no es apta consumo humano y doméstico, debido a los resultados obtenido de coliformes fecales y totales.

SITIOS DE MONITOREO	USOS PERMITIDOS	USOS CONDICIONADOS	USOS PROHIBIDOS	PARÁMETROS QUE RESTRINGEN LA DESTINACIÓN DEL RECURSO
A01: Antes de la bocatoma del acueducto municipal	Agrícola, Pecuario, Recreativos mediante contacto primario y secundario y preservación de Flora y Fauna.	Consumo Humano y Doméstico		Coliformes Fecales y Coliformes Totales
A02: Antes de la desembocadura del drenaje (que transporta AR del matadero)	Agrícola, Pecuario, Recreativos mediante contacto primario y secundario y preservación de Flora y Fauna.	Consumo Humano y Doméstico		Coliformes Fecales y Coliformes Totales
A03: Después de la desembocadura de la Quebrada el Vergel (que transporta AR del matadero municipal)	Agrícola, Pecuario, Recreativos mediante contacto primario y secundario.	Preservación de Flora y Fauna.	Consumo Humano y Doméstico	Oxígeno Disuelto Coliformes Fecales y Coliformes Totales
A04: Antes de la desembocadura de la quebrada Lavapatas.	Agrícola, Pecuario, Recreativos mediante contacto primario y secundario y preservación de Flora y Fauna.		Consumo Humano y Doméstico	Coliformes Fecales y Coliformes Totales
A05: Después de la desembocadura de la quebrada Lavapatas.	Agrícola (cultivos consumo indirecto) Pecuario, Recreativos mediante contacto primario y secundario y preservación de Flora y Fauna.	Agrícola. (para cultivos de consumo directo)	Consumo Humano y Doméstico	Conductividad eléctrica Coliformes Fecales y Coliformes Totales
A06 (B01): Antes de la desembocadura de la quebrada Acropolis (+ AR de la PTAR)	Agrícola (cultivos consumo indirecto), Pecuario, Recreativos mediante contacto primario y secundario y preservación de Flora y Fauna.	Agrícola. (para cultivos de consumo directo)	Consumo Humano y Doméstico	Conductividad Eléctrica Coliformes Fecales y Coliformes Totales
A07 (B02): Después de la desembocadura de la quebrada Acropolis (+ AR de la PTAR)	Agrícola (cultivos consumo indirecto), Pecuario, Recreativos mediante contacto primario y secundario	Agrícola (para cultivos de consumo directo) y preservación de Flora y Fauna	Consumo Humano y Doméstico	Oxígeno Disuelto Coliformes Fecales y Coliformes Totales
A08: Antes de la desembocadura de Rio Frio a Rio Neiva	Agrícola (cultivos consumo indirecto), Pecuario, Recreativos mediante contacto primario y secundario y preservación de Flora y Fauna.	Agrícola (para cultivos de consumo directo)	Consumo Humano y Doméstico,	Conductividad Eléctrica Coliformes Fecales y Coliformes Totales

Tabla 344. Posibles Usos del Cuerpo de Agua en cada sitio Monitoreado, según Decreto 1594/84 y Resolución 2115 de 2007.
Fuente: FUNDISPROS, 2014

La Tabla 344 muestra los posibles usos del cuerpo de agua en cada sitio monitoreado sobre Rio Frio Campoalegre, según lo articulado en el decreto 1594 de 1984 y en la resolución 2115 de 2007, el punto A01 y A02 tiene usos condicionados para consumo humano y domestico por parámetros de coliformes fecales y totales; en el punto A03 consumo humano y domestico pasa a ser un uso prohibido por aumento en el número de coliformes y la descripción del sitio monitoreado, en el punto A04 se encuentra como uso prohibido el consumo humano y doméstico siendo el parámetro que restringe este recurso los coliformes fecales y totales, en los puntos A05, A06, A07 y A08, tienen como usos condicionados los agrícolas, cuando se trata de cultivos de consumo directo que según lo estipulado en el parágrafo 1 del artículo 40 del decreto 1594 de 1984 para uso agrícola, pues no pueden exceder de 5000 NMP cuando se trata de cultivos de consumo directo; de otro lado estos puntos monitoreados tiene usos prohibidos para consumo humano y doméstico.

4.2 COMPONENTE AMBIENTAL

OBJETIVO GENERAL

Definir y zonificar ambientalmente la corriente hídrica de Río Frío Campoalegre en el marco de ordenamiento de recurso hídrico y la normatividad vigente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar los aspectos ambientales que definen la corriente de Rio Frio Campoalegre articulando la oferta ambiental que proporciona la cuenca.
- Establecer las directrices legales y ambientales necesarias para la zonificación del proceso de ordenamiento de recurso hídrico de Rio Frio Campoalegre.
- Construir la línea base en relación a los aspectos ambientales para la definición de los impactos ambientales presentados en la cuenca.
- Emitir un diagnóstico en relación los impactos ambientales generados en la cuenca y la zonificación ambiental que se establezca.

4.2.1. Recopilación y análisis de la Información Básica para el Estudio

Con el propósito de dar cumplimiento a los requisitos establecidos para la realización del estudio con respecto al componente ambiental y la zonificación de la cuenca hidrográfica del Río Frío Campoalegre, se recopilo información confiable de fuentes primarias y secundarias (**Tabla 345**) las cuales se mencionan a continuación:

FICHA BIBLIOGRAFICA	LUGAR Y FECHA DE CREACIÒN	FORMATO	INFORMACIÓN
Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Campoalegre - Huila Diagnostico	Campoalegre Huila, 1999	Digital (.DOC)	• Sostenibilidad Ambiental • Ecosistemas Estratégicos • Amenazas Naturales • Dimensión Ambiental • Hidrología • Suelos • Capacidad de Uso del suelo • Cobertura y uso actual del suelo • Flora y Fauna • Zonificación Ambiental
Ajuste del Plan Básico de Ordenamiento Territorial – Municipio de Campoalegre Huila	Campoalegre Huila, 2005	Digital (.DOC)	• Variable Ambiental • Ecosistemas Urbano regionales • Áreas de reserva y conservación • Focos de Contaminación
Programa de Uso Eficiente y Ahorro de Agua “PUEAA” – Campoalegre Huila.	Campoalegre Huila, 2010 “Emac S.A. E.S.P”	Digital (.PDF)	• Uso de suelo actual y potencial • Red Hídrica • Actividades Económicas del Municipio • Componente Ambiental • Características de la fuente de Rio Frio • Diagnóstico de la necesidad de protección de cuencas hídricas.
Diagnóstico integrado para la zona de la SIBERIA.	Santafé de Bogotá,1995	Digital (.PDF)	• Generalidades de la zona de reserva La Siberia
Código Nacional de los Recursos Naturales “Decreto 2811 de 1974”	Santafé de Bogotá, 1974	Digital (.DOC)	• Políticas y Normas para Zonificación
Decreto 1729 de 2002	Santafé de Bogotá, 2002	Digital (.DOC)	• Reglamentación para ordenación de cuencas Hidrográficas • Conservación de la estructura físico-biótica de la Cuenca

Tabla 345. Recopilación de Información
Fuente. FUNDISPROS, 2014

4.2.2. Metodología del Estudio

Todas las actividades realizadas por el hombre están relacionadas directa o indirectamente con el medio ambiente, es decir, existe una estrecha relación con los componentes bióticos y abióticos del entorno, estas actividades inducen a la generación de impactos que provocan desequilibrio en los ecosistemas y por ende en la sostenibilidad ambiental.

Es así como se busca establecer los aspectos ambientales que enmarcan la cuenca y la respectiva zonificación ambiental con el objetivo de garantizar el ordenamiento de la corriente hídrica “Rio Frio Campoalegre”; para ello se parte de los lineamientos dados por la ubicación geográfica, aspectos metodológicos, línea base que permita llegar a un diagnóstico ambiental, articulación de la oferta y la demanda del ecosistema y así mismo tener claras la unidades de zonificación.

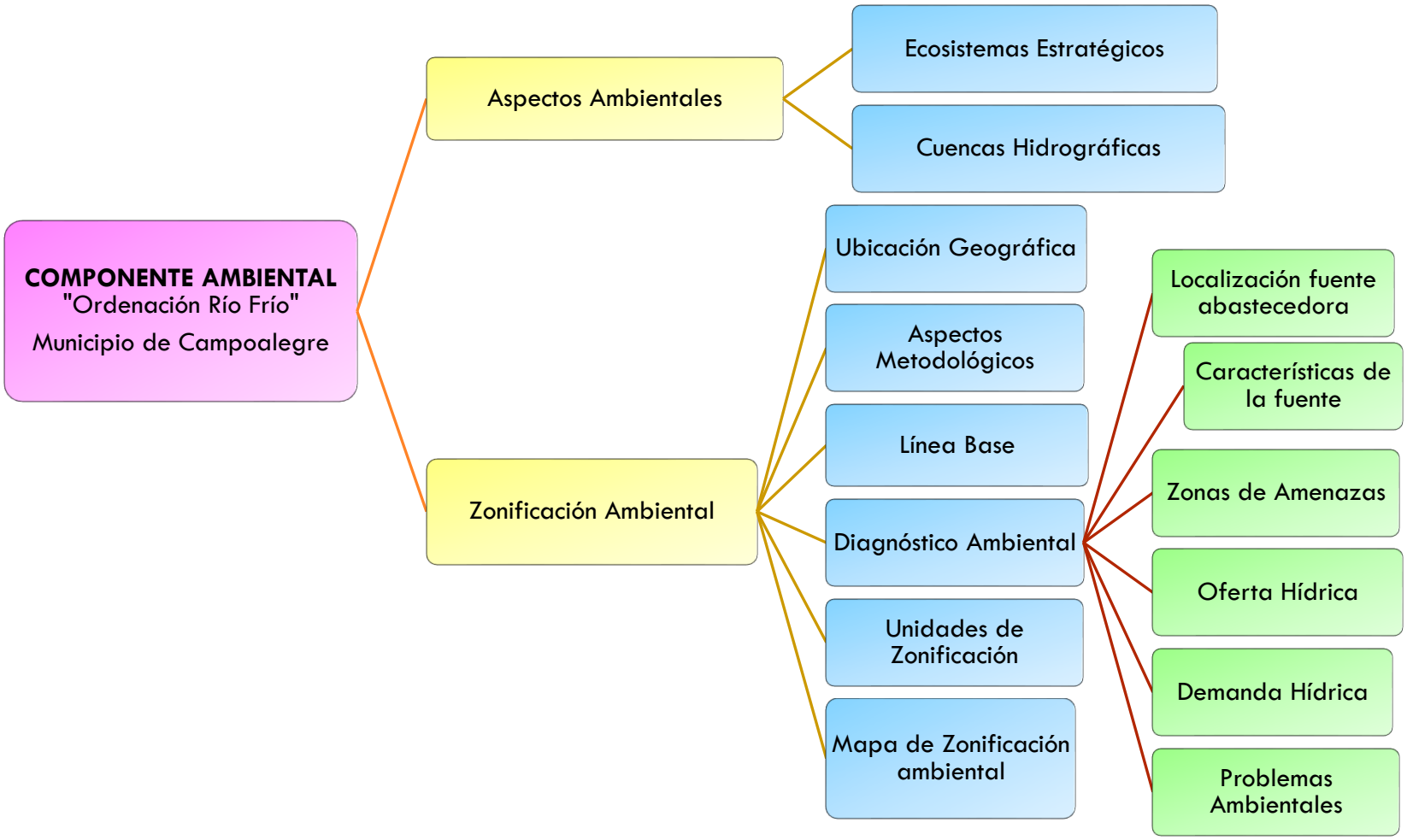


Figura 74. Metodología Componente Ambiental – Río Frío Campoalegre
Fuente. FUNDISPROS, 2014

4.2.3. Aspectos Ambientales

Los aspectos ambientales están reflejados por las situaciones o acciones que impactan, afectan o inciden positiva o negativamente en la cuenca en un tiempo determinado.

En este sentido es importante resaltar que el ordenamiento del recurso hídrico de la corriente de Rio Frio en el municipio de Campoalegre está orientado a la protección, conservación, recuperación, control y manejo adecuado de los recursos naturales y el medio ambiente.

Cabe aclarar que la información recopilada, los recorridos en campo y las socializaciones con los actores de la cuenca, permitieron la identificación de las situaciones ambientales que serán descritas a lo largo del estudio.

Ecosistemas Estratégicos del Municipio de Campoalegre

Los ecosistemas estratégicos representan la sostenibilidad ambiental y económica de una región. Dentro del municipio de Campoalegre se encuentra diversos ecosistemas que se describen a continuación:

La Zona de La Siberia

Generalidades: Considerada la isla verde de la cordillera oriental, donde se intersectan los municipios de Neiva, Rivera, Campoalegre y Algeciras y San Vicente del Caguán-Balsillas (Departamento del Caquetá). La importancia de la Siberia radica especialmente su carácter de estrella hidrográfica debido a que en su territorio tiene origen los afluentes del Río Las Ceibas, Río Frío de Rivera, Río Frío de Campoalegre, Río Neiva y el Río Balsillas que drena hacia el sistema del Río Caguán. [47]

Protección: El INDERENA mediante acuerdo número 015 de 1983, declaro como área de reserva forestal protectora la parte alta del río las Ceibas y de sus afluentes, que con una extensión de 6.370 has comprende el sector de la Siberia, área ecológica que pertenece a los Municipios de Neiva, Rivera, Campoalegre y Algeciras en el Huila y San Vicente del Caguán en el Caquetá. Este sector da origen a una gran cantidad de fuentes de agua, que son de vital importancia para las actividades productivas y para el consumo humano de la población. (Instituto Nacional de Recursos Naturales - INDERENA, 1983)
Mediante acuerdo número 007 de Diciembre de 1990 y número 17 de 1992, el Municipio de Rivera declaró como área de reserva forestal estratégica, la cuenca alta del Río Frío, que involucra su sector de Siberia. Campoalegre carece de

[47] DIAGNOSTICO INTEGRADO PARA LA ZONA DE LA SIBERIA. Pontificia universidad Javeriana. Instituto de Estudios Ambientales para el Desarrollo. IDEADE. Santafé de Bogotá 1995.

instrumentos legales, que ayuden a preservar y conservar este sector fundamental para el equilibrio ambiental de la región. (Municipio de Campoalegre, 2005)

Relieve: Es fuertemente quebrado, y fuertemente escarpado, con áreas ligeramente inclinadas localizadas a lo largo de los valles intermontanos. Al municipio de Campoalegre le corresponde aproximadamente 1400 ha., desde la cota 2400 a la 3200 msnm que corresponde a la zona de vida de bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB), con una temperatura de 12 y 18 grados centígrados y un promedio anual de 2000 a 4000 mm. (Pontificia Universidad Javeriana, 1995)

Flora: El monte nativo alcanza alturas elevadas y se presenta una abundante diversidad de especies con presencia de epífitas, quiches, musgos y líquenes. Las especies arbóreas típicas de esta zona son: Uvito de monte (*Cavendishia pubeseems),* quina (*Chinchona sp*.), sarro (*Dicsonia sp*), arrayán (*Myrcianthes sp*), nacedero (*Trichanthera gigantea*), carate (*vismia sp*), encenillo (*Weinmannia pubescens*) y chagualo (*Clusia sp*).

Fauna: Se tiene reporte de los pobladores del oso hormiguero, ardillas, comadrena, ratón de monte; y aves como la paloma, colibrí, y gavilán.

Después de conocer las generalidades y la importancia regional que tiene la estrella Hidrográfica, lo ideal sería que se encontrara declarada como ecosistema de alta fragilidad donde existe un alto riesgo de degradación debido a la presencia de elementos críticos muy susceptibles a la acción del hombre.

Represa de Betania

Considerada como un ecosistema estratégico fundamental para el abastecimiento de la población y de sus procesos productivos. Ocupa un territorio de 8200 has administrada por Betania, y comprenden el embalse, la central y su entorno, que abarca un área de 2 km2 alrededor de la primera y los corredores ambientales del río Yaguará y de la propia represa.

El sistema entro en operación en noviembre de 1987 y generará progresivamente hasta 510 KW. Al cabo de 50 años, el embalse perderá físicamente su poder de generar energía debido a la sedimentación que se calcula en más de 24 millones de toneladas métricas anuales, fenómeno que se apresuró en 5 años debido a la avalancha del Río Páez en junio de 1996.

Al cabo de este tiempo, aproximadamente en el año 2032, el espejo de agua actual quedará reducido en un 75% con previsibles nefastas implicaciones para el ecosistema ecológico y ambiental de sus zonas ribereñas, mientras se estabiliza y conforma el nuevo entorno. (Municipio de Campoalegre, 1999)

El embalse deterioró la oxigenación del agua y ha impedido la migración natural de los peces, afectando las costumbres de las veredas ribereñas, e inundando hectáreas con vocación agrícola y ganadera. Las obras de reparación de estos impactos ambientales no se han realizado, aduciendo falta de financiación por el Corpes[48] y otros organismos estatales[49].

Cuchilla de Seboruco

Considerado un ecosistema estratégico de alto riesgo, debido a su fragilidad y deterioro, propenso a deslizamientos, erosión, sequía severa e incendios de pastizales. Comprende un área de 1290 ha.

Quebrada Río Frío

Importante ecosistema para el mantenimiento del equilibrio ecológico y la biodiversidad, donde se capta el agua para el acueducto del municipio y nace en jurisdicción de Campoalegre.

Quebrada La Ciénaga

Quebrada que corre paralela al Río Neiva, con un bosque de galería bien establecido en todo su recorrido, con un gran riqueza piscícola.

Río Neiva

Es la principal fuente donde se abastece agua para riego la mayoría de los cultivos de arroz. Su fauna béntica es muy baja, es muy susceptible a avalanchas e inundaciones.

Zona Productora - Protectora de Palmar Bajo

Se cuenta con 430 has, cultivadas en cacao, donde nacen importantes quebradas que atraviesan el casco urbano de oriente a occidente como El Lavapatas, El Rodeo, La Rocha y El Vergel.

Considerado el Pulmón del Casco Urbano. A continuación se presenta un resumen de los ecosistemas estratégicos que tienen parte de su jurisdicción de municipio de Campoalegre:

[48]Corpes: Consejo Regional de Planificación Económica y Social. Decreto 2284 de 1994.
[49]DIAGNOSTICO DEL PBOT – CAMPOALEGRE, 1999, Tomado del EL DELITO ECOLOGICO. Yesid Ramírez Bastidas. Neiva, 1992.

ECOSISTEMA ESTRATEGICO	MUNICIPIOS	IMPORTANCIA
La Siberia	Campoalegre, Algeciras, Neiva, Rivera y San Vicente del Caguán-Caquetá.	Estrella fluvial, nacen los ríos Frio, Rio Neiva, Las Ceibas y Balsillas, que sirven para consumo y riego
Embalse de Betania	Campoalegre, Hobo, Yaguará y Gigante.	Causa significativos impuestos para los municipios, fuente generadora de energía eléctrica para la región, importancia turística y piscícola
Cuchilla de Seboruco	Campoalegre, Hobo	Cortina natural que soporta el embalse y evita que éste inunde las tierras cultivables de Llano Grande
Quebrada Rivera	Rivera y Campoalegre	Sirve para riego y consumo además de límite entre los municipios Rivera y Campoalegre.
Río Neiva	Algeciras, Campoalegre y Rivera	Sistema fluvial básico para consumo humano y riego de cultivos.

Tabla 346. Ecosistemas Urbano-Regionales Municipio de Campoalegre
Fuente: Ajuste del Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio De Campoalegre, 2005

Cuencas Hidrográficas con jurisdicción en el Municipio de Campoalegre

Las cuencas hidrográficas son indispensables para el abastecimiento continuo de agua, para la generación de hidroenergía, para el riego y para la conservación del equilibrio ecológico regional, están conformadas por los principales ríos y quebradas, compartidos con los restantes municipios regionales. Sus áreas de influencia deben ser recuperadas y rehabilitadas, que eviten la degradación de su paisaje.

De acuerdo a su caudal e importancia el Río Magdalena ocupa el primer puesto, seguido del Río Neiva y por último la quebrada de Rivera, respondiendo así a objetivos específicos, de conservación y recuperación, que incluyan medidas y reglamentaciones apropiadas para su manejo y utilización ambiental. (Municipio de Campoalegre, 1999)

A continuación se presenta las cuencas hidrográficas que tienen jurisdicción en el municipio de Campoalegre y la importancia que representa:

CUENCA HIDROGRÁFICAS	MUNICIPIOS	IMPORTANCIA
Río Magdalena	Campoalegre, Rivera, Yaguará, Palermo y El Hobo.	Principal arteria fluvial del país, tiene importancia turística, piscícola, riega significativas extensiones dedicadas al cultivo y a la ganadería
Río Neiva	Campoalegre, Algeciras y Rivera.	Es la principal fuente de sumistrada de agua para

		riego, especialmente los cultivos de arroz.
Quebrada Rivera	Campoalegre y Rivera	Límite natural entre los municipios en la región es la principal fuente de abastecimiento de agua para riego.

Tabla 347. Cuencas Hidrográficas
Fuente: Ajuste del Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio De Campoalegre, 2005

Es así como estos productos ambientales se ven afectados por diferentes aspectos como:

- ✓ La generación de residuos sólidos, plásticos y orgánicos
- ✓ La generación de vertimientos líquidos en las fuentes hídricas por actividades domésticas e industriales.

4.3. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

La zonificación ambiental se entiende como un proceso dinámico que permite la división el territorio en unidades relativamente homogéneas, teniendo en cuenta aspectos biofísicos, económicos, legales y sociales.

El Código de los Recursos Naturales, en su Artículo 30, establece que "Para la adecuada protección del ambiente y de los recursos naturales, el Gobierno Nacional establecerá políticas y normas sobre zonificación. Los Departamentos y Municipios tendrán sus propias normas de zonificación"[50] (Decreto 2811, 1974)

De acuerdo con el Decreto 1729 de 2002, *"*La ordenación de una cuenca tiene por objeto principal el planeamiento del uso y manejo sostenible de sus recursos naturales renovables, de manera que se consiga mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y la conservación de la estructura físico-biótica de la cuenca y particularmente de sus recursos hídricos. La ordenación así concebida constituye el marco para planificar el uso sostenible de la cuenca y la ejecución de programas y proyectos específicos dirigidos a conservar, preservar, proteger o prevenir el deterioro y/o restaurar la cuenca hidrográfica*".*[51] (Decreto 1729, 2002)

A demás establece que la ordenación de cuencas se hará teniendo en cuenta, entre otros, los siguientes principios y directrices:

[50] Decreto 2811 de 1974: Código Nacional de Recursos Naturales. *"El Ambiente es patrimonio común, el Estado y los particulares deben participar en su preservación, manejo y defensa del ambiente y sus elementos"*
[51] Decreto 1729 de 2002: Reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del Artículo 5° de la Ley 99 de 1993.

1. El carácter de especial protección de las zonas de páramos, subpáramos, nacimientos de aguas y zonas de recarga de acuíferos, por ser considerados áreas de especial importancia ecológica para la conservación, preservación y recuperación de los recursos naturales renovables.

2. Las áreas a que se refiere el literal anterior, son de utilidad pública e interés social y por lo tanto deben ser objeto de programas y proyectos de conservación, preservación y/o restauración de las mismas.

3. En la utilización de los recursos hídricos, el consumo humano tendrá prioridad sobre cualquier otro uso y deberá ser tenido en cuenta en la ordenación de la respectiva cuenca hidrográfica.

4. Prevención y control de la degradación de la cuenca, cuando existan desequilibrios físicos o químicos y ecológicos del medio natural que pongan en peligro la integridad de la misma o cualquiera de sus recursos, especialmente el hídrico.

5. Prever la oferta y demanda actual y futura de los recursos naturales renovables de la misma, incluidas las acciones de conservación y recuperación del medio natural para asegurar su desarrollo sostenible.

6. Promover medidas de ahorro y uso eficiente del agua.

7. Considerar las condiciones de amenazas, vulnerabilidad y riesgos ambientales que puedan afectar el ordenamiento de la cuenca.

8. Los regímenes hidroclimático de la cuenca en ordenación

Teniendo en cuenta que los anteriores puntos representan una idea real para llegar a la zonificación ambiental de la zona objeto de estudio; se tomará algunos de los puntos anteriores para fortalecer el avance en la metodología que se plantea a continuación:

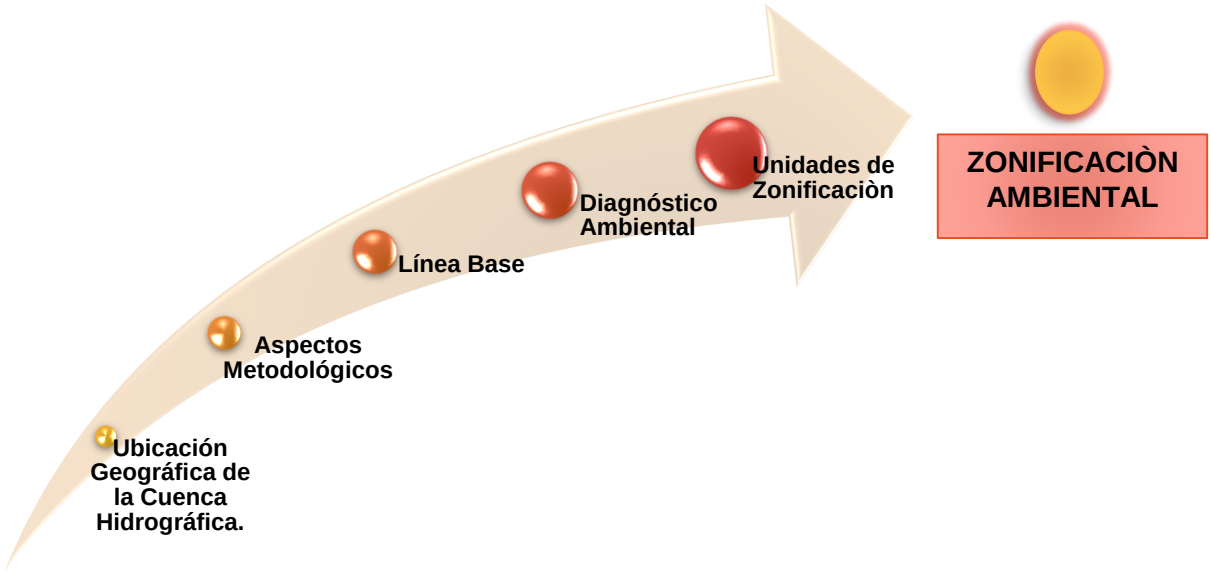


Figura 75. Metodología Zonificación Ambiental – Río Frío Campoalegre
Fuente. FUNDISPROS, 2014

4.3.1. Ubicación de la Cuenca Hidrográfica

La Corriente Hídrica Río Frío se encuentra ubicada al oriente de casco urbano del Municipio de Campoalegre; el cauce principal del Río recorrido es 21.06 km, es decir 10.53 km por cada costado u orilla del cauce del Río Frío.

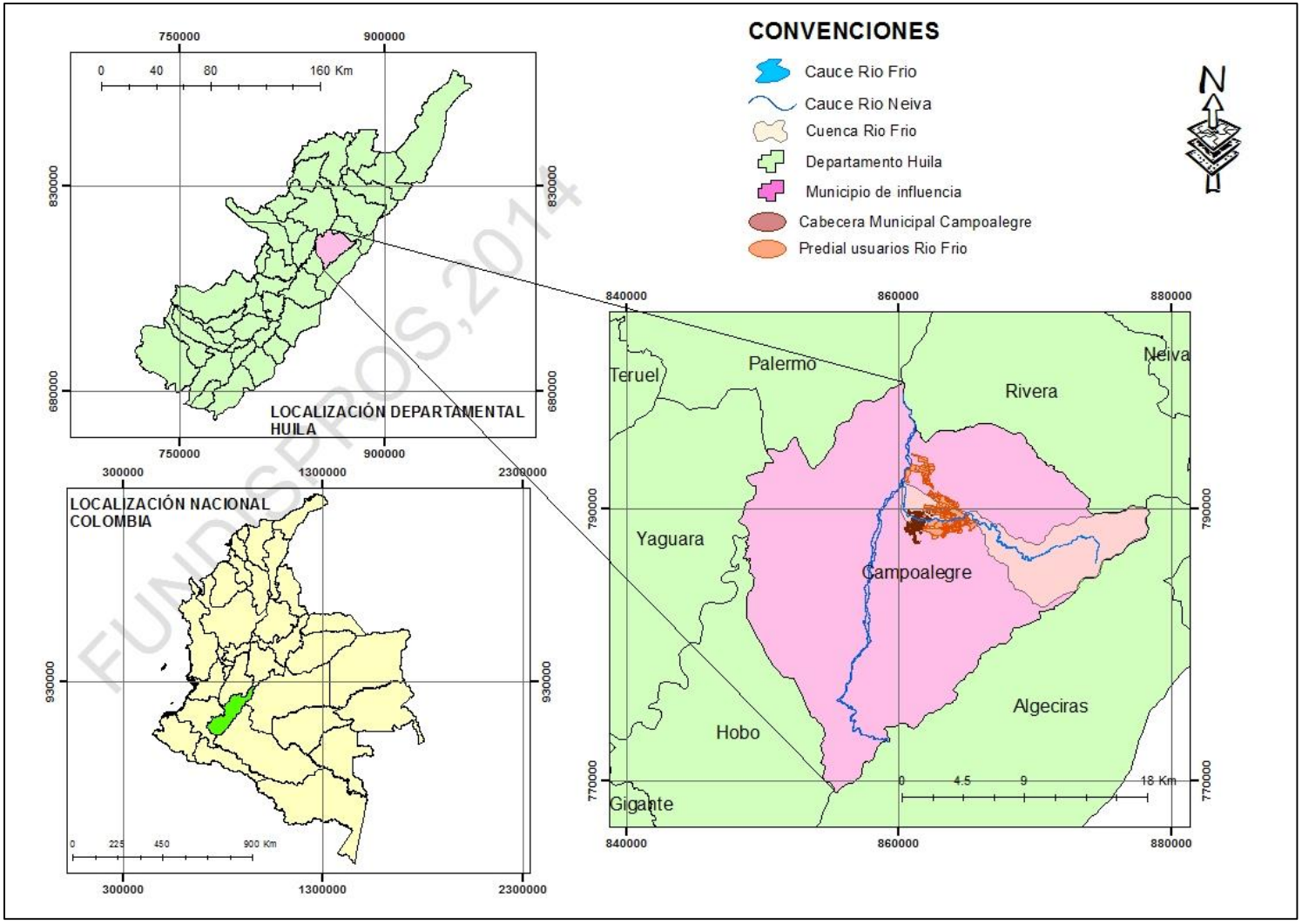


Figura 76. Ubicación Geográfica de la Cuenca Hidrográfica Rio Frio – Campoalegre
Fuente. FUNDISPROS, 2014

4.3.2. Aspectos Metodológicos

Para llegar a la zonificación ambiental que se plantea en la corriente de Río Frío – Campoalegre, se establece aspectos metodológicos, basados en la información recopilada del Ajuste del plan básico de ordenamiento territorial de municipio de Campoalegre con respecto a ecosistemas estratégicos, cuencas hidrográficas y factores ambientales que se establecieron dentro del plan, demás información sumistrada por la Corporación autónoma regional del alto magdalena – CAM y cartográfica básica establecida en los anteriores documentos.

Además para establecer la parte ambiental del proceso de ordenamiento de Rio Frio – Campoalegre la metodología está proyectada en una línea base y en un diagnóstico ambiental que contendrá los antecedentes que se tiene con respecto a factores ambientales en la zona del municipio.

4.3.3. Línea Base

La zonificación ambiental está encaminada a un análisis prospectivo de las situaciones o problemáticas que se presentan en la cuenca Río Frío Campoalegre, así la línea base para el estudio de Zonificación ambiental parte de la información recopilada de plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Campoalegre, normatividad vigente en cuanto procesos de ordenación y zonificación de los recursos naturales del ecosistema y programas de manejo ambiental (Programa de Uso Eficiente y Ahorro de Agua– PUEAA), que permita fijar la base para la elaboración del diagnóstico ambiental del estudio y la identificación de los impactos ambientales.

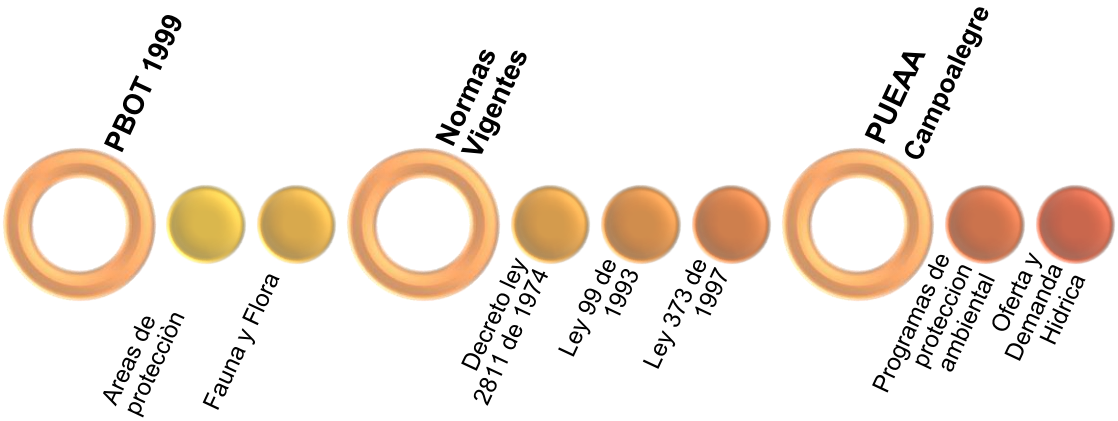


Figura 77. Línea Base – Zonificación Ambiental "Río Frío Campoalegre"
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Áreas de protección ambiental

- **Sector Urbano**

Según lo establecido en el plan básico de ordenamiento territorial del Municipio de Campoalegre y el código nacional de recursos naturales, se exige una longitud de 30 Mts paralela a las riberas de los cursos de agua con el propósito de preservarlos y mantenerlos. Se destaca que si esta reglamentación se cumpliera debería existir un sistema verde o de parques longitudinales en el área Urbana con las siguientes áreas:

SISTEMA FLUVIAL	LONGITUD - Mts.	AREA - Has
La Caraguaja	6700	40.20
Río Frío	7240	43.44
TOTAL	13940	83.64

Tabla 348. Áreas de Protección Ambiental – Municipio de Campoalegre
Fuente. Diagnóstico PBOT – Municipio de Campoalegre Huila, 1999

En este sentido también se destaca en la parte oriental la presencia de humedales que son los encargados de alimentar la quebrada Lavapatas.

- **Sector Rural**

Según lo establecido en el Plan Básico de ordenamiento entre las áreas de conservación y protección de los recursos naturales en el sector rural del municipio de Campoalegre se encuentran:

- ✓ Cuencas del Río Neiva, Río Frio, San Isidro, La Caraguaja y sus afluentes.
- ✓ La Ciénaga
- ✓ La Siberia: Representa un ecosistema de gran importancia por su fragilidad, el cual requiere un cuidadoso manejo para evitar su degradación total.
- ✓ Franja cacaotera Vereda Palmar Bajo
- ✓ La cuchilla de Seboruco
- ✓ Los nacederos de los acueductos veredales
- ✓ El embalse de Betania

Flora

En cuanto vegetación se tiene que no es exuberante y es escasa en la zona plana, pero cuanto con recursos florísticos representativos pues esta zona plana cuenta con casi todas las especies nativas de los climas medios y cálidos del departamento del Huila.

También se cuenta con cultivos de flores exóticas como se muestra en la **Tabla 349**, tal es el caso de la hacienda Potosí, ubicada en la vereda Piravante Alto, a 1,8 Kilómetros del perímetro urbano.

A continuación se presentan algunas de las especies exóticas que son cultivadas y por ende se comercializan en el mercado departamental y nacional.

Nombre Común	Nombre Científico
Maraca	*Zingiber spectobile*
Yinyer Rosada	*Alpinia purpurata*
Cacho de venado	*Guettarda canata*
Valeriana	*Valeriana officinalis*
Bastón dorado	*Etlingera elatior*

Tabla 349. Cultivos de Flores Exóticas
Fuente. PBOT – Municipio de Campoalegre, 1999

La mayoría de bosques se presentan en las orillas de las corrientes de agua, comúnmente llamado “bosque de galería” siendo poca su densidad. En cuanto a flora artificial los cultivos se realizan con un bajo uso de técnicas a excepción del arroz, sorgo y tabaco rubio. Se centralizan alrededor de los pastos artificiales, el maíz, el tomate, la guanábana, el lulo y en menor escala los cítricos. La agricultura se sustenta en los cultivos de café, cacao, caña, yuca y frijol.

Fauna

El municipio de Campoalegre posee diversidad de fauna, entre las que se destaca la presencia abundante de aves, de las cuales existen dos especies muy perseguidas para caza por su valor alimenticio (paloma torcaz y la perdiz). Con relación a la parte comercial la avicultura tiene representación en la cría de pollos de engorde en galpones y la piscicultura con la construcción de estaques para la producción de mojarra y cachama.

Teniendo como punto de partida el cuidado y protección de los recursos naturales en cuanto a fauna silvestre en la región se encuentran las siguientes especies en peligro de extinción descritos en la **Tabla 350**, según lo contemplado en el plan básico de ordenamiento territorial del Municipio de Campoalegre.

Nombre Común	Nombre Científico
Oso Hormiguero	*Myrmeco phagatridactyle*
Armadillo	*Priodontes*
Danta Conga	*Tapirus pinchoque*
Pato Pico de oro	*Anas georgica*
El zorro	*Alelocynus microtis*
Venado gris	*Odocoileus virginianis*
El tinamú del Huila	*Tinanus osgoodi*
Pato Colorado	*Ana cyanoptera*
El Gavilán Andapie	*Parabuteo unisinetus*
La Pava	*Penelope argyrotis*

Tabla 350. Especies de Fauna en Peligro de Extinción
Fuente. PBOT – Municipio de Campoalegre, 1999

Así mismo también se encuentra la presencia de especies de aves que se adaptan a las condiciones que proporciona el municipio para su supervivencia en el medio natural:

Nombre Común	Nombre Científico
La caica sola	*Chubbia atricklandi*
La caica común	*Chubbia imperialis*
Los loros o pericos	*Leptosittaca braniokiu*
El colibrí	*Coeligena prunellei*
La perdiz	*Odontophorus atrifrons*

Tabla 351. Especies de Fauna presentes en la Zona
Fuente. PBOT – Municipio de Campoalegre, 1999

Normatividad Vigente

NORMATIVIDAD	DESCRIPCIÒN
Decreto Ley 2811 de 1974	Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y no Renovables y de Protección del medio Ambiente. El Ambiente es patrimonio común, el Estado y los particulares deben participar en su preservación, manejo y defensa del ambiente y sus elementos.
Ley 99 de 1993	Crea El Ministerio Del Medio Ambiente y organiza El Sistema Nacional Ambiental SINA.
Ley 373 de 1997	Todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un Programa Para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua; el cual se entiende como el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las Entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riesgo y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico.

Tabla 352. Normatividad Vigente para establecer la línea Base de zonificación ambiental.
Fuente. Programa de Uso Eficiente y ahorro de agua – Municipio de Campoalegre, 2010

Teniendo en cuenta que la Ley 373 de 1997 reglamenta el “Programa para el Uso Eficiente y Ahorro de Agua” –PUEAA- como el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riesgo y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico.

Es así como la empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de Campoalegre - EMAC S.A. E.S.P, establece este programa con el fin de asegurar el manejo eficaz del recurso hídrico, de acuerdo con los requisitos legales que permiten el uso adecuado del agua durante la operación, prestación y utilización del servicio,

basado en la formulación de medidas de control, manejo y buen uso del recurso en actividades domésticas, industriales y agropecuarias.

Este programa tiene una vigencia quinquenal y está basado en el diagnóstico de la oferta hídrica de la fuentes de abastecimiento y la demanda de agua, debe contener las metas anuales de reducción de pérdidas, las campañas educativas a la comunidad, la utilización de aguas superficiales, lluvias y subterráneas, los incentivos y otros aspectos que define las corporación autónoma regional del alto magdalena y demás autoridades ambientales, las entidades prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado, las que manejen proyecto de riego y drenaje, las hidroeléctricas y demás usuarios del recurso, que se consideren convenientes para el cumplimiento del programa.

4.3.4. Diagnóstico Ambiental

Figura 78. Diagnóstico Ambiental Rio Frio – Campoalegre
Fuente. FUNDISPROS, 2014

1. Localización de fuente abastecedora de Agua

La Cuenca hidrográfica de Rio Frio se localiza en su totalidad en el municipio de Campoalegre al Nororiente del departamento del Huila sobre la cordillera oriental nace en el alto del Esmero de propiedad del municipio, antiguamente se desarrollaba actividades de ganadería y era propiedad del señor José Eugenio Galindo, quien fue la persona que le vendió al estado para reserva forestal, lugar donde se encuentra su parte aguas, se caracteriza por ser zona alta de montaña, a una altura de 2450 msnm en las coordenadas (N 020 38'11.3''- W 0.750 13'92.2''); hasta la infraestructura de la boca toma del acueducto municipal de Campoalegre msnm en las coordenadas (N 020 41'33.3''- W 0.750 17'18.02'').[52]

2. Características de la Cuenca Río Frío

La cuenca de Rio Frio se caracteriza por el desarrollo de la agricultura a gran escala en la parte alta de la cuenca, representada por los cultivos de café, plátano, cacao, frijol, maíz, granadilla y pancoger; lo que a largo del tiempo han ocasionado alteraciones ambientales, así mismos el desarrollo de la ganadería extensiva provocando problemas de erosión por sobrepastoreo. (Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Campoalegre, 2010)

En cuanto a la red hídrica dentro de sus principales tributarios o subcuencas en la parte alta se encuentran la quebrada Manzanares, Doña Luisa, quebrada El Esmero, Las Pavas, Quebrada Vergelito y Tabor, aguas abajo de la bocatoma municipal sus principales tributarios son la quebrada las Caraguaja, La Cabuya, Quebrada san Isidro, La Rocha efluentes donde se vierten las agua residuales del municipio; la desembocadura se encuentra en el Rio Neiva y posteriormente al Rio Magdalena. A continuación en La Tabla 353, se articula una breve descripción de las características de la cuenca:

CARACTERÌSTICA	GEOREFERENCIACIÒN	DESCRIPCIÒN
Boca toma del acueducto municipal Campoalegre	Altura: 750 msnm Presión barométrica: 1041 Presión ambiental: 127.4 Coordenadas: N 020 41' 33.3'' W 0.750 17' 18.2''	Fue construida en el año 1997, hace parte de un sistema convencional, a pesar de estar ubicado distante del municipio aguas arriba presenta gran afectación por descarga de material orgánico, agroquímicos y tóxicos.
Nacedero de la Quebrada La Sapera	Altura: 1444 msnm Presión barométrica: 1065 Presión ambiental: 1065 Coordenadas:	Nace en la parte media de la cuenca hidrográfica de Rio Frio, zona bastante intervenida por la agricultura, especialmente el cultivo de café.

[52] Texto tomado del programa de uso eficiente y ahorro de agua del Municipio de Campoalegre, dirigido por "EMAC S.A. E.S.P". Pág. 83.

	N 020 39’ 54.3’’ W 0.750 16’ 27.6’’	
Nacedero de la quebrada Doña Luisa.	Altura: 2350 msnm Presión barométrica: 1027 Presión ambiental: 771.7 Coordenadas: N 020 37’ 53.8’’ W 0.750 14’ 05.9’’	El agua aflora de la tierra, gracias a la gran biodiversidad existente es esta zona el nivel freático es muy alto siendo una gran reserva hídrica, contribuyendo considerablemente a la cuenca el rio frio.
Zona de protección quebrada Doña Luisa	Altura: 2364 msnm Presión barométrica: 1026 Presión ambiental: 769.4 Coordenadas: N 020 38’01.6’’ W 0.750 13’ 56.9’’	Zona de protección quebrada Doña luisa, este lugar presenta barrera de protección del bosque.
Nacimiento de la quebrada Manzanares.	Altura: 2385 msnm Presión barométrica: 1023 Presión ambiental: 767.0 Coordenadas: N 020 38’23.5’’ W 0.750 13’23.7’’	Del nacimiento el agua brota del suelo, esta lugar presenta algunas características particulares de zona de recarga, un nivel freático alto y una gran reserva natural de fauna y flora.
Nacimiento de la quebrada Vergelito.	Altura: 2007 msnm Presión barométrica: 943,9 Presión ambiental: 793,9 Coordenadas: N 020 38’15.7’’ W 0.750 14’59.7’’	Primer sistema de conducción algo muy artesanal

Tabla 353. Características de la Cuenca Río Frío Campoalegre
Fuente. Programa de Uso Eficiente y ahorro de agua – Municipio de Campoalegre, 2010

3. Zonas de Amenaza

Son llamadas zonas de amenaza a los terreno o zonas frágiles y deterioradas, propensos a deslizamientos, inundaciones, incendios forestales, sequias, remociones en masa y movimientos telúricos. Es así como deben existir medidas de protección, como la restricción de construcción de viviendas y cualquier tipo de actuación humana.

A continuación se presenta las amenazas que tienen jurisdicción en el municipio de Campoalegre y la importancia que acarrea:

AMENAZAS NATURALES	MUNICIPIOS	IMPORTANCIA
Rio Magdalena	Campoalegre, Neiva, Rivera, Yaguará, Palermo y El Hobo.	Creciente desbordamiento del cauce, inundando importantes áreas dedicadas al cultivo y a la ganadería.
Rio Neiva	Campoalegre, Algeciras y Rivera	Desbordamiento e inundación de zonas dedicadas al cultivo de arroz.

Quebrada Rivera	Campoalegre y Rivera	Represamientos y avalanchas que ponen el peligro los cultivos y los habitantes de la región.
Represa de Betania	Campoalegre, Yaguará, El Hobo y Gigante	Inundaciones y avalanchas que ponen en peligro los cultivos y los habitantes de la región.
Falla de Algeciras	Campoalegre, Algeciras	Movimientos Telúricos y desprendimiento de masas

Tabla 354. Zonas de Amenaza
Fuente: Ajuste del Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Campoalegre, 2005

El municipio de Campoalegre es propenso a amenazas y riegos naturales por factores de índole económica y social, hacen que la población de más bajos recursos tenga que ocupar zonas de laderas inestables y riberas de las fuentes hídricas, susceptibles de inundaciones tanto en la zona urbana como rural.

Es importante resaltar que todo el municipio se encuentra en “Riesgo Sísmico Alto” debido a la proximidad de la falla de Algeciras, sin embargo la forma en que las rocas propagan las ondas sísmicas incide en la clasificación sísmica, dada a que cada unidad litológica muestra las siguiente forma: Respuesta baja: (Intrusivos y metamórficas precretáceos, formación Saldaña y formación Guadalupe); respuesta moderada: (Formación Villeta, formación Guaduas y formación Gigante); y respuesta alta: (Depósitos cuaternarios, aluviales, de ladera, de terrazas, de abanicos, fluvio-lacustres y lacustres). Es en este último donde se encuentra ubicado Campoalegre. (Municipio de Campoalegre, 1999)

En este sentido y según el plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Campoalegre se ha divido el municipio en cuatro zonas que representa zonas de alto riesgos y las cuales se describen a continuación en la **Tabla 355** :

ZONAS	DESCRIPCION
Zona 1. Inundaciones y Avalanchas Naturales y Antrópicas	El Río Neiva y sus afluentes (Quebradas Río Frío, La Caraguaja, San Isidro, Las Tapias): La alta deforestación en todo su recorrido, abundante carga de sedimentos, el cambio de gradiente, las extremas fluctuaciones de caudal y la fácil socavación, son las causas de los frecuentes desbordamientos y avalanchas que pone en riesgo a los habitantes del casco urbano aledaños a los lechos de las quebradas, y a los pobladores y parcelas en la zona rural, en el área de influencia inmediata del Río Neiva.
Zona 2. Zona de desprendimiento y derrumbes de montañas	Debido a su material litológico, a procesos denudacionales, altas precipitaciones y fuertes pendientes hace que el terreno sea inestable, acentuando este problema la apertura de vías sin el debido estudio de impacto ambiental y planes de manejo que mitiguen los impactos negativos que generan dichas obras. Se presenta en la parte de montaña de las veredas El Esmero, Buenavista, San Isidro, Las Pavas, Guamal, buenos aires, Palmar Alto, Vilaco Alto. - Falla de las Tapias, Vereda Chía

	- La Siberia
Zona 3. Erosión y desprendimientos de montañas por factores antrópicos	La mayor parte del territorio de Campoalegre presenta erosión moderada a severa a causa del mal manejo del agua de riego, a las malas prácticas en la agricultura, deforestación severa en zonas de alta pendiente y a la falta de conciencia ambiental; que comprende las veredas Bejucal Alto, El Peñón, El Esmero, El Roble, Buenavista, Palmar Alto, Piravante Alto, Alto La Villahermosa, Guamal, Buenos aires, San Isidro, Vilaco Alto, Guayabo, Chía y Llano Grande.
Zona 4. Amenaza por desprendimiento de rocas	• Vía vereda Palmar Alto, sitio La Cruz • Vía a Algeciras, vereda Vilaco bajo • Vía Vilaco Bajo-Vilaco Alto

Tabla 355. Zonas de Alto Riesgo – Municipio de Campoalegre
Fuente: Ajuste del Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Campoalegre, 2005

2. Oferta Hídrica

La oferta hídrica neta también llamado caudal base de reparto, se determinó en el estudio de hidrología como parte fundamental del proceso de ordenación, haciendo uso de diversas metodologías que permitieron hallar la oferta hídrica total de la cuenca de acuerdo a la condición real de la fuente durante la totalidad del año, entre ellas la metodología de la Resolución Nº 0865 del 2004, propuesta por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible y la metodología de aforos puntuales propuesta por la consultora encargada del proceso de ordenación, donde se determinó las siguientes ofertas hídricas en la zonificación de la cuenca.

ZONAS	OFERTA HIDRICA NETA
Zona 0	349 Lps
Zona 1	6.75 Lps
Zona 2	6.0 Lps
Zona 3	12.75 Lps
Zona 4	25.5 Lps

Tabla 356. Oferta hídrica total de Río Frío - Campoalegre
Fuente. FUNDISPROS, 2014.

Debido a lo anterior se resalta que la oferta hídrica neta en cada zona hace referencia al rendimiento hídrico de cada una de ellas y no considera el caudal generado en la zona anterior ni los usos o beneficios derivados de la misma.

6Demanda Hídrica

Después de halla la oferta hídrica se calculó la demanda hídrica de la cuenca representada por los usos que le dan a la misma por parte de los diferentes sectores socioeconómicos entre los que está el de uso doméstico, industrial, sector servicios, sector agrícola y uso pecuario.

En el estudio de hidrología se halló la demanda hídrica según lo contemplado en la resolución Nº 0865 del 2004 como metodología cuando existe información media.

Después de realizar el cálculo dentro del estudio de hidrología del proceso de ordenamiento:

Sector	Demanda Hídrica (m3/seg)
Agrícola	0.531
Doméstico	0.148
Pecuario	0.054
TOTAL	0.734

Tabla 357. Demanda hídrica total para la cuenca hidrográfica del Río Frío - Campoalegre
Fuente. FUNDISPROS, 2014.

Es así como la demanda total para todos los usos sobre dicho cauce son 0.734 m3/seg, de los cuales 0.531 m3/seg corresponden al sector agrícola, 0.148 m3/seg al consumo humano y 0.54 m3/seg al sector pecuario.
Haciendo un análisis con respecto a la oferta y demanda hídrica se tiene que la demanda es mayor a la oferta hídrica neta de la cuenca hidrográfica de Río Frío tanto en época de estiaje como en época de caudales altos, es necesario que se evite la ampliación de concesiones de agua con fines agrícolas o pecuarios, dándole prioridad a las ya existentes y a las demandas calculadas para los acueductos que se abastecen Río Frío; según lo descrito en estudio de hidrología con mayor detalle de los caudales.

5. Problemas Ambientales de la Cuenca

El hombre en su afán por conseguir los recursos necesarios para su supervivencia se encargado de provocar grandes desequilibrios en los ecosistemas que se ven reflejados en problemáticas ambientales a futuro.

En relación a lo anterior la Cuenca hidrográfica de Rio Frio presenta un acelerado proceso de deforestación a causa de las actividades agrícolas y ganaderas sin la implementación de prácticas adecuadas, además de la ubicación de asentamientos humanos sin tomar metodologías de diseño aptas para la protección de los recursos naturales de la zona.

Por ser un municipio que tiene como principal actividad económica el cultivo del Arroz, el cual requiere la utilización de alto consumo de agua y de fertilizantes lo que hace que la cuenca presente altos índices de deterioro y contaminación por los agroquímico haciendo más dispendiosos la capacidad de auto recuperación de la cuenca. Además en la parte alta de la microcuenca sin contar con medidas adecuadas, es cultivado el café; esto provoca que alta cantidad de contaminantes llegue a los cursos de agua que abastecen no sólo el casco urbano del municipio de Campoalegre sino también a las veredas que atraviesa la red hídrica.[53]

[53] Texto tomado del programa de uso eficiente y ahorro de agua del Municipio de Campoalegre, dirigido por “EMAC S.A. E.S.P”. Pág. 118.

En este sentido y como última fase del diagnóstico ambiental se debe tener en cuenta que las causas de deterioro de las cuencas hidrográficas del municipio, no tienen otra fuente más que las actividades humanas, que en su totalidad no consideran los procesos naturales y las interrelaciones entre los recursos agua, bosque, suelo u vida silvestre; con consecuencias negativas que se reflejan en el deterioro general de las condiciones ambientales, escasez de agua durante verano, contaminación de la fuente de agua, pérdida de la capa fértil del suelo y desaparecimiento de la fauna silvestre. Es así como en Río Frío Campoalegre, se identificaron los siguientes impactos (Figura 79) y sus respectivas causas encargadas de la degradación ambiental en la zona:

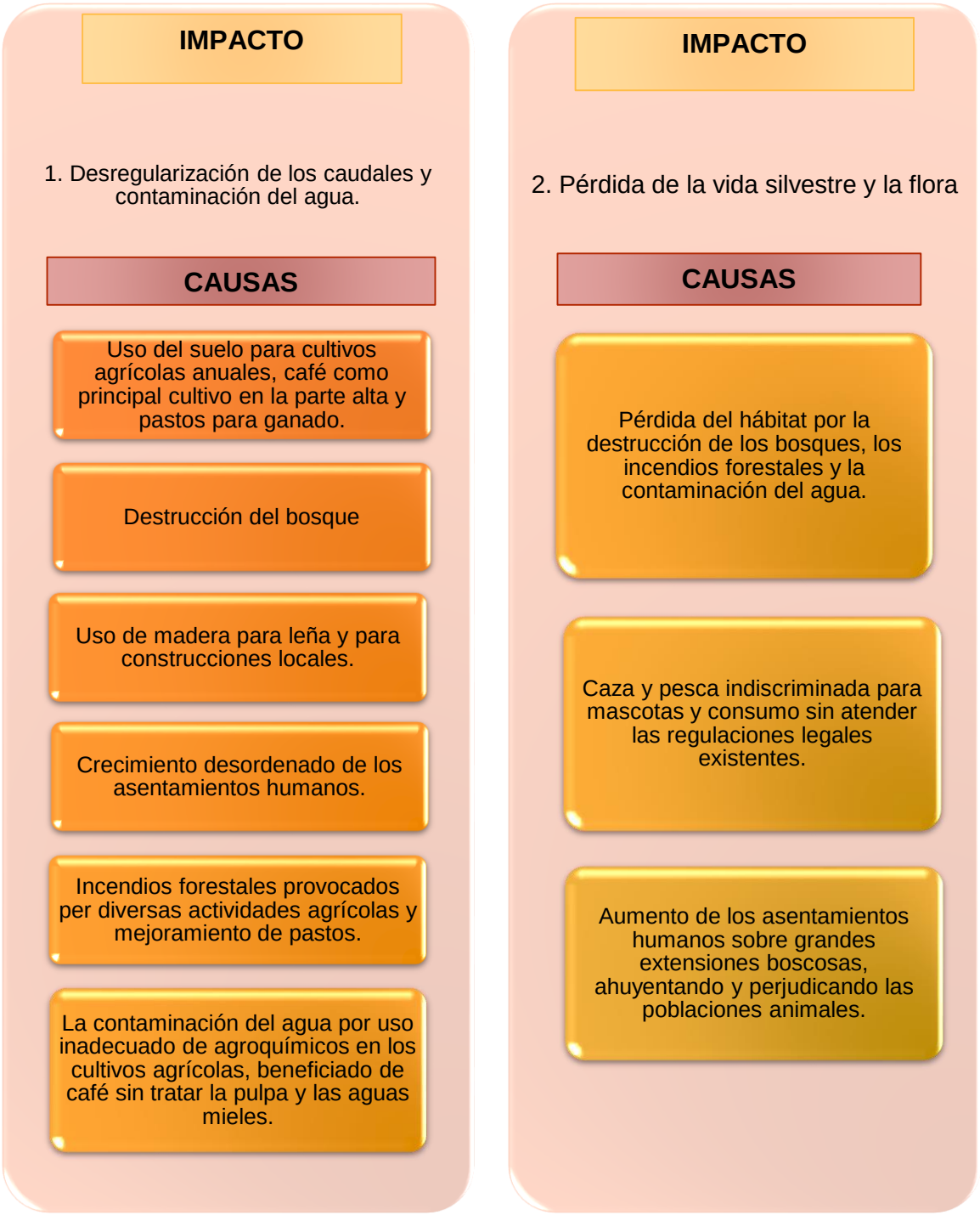


Figura 79. Impactos Ambientales Identificados en la cuenca Rio Frio - Campoalegre
Fuente. Programa de Uso Eficiente y ahorro de agua PUEEA– Municipio de Campoalegre, 2010

Otro punto de referencia para la identificación de impactos ambientales en la cuenca de Rio Frio Campoalegre aparte del programa de uso eficiente y ahorro de agua se

encuentra el ajuste del plan Básico de ordenamiento territorial en donde referencian los siguientes focos de contaminación (**Tabla 358**) en el municipio.

AFLUENTE O SITIO	FACTOR CONTAMINANTE	FOCOS DE CONTAMINACIÓN
Q. Lavapatas	Residuos sólidos, plásticos y orgánicos	Palmas bajo, calle 21 Panamá calle 21 carrera 3 Panamá Cra 6 calle 20 a 22 E. Santos Calle 22 Cra 10 E. Santos Cra 12 Calle 22 Sinceldo Calle 23 Cra 13 Sinceldo Cra 14 calle 24
Q. Rio Frio	Residuos sólidos, plásticos y orgánicos	E. Ferro Cra 3 calle 27 Rodrigo Lara Cra 18 calle 26 Villa Gloria Calle 20 Cra 24
Q. La Caraguaja	Residuos sólidos, plásticos y orgánicos Basurero Municipal	La Piscina Cra 7 calle 12 La Caraguaja Cra 9 calle 12 San Isidro 8. Cra 12 calle 13 San Isidro 8. Cra 15 calle 124 San Isidro 8. Cra 10 calle 12 Calle 18. Q. La Caraguaja
Q. San Isidro	Residuos sólidos, plásticos y orgánicos	Callejón de las Viudas San Isidro 8. Calle 11 Cra 10
Q. La Pegajosa Barrio San Isidro	Cascarilla de arroz, residuos sólidos, plásticos y orgánicos	Molino perla de Mulla Cancha el zancudo
Barrio El Jardín	Residuos sólidos, plásticos y orgánicos	Calle 36 Cra 14

Tabla 358. Focos de contaminación Municipio de Campoalegre - Huila
Fuente. Ajuste del Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio De Campoalegre, 2005

Debido a lo anterior se destaca como proceso para manejar el hecho de que en la actualidad el municipio de Campoalegre no cuenta con la presencia de organizaciones ambientales, que velen por el cumplimiento de la normatividad vigente y que replique el buen uso de los recursos naturales.

Como parte inicial y fundamental en el manejo de los impactos ambientales generados en la cuenca de Rio Frio Campoalegre y a su proceso de ordenación es importante continuar por parte de la empresa de servicios públicos y la autoridad ambiental la concientización ambiental a la comunidad a cerca de la necesidades de hacer uso sostenible de los recursos naturales que se encuentra en la cuenca. Además de campañas de uso eficiente de agua.

4.3.5. Unidades de Zonificación Ambiental

Finalizando con el estudio de zonificación Ambiental, se pretende mediante la información recopilada, el trabajo de Campo realizado y la superstición de mapas de la Cartografía generada por el Plan Básico de ordenamiento territorial, analizar las unidades de zonificación, las cuales se presentan a continuación.

ZONIFICACIÓN AMBIENTAL "Cuenca Hidrográfica Rio Frio – Campoalegre"			
DESCRIPCIÓN		**SÌMBOLO**	**ÀREA DE LA CUENCA KM²**
Áreas de conservación y protección del medio ambiente y los recursos naturales	Área Ambiental Forestal Protectora	AFPt	19,0507903
	Área ambiental productora protectora	AFPdPt	2,2709425
Áreas de aptitud para el desarrollo socioeconómico	Áreas de producción agropecuaria bajas	APAB	3,0825291
	Áreas de producción agropecuaria media	APAM	20,4422219
	Áreas de producción agropecuaria intensiva	APAI	8,7032793
Área proyectada para el crecimiento demográfico.	Zona de expansión Urbana	ZEU	2,5345878

Tabla 359. Unidades de Zonificación Ambiental Rio Frio - Campoalegre
Fuente. FUNDISPROS, 2014

4.3.6. Mapa de Zonificación Ambiental Cuenca Hidrográfica "Rio Frio – Campoalegre"

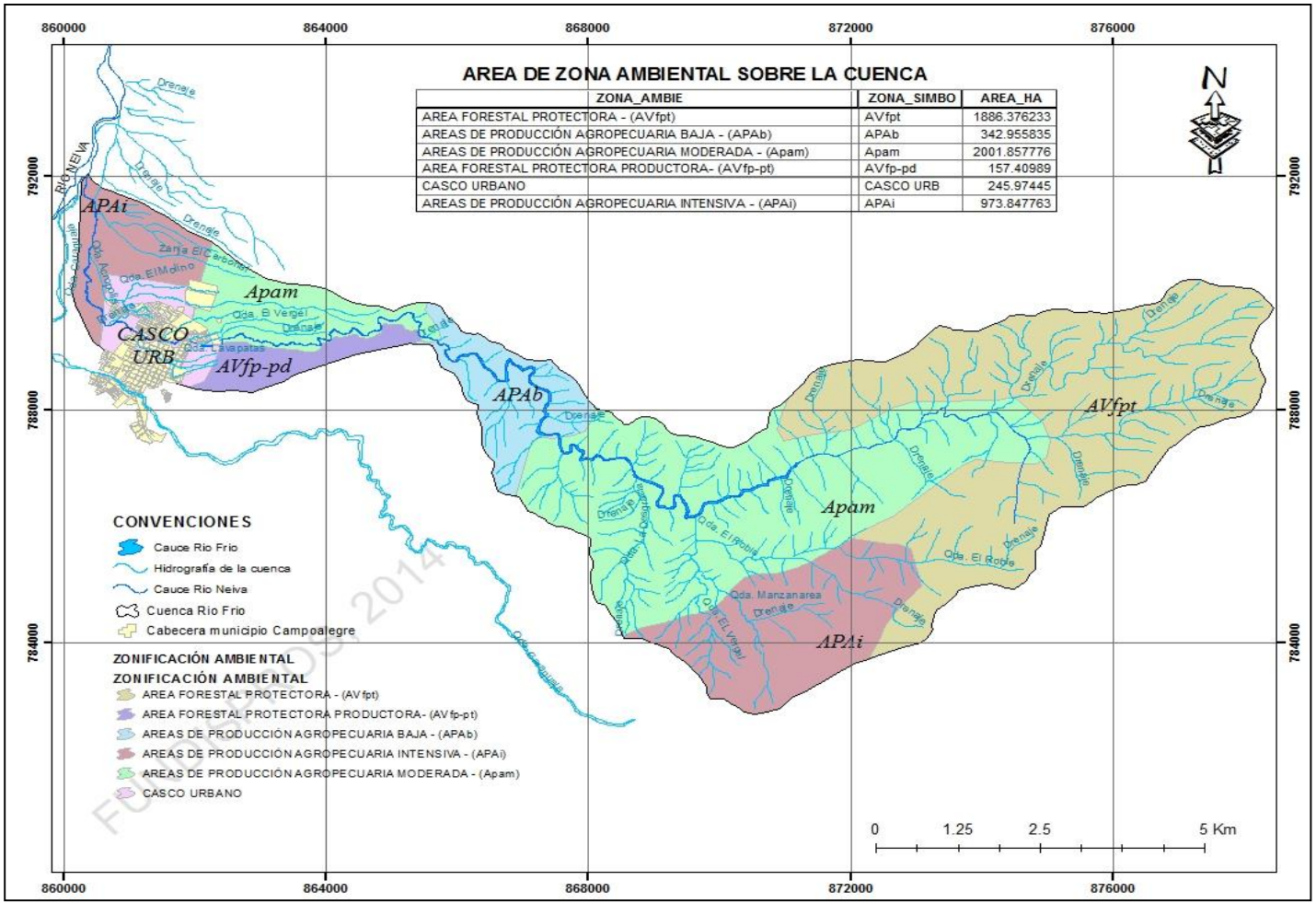


Figura 80. Plano de Zonificación Ambiental cuenca Hidrográfica – Río Frío Campoalegre
Fuente. FUNDISPROS, 2014

5. CARTOGRAFÍA Y SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRÁFICA

Para la estructuración y desarrollo del sistema de información geográfica del presente proyecto, se estableció la metodología descrita a continuación.

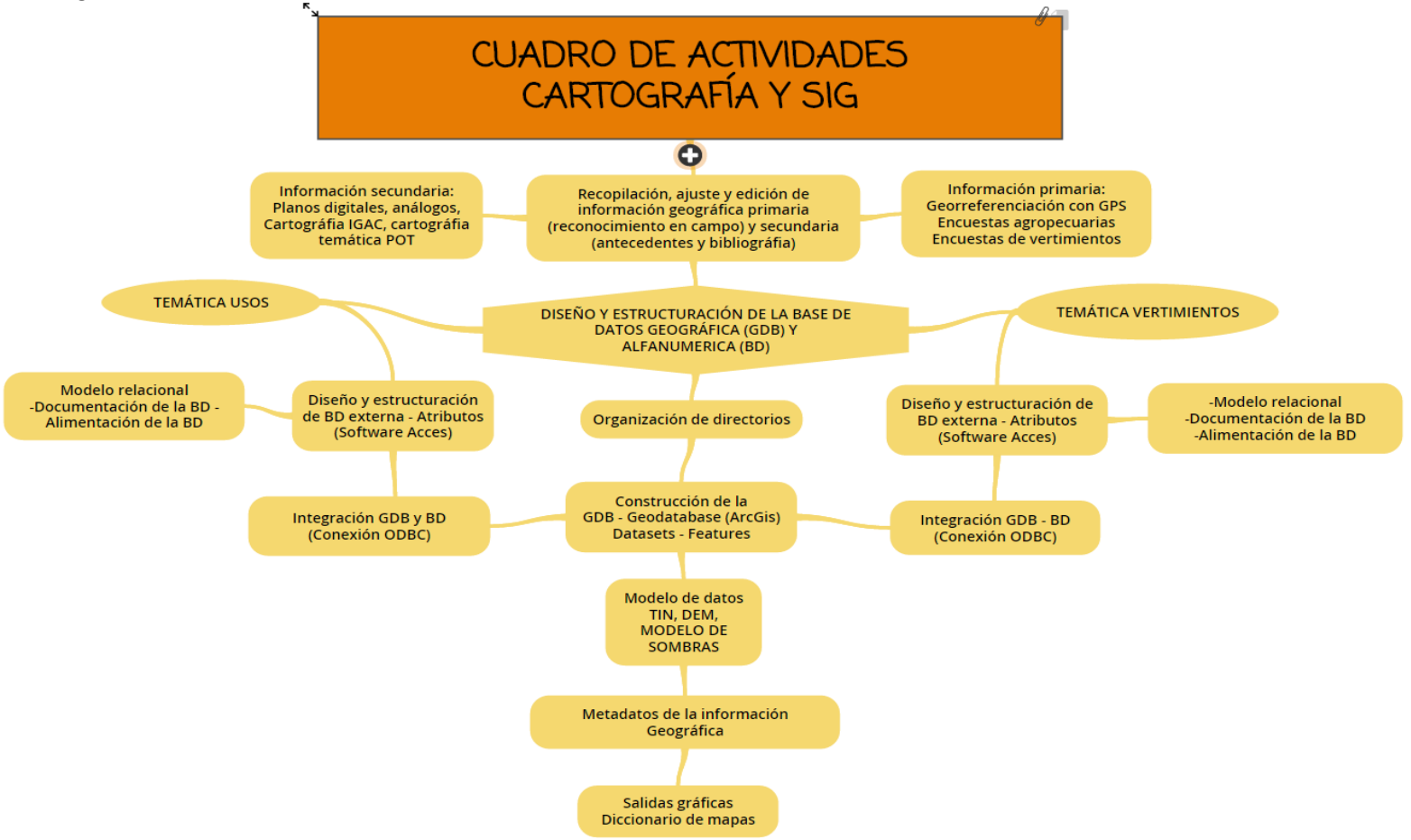


Figura 81. Actividades SIG desarrolladas en el PORH
Fuente: FUNDISPROS, 2014

5.1. RECOPILACIÓN, AJUSTE, ESTRUCTURACION Y EDICION DE INFORMACIÓN.

Para el desarrollo del presente trabajo se hizo necesario la recopilación, ajuste, edición y validación de información primaria y secundaria. Toda la información recolectada puede ser validada y considerada confiable en todo sentido ya que los datos provienen de fuentes precisas y reglamentadas bajo normas técnicas.

5.1.1. Información primaria:

Se consideró información primaria aquella recolectada directamente de la zona de estudio, mediante inspección ocular, llenado de encuestas, georreferenciación de puntos, aforos puntuales, muestras de suelos, archivo fotográfico, etc; para esto se acopio la siguiente información.

- Información geográfica y alfanumérica proveniente de la georreferenciación metro a metro del cauce principal de la corriente del rio.
- Información geográfica y alfanumérica proveniente de la georreferenciación de canales de conducción de agua (canales principales, secundarios)
- Información de identificación de usuarios mediante el diligenciamiento del formato de encuesta agropecuaria.
- Información geográfica y alfanumérica proveniente de la localización y georreferenciación de obras hidráulicas para usos (derivaciones, tomas prediales, bocatomas, aforadores, etc.), ubicadas sobre el cauce principal del rio y los canales de derivación, al igual que identificación mediante diligenciamiento de encuesta (***Anexo 1***)
- Información geográfica y alfanumérica proveniente de la georreferenciación de canales de conducción de agua residuales y sus respectivos focos generadores.
- Información de identificación de focos generadores de vertimientos mediante encuesta de vertimientos.

Para los procesos de georreferenciación se utilizó el GPS NAVA 600, con receptor de alta sensibilidad y precisión de 3 – 7 metros; para la captura de coordenadas se utilizó el sistema de referencia WGS 84 y posteriormente los datos almacenados se proyectaron al datum del observatorio astronómico de Bogotá, utilizando para ello el sistema de coordenadas planas conforme de gauss y en elocuencia con el protocolo de entrega de información cartográfica y SIG de la CAM. (CAM, 2009)

5.1.2. Información secundaria:

Se consideró información secundaria aquella procedente de fuentes que ya habían recolectado los datos. Estas fuentes son en su mayoría de carácter institucional y proporcionan información como:
Cartografía base del IGAC, escala 1:25000, de la cual se extrajeron, ajustaron, almacenaron y agruparon por temáticas las planchas 345-I-B, 345-II-A, 345-II-B, 345-I-D, 345-II-C, 345-II-D, 345-III-B, 345-IV-A, 345-IV-B, 345-IV-C, que corresponden y contienen información cartográfica del municipio de Campoalegre.

La siguiente imagen ilustra la distribución espacial de las planchas cartográficas IGAC 25000 de las cuales se extrajo la cartografía básica implementada en el desarrollo de este proyecto.

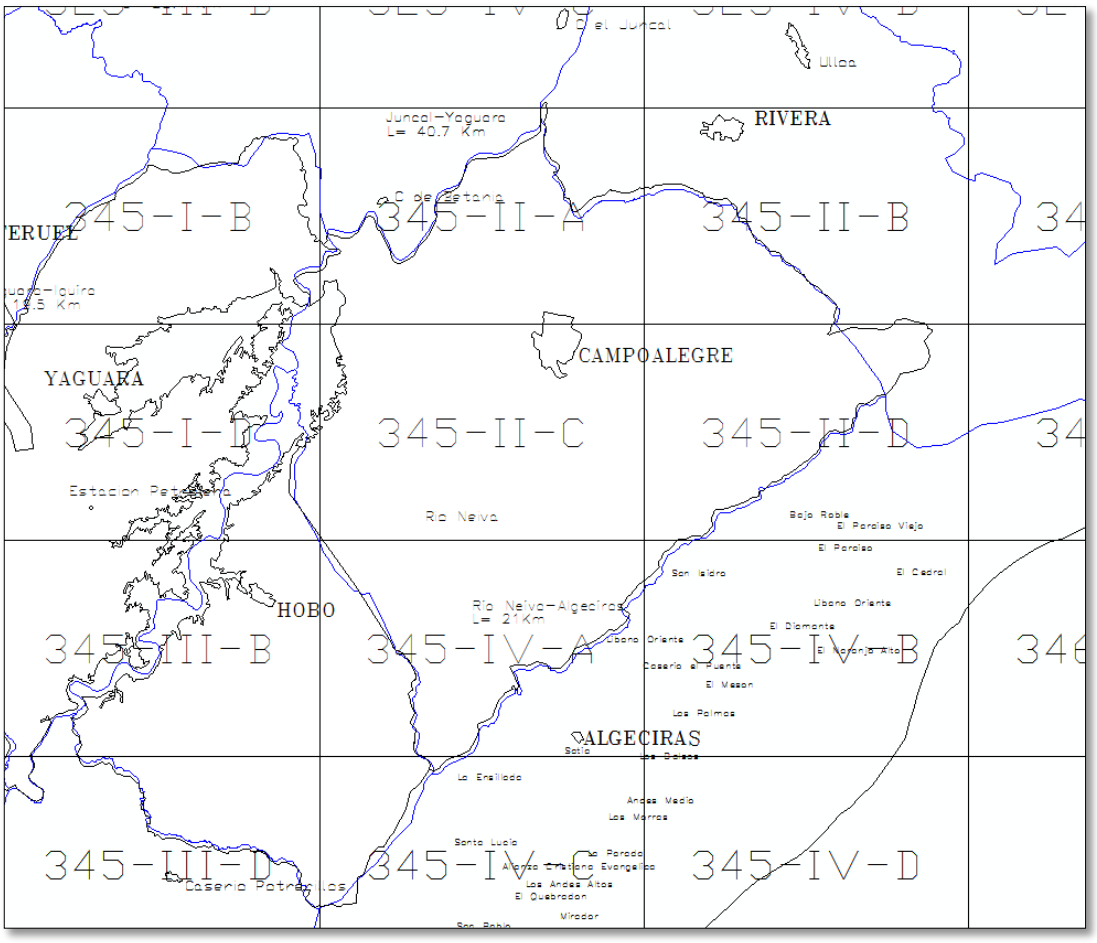


Figura 82. Localización de planchas IGAC 1:25.000 para el municipio de Campoalegre
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Otras fuentes utilizadas para la extraccion de informacion son la siguientes:

- Cartográfia base del Esquema de Ordenamiento Territorial y Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Campoalegre de los años 1999 y 2005.
- Modelo digital de elevación - Imagen Aster Gdem ASTGTM_N02W076_dem.
- Información catastral correspondiente a la zona rural del municipio de Campoalegre y cartografía base municipal y veredal del Huila, además de la extraída del Sistema de Información Geográfico para el Ordenamiento Territorial-SIGOT (Codazzi, SIGOT, 2014).
- Levantamientos topográficos con información predial aportada por usuarios en formato análogo.
- Planchas catastrales de la zona de influencia del cauce del Rio Frio que provee el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

5.1.3. Edición y ajuste de información geográfica

Al utilizarse diferentes fuentes de información, fue necesario llevar a cabo actividades de edición, ajuste y estructuración de toda la información, algunas de las actividades realizadas fueron:

1. Descarga de información en formato gpx
2. Procesos de vectorización para planos análogos aportados por los usuarios, para los cuales se realizaron tareas de escaneo, georreferenciación y digitalización de la información.
3. Migración de información en formato DWG (AutoCad) a formato DXF(archivo de intercambio), para posteriormente utilizando ArcGis 10.3 exportarlo a formato Feature Class para ser almacenada en una Personal Geodatabase).
4. Para información en formato shapefile y feature class, se verificaron aspectos de consistencia lógica de los atributos, exactitud temática y topológica.
5. Extracción de curvas de nivel del modelo digital de elevación ASTER GDEM (ASTER Global Digital Elevation Model) para la zona de influencia del proyecto. Este mapa topográfico digital fue creado con imágenes estéreo recogidas por el radiómetro japonés llamado ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) y ofrecen resolución espacial de 30 metros.
6. Suavizado de polilineas y polígonos; labor realizada para los puntos obtenidos con GPS del cauce principal del rio, conducciones primarias y secundarias (usos y vertimientos) y curvas de nivel obtenidas de la imagen ASTER-GDEM. Esta actividad se realiza con el fin de suavizar ángulos cerrados para mejorar la calidad estética o cartográfica de las entidades.
7. Todas las entidades que hacen parte de la base de datos geografica se proyectaron y ajustaron al sistema de referencia exigido por el protocolo de entrega y manejo de la información geográfica de la CAM código I-CAM-017, Datum Bogotá Observatorio (ver Figura 83). (CAM, 2009)

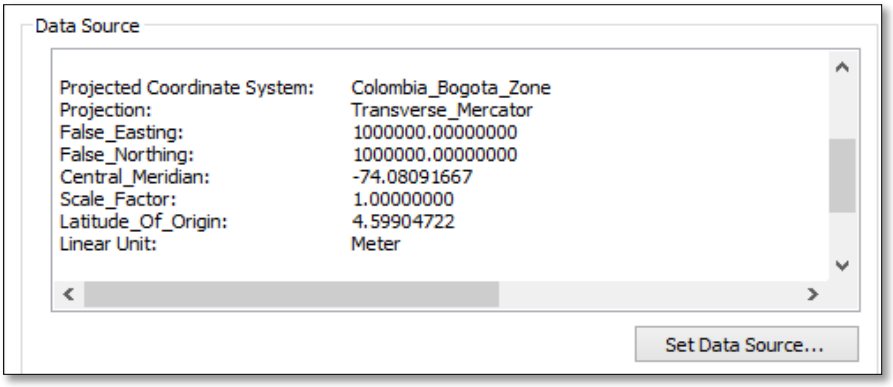


Figura 83. Información de referencia para cada entidad de la GDB
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Todas las capas/entidades se exportaron a la Geodatabase GDB_0312_R_O_RIO_FRIO_CAMPOALEGRE mediante la utilización de ArcCatalog, con el fin de almacenar toda la información geográfica del proyecto por tematicas según los parámetros exigidos por el protocolo de entrega de información geográfica de la CAM. (CAM, 2009)

La ruta de acceso para esta base de datos es la siguiente: 1. RIO FRIO CAMPOALEGRE/\SIG_RIO_FRIO_CAMPOALEGRE/SIG_ORDENAMIENTO_REGLAMENTACION/GDB/GDB_0312_R_O_RIO_FRIO_CAMPOALEGRE

5.1.3.1. Edición y ajuste de información predial

Para la captura, ubicación y estructuración en el SIG de la cartografía predial de los terrenos ubicados en el área de influencia de la corriente Río Frío y que tienen concesión de aguas, se realizaron los siguientes procedimientos:

- Digitalización y vectorización en formato shapefile de planchas catastrales rurales suministradas por el IGAC de la zona de influencia del proyecto.
- Consultas de información jurídica - catastral de predios en el GEOPORTAL del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
  Disponible en línea en el siguiente link:
  http://geoportal.igac.gov.co/ssigl2.0/visor/galeria.req?mapaId=23

- Digitalización y vectorización de planos topográficos análogos aportados por los usuarios.
- Georreferenciación con GPS.
- Una vez almacenada la información geográfica en la personal geodatabase se verificó la consistencia lógica de los atributos, la exactitud temática y la topológica por medio de las siguientes sentencias.

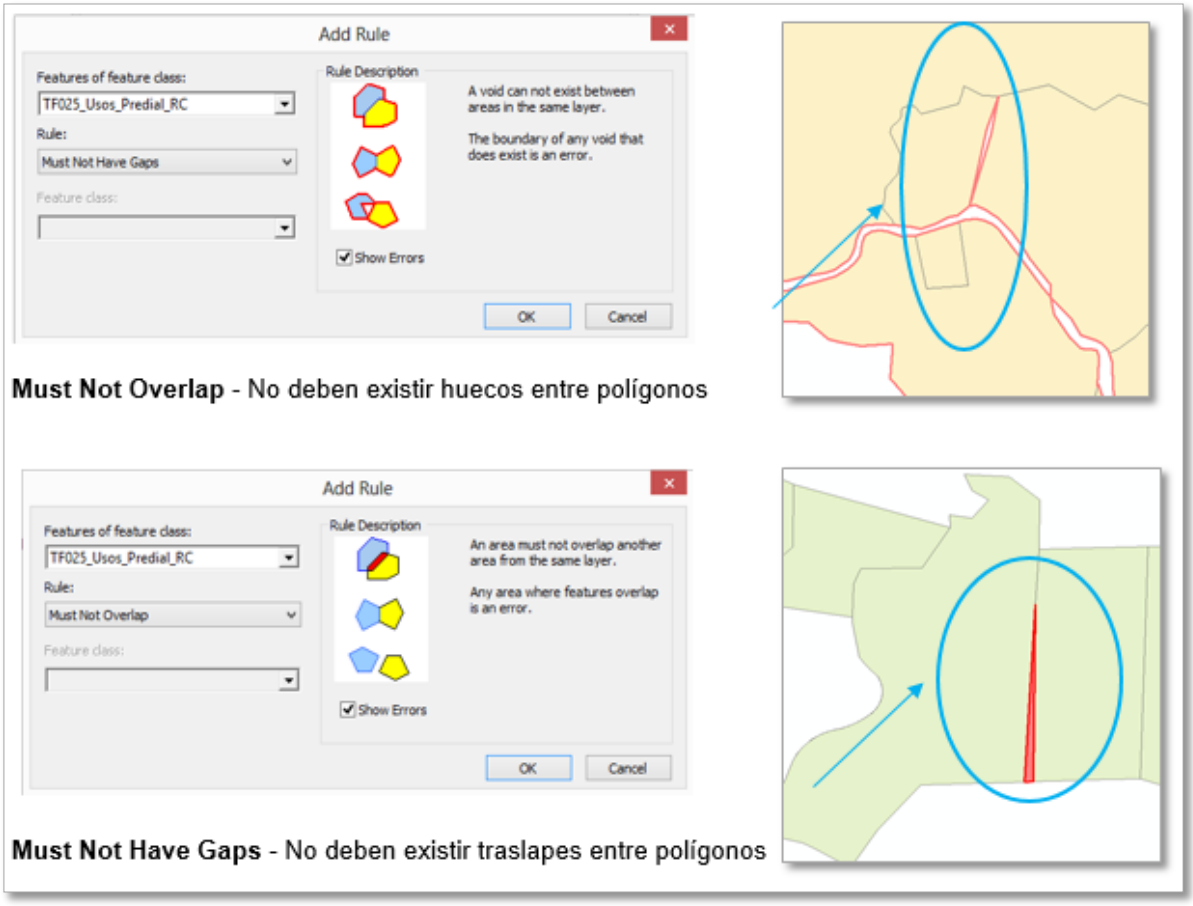


Figura 84. Sentencias utilizadas para calidad topológica entre entidades con geometría "polígono"
Fuente: FUNDISPROS, 2014

5.2. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRAFÍCA

5.2.1. Estructuración de directorios

Para el manejo y almacenamiento de la información cartográfica generada en el desarrollo de este proyecto, se siguió el protocolo para la entrega y manejo de la información cartográfica y SIG de la Corporación Autónoma Regional del Alto

Magdalena -CAM (Código I-CAM-017; Versión 1; fecha 29 de octubre de 2009) y se definió la estructura de almacenamiento de la información en directorios independientes, según fueron utilizados e implementados en el SIG. (Ver Figura 85) (CAM, 2009)

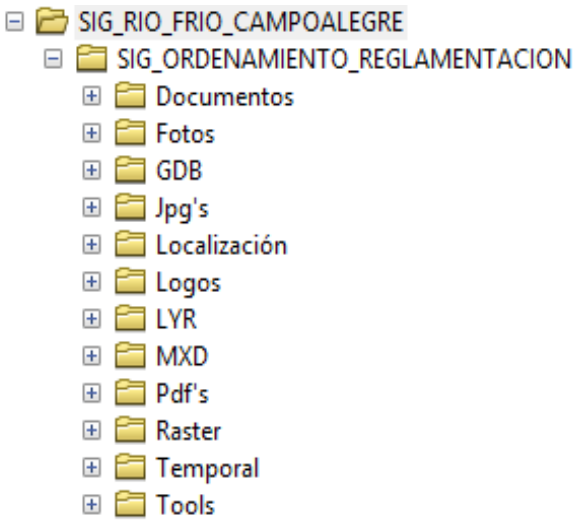


Figura 85. Esquema general para el almacenamiento de la información de usos y vertimientos
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Cada una de las carpetas contiene la información que a continuación se describe:

Documentos
En esta carpeta se encuentran todos los documentos en formato Word, generados y obtenidos durante el proceso SIG: informes y Model Maker para la obtención de MDE.

Fotos
En esta carpeta se almacena el archivo fotográfico en formato jpg, obtenido en el transcurso del trabajo en campo; dentro de esta carpeta se encuentran dos subcarpetas una con el nombre “usos” y otra “vertimientos” ; En la carpeta vertimientos se almacenaron 93 archivos concernientes a los 64 vertimientos identificados y a los drenajes o tributarios de mayor interés; dentro de esta carpeta también se almacenó otra de nombre OBRAS_HIDRAULICAS_VERTIMIENTOS, la cual contiene fotografías en formato .jpg de obras hidráulicas identificadas en conducciones de aguas residuales.

En la carpeta usos, se almaceno el archivo fotográfico de la reglamentación el cual se encuentra clasificado por tomos. Cada una de las imágenes cuenta con su respectivo Id y nombre; cada foto contiene un archivo auxiliar en formato xml que lo conecta con la Personal Geodatabase, enlazado por medio de un campo raster a cada uno de los puntos espacialmente refrenciadps en el SIG.

GDB

Esta carpeta contiene la personal Geodatabase en formato mdb, donde está almacenada la información espacial según el modelo de Geodatabase suministrado por la CAM, el nombre de la base de datos geográfico es gdb_0312_R_O_RF.mdb. En esta carpeta se almacenó también las dos bases de datos credas para el ingreso de información recopilada en campo, las cuales se diseñaron en formato Access, son tablas sin referencia espacial pero si con un código que la relaciona con un determinado elemento geográfico según la temática, de este modo se tiene una para la temática "usos" (DB_0312_REGLAMENTACION_RF) y otra para "vertimientos" (DB_0312_VERTIMIENTOS_RF).

Jpg's

En esta carpeta se encuentran almacenadas dos carpetas, una con el nombre "otros - figuras cartográficas" que contiene las figuras usadas en los documentos y en los espacios de participación, es una figura adimensional, es decir sin escala referida; otra carpeta con el nombre "figuras para metadatos" que almacena las figuras usadas para documentar los feature class. Todos los archivos se almacenan en formato jpg .

Localización

En esta carpeta se almacenó a la información en formato shapefile utilizada para realizar la localización nacional, departamental y regional del área de estudio.

Logos

En esta carpeta se encuentran los logos de las entidades participantes en el desarrollo del proyecto y que han de ser incluidos en la estructura grafica de los mapas. En este proyecto los logos de la CAM y de FUNDISPROS.

Layer

En esta carpeta se almacena simbología y etiquetas predeterminadas, que ilustran los componentes geométricos y sus atributos en los mapas; se usan cuando se quiere usar continuamente las mismas simbologías y se almacenan en archivos extensión o formato lyr. Los archivos de estilo **LYR** no son archivos shapefiles. Corresponden a "máscaras" que asignan estilos y tramas a nuestra cartografía. Para este proyecto se crearon dos carpetas una con el nombre "usos" y otra con el nombre "vertimientos", que almacenan la información de referencia respectivamente.

Mxd

Almacena los proyectos en formato MXD desarrollados en Arc Map para la visualizar la información espacial; son mapas dinámicos administrados por medio de índices de mapas creados con la herramienta Data Drive Pages de Arctoolbox. Los proyectos en formato MXD se almacenaron por temáticas en 2 subcarpetas "usos y vertimientos" la cual almacena los proyectos en formato mxd para la creación de mapas finales y otra denominada "otros – figuras cartográficas", que almacena los

proyectos en formato mxd de las figuras cartográficas creadas para el desarrollo de informes.

Pdf's
En esta carpeta se encuentran almacenadas en formato pdf los mapas finales desarrollados durante el proyecto. el número de mapas finales en formato Pdf corresponde al número de proyectos en formato MXD almacenados en la carpeta usos vertimientos.

Raster
En esta carpeta se encuentra la información en formato raster (Imágenes de satélite, modelo digital de elevación, mapa de sombras, etc.) utilizados en el desarrollo del proyecto, estos productos se almacenan en formato Tiff.

Tools
En esta carpeta se encuentra la información en formato raster (Imágenes de satélite, modelo digital de elevación, mapa de sombras, etc.) utilizados en el desarrollo del proyecto, estos productos se almacenan en formato Tiff.

5.2.2. Diseño de la base de datos

La recopilación de la información del proyecto y su posterior procesamiento es una parte fundamental, esta actividad solo se pude llevar a cabo mediante la utilización de programas que administren eficientemente la información, para esto existen las bases de datos, las cuales necesitan ser estructuradas y diseñadas para cada fin específico, en el caso del presente proyecto se optó por la utilización del software ArcGis para la estructuración de la base de datos geográfica en formato mdb, la cual contiene la información geográfica y alfanumérica de las entidades espaciales agrupadas por temáticas para el desarrollo del proyecto y Microsoft Access 2013 para el diseño de la base de datos externa relacional con información procedente de las encuestas agropecuarias y de vertimientos, la cual almacena la información en forma de tablas sin referencia espacial, pero si con un código o llave primaria que la relaciona con un determinado elemento geográfico contenido en otro archivo.

El propósito del diseño de esta base de datos descriptiva consiste en poder integrarla efectivamente con las tablas de atributos internos de las entidades geográficas utilizadas en el Sistema de Información Geográfica. En cualquier caso, las tablas obtenidas en la base de datos alfanumérica y la base de datos geográfica no se diferencian en absoluto, ni tienen ninguna otra característica especial, salvo que todos los datos de la base de datos geográfica tienen una referencia espacial o territorial.

Para el desarrollo de este proyecto se crearon 2 bases de datos descriptivas, una para la temática "Usos" y otro para la temática "Vertimientos", enlazadas a una sola estructura de base de datos geográfica por medio de la creación de una llave.

Para los temáticos usos:
BD_RIO_FRIO_CAMPOALEGRE_CONTRATO_0312-2013_USOS
Para los temáticos vertimientos:
BD_RIO_FRIO_CAMPOALEGRE_CONTRATO_0312-2013_VERTIMIENTOS
Base de datos geográfica:
GDB_0312_R_O_RIO_FRIO_CAMPOALEGRE

5.2.2.1. Estructura de la base datos externa de atributos - USOS

Para el manejo de la información no espacial procedente de las encuestas agropecuarias, se diseñó una base de datos externa en Microsoft Acces con el nombre "BD_RIO_FRIO_CAMPOALEGRE_CONTRATO_0312-2013_USOS" en donde se almacenó toda la información no espacial recolectada en campo; siguiendo los lineamientos metodológicos se realizó el diseño matriz para la creación de la base de datos en Microsoft Acces, con sus respectivas tablas y vínculos relacionales. Esta base de datos se alimenta en forma de cascada mediante tablas conectadas con llaves primarias. Para la conexión con la base de datos geográfica, la tabla CONCESIONES_PREDIO de Microsoft Acces, posee un ID único que se encuentra relacionado con un ID único del feature class TF025_Usos_Predial_RF, que posteriormente se conecta a la base de datos geográfica mediante la conexión OLE DB "**Microsoft Office 12.0 Acces Database Engine OLE DB Provider**" de ArcCatalog para la generación de consultas.

El producto obtenido en esta actividad corresponde al diseño de la matriz con sus respectivas, tablas, vínculos relacionales y consultas, conforme a esto la información es ordenada de tal manera que se torna de fácil acceso.

5.2.2.1.1. Esquema relacional de la base de datos para – USOS

El esquema relacional de la base de datos ayuda a agrupar de forma lógica la información recopilada en la encuesta agropecuaria, agilizando la búsqueda de la información y minimizando los errores por repetición o duplicación de datos; Para la temática usos se desarrollaron 8 tablas con identificadores claves para llevar a cabo el enlace y la comunicación entre ellas mismas por medio de llaves o identificadores únicos (primary key); estas tablas son: MUNICIPIO, VEREDA, PREDIOS_CONCESIONES, PROPIETARIO, INFORMACION_DEL_AGUA, USOS, CULTIVOS Y PRODUCCION_PECUARIA, las cuales funcionan en eslabón con relaciones uno a muchos que organizan los datos de acuerdo a la jerarquía con la que se va ingresando, simulando un efecto cascada. La información debe ser ingresada desde la tabla PREDIOs_CONCESIONES. La Figura 86, ilustra el esquema relacional de la BD USOS.

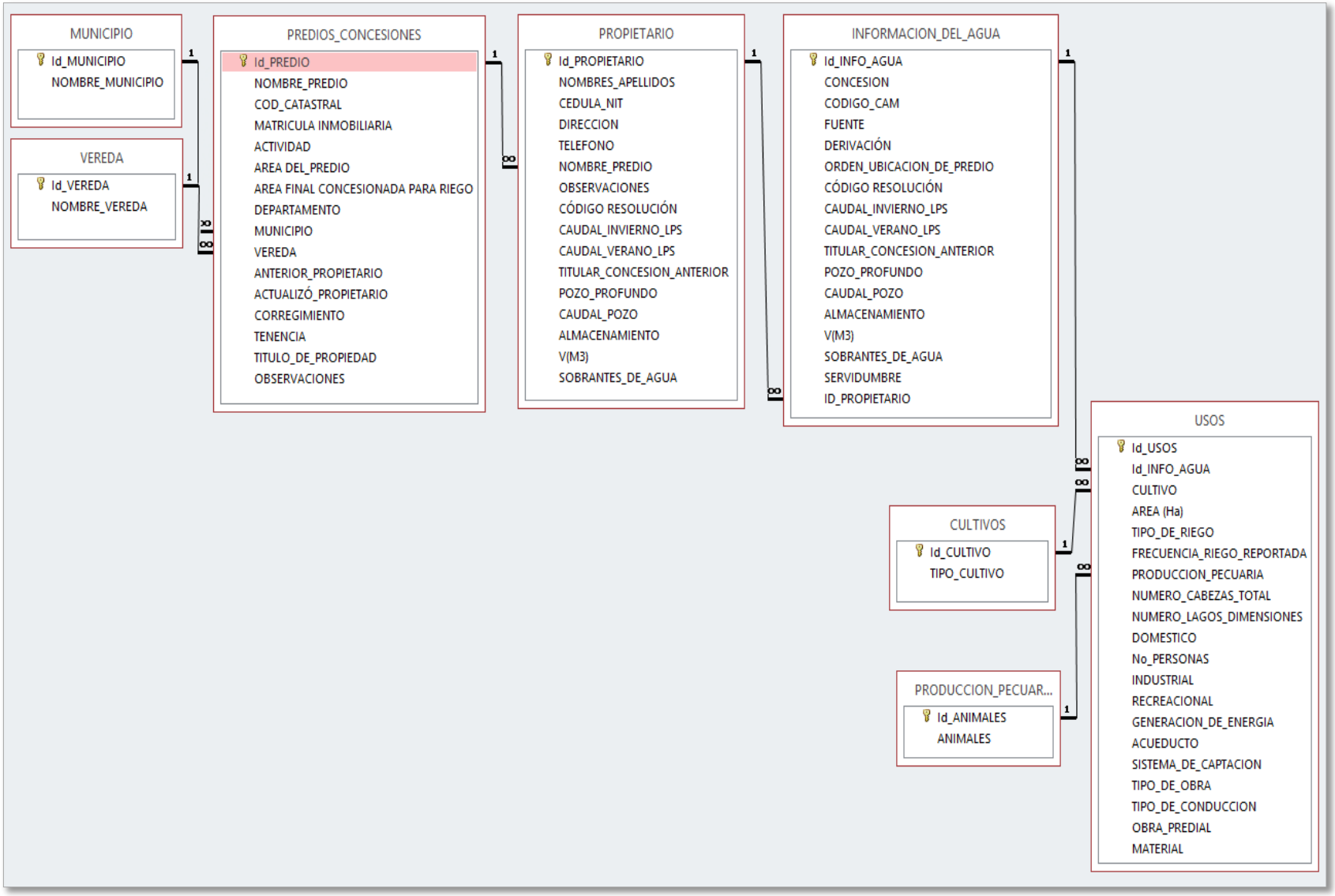


Figura 86. Esquema relacional de la base de datos de atributos para la temática "USOS"
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

5.2.2.1.2. Documentación de la base de datos "USOS"

Tablas:

Una tabla de una base de datos es similar en apariencia a una hoja de cálculo, en cuanto a que los datos se almacenan en filas y columnas. Para lograr la máxima flexibilidad para una base de datos, la información tiene que estar organizada en tablas, para que no haya redundancias y se evite trabajar con una tabla de gran tamaño que entorpezca las actividades de ingreso y consulta de registros.

Cada fila de una tabla se denomina registro. En los registros es donde se almacena cada información individual. Cada registro consta de campos (al menos uno). Los campos corresponden a las columnas de la tabla. Los campos se deben configurar con un determinado tipo de datos, ya sea texto, fecha, hora, numérico, o cualquier otro tipo.

A continuación se describe de manera general la información contenida en los campos de las tablas que forman la base de datos descriptiva o externa.

MUNICIPIO

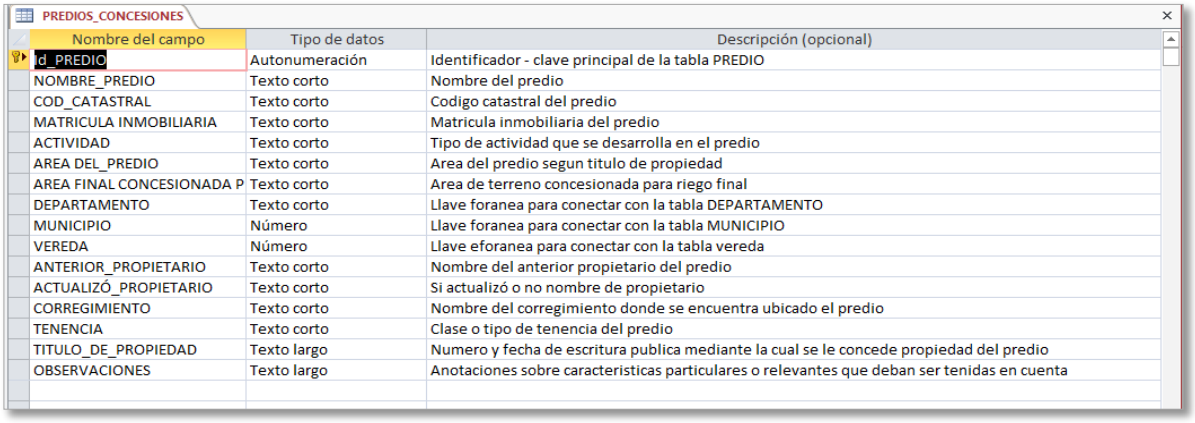
Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
Id_MUNICIPIO	Autonumeración	Identificador - Clave principal de la tabla municipio
NOMBRE_MUNICIPIO	Texto corto	Nombre del municipio donde esta ubicado el predio

Figura 87. Tabla MUNICIPIO
Fuente: FUNDISPROS, 2014

VEREDA

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
Id_VEREDA	Autonumeración	Identificador - Clave principal Tabla VEREDA
NOMBRE_VEREDA	Texto corto	Nombre de la vereda en la cual queda ubicado el predio

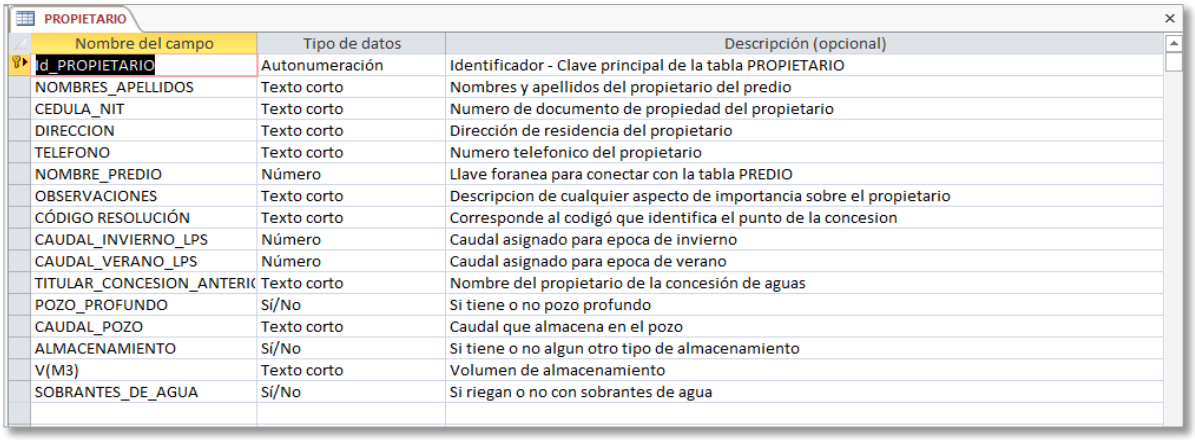
Figura 88. Tabla VEREDA
Fuente: FUNDISPROS, 2014



PREDIOS_CONCESIONES

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
Id_PREDIO	Autonumeración	Identificador - clave principal de la tabla PREDIO
NOMBRE_PREDIO	Texto corto	Nombre del predio
COD_CATASTRAL	Texto corto	Codigo catastral del predio
MATRICULA INMOBILIARIA	Texto corto	Matricula inmobiliaria del predio
ACTIVIDAD	Texto corto	Tipo de actividad que se desarrolla en el predio
AREA DEL_PREDIO	Texto corto	Area del predio segun titulo de propiedad
AREA FINAL CONCESIONADA P	Texto corto	Area de terreno concesionada para riego final
DEPARTAMENTO	Texto corto	Llave foranea para conectar con la tabla DEPARTAMENTO
MUNICIPIO	Número	Llave foranea para conectar con la tabla MUNICIPIO
VEREDA	Número	Llave eforanea para conectar con la tabla vereda
ANTERIOR_PROPIETARIO	Texto corto	Nombre del anterior propietario del predio
ACTUALIZÓ_PROPIETARIO	Texto corto	Si actualizó o no nombre de propietario
CORREGIMIENTO	Texto corto	Nombre del corregimiento donde se encuentra ubicado el predio
TENENCIA	Texto corto	Clase o tipo de tenencia del predio
TITULO_DE_PROPIEDAD	Texto largo	Numero y fecha de escritura publica mediante la cual se le concede propiedad del predio
OBSERVACIONES	Texto largo	Anotaciones sobre caracteristicas particulares o relevantes que deban ser tenidas en cuenta

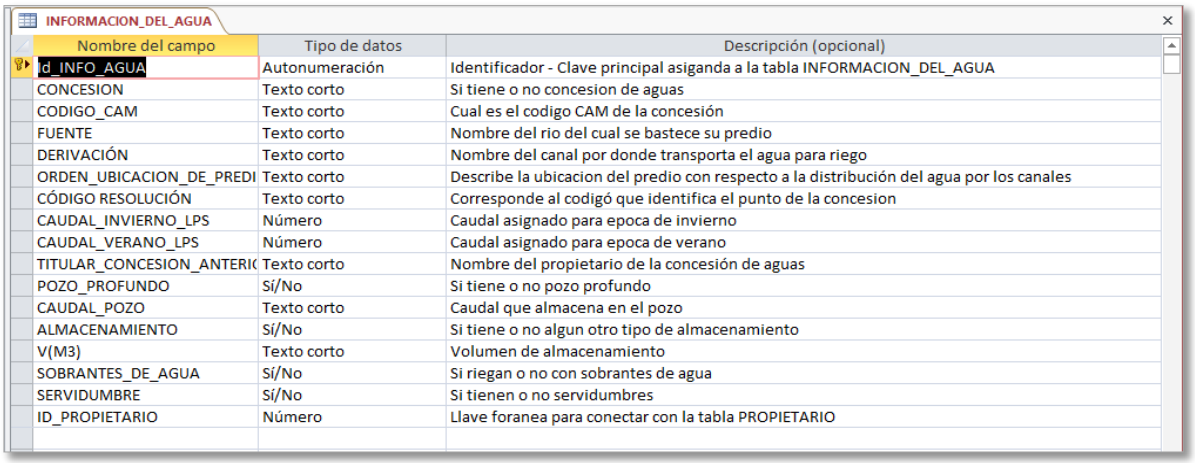
Figura 89. PREDIOS_CONCESIONES
Fuente: FUNDISPROS, 2014



PROPIETARIO

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
Id_PROPIETARIO	Autonumeración	Identificador - Clave principal de la tabla PROPIETARIO
NOMBRES_APELLIDOS	Texto corto	Nombres y apellidos del propietario del predio
CEDULA_NIT	Texto corto	Numero de documento de propiedad del propietario
DIRECCION	Texto corto	Dirección de residencia del propietario
TELEFONO	Texto corto	Numero telefonico del propietario
NOMBRE_PREDIO	Número	Llave foranea para conectar con la tabla PREDIO
OBSERVACIONES	Texto corto	Descripcion de cualquier aspecto de importancia sobre el propietario
CÓDIGO RESOLUCIÓN	Texto corto	Corresponde al codigó que identifica el punto de la concesion
CAUDAL_INVIERNO_LPS	Número	Caudal asignado para epoca de invierno
CAUDAL_VERANO_LPS	Número	Caudal asignado para epoca de verano
TITULAR_CONCESION_ANTERIO	Texto corto	Nombre del propietario de la concesión de aguas
POZO_PROFUNDO	Sí/No	Si tiene o no pozo profundo
CAUDAL_POZO	Texto corto	Caudal que almacena en el pozo
ALMACENAMIENTO	Sí/No	Si tiene o no algun otro tipo de almacenamiento
V(M3)	Texto corto	Volumen de almacenamiento
SOBRANTES_DE_AGUA	Sí/No	Si riegan o no con sobrantes de agua

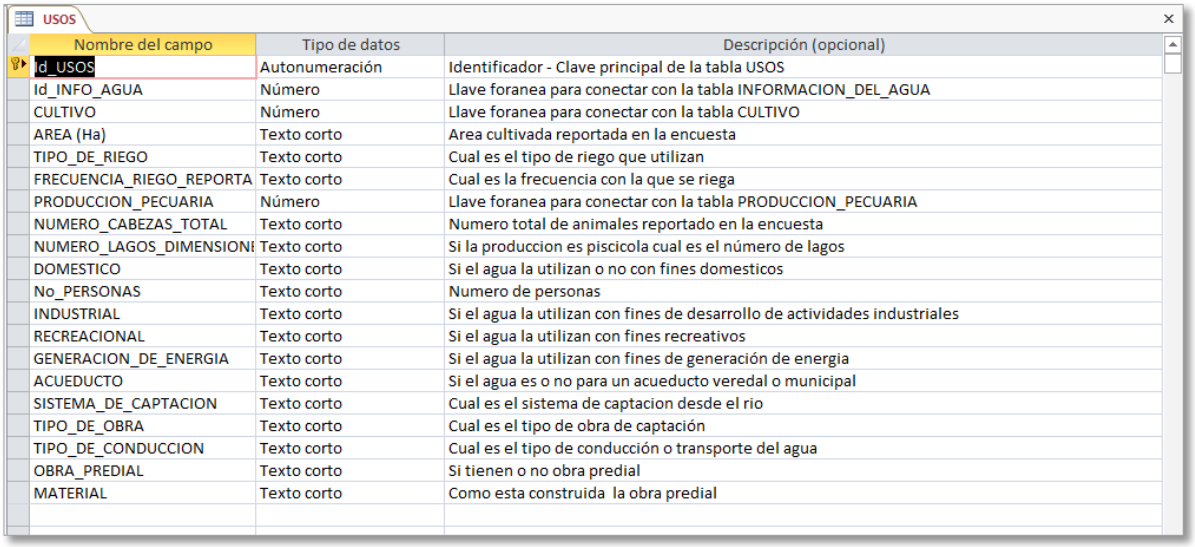
Figura 90. Tabla PROPIETARIO
Fuente: FUNDISPROS, 2014



INFORMACION_DEL_AGUA

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
Id_INFO_AGUA	Autonumeración	Identificador - Clave principal asiganda a la tabla INFORMACION_DEL_AGUA
CONCESION	Texto corto	Si tiene o no concesion de aguas
CODIGO_CAM	Texto corto	Cual es el codigo CAM de la concesión
FUENTE	Texto corto	Nombre del rio del cual se bastece su predio
DERIVACIÓN	Texto corto	Nombre del canal por donde transporta el agua para riego
ORDEN_UBICACION_DE_PREDI	Texto corto	Describe la ubicacion del predio con respecto a la distribución del agua por los canales
CÓDIGO RESOLUCIÓN	Texto corto	Corresponde al codigó que identifica el punto de la concesion
CAUDAL_INVIERNO_LPS	Número	Caudal asignado para epoca de invierno
CAUDAL_VERANO_LPS	Número	Caudal asignado para epoca de verano
TITULAR_CONCESION_ANTERIO	Texto corto	Nombre del propietario de la concesión de aguas
POZO_PROFUNDO	Sí/No	Si tiene o no pozo profundo
CAUDAL_POZO	Texto corto	Caudal que almacena en el pozo
ALMACENAMIENTO	Sí/No	Si tiene o no algun otro tipo de almacenamiento
V(M3)	Texto corto	Volumen de almacenamiento
SOBRANTES_DE_AGUA	Sí/No	Si riegan o no con sobrantes de agua
SERVIDUMBRE	Sí/No	Si tienen o no servidumbres
ID_PROPIETARIO	Número	Llave foranea para conectar con la tabla PROPIETARIO

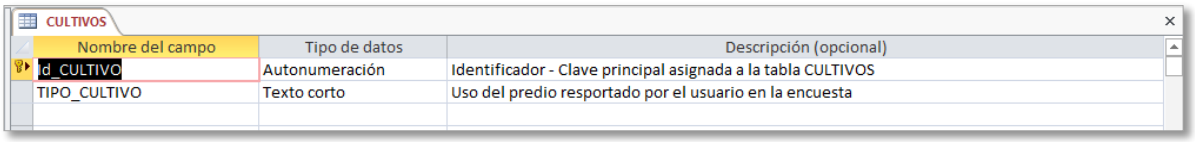
Figura 91. Tabla INFORMACION_DEL_AGUA
Fuente: FUNDISPROS, 2014



USOS

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
Id_USOS	Autonumeración	Identificador - Clave principal de la tabla USOS
Id_INFO_AGUA	Número	Llave foranea para conectar con la tabla INFORMACION_DEL_AGUA
CULTIVO	Número	Llave foranea para conectar con la tabla CULTIVO
AREA (Ha)	Texto corto	Area cultivada reportada en la encuesta
TIPO_DE_RIEGO	Texto corto	Cual es el tipo de riego que utilizan
FRECUENCIA_RIEGO_REPORTA	Texto corto	Cual es la frecuencia con la que se riega
PRODUCCION_PECUARIA	Número	Llave foranea para conectar con la tabla PRODUCCION_PECUARIA
NUMERO_CABEZAS_TOTAL	Texto corto	Numero total de animales reportado en la encuesta
NUMERO_LAGOS_DIMENSIONE	Texto corto	Si la produccion es piscicola cual es el número de lagos
DOMESTICO	Texto corto	Si el agua la utilizan o no con fines domesticos
No_PERSONAS	Texto corto	Numero de personas
INDUSTRIAL	Texto corto	Si el agua la utilizan con fines de desarrollo de actividades industriales
RECREACIONAL	Texto corto	Si el agua la utilizan con fines recreativos
GENERACION_DE_ENERGIA	Texto corto	Si el agua la utilizan con fines de generación de energia
ACUEDUCTO	Texto corto	Si el agua es o no para un acueducto veredal o municipal
SISTEMA_DE_CAPTACION	Texto corto	Cual es el sistema de captacion desde el rio
TIPO_DE_OBRA	Texto corto	Cual es el tipo de obra de captación
TIPO_DE_CONDUCCION	Texto corto	Cual es el tipo de conducción o transporte del agua
OBRA_PREDIAL	Texto corto	Si tienen o no obra predial
MATERIAL	Texto corto	Como esta construida la obra predial

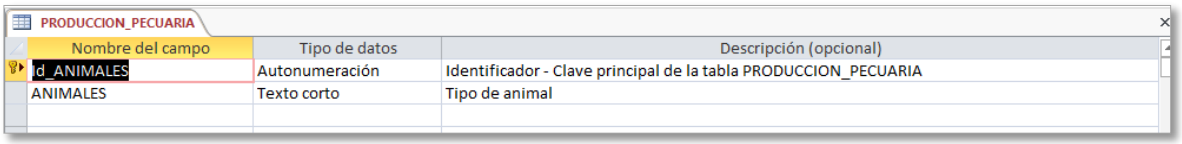
Figura 92. Tabla USOS
Fuente: FUNDISPROS, 2014



CULTIVOS

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
Id_CULTIVO	Autonumeración	Identificador - Clave principal asignada a la tabla CULTIVOS
TIPO_CULTIVO	Texto corto	Uso del predio resportado por el usuario en la encuesta

Figura 93. Tabla PRODUCCION CULTIVOS
Fuente: FUNDISPROS, 2014



PRODUCCION_PECUARIA

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
Id_ANIMALES	Autonumeración	Identificador - Clave principal de la tabla PRODUCCION_PECUARIA
ANIMALES	Texto corto	Tipo de animal

Figura 94. Tabla PRODUCCION_PECUARIA
Fuente: FUNDISPROS, 2014

5.2.2.1.3. Alimentación de la base de datos – Usos

La base de datos se alimentó conforme los usuarios suministraron la información necesaria para el registro de concesiones (plasmadas en el formulario de censo agropecuario). Una vez allegada cada formato de encuesta, se inició la digitalización de la información en la BD asignándole un identificador único desde la tabla PREDIOS_CONCESIONES, esta tabla genera los contadores o llaves únicas para cada una de las concesiones por predio, llave con un par igual dentro de la base de datos geográfica de la capa TF025_Usos_Predial_RF.

La BD cuenta con 139 registros en la tabla PREDIOS_CONCESIONES, la cual incluye los predios que no completaron el proceso para la asignación de caudal (ver

Tabla 15) y los predios que fueron identificados en campo por hacer uso del cauce hídrico para riego, pero nunca allegaron la documentación necesaria o manifestaron no estar interesados en quedar inscritos en el nuevo cuadro de distribución (ver

ID	PREDIO	PROPIETARIO	OBSERVACIÓN	
33	CESAR CASTRO ALVARADO	EL CUADRO	Frutales 0.50 ha; piscicultura 100 m2	El formulario de solicitud de concesión se diligenció a nombre de Cesar Castro Alvarado quien es el propietario actual del predio según información recopilada en campo por compra que hizo a Oliverio Fierro Barreiro anterior propietario. La solicitud la firmo el administrador del predio el señor Carlos Augusto Polania y se verificó que lo reportado es lo que tiene actualmente cultivado. Los propietarios no allegaron la documentación completa, por lo que no aparecen en el cuadro de distribución pero si se tiene en cuenta su solicitud en el estudio de demanda y se les reserva el agua.
37	EL MADROÑO	PEDRO IGNACIO DÍAZ RIVERA	Cacao 1 ha	El formulario de solicitud de concesión lo diligenció y firmó el señor Pedro Ignacio Díaz Rivera quien es el propietario actual del predio pero no allegó la documentación necesaria para la solicitud de concesión por lo que no aparecen en el cuadro de distribución pero si se tiene en cuenta su solicitud en el estudio de demanda y se les reserva el agua. En la encuesta solicita concesión para 1 ha de cacao.
53	MERCEDES FIERRO MEDINA SUC. SIXTO AURELIO FIERRRO MEDINA	EL PRESO, EL JARDÍN HOY LA POLANIA	Cacao 1.5 ha	El formulario de solicitud de concesión lo diligenció y firmó la señora Mercedes Fierro Medina quien según información recopilada en campo hace parte de la sucesión de Oliva Medina de Fierro quien era la anterior propietaria del predio la Polania con concesión de agua para riego de 1.5 ha de cacao, la cual es la misma área que se reporta en la solicitud de concesión. La propietaria no allegó ningún tipo de documento que acredite la titularidad del predio por lo que no aparecen en el cuadro de distribución pero si se tiene en cuenta su solicitud en el estudio de demanda y se les reserva el agua.
113	MARIANA RIVERA	LA VITRINA (PARCELACIÓN EL VISO)	Arroz 1.0 ha	El formulario de solicitud de concesión lo diligenció y firmó la señora Marian Rivera quien es la propietaria actual del predio según información recopilada en campo, pero no allegó la documentación necesaria para la solicitud de concesión por lo que no aparecen en el cuadro de distribución pero si se tiene en cuenta su solicitud en el estudio de demanda y se les reserva el agua. En la encuesta solicita concesión para 1 ha de arroz.

Tabla 13Tabla 15). En la BD también se incorporaron los nuevos usuarios localizados e identificados para la nueva reglamentación (ver Tabla 10).

5.2.2.2. Esquema relacional de la base de datos –VERTIMIENTOS

El esquema relacional de la base de datos descriptiva diseñada para el tema vertimientos, consta de 6 tablas con identificadores claves para llevar a cabo el enlace y la comunicación entre ellas mismas por medio de llaves o identificadores únicos (primary key); estas tablas son: VEREDA, MUNICIPIO, PREDIO_GENERADOR, PROPIETARIO, VERTIMIENTO y DETALLE DE VERTIMIENTO; estas tablas funcionan de eslabón con relaciones uno a muchos que organizan los datos de acuerdo a la jerarquía con la que se va ingresando, simulando un efecto cascada. La información de be ser suministrada desde la tabla

PREDIO_GENERADOR en cascada como lo indica el esquema relacional el cual se ilustra en la siguiente figura.

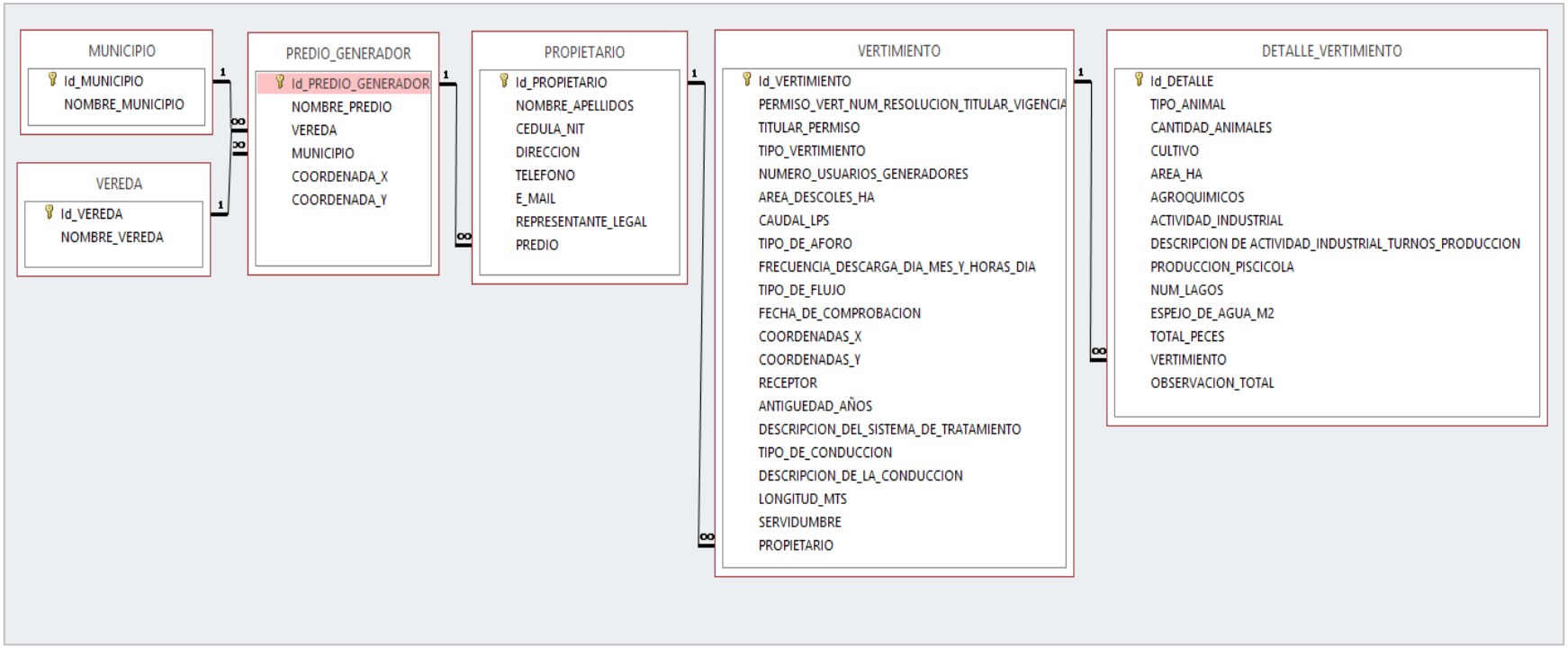


Figura 95. Esquema relacional de la base de datos de atributos para la temática "VERTIMIENTOS"
Fuente: FUNDISPROS, 2014.

5.2.2.2.1. Documentación de la base de datos "VERTIMIENTOS"

Tablas:
A continuación se describe de manera general la información contenida en los campos de las tablas que forman la base de datos descriptiva.

MUNICIPIO

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
Id_MUNICIPIO	Autonumeración	dentificador - Clave principal de la tabla MUNICIPIO
NOMBRE_MUNICIPIO	Texto corto	Nombre del municipio donde esta ubicado el predio

Figura 96. Tabla MUNICIPIO
Fuente: FUNDISPROS, 2014

VEREDA

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
Id_VEREDA	Autonumeración	Identificador - Clave principal de la tabla DEREDA
NOMBRE_VEREDA	Texto corto	Nombre de la vereda donde esta ubicado el predio

Figura 97. Tabla VEREDA
Fuente: FUNDISPROS, 2014

PREDIO_GENERADOR

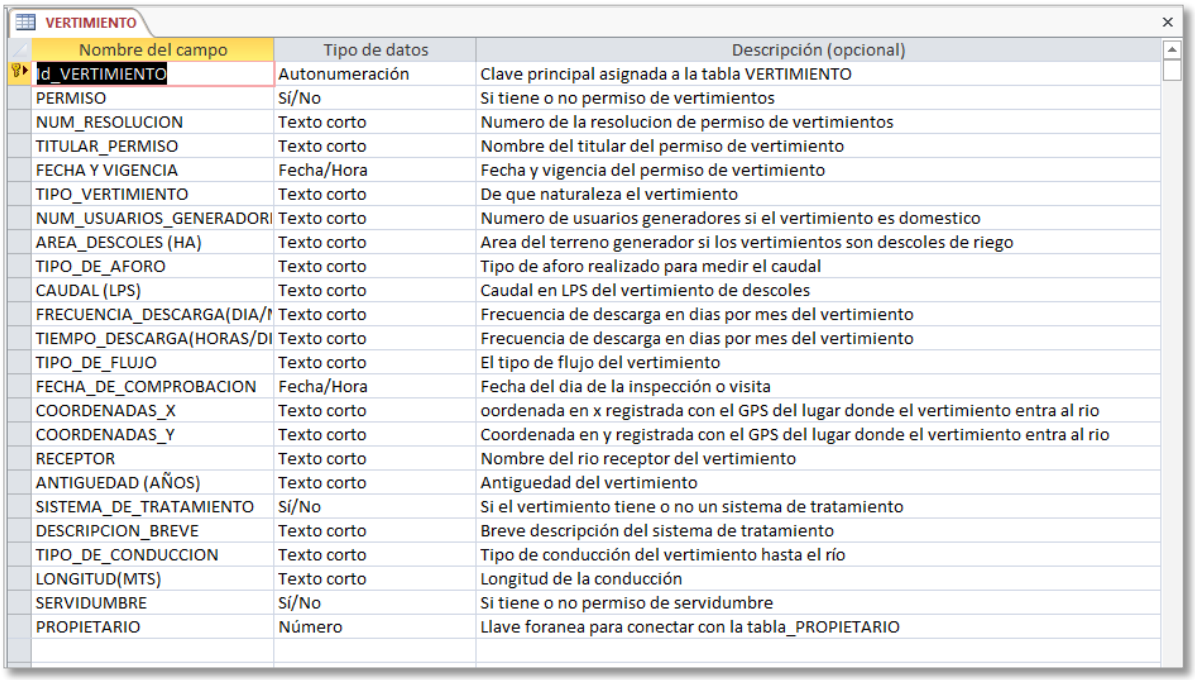
Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
Id_PREDIO_GENERADOR	Autonumeración	Identificador - Clave principal de la tabla PREDIO_GENERADOR
NOMBRE_PREDIO	Texto corto	Nombre del predio
VEREDA	Número	Vereda ubicación del predio
MUNICIPIO	Número	Municipio ubicación del predio
COORDENADA_X	Texto corto	Coordenada x indicada con el GPS
COORDENADA_Y	Texto corto	Coordenada y indicada con el GPS
ZONA	Texto corto	Zona en la que se encuentra ubicado el vertimiento

Figura 98. Tabla PREDIO_GENERADOR
Fuente: FUNDISPROS, 2014

PROPIETARIO

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
Id_PROPIETARIO	Autonumeración	Identificador - Clave principal de la tabla PROPIETARIO
NOMBRE_APELLIDOS	Texto corto	Nombre del propietario del predio
CEDULA_NIT	Texto corto	Documento de identidad del propietario
DIRECCION	Texto corto	Direccion de residencia del propietario
TELEFONO	Texto corto	Numero de telefonico del propietario
E-MAIL	Texto corto	Correo electronico del propietario
REPRESENTANTE_LEGAL	Texto corto	Nombre del responsable o representante legal del predio
PREDIO	Número	Llave foranea para conectar con la tabla_PREDIO

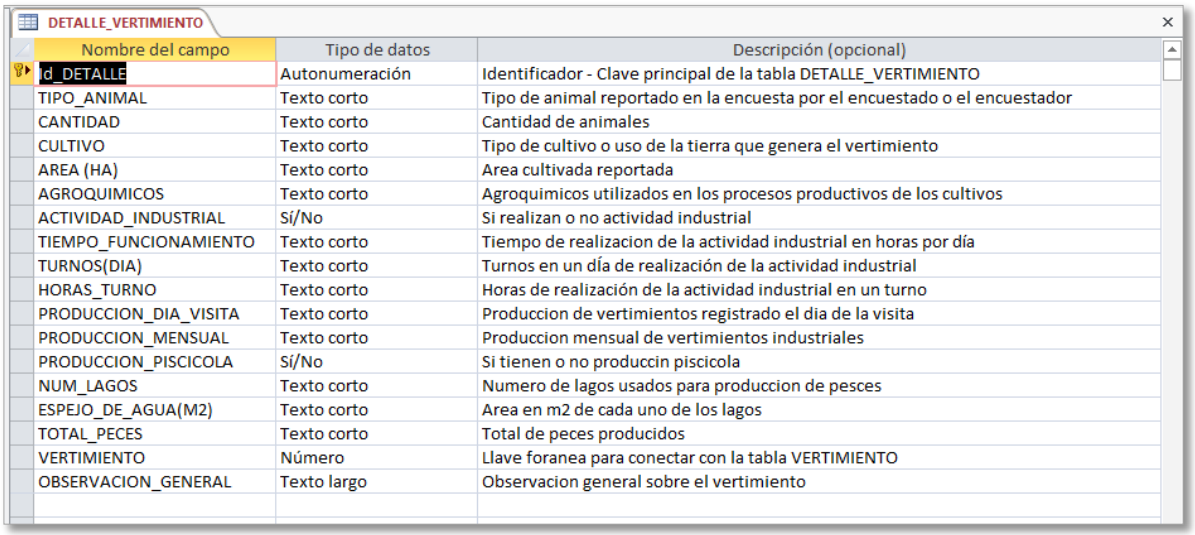
Figura 99. Tabla PROPIETARIOS
Fuente: FUNDISPROS, 2014



VERTIMIENTO

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
Id_VERTIMIENTO	Autonumeración	Clave principal asignada a la tabla VERTIMIENTO
PERMISO	Sí/No	Si tiene o no permiso de vertimientos
NUM_RESOLUCION	Texto corto	Numero de la resolucion de permiso de vertimientos
TITULAR_PERMISO	Texto corto	Nombre del titular del permiso de vertimiento
FECHA Y VIGENCIA	Fecha/Hora	Fecha y vigencia del permiso de vertimiento
TIPO_VERTIMIENTO	Texto corto	De que naturaleza el vertimiento
NUM_USUARIOS_GENERADORI	Texto corto	Numero de usuarios generadores si el vertimiento es domestico
AREA_DESCOLES (HA)	Texto corto	Area del terreno generador si los vertimientos son descoles de riego
TIPO_DE_AFORO	Texto corto	Tipo de aforo realizado para medir el caudal
CAUDAL (LPS)	Texto corto	Caudal en LPS del vertimiento de descoles
FRECUENCIA_DESCARGA(DIA/M	Texto corto	Frecuencia de descarga en dias por mes del vertimiento
TIEMPO_DESCARGA(HORAS/DI	Texto corto	Frecuencia de descarga en dias por mes del vertimiento
TIPO_DE_FLUJO	Texto corto	El tipo de flujo del vertimiento
FECHA_DE_COMPROBACION	Fecha/Hora	Fecha del dia de la inspección o visita
COORDENADAS_X	Texto corto	oordenada en x registrada con el GPS del lugar donde el vertimiento entra al rio
COORDENADAS_Y	Texto corto	Coordenada en y registrada con el GPS del lugar donde el vertimiento entra al rio
RECEPTOR	Texto corto	Nombre del rio receptor del vertimiento
ANTIGUEDAD (AÑOS)	Texto corto	Antiguedad del vertimiento
SISTEMA_DE_TRATAMIENTO	Sí/No	Si el vertimiento tiene o no un sistema de tratamiento
DESCRIPCION_BREVE	Texto corto	Breve descripción del sistema de tratamiento
TIPO_DE_CONDUCCION	Texto corto	Tipo de conducción del vertimiento hasta el río
LONGITUD(MTS)	Texto corto	Longitud de la conducción
SERVIDUMBRE	Sí/No	Si tiene o no permiso de servidumbre
PROPIETARIO	Número	Llave foranea para conectar con la tabla_PROPIETARIO

Figura 100. Tabla VERTIMIENTO
Fuente: FUNDISPROS, 2014



DETALLE_VERTIMIENTO

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
Id_DETALLE	Autonumeración	Identificador - Clave principal de la tabla DETALLE_VERTIMIENTO
TIPO_ANIMAL	Texto corto	Tipo de animal reportado en la encuesta por el encuestado o el encuestador
CANTIDAD	Texto corto	Cantidad de animales
CULTIVO	Texto corto	Tipo de cultivo o uso de la tierra que genera el vertimiento
AREA (HA)	Texto corto	Area cultivada reportada
AGROQUIMICOS	Texto corto	Agroquimicos utilizados en los procesos productivos de los cultivos
ACTIVIDAD_INDUSTRIAL	Sí/No	Si realizan o no actividad industrial
TIEMPO_FUNCIONAMIENTO	Texto corto	Tiempo de realizacion de la actividad industrial en horas por día
TURNOS(DIA)	Texto corto	Turnos en un día de realización de la actividad industrial
HORAS_TURNO	Texto corto	Horas de realización de la actividad industrial en un turno
PRODUCCION_DIA_VISITA	Texto corto	Produccion de vertimientos registrado el dia de la visita
PRODUCCION_MENSUAL	Texto corto	Produccion mensual de vertimientos industriales
PRODUCCION_PISCICOLA	Sí/No	Si tienen o no produccin piscicola
NUM_LAGOS	Texto corto	Numero de lagos usados para produccion de pesces
ESPEJO_DE_AGUA(M2)	Texto corto	Area en m2 de cada uno de los lagos
TOTAL_PECES	Texto corto	Total de peces producidos
VERTIMIENTO	Número	Llave foranea para conectar con la tabla VERTIMIENTO
OBSERVACION_GENERAL	Texto largo	Observacion general sobre el vertimiento

Figura 101. DETALLE_PROD_AGROPE_INDUS
Fuente: FUNDISPROS, 2014

5.2.2.2.2. Alimentación de la base de datos – Vertimientos

La base de datos se alimentó conforme se localizaron e identificaron cada uno de los vertimientos a los largo del recorrido del cauce principal del rio. La información se recolecto en campo mediante el diligenciamiento de un formato de encuesta “encuesta vertimientos” y se digitalizó en la BD asignándole un identificador único desde la tabla PREDIO_GENERADOR esta tabla genera los contadores o llaves únicas para cada una de los vertimientos, llave con un par igual dentro de la base de datos geográfica de la capa TF025_Vertimiento_usuario_generador

La BD cuenta con 65 registros en la tabla PREDIO_GENERADOR, correspondiente a los 65 vertimientos identificados

5.2.2.3. Consultas

Una de las principales utilidades de una base de datos consiste en la posibilidad de realizar consultas específicas de la información almacenada en diferentes tablas, ya que al estar relacionadas entre sí, se pueden realizar consultas cruzadas, proveyendo posibilidades variadas para la creación de informes.

Las consultas son las que verdaderamente hacen el trabajo en una base de datos. Pueden realizar numerosas funciones diferentes. Los datos que deseamos ver generalmente suelen estar distribuidos en varias tablas, gracias a las consultas, se pueden ver en una sola hoja de datos. Además, puesto que normalmente no se desea ver todos los registros a la vez, las consultas permiten agregar criterios para "filtrar" los datos hasta obtener solo los registros que se deseen.

Las consultas desarrolladas en Microsoft Access son "actualizables", lo que significa que es posible editar los datos de las tablas base mediante la hoja de datos de la consulta, es decir que los cambios que se producen en las tablas, también se realizan en las consultas y viceversa.

Las consultas creadas en el desarollo de este proyecto, permiten que la informacion sea ordenada de tal manera que se torna de fácil acceso; para la temática “usos” y la temática “vertimientos” se crearon las siguientes consultas.

Figura 102. Consultas realizadas
Fuente: FUNDISPROS, 2014

5.2.3. Estructura de la base datos geográfica – Geodatabase

Para el almacenamiento de la información geográfica recolectada durante el desarrollo del proyecto, se implementó la Personal Geodatabase (formato mdb), que es un modelo que permite el almacenamiento físico de la información geográfica (Metadatos Geográficos), ya sea en archivos dentro de un sistema de ficheros o en una colección de tablas en un Sistema Gestor de Base de Datos (Microsoft Access, Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2 e Informix). Para los procesos de edición y procesamiento se utilizó el programa ArcGIS 10.3 con los módulos ArcMAP, ArcCatalog y ArcToolbox.

A la Geodatabase creada para el proyecto de reglamentación y ordenamiento del cauce del Rio Frío Campoalegre se le asignó el nombre

GDB_0312_R_O_RIO_FRIO_CAMPOALEGRE (formato mdb) y se estructuró teniendo en cuenta los lineamientos establecidos por la CAM.

La BDG está formada por Feature Datasets encargados de administrar y agrupar los Features Class por temáticas previamente establecidas; los Feature Class son entidades que contienen la información geografía y alfanumérica de cada elemento; una de las ventajas del uso del formato mdb es que no necesita comprar programas adicionales para acceder y almacenar la geobase de datos. El resultado final se convertirá en una herramienta importante para la administración del recurso hídrico, para el control, toma de decisiones; además de que es un sistema flexible en cuanto al ingreso de nueva información o actualizaciones futuras

5.2.3.1 Asignación de llaves primarias a entidades de la base de datos geográfica

Para asignar los identificadores prediales a los polígonos para (primary key) y crear asi una relación con la base de datos externa Access, se tuvo en cuenta su correlación con la información suministrada por los usuarios y que fue almacenada en la tabla PREDIOS_CONCESIONES para la temática “USOS” , este contador generado automáticamente al ingresar la información tiene un mismo para en el feature class TF025_Usos_Predial_RF ; para la temática “VERTIMIENTOS” el contador de la tabla PREDIO_GENERADOR tiene un para idéntico en el feature class TF025_Vertimiento_Usuario_generador.

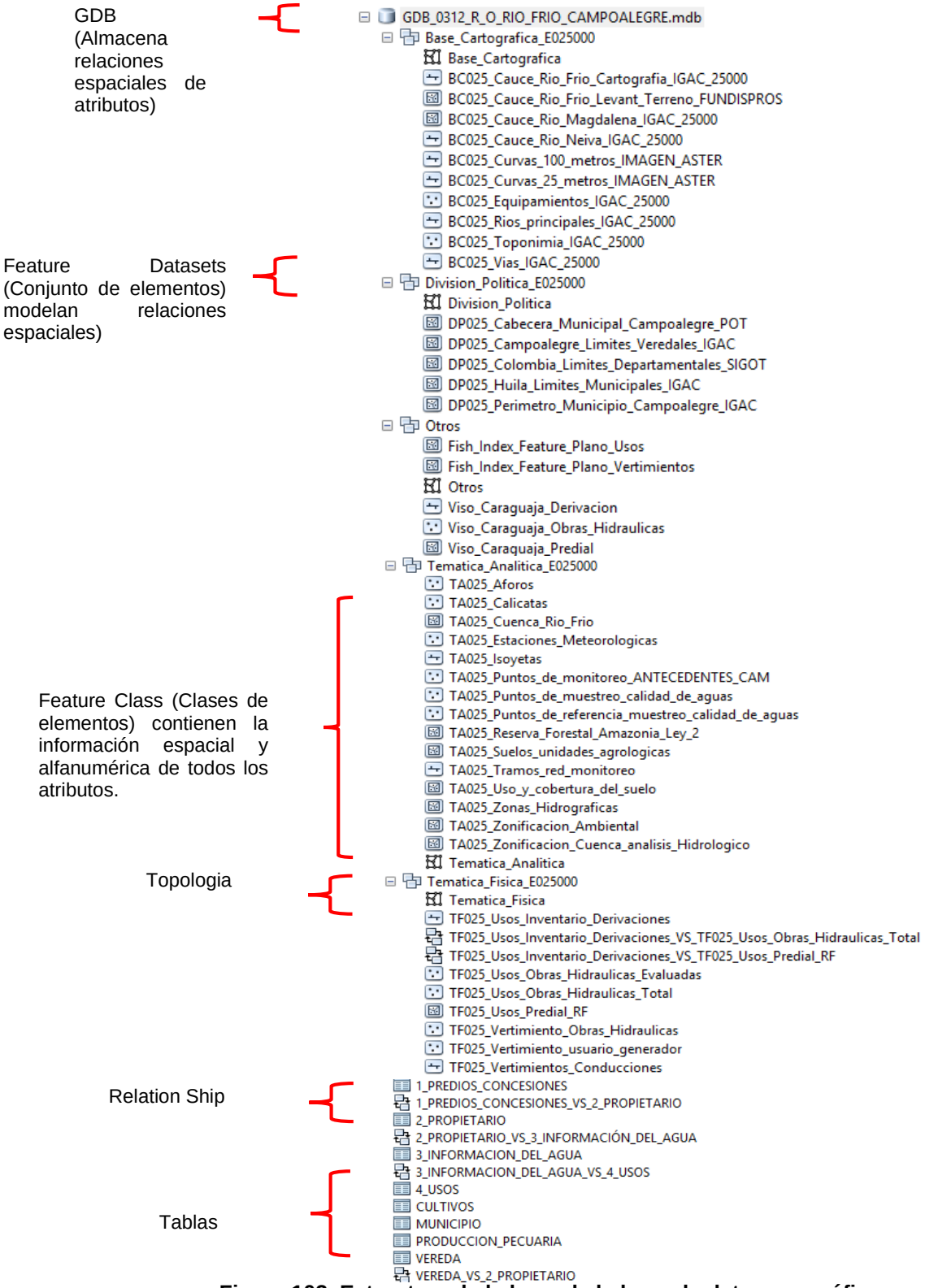


Figura 103. Estructura de la base de la base de datos geográfica
Fuente: FUNDISPROS, 2014

5.2.3.2. Asignación de llaves primarias a entidades de la base de datos geográfica

Para asignar los identificadores prediales a los polígonos para (primary key) y crear así una relación con la base de datos externa Access, se tuvo en cuenta su correlación con la información suministrada por los usuarios y que fue almacenada en la tabla PREDIOS_CONCESIONES para la temática “USOS” , este contador generado automáticamente al ingresar la información tiene un mismo para en el feature class TF025_Usos_Predial_RF ; para la temática “VERTIMIENTOS” el contador de la tabla PREDIO_GENERADOR tiene un para idéntico en el feature class TF025_Vertimiento_Usuario_generador.

5.2.3.3. Creación de campo de atributos tipos “raster”

Para la realización del diagnóstico del estado de las obras hidráulicas que se encuentran sobre el cauce principal del rio y sobre los canales de distribución de caudal, se generó un archivo fotográfico enlazado a cada uno de los puntos de localización espacial de obras hidráulicas almacenados en la base de datos geográfica.

Para esto se utilizó el Feature Class TF025_Obras_Hídraulicas _Evaludas y se creó un campo tipo raster que enlaza este atributo de cada una de las obras hidráulicas al archivo donde esta almacenada la fotografía. Los archivos enlazados pueden ser de distintos tipos, como imágenes, videos, documentos, y más. Los adjuntos requieren una ArcGIS for Desktop Standard o ArcGIS for Desktop Advanced de la licencia de ArcGIS 10.3 for Desktop en adelante. , ya que utilizan clases de relación para relacionar las entidades con los archivos.

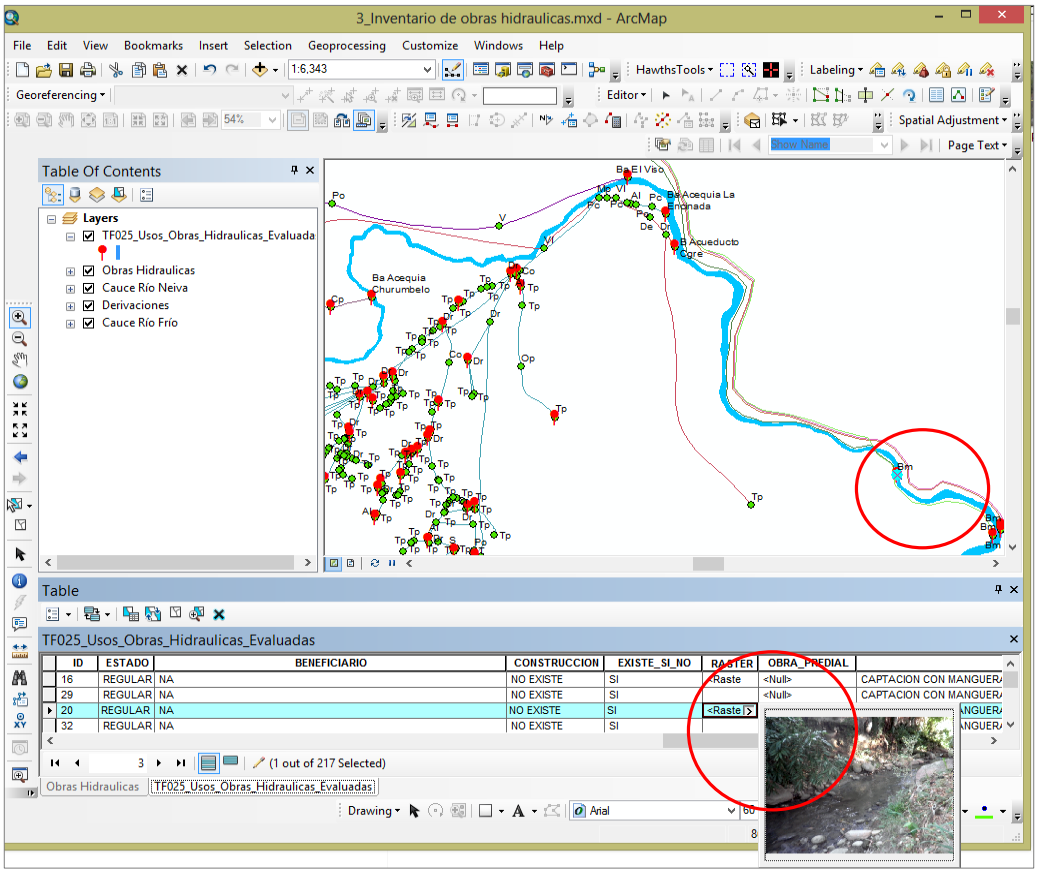


Figura 104. Visualizacíon del campo "raster" desde ArcMap con información fotográfica del punto, Feature Class Obras hidráulicas evaluadas
Fuente: FUNDISPROS, 2014

Los campos raster se crearon para los feature class:
TF025_Usos_Obras_Hidraulicas_Evalaudas
TF025_Vertimietos_usuario_generador.

5.2.3.4. Dominios y Subtipos

Los datos recolectados en campo mediante el diligenciamiento de un formato de encuesta para la realización del diagnóstico de las obras hidráulicas del área de influencia del rio, con información sobre sobre tipo de obra, estado, características constructivas, entre otras), se anexó a la localización espacial del punto dentro de la base de datos geográfica en forma de atributos con campos que diligenciaron usando dominios y subtipos.

El objetivo es establecer valores predeterminados y dominios de atributo para los campos y de esta manera aumentar la exactitud temática de los datos.
La siguiente imagen ilustra algunos de los subtipos establecidos para los campos.

La descripción de cada uno se muestra con detalle en el modelo de datos y en la documentación de la GDB.

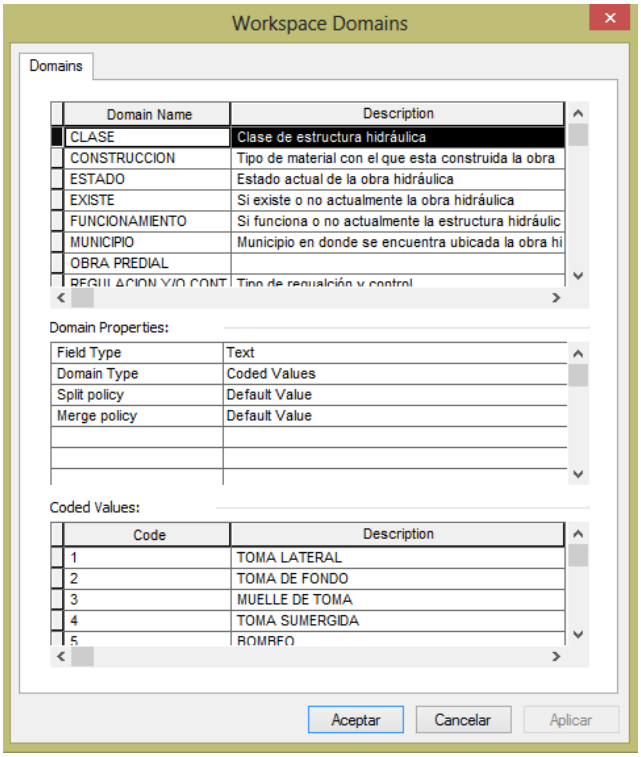


Figura 105. Visualizacíon de algunos subtipos creados en el Feature Class TF025_Obras_Hidraulicas_Evaluadas
Fuente: FUNDISPROS, 2014

5.2.4. Integración de la información bd-gdb para “usos” y “vertimientos”

El propósito integral del diseño de una base de datos consiste en poder realizar una integración efectiva entre las tablas de atributos internos de las entidades geográficas utilizadas en el Sistema de Información Geográfica, con las tablas generadas en bases externas.

Una vez generados los identificadores dentro de cada uno de las entidades involucradas o feature class, se procedió a realizar los vínculos relacionales con las tablas de atributos externas y así generar el puente integrador de información. Este puente integrador se creó por medio de una “Conexión ODBC” entre Access y ArcCatalog que se puede visualizar desde ArcMap.

La conexión de la base de datos geográfica a la base de datos externa Access se creó usando la opción “Add Database Conection” opción **Connection OLE DB**

(Microsoft Jet 4.0 OLE DB Provider). Para poder realizar esta conexión, la base de datos externa creada en Microsoft Acces 2013 (formato .accdb) debe ser guardada en formato .mdb, de esta forma los componentes tabulares son visibles desde ArcCatalog y ArCmap.

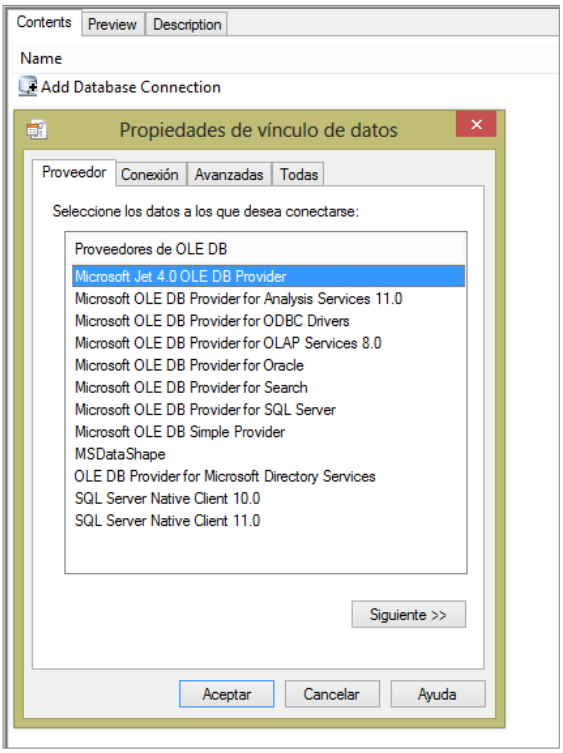


Figura 106.Protocolo Jet 4.0 para conexión desde ArcCatalog a bases de datos externa
Fuente: FUNDISPROS, 2014

5.2.5. Modelo de datos

Según el protocolo de entrega e información cartográfica I-CAM-017 en el modelo de datos se debe describir de forma detallada el conjunto de datos espaciales incluidos dentro del proceso SIG y que establece los elementos necesarios para articular y construir la base de datos relacional. En el Modelo de datos se describen con detalle cada uno delos datos incluidos en la BD, estableciendo sus atributos y la características de los mismos. (CAM, 2009)

El Modelo de datos de este proyecto se describe en ANEXO 12 del proyecto.

5.2.6. Modelos cartográficos

Los modelos cartográficos se refieren a la utilización de las funciones de análisis de un sistema de información geográfica bajo una secuencia lógica, de tal manera que

se puedan resolver problemas espaciales complejos. Las características de estos modelos son (IGAC, 1995):

- Presentación de una secuencia lógica de operaciones analíticas expresadas en diagramas de flujo
- Usualmente están codificadas en macros
- Apoyan el uso de SIG en planeamiento, realización de consensos y resolución de conflictos.

Según el protocolo de entrega de información cartográfica y SIG de la CAM, los modelos cartográficos deben detallar cada proceso y cada operación de análisis espacial o de transformación de los datos que ingresarán al SIG y se convierten por tanto en un diagrama de flujo del proceso cartográfico y en una herramientas de planeación y memoria técnica grafica del proceso efectuado para el logro delos objetivos cartográficos del SIG. (CAM, 2009)

Los modelos cartográficos utilizados para el desarrollo de este proyecto, se establecieron mediante la herramienta Model Builder que permite realizar de forma automatizada cualquier proceso que normalmente hacemos en ArcGis, en este caso se el proceso de obtener un TIN (Red de triangulación irregular), y un modelo de sombras a paratir de DEM (Modelo Digital de Elevación).

Creación de tin, dem y modelo de sombras.

Para la creación de una Red de Triangulación Irregular – TIN, se requiere como información base un archivo Shapefile de curvas de nivel limitadas a un perímetro, el cual generalmente se obtiene de la cartografía básica oficial para cada municipio y pueden ser descargadas de portales geográficos oficiales para cada país. Para este proyecto fueron utilizadas las curvas de nivel obtenidas del mapa topográfico digital ASTER GDEM (ASTER Global Digital Elevation Model) creado con imágenes estéreo recogidas por el radiómetro japonés llamado ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), que viaja sobre el satélite TERRA propiedad de la NASA; estas imágenes se encuentran disponibles en línea en el enlace referenciado[54]

Una vez obtenidas las curvas de nivel cada 25 metros a partir del DEM, se procedió a generar el TIN y el modelo de sombras mediante la caja de herramientas ArcToolbox como lo describe el siguiente Model Marker.

[54] ASTER GDEM: http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/index.jsp. Consulta en linea: Octubre/9/2014

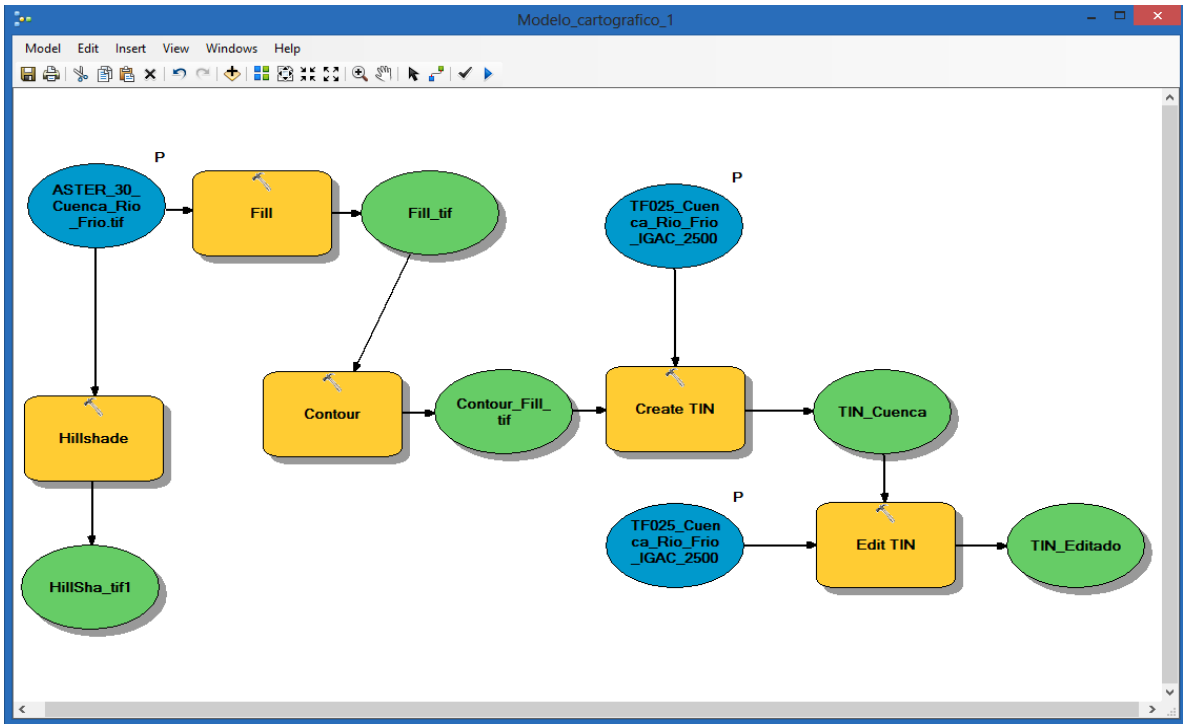


Figura 107. Model Maker para la creación de un TIN
Fuente: FUNDISPROS, 2014

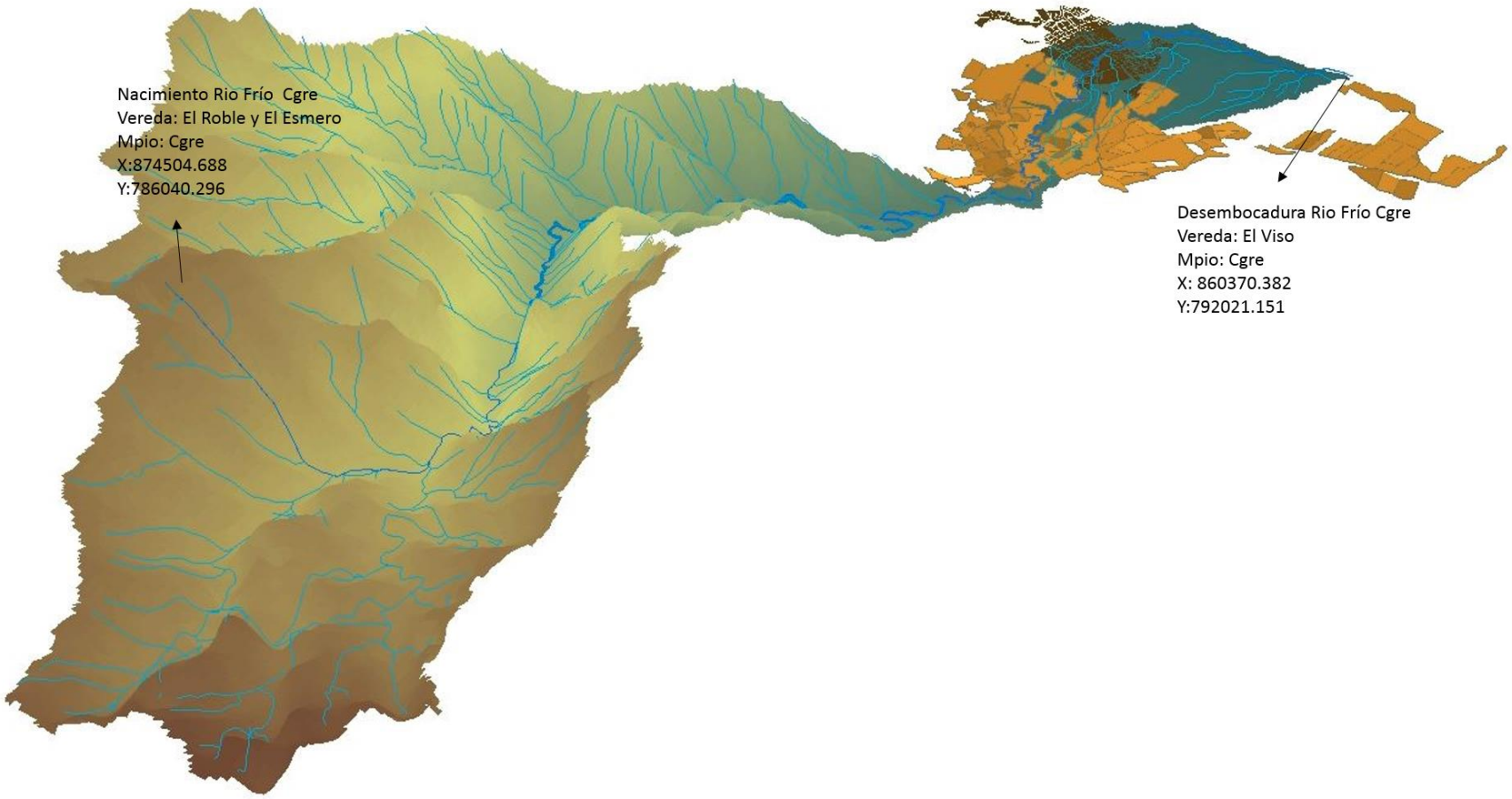


Figura 108. Modelo TIN para la representacion de cuenca hídrica río Frío
Fuente: FUNDISPROS, 2014

5.2.7. Unidad mínima de mapeo

Se entiende como la unidad mínima que se debe representar cartográficamente y siempre está en función de la escala de trabajo.

Para la definición de la unidad mínima de mapeo se tuvo en cuenta la escala de trabajo estipulada en el contrato en desarrollo (1: 25.000); para lo cual ½ cm en el papel, equivale a 125 mts en el terreno, es decir el área es de 15625 m^2 (1.56ha.); para la escala 1:50.000 ½ cm en el papel, equivale a 250 mts, es decir el área es de 62500 m^2 (6.25 ha.)

5.2.8. Elaboración de planos cartográficos

Uno de los productos finales del proyecto fue la digitalización, diagramación, dibujo y elaboración de planos cartográficos, los cuales se elaboraron en formato mxd, utilizando el programa ArcGis 10.3, en el que se representaron y visualizaron los datos alfanuméricos y espaciales obtenidos en el desarrollo del proyecto de modo que los usuarios finales logren comprender de forma rápida e intuitiva todos los datos.

Para administrar de forma consecuente los mapas, se crearon libros de mapas "Data Driven Pages" el cual permite obtener en formato mxd como mapa dinámico, impreso o Adobe PDF una serie de páginas de diseño a partir de un único documento de mapa o layout. Los libros de mapas se crean a partir de una capa índice que divide el mapa en secciones y de esta forma genera una página por cada entidad de índice.

La siguiente imagen ilustra el proceso de creación de un libro de mapas.

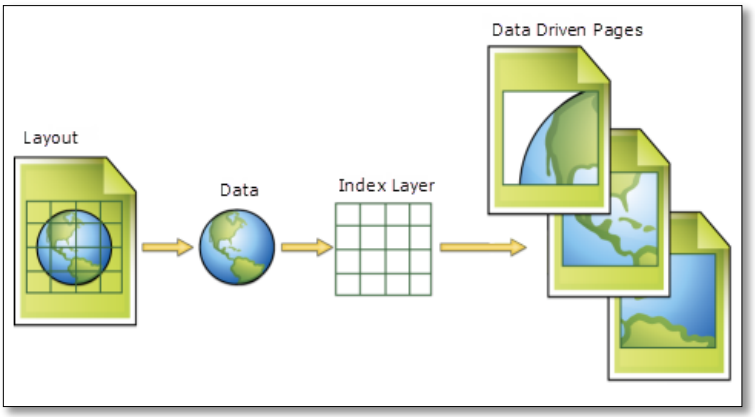


Figura 109. Ilustración de la creación de un libro de mapas
Fuente: ArcGIS Resources, 2014

Los rótulos diseñados para las planchas cartográficas temáticas contienen además de la información del proyecto, la información geográfica de referencia implementada para todas las capas. Este layout se utilizó previa aprobación y visto bueno por parte del coordinador e interventor del proyecto.

LABELS

Para la asignación y visualización de labels en las salidas gráficas, con información proveniente de la base de datos externa "Acces", se generaron tablas de consulta independientes o tablas master, las cuales fueron exportadas y almacenadas en formato dbs en la base de datos geográfica del proyecto, las tablas generadas poseen un campo con un identificador único e idéntico que permite la realización de enlaces con el campo único de las entidades geográfica TF025_Usos_Predial_RF y TF025_Vertimientos_Usuario_Generador, por medio de la herramienta Join and relate.

La siguiente tabla relaciona la lista de planos definitivos en formato mxd y pdf elaborados en desarrollo del proyecto.

ITEM	NOMRE	ESCALA DE TARBAJO	ESCALA DE IMPRESION
01	Delimitación del área de trabajo	1:25.000	1:25.000
02	Hidrografía	1:25.000	1:25.000
03	Red de monitoreo	1:25.000	1:25.000
04	Localización de usuarios	1:25.000	1:25.000
05	Uso y cobertura de la tierra	1:25.000	1:25.000
06	Detalle Censo de usuarios y vertimientos_1	1:25.000	1:2500
	Detalle Censo de usuarios y vertimientos_2	1:25.000	1:2500
	Detalle Censo de usuarios y vertimientos_3	1:25.000	1:2500
	Detalle Censo de usuarios y vertimientos_4	1:25.000	1:2500
	Detalle Censo de usuarios y vertimientos_5	1:25.000	1:2500
	Detalle Censo de usuarios y vertimientos_6	1:25.000	1:2500
	Detalle Censo de usuarios y vertimientos_7	1:25.000	1:2500
	Detalle Censo de usuarios y vertimientos_8	1:25.000	1:2500
	Detalle Censo de usuarios y vertimientos_9	1:25.000	1:2500
	Detalle Censo de usuarios y vertimientos_10	1:25.000	1:2500
07	Vertimientos_1	1:25.000	1:2500
	Vertimientos_2	1:25.000	1:2500
08	Calidad y cantidad del recurso hídrico	1:25.000	1:25.000
09	Ambiental	1:25.000	1:25.000
10	Unidades Agrologicas	1:25.000	1:25.000

Tabla 360. Lista de Planos Cartográficos
Fuente: FUNDISPROS, 2014

5.2.9. Metadatos

Los metadatos de un elemento registran la información de importancia que debe conocer el usuario u organización que manipulara la información. Esto puede incluir información sobre lo preciso y reciente que es el elemento, las restricciones asociadas con utilizar y compartir el elemento, la validez, confiabilidad, detalle, escala(s), procedimientos, personas contacto, entre otros.

Los metadatos de un elemento se visualizan y editan en la pestaña **Descripción**, ya sea en ***ArcCatalog*** o al abrir la ventana ***Descripción del elemento*** desde otras aplicaciones de ArcGIS for Desktop.

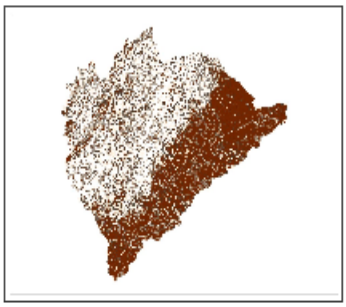
ArcCatalog utiliza los estándares establecidos por el Federal Geographic Data Comité (FGDC) para la documentación de datos geográficos.

Para el desarrollo de este proyecto se adiciono los metadatos a cada una de los Feature Class incluidos en la base de datos geográfica, con información sobre fuente, valides, y algunas procesos de edición realizados.

En el ANEXO 13 se almacenó la plantilla de metadatos diseñada conforme a los lineameintos descritos en la NTC 4611 del 01 de noviembre de 2000, relacionada con INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE METADATOS

BC025_Curvas_25_metros_IMAGEN_ASTER

Personal GeoDatabase Feature Class



Tags

Relieve: Curvas de nivel 25m

Summary

Relieve del municipio de Campoalegre cada 25 m. Creapor con el proposito de hacer parte de la base cartográfica de la base de datos elaborada en el contrato de apoyo interinstitucional 0312 de 2013 "Ordenamiento del recurso hídrico de la corriente de río Frío que discurre por el municipio de Campaolegre, actualización y revisión de la regalmentación anteriormente establecida.

Description

Contiene curvas de nievel cada 25 m del municipio de Campoalegre, extraidas del mapa topográfico digital ASTER GDEM (ASTER Global Digital Elevation Model) creado con imágenes estéreo recogidas por el radiómetro japonés llamado ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), que viaja sobre el satélite TERRA propiedad de la NASA; estas imágenes se encuentran disponibles en línea en el siguiente enlace: http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/index.jsp. con precision de 1:100.000

Credits

Cartografía Temática realizada en desarrollo del convenio interadministrativo 0312 del 2013 celebrado entre la corporación Autonoma Regional del Alto Magdalena CAM y La Fundación Desarrollo de las Ingenierías y Ciencias de la Salud para la Proyección Social – FUNDISPROS

Use limitations

Derechos reservados. Para la reproducción parcial o total de la presente obra, se requiere la previa autorización de FUNDISPROS o la CAM. El texto, la cartografía y gráficos están sujetos a derechos de copia y de propiedad intelectual (ley 23 de 1982).

Extent

West -75.445686 **East** -75.174327

Figura 110. Metadato Feature Class BC025_Curvas_25_metros_IMAGEN_ASTER
Fuente: FUNDISPROS, 2014

CONCLUSIONES

El ordenamiento del recurso hídrico de la corriente de Río Frío que discurre por el municipio de Campoalegre tuvo como objetivo principal evaluar la calidad del agua, del presente estudio y análisis se concluye lo siguiente:

- Se definieron ocho puntos de monitoreo sobre el cauce del rio en donde se realizaron análisis fisicoquímico y Bacteriológico, para ellos se determinaron parámetros In situ y parámetros en laboratorio. Con los resultados obtenidos se determinaron índices de calidad del agua, de acuerdo a la normatividad y a lo que la bibliografía define al respecto, también se estudiaron la RAS (relación adsorción de sodio), CSR (carbonato de sodio residual).

- Los índices de calidad de agua determinados corresponden al Índice de calidad de agua ICA, encontrando que en la zona 1 de la cuenca, el agua es de Buena Calidad, en las zonas 2, 3 y 4 de la cuenca el agua presento un índice de mediana calidad, debido a los usos y actividades desarrolladas en cada zona.

- Así mismo se determinó el índice de contaminación por materia orgánica ICOMO encontrando que en Rio Frio Campoalegre, este presenta mayor incidencia en los puntos A03 y A07, correspondientes a después de la desembocadura de la quebrada El Vergel y después de la desembocadura de la quebrada Acropolis, respectivamente; comportamiento que se debe a la progresiva contaminación que se viene presentando años atrás, agentes participativos como vertimientos de aguas residuales de la población en general.

- El índice de contaminación por solidos suspendidos ICOSUS muestra que los sólidos suspendidos reflejan una condicione distinta a los sólidos disueltos y no denotan relación con alguna variable propia de mineralización. Su principal cauca la constituye los procesos erosivos y extractivos; su principal efecto es la disminución de la penetración de la luz.

- Finalmente en cuanto a determinación de índices se halló el índice de contaminación por fosforo total, presentando en combinación en los tramos del rio entre Eutrofia es decir que el cuerpo de agua se encuentra en la etapa de máxima capacidad productiva, es decir, cuerpo de agua con exceso de nutrientes, especialmente fosforo y nitrógeno, y Hipereutrofía.

- De otro lado se realizó el respectivo análisis hidrobiológico en la fuente encontrando ya afirmando que la Cantidad de fitoplancton, zooplancton y peces depende de la oferta alimenticia y el caudal de la cuenca, la presencia de Perifiton depende de la cantidad y calidad del sustrato natural para poder

formar las biopelículas y finalmente los Macroinvertebrados presentes depende de su morfología, caudal del río y sustrato de orilla para su formación.

- El Procesamiento de la información se determinó mediante la aplicación del Software de calidad de agua QUAL 2Kw, permitiendo hallar la capacidad asimilativa de sustancias biodegradables o acumulativas y la capacidad de dilución de sustancias no biodegradables en la corriente.

- La calibración del modelo de calidad del agua fue una herramienta fundamental para el correcto ordenamiento y planificación del recurso hídrico, ya que apoyó 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.

- Se determinaron tres escenarios futuros que fueron modelados en el software, el primer escenario corresponde a la Optimización de PTAR de Campoalegre para dar cumplimiento al artículo 8 de la Resolución N° 631 del 2015; el segundo escenario corresponde a la Optimización de PTAR de Campoalegre para dar cumplimiento al artículo 8 de la resolución 631 del 2015 + Implementación de sistemas individuales de saneamiento para Viviendas unifamiliares o bifamiliares ubicadas sobre tributarios de Río Frío para dar Cumplimiento al artículo 8 de la Resolución 631 del 2015 + Cumplimiento de las determinantes Ambientales para el manejo de áreas forestales protectoras y por el ultimo el tercero corresponde a la Implementación de sistemas individuales de saneamiento para viviendas unifamiliares o bifamiliares ubicadas sobre el cauce principal de Río Frío para dar cumplimiento al artículo 8 de la resolución 631 del 2015 + Cumplimiento de las determinantes ambientales para el manejo de área forestales protectoras de la Corriente.

- Los resultados de la predicción del modelo para los escenarios futuros evidenciaron que los escenarios permitirán mejorar la calidad del agua en alguna medida, pero serán necesarias acciones más contundentes que permitan mayores porcentajes de remoción de contaminantes en los vertimientos y tributarios de la corriente, puesto que en el caso del oxígeno disuelto, el modelo predice que en ninguno de los escenarios planteados se alcanzará un oxígeno disuelto superior a 3mg/L antes de la desembocadura de Río Frío en el río Neiva.

- De otro lado se realizó la clasificación de las aguas de acuerdo a la normatividad colombiana de Aguas (Decreto 1541 artículos 41 y 205C; Decreto 1594 de 1984 artículos 38 y 45 y la Resolución 2115 de 2007

artículos 2 al 7); logrando establecer la clasificación de los posibles usos para cada zona, donde se prohíbe consumo humano y doméstico en la zona baja de la cuenca siendo los coliformes fecales y totales los limitantes de este uso.

- Teniendo en cuenta lo anterior se determinó el diagnóstico de la calidad del Agua, mediante la aplicación de la metodología Mesoca; se realizaron los perfiles de calidad, se determinó la línea base de calidad de agua Para DBO5 y SST, hallando la carga contaminante actual y la proyectada para los próximos 5 años sobre la corriente.

- Con lo anterior se definieron los usos a asignar en cada tramo en los que fue divido el rio, en la tramo 1 se establecieron como usos definitivos Consumo Humano y Doméstico, Agrícola, Pecuario, Recreativo e Industrial; en el tramo 2 y el tramo 3 no existen usos; y en el tramo 4 se asignó uso agrícola; cabe destacar que a usos a estos usos se le asignaron unos objetivos de calidad con sus respectivos criterios.

- Se determinaron los riegos asociados a la reducción de la oferta y la demanda, encontrando que el riego global asociado a la reducción de la oferta contempla la amenaza, sabiendo que la vulnerabilidad de la corriente hídrica es Alta, entonces la amenaza es media, generando así un Riesgo de Nivel Alto; en cuanto al riesgo asociado a la disponibilidad del recurso hídrico se encontró que el nivel de riesgo asociado a la disponibilidad, encontrando que en el tramo I, el Riesgo es alto y en el tramo IV el nivel de riesgo es medio, no se presenta riesgo asociado a los tramos II y III pues estos no se definieron usos.

- En cuanto a la fijación de zonas donde prohibirá o condicionará, la descarga de aguas residuales, se estableció que en la zona alta de prohíbe la descarga de aguas residuales y en la zona 4 se condiciona, debido al resultado de coliformes con respecto al límite permisible por la norma.

- Así mismo se prohíbe actividades domésticas, agrícolas, pecuarias, recreativas e industriales en las zonas 2 y 3 de Rio Frio, con el fin de prevenir afectaciones al ser humano y cumplir con lo dispuesto en la reglamentación de usos y aprovechamiento del agua de la fuente.

- Se establecieron metas quinquenales de reducción de carga contaminante para vertimientos domésticos y agrícolas para el quinquenio 2014 – 2018, siendo congruente con el último año del quinquenio de la meta global establecido para toda la cuenca alta del Río Magdalena.

- Para disminuir la cargas contaminantes generadas en mayor proporción y siguiendo los escenarios futuros arrojados por el modelo de simulación se

plantea predijo que desde el nacimiento de la corriente hasta el kilómetro 6 antes de su desembocadura, todos los escenarios tendrán el mismo comportamiento que se evidencia en el estado actual, esto debido a que los escenarios planteados no contemplan ninguna acción en este tramo.

- Por otra parte se evidencia que el escenario 3, el cual contempla la implementación de sistemas individuales de saneamiento para viviendas unifamiliares o bifamiliares ubicadas sobre el cauce principal de Río Frío, unido al manejo de las áreas forestales protectoras, tendrá un impacto positivo en el tramo ubicado del kilómetro 6 al kilómetro 4, teniendo en cuenta que para efectos de la modelación el kilómetro 0 es la desembocadura de Río Frío en el río Neiva.

- Las determinantes ambientales para el manejo de áreas forestales protectoras de corrientes que permitan la demarcación de las áreas de retiro, será determinada con base en estudios técnicos, ambientales y socioeconómicos adoptados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. En el caso de Río Frío, se determinó que el área mínima de retiro de los cultivos y los asentamientos humanos a la corriente debe ser de 15 metros, lo anterior teniendo en cuenta que la corriente es de orden de drenaje 2.

- Se proyectó el programa de seguimiento al recurso hídrico teniendo en cuenta la red de monitoreo establecida en el presente ordenamiento, la cual se debe ejecutar en el corto, mediano y largo plazo.

- Finalmente se concluye que el ordenamiento de esta cuenca hídrica permitió establecer los componentes ambiental, social y económico del entorno y los usuarios de la misma, con el fin de garantizar sostenibilidad del recurso hídrico en cuanto a calidad y cantidad para las futuras generaciones.

- En la cuenca hidrográfica del río Frío se presenta un régimen de caudales de tipo bimodal el cual se establece a partir de las precipitaciones de la zona, principal parámetro que incide en el comportamiento de los mismos. Dicho régimen corresponde a dos periodos de estiaje que comprenden los meses de enero a febrero y julio a septiembre; y dos de transición invierno – verano que abarcan los meses de marzo a junio y octubre a diciembre.

- Se estableció para la corriente de río Frío una oferta hídrica neta de 0.349 m^3/seg para la época de verano y de 0.394 m^3/seg para la época de transición verano – invierno, las cuales son considerablemente menor a la demanda presentada por los sectores agrícola, doméstico, piscícola, pecuario, recreativo e industrial. Por tal motivo se recomienda reglamentar los usos que se realizan sobre dicha fuente.

- Se definió un caudal ecológico para la fuente del río Frío de 0.117 m^3/seg y 0.131 m^3/seg, para las épocas de verano y transición verano – invierno, respectivamente.

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta de obras hidráulicas

Anexo 2. Encuesta de Censo de Usuarios y Agropecuario.

Anexo 3. Cuadro De Distribución Rio Frio Cgre y objeciones

Anexo 4. Encuesta Vertimiento

Anexo 5. Resultados físicos del suelo

Anexo 6. Resultados químicos del suelo

Anexo 7. Calibración Rio Frio Campoalegre, Modelo de Simulación QUAL 2Kw (Cal_.Rio_Frio_Campoalegre.exe)

Anexo 8. Escenarios Propuestos para Evaluar Capacidad de Asimilación de Carga Contaminante de Río Frío en el Municipio de Campoalegre. (Escenario_1_Rio_Frio_Campoalegre.exe, Escenario_2_.Rio_Frío_ Campoalegre.exe, y Escenario_3_.Rio_Frio_Campoalegre.exe)

Anexo 9. Climatología Rio Frío Campoalegre.

Anexo 10. Resultados fisicoquímicos e hidrobiológicos cuantitativos y cualitativos – CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA.

Anexo 11. Documentación base de datos Access tematica “Usos” y “Vertimientos”.

Anexo 12. Modelo de datos de la base de datos geografica.

Anexo 13. Metadatos de información geográfica

Anexo 13. Resumen de errores topologicos

BIBLIOGRAFIA

"EMAC S.A. E.S.P". (2010). *PROGRAMA DE USO EFICIENTE Y AHORRO DE AGUA -PUEAA.* MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE: HUILA.

Aguas del Huila. (2009). - *Elaboración de los Estudios y Diseños de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado de las zonas urbanas, centros poblados y sistemas Regionales que fueren necesarios de la subregión Uno, Norte del Departamento del Huila.* Tello - Huila.

CAM, C. A. (2009). *Protocolo entrega y manejo información cartográfica y SIG – I-CAM-017.* Neiva - Huila: Versión 31 de oct.

Castillo G. (2008). Modelos de Calidad de Agua.

Codazzi, I. G. (2014). *Geoportal-IGAC*. Obtenido de http://www.igac.gov.co/wps/portal/igac/raiz/iniciohome/MapasdeColombia/geoportal/!ut/p/c4/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hHT3d_JydDRwMDN0czA09TP0t311BfYwMDA_2CbEdFAHLQ7aI!/

Codazzi, I. G. (2014). *SIGOT*. Obtenido de Sistema de Información Geográfica para el Ordenamiento Territorial - SIGOT: http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/default.aspx

Corporaciòn Autonòma Regional Del Alto Magdalena . (2010). *Diagnòstico Ambiental del Departamento de Huila.* Neiva.

Corporaciòn Autonòma Regional del Alto Magdalena. (2014). *Análisis de los Índices de contaminación de los años 2008 a 2012 del Rio Las Ceibas y La Quebrada Los Micos, 2014 .* Neiva Huila.

Corporacion Autonoma Regional del Alto Magdalena. (2014). *Análisis de los Índices de contaminación de los años 2008 a 2012 del Río Las Ceibas y La Quebrada Los Micos4.* Neiva Huila: CAM.

Decreto 1729. (2002). *Ordenamiento de Cuencas Hidrograficas.* Santafe de Bogota: Republica de Colombia.

Decreto 2811. (1974). *Código Nacional de Recursos Naturales.* Santafe de Bogota: Presidencia de la Republica de Colombia.

Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Campoalegre. (2010). *Programa de Uso Eficiente y Ahorro de Agua.* Campoalegre Huila: EMAC S.A. E.S.P.

ENA. (2010). *Estudio Nacional de Agua.* Bogotá, DC: Sistema Nacional de Información Ambiental - SIAC.

Farham, D., Ayers, R., & Hasek, R. (1979). *Water Quality affects ornamental plant production. University of california.* California: Division of Agricultural Sciences Leaflet 2995.

García Q. (2008). Modelación de la calidad del agua en corrientes naturales mediante sistemas no lineales acoplados.

Grupo de Investigación Científica Hidroingenieria y Desarrollo Agropecuario. (2009). *LÍNEA BASE DE LA CARACTERIZACIÓN AGROAMBIENTAL CON ÉNFASIS EN EL RECURSO AGUA Y SUELO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RIO LAS CEIBAS, Y ESTRUCTURAR EL SISTEMA PARA SU SEGUIMIENTO DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO".* Neiva Huila: FAO.

Hernández, L. F. (2004). *A LINEA BASE POR CONTAMINACIÓN CON VERTIMIENTOS.*

IDEAM. (2010). *Vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH).*

Ingeominas y Asociaciòn Colombiana de Ingenierìa Sìsmica . (1984). *Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia.* Bogotà. D.C .

Instituto Nacional de Recursos Naturales - INDERENA. (1983). *Acuerdo Nº 015.* Neiva - Huila.

Marín, G., Aragón, R., & Gómez, B. (2002). *Analisis Quimico de Suelos y Aguas. Manual de Laboratorio.* Valencia, España: Editorial Universidad Politécnica de Valencia.

Metodologia MESOCA. (2006). *Guia metodologia para el establecimiento del objetivos de calidad de los cuerpos de agua en ausencia de los planes de ordenamiento del recurso hidrico.* Bogotá D.C: Ministerio de Ambiente , Vivienda y desarrollo Territorial.

MINIAMBIENTE. (2014). *GUÍA TÉCNICA PARA LA FORMULACIÓN DE PLANES DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO.* Bogota, DC .

Municipio de Campoalegre. (1999). *Diagnostico Plan Basico de Ordenamiento Territorial.* Campoalegre Huila.

Municipio de Campoalegre. (2005). *AJUSTE PLAN BÀSICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL.* Campoalegre Huila.

MPérez León, J. M. (2011). *Manual para determinar la Calidad del Agua para riego Agrícola .* Xalapa de Enríquez, Veracruz : Facultad de Ciencias Agrícolas UV.

Pizarro, F. (1978). *Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos.* Madrid, España: Editorial Agrícola de España.

Pontificia Universidad Javeriana. (1995). *Diagnostico Integrado de la Zona de La Siberia.* Santafè de Bogota: IDEADE.

SANEAR, & CORPOCALDAS. (2010). Modelación de la calidad del agua del Río Chinchiná. Manizales, Departamento de Caldas. *Fundacion SANEAR y Corporación Autonóma Regional de Caldas*.

UNIV LAB - FUNDACORH. (2011). *Informe de Caracterización de los vertimientos líquidos y monitoreo cuerpo Receptor, 2011.* Neiva - Huila: Empresas Publicas de Rievera - S.A. E.S.P.

UNIV LAB - FUNDACORH. (2012). *Estudio y Analisis de Aguas en 18 Sitios de la Cuenca Hidrografica del Rio Las Ceibas.* Neiva - Huila: Organizaciòn de las Naciones Unidades para la Alimentaciòn y la Agricultura - FAO.