FORMULACIÓN

# POMCA

Ríos Chiriaimo y Manaure

Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica

**Contiene**

# FASE DE DIAGNÓSTICO PARA LA FORMULACIÓN DEL POMCA.

## CAPITULO A
## CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA

### SUBCAPÍTULO A-2
### CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA DE LA CUENCA

**Versión Preliminar**

UNION TEMPORAL
POMCA 2019

**Valledupar, octubre de 2019**

# COMISIÓN CONJUNTA RESOLUCIÓN NO. 0086 DE FECHA 22 DE FEBRERO DE 2019

**MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**RICARDO LOZANO PICÓN**
**MINISTRO DE AMBIENTE.**

| | |
|---|---|
| **Óscar Tosse Luna** | **Coordinador grupo ordenación de cuencas Ministerio.** |
| **Raimundo Tamayo Medina** | **Contratista Misterio de Ambiente.** |

**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CESAR- CORPOCESAR**

**JULIO SUAREZ LUNA**
**DIRECTOR CORPOCESAR**

| | |
|---|---|
| **Libardo Lascarro Ditta** | **Secretario de la Comisión Conjunta.** |
| **Vivian Emilia Arbesu Murgas** | **Profesional de Apoyo Subdirector Área Gestión Ambiental** |
| **Tima Cecilia Martínez Monrroy** | **Profesional Universitaria.** |
| **Jorge Gutierrez Molina** | **Profesional de Apoyo** |
| **Luis Guillermo Carey Mosquera** | **Profesional de Apoyo** |

**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA – CORPOGUAJIRA**

**LUIS MANUEL MEDINA TORO**
**DIRECTOR CORPOGUAJIRA**

| | |
|---|---|
| **YOVANY DELGADO MORENO** | **Coordinador Grupo Ordenamiento Ambiental – CORPOGUAJIRA** |

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN ..... 38

A. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA ..... 41

2. CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA DE LA CUENCA ..... 41

2.1. CLIMA ..... 42

2.1.1. Características del clima en la cuenca hidrográfica ..... 42

2.1.1.1. Análisis de datos climatológicos ..... 44

2.1.1.2. Precipitación ..... 55

2.1.1.3. Temperatura ..... 61

2.1.1.4. Otras variables Climatológicas ..... 65

2.1.2. Mapas de índice de aridez ..... 71

2.1.2.1. Estimación de la Evapotranspiración potencial (ETP) ..... 72

2.1.2.2. Estimación de la Evapotranspiración Real (ETR) ..... 74

2.1.2.3. Índice de Aridez (IA) ..... 75

2.1.3. Zonificación climática de la cuenca ..... 76

2.1.3.1. Modelo Climático de Caldas ..... 76

2.1.3.2. Modelo Climático de Lang ..... 78

2.1.3.3. Modelo Climático de Caldas - Lang ..... 79

2.1.4. Clasificación de periodos climáticos y su relación con el cambio climático. 80

2.1.4.1. Descanso El – 28010020 ..... 81

2.1.4.2. Manaure –28010040 ..... 83

2.1.4.3. Urumita –28015070 ..... 84

2.1.4.4. Rincón El –28025020 ..... 86

2.1.4.5. APTO ALFONSO LÓPEZ - 28035030 ..... 87

2.1.5. Periodo climático Seco ..... 89

2.1.6. Periodo climático Húmedo ..... 89

2.1.7. Periodos climáticos y su relación con el fenómeno ENOS ..... 90

2.1.7.1. Descanso El – 28010020 ..... 92

2.1.7.2. Manaure –28010040 ..... 92

2.1.7.3. Urumita –28015070 ..... 94

2.1.7.4. Rincón El –28025020 ..... 94

2.1.7.5. APTO ALFONSO LÓPEZ - 28035030 ..... 96

2.1.7.6. Conclusiones del análisis de los Periodos climáticos y su relación con el fenómeno ENOS ..... 97

2.1.8. Balance hidro-climático de la cuenca ..... 99

2.1.8.1. Mapas de espacialización resultantes del balance hidro-climático de la cuenca 108

2.2. GEOLOGÍA ..... 110

2.2.1. Mapa de geología básica con fines de ordenación de cuencas ..... 110

2.2.1.1. Evaluación de información disponible ..... 111

2.2.1.2. Interpretación de sensores remotos ..... 125

2.2.1.3. Salida cartográfica de fotogeología a escala 1:25000 ..... 131

2.2.1.4. Control de campo ..... 133

2.2.1.5. Generación del mapa de geología básica con fines de ordenación de cuencas hidrográficas ..... 135

2.2.2. Mapa de geología para Ingeniería ..... 149

2.2.2.1. Elaboración del mapa de geología para Ingeniería (UGS-Cualitativo) 151

2.2.2.2. Consolidación del Mapa preliminar de UGS y selección de sitios de muestreo para control de campo ..... 151

2.2.2.3. Actividades de Campo ..... 153

2.2.2.4. Mapa de geología para Ingeniería (UGS Cuantitativo) ..... 158

2.3. HIDROGEOLOGÍA ..... 160

2.3.1. Evaluación preliminar sobre la existencia de acuíferos ..... 161

2.3.2. Identificación de las unidades geológicas que puedan conformar acuíferos de acuerdo con sus características ..... 164

2.3.2.1. Sistema Acuífero Grupo Cogollo (K1c) ..... 166

2.3.2.2. Sistema Acuífero Formación Río negro (Kir) ..... 167

2.3.3. Estimación de los usos actuales y potenciales del recurso hídrico subterráneo ..... 168

2.3.4. Estimación la oferta hídrica subterránea ..... 171

2.3.5. Calidad de las aguas subterráneas ..... 173

2.3.6. Prospección Geoeléctrica ..... 175

2.3.6.1. Generalidades del Método Geoeléctrico ..... 175

2.3.6.2. Parámetros que caracterizan las resistividades del suelo ..... 178

2.3.6.3. Toma de datos mediante SEV ..... 179

2.3.6.4. Equipo utilizado ..... 181

2.3.6.5. Interpretación de SEV y correlación hidrogeológica ..... 182

2.3.6.6. Resultados Obtenidos ..... 185

2.3.7. Modelación espacial a partir de la resistividad en las cuencas de los ríos Manaure y Chiriaimo ..... 195

2.3.8. Evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación ..... 198

2.3.9. Modelo conceptual ..... 205

2.3.9.1. Periodo seco ..... 206

2.3.9.2. Periodo húmedo ..... 206

2.3.10. Identificación y especialización de las zonas que deben ser objeto de protección o de medidas de manejo especial ..... 206

2.3.11. Consideraciones, Conclusiones y Recomendaciones ..... 208

2.3.11.1. Consideraciones ..... 208

2.3.11.2. Conclusiones y Recomendaciones ..... 208

2.4. HIDROGRAFÍA ..... 209

2.4.1. Identificando, describiendo y espacializando la red hidrográfica de la cuenca en general y de las subcuencas ..... 209

2.4.1.1. Rio Manaure – Pereira ..... 212

2.4.1.2. Rio Mocho ..... 213

2.4.1.3. Rio Chiriaimo ..... 213

2.4.1.4. Zona Tributaria del Rio Cesar ..... 214

2.4.1.5. Delimitación de las unidades hidrográficas de menor jerarquía ubicadas dentro del límite de la subzona hidrografica 2802-03 ..... 215

2.4.2. Codificación de los sistemas hidrográficos pertenecientes a la subzona hidrográfica 2802-03 ..... 226

2.4.3. Caracterización del sistema de drenaje ..... 239

2.4.3.1. Sinuosidad del cauce ..... 240

2.4.3.2. Densidad de drenaje (Dd) ..... 240

2.4.3.3. Longitud del Cauce principal (L) ..... 241

2.4.3.4. Pendiente Media de los Cauces (Pm) ..... 241

2.4.3.5. Tipo o patrones de red de drenaje ..... 241

2.4.3.6. Jerarquización de drenajes o número de orden de la corriente ..... 244

2.4.3.7. Relación de bifurcación (Rb) ..... 245

2.4.3.8. Relación de longitud (Rl) ..... 246

2.4.3.9. Índice de torrencialidad (Ct) ..... 246

2.4.3.10. Resultado del análisis de parámetros e indicadores de caracterización de la red de drenaje ..... 247

2.5. MORFOMETRÍA ..... 252

2.5.1. Características de la Cuenca receptora ..... 252

2.5.1.1. Factor de forma de Horton (Hf) ..... 253

2.5.1.2. Ancho promedio de la cuenca (Ap) ..... 254

2.5.1.3. Coeficiente de compacidad de Gravelius (Kc) ..... 254

2.5.1.4. Índice de Alargamiento (Ia) ..... 255

2.5.1.5. Radio de circularidad (Rc) ..... 255

2.5.1.6. Índice de asimetría de las cuencas hidrográficas (“AF”) ..... 255

2.5.1.7. Relación de elongación (Re) ..... 256

2.5.1.8. Coeficiente de masividad (Cm) ..... 257

2.5.1.9. Coeficiente Orográfico (Co) ..... 257

2.5.1.10. Pendiente media de la cuenca ..... 258

2.5.1.11. Tiempos de concentración ..... 258

2.5.1.12. Resultado del análisis morfométrico de las principales unidades hidrográficas de nivel II ..... 261

2.6. PENDIENTES ..... 284

2.7. HIDROLOGÍA ..... 286

2.7.1. Diagnóstico de la red hidrológica en la cuenca ..... 286

2.7.1.1. Selección de las variables explicativas ..... 288

2.7.1.2. Agrupación de variables o identificación de sistemas hidrológicos homogéneos ..... 293

2.7.1.3. Análisis de datos Hidrológicos de las unidades hidrográficas homogéneas ..... 297

2.7.2. Caracterización hidrológica a nivel de la cuenca ..... 304

2.7.2.1. Análisis de curvas de duración de caudales (CDC) a partir de modelos paramétricos regionalizados por regresión múltiple de 3 variables independientes 304

2.7.2.2. Modelizado hidrológico continuo de las unidades hidrográficas de nivel III 309

2.7.3. Oferta hídrica total superficial ..... 338

2.7.3.1. Oferta hídrica total superficial en periodos climáticos normales ..... 339

2.7.3.2. Oferta hídrica total superficial en periodos climáticos seco ..... 344

2.7.3.3. Oferta hídrica total superficial en periodos climáticos húmedos ..... 348

2.7.4. Estimación de la oferta hídrica disponible ..... 351

2.7.5. Estimación de caudales máximos para diferentes periodos de retorno .. 356

2.7.5.1. Estimación de caudales máximos para las unidades hidrográficas de nivel II 356

2.7.5.2. Estimación de caudales máximos para las unidades hidrográficas de nivel III y las unidades hidrográficas abastecedoras ..... 358

2.7.6. Estimación de la demanda hídrica ..... 364

2.7.6.1. Demanda de aguas superficiales por uso ..... 365

2.7.6.2. Cálculo de demanda hídrica por unidad hidrográfica ..... 367

2.7.7. Cálculo de Índices ..... 372

2.7.7.1. Índice de uso del agua superficial (IUA) ..... 372

2.7.7.2. Índice de retención y regulación hídrica (IRH) ..... 375

2.7.7.3. Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVH) ..... 379

2.7.7.4. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales (IVET) ..... 381

2.8. CALIDAD DE AGUA ..... 389

2.8.1. Identificación y evaluación las redes de monitoreo existentes en la cuenca. 391

2.8.2. Identificación de las actividades productivas desarrolladas en la subcuenca que generan vertimientos de aguas residuales, y del sistema de manejo y disposición final. 395

2.8.2.1. Aguas Residuales Domésticas y No Domésticas ..... 396

2.8.2.2. El escurrimiento de aguas en zonas de producción agrícola ..... 399

2.8.2.3. El escurrimiento de aguas en zonas de producción pecuaria ..... 399

2.8.2.4. Aguas procedentes del desarrollo de actividades turísticas ..... 400

2.8.2.5. Aguas procedentes actividades mineras de la cuenca de extracción de material de arrastre de los cauces ..... 400

2.8.3. Estimación de cargas contaminantes vertidas a las corrientes principales 400

2.8.3.1. Cargas Contaminantes en el Rio Manaure ..... 401

2.8.3.2. Cargas Contaminantes en el Rio Chiriaimo ..... 401

2.8.4. Descripción y análisis de factores de contaminación en aguas y suelos asociados al manejo y disposición final de residuos sólidos ..... 402

2.8.5. Estimación del Índice de Calidad del Agua (ICA) y del Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL) ..... 403

2.2.1.1. Estimación del índice de calidad del agua (ICA) ..... 403

2.2.1.2. Estimación del índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL) 410

2.9. GEOMORFOLOGÍA ..... 421
2.9.1. Definición de ambientes morfogenéticos ..... 421
2.9.2. Interpretación de sensores remotos ..... 424
2.9.3. Definición de los sistemas de terreno ..... 424
2.9.4. Segundo momento de interpretación de sensores remotos ..... 426
2.9.5. Definición de unidades de terreno ..... 427
2.9.5.1. Ambiente Denudacional ..... 427
2.9.5.2. Ambiente fluvial y lagunar ..... 429
2.9.5.3. Ambiente Estructural ..... 430
2.9.5.4. Ambiente kárstico ..... 432
2.9.5.5. Ambiente Antropogénico ..... 432
2.9.6. Control de campo ..... 432
2.9.7. Mapas de geomorfología a escala 1:25:000 ..... 436
2.10. CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS ..... 439
2.10.1. Fase de compilación y análisis de la información ..... 439
2.10.1.1. Características de los suelos en la Cuenca en el departamento del Cesar (Escala 1:100.000) ..... 440
2.10.1.2. Revisión de la cartografía de suelos del sector de La Guajira ..... 445
2.10.2. Fase de levantamiento ..... 447
2.10.2.1. Descripción y muestreo de Suelos ..... 453
2.10.3. Fase de análisis de laboratorio ..... 454
2.10.4. Fase de resultados de la clasificación taxonómica ..... 454
2.10.4.1. Suelos de Montaña ..... 455

2.10.4.2. Suelos de Lomerío ..... 456
2.10.4.3. Suelos de Piedemonte ..... 457
2.10.5. Fase de evaluación de tierras por capacidad de uso ..... 459
2.10.5.1. Clases ..... 459
2.10.5.2. Subclases ..... 461
2.10.5.3. Grupos de manejo ..... 462
2.10.6. Mapa de capacidad de uso del suelo ..... 466
2.11. COBERTURA Y USOS DE LA TIERRA ..... 470
2.11.1. Determinación del Uso y Cobertura la Tierra ..... 470
2.11.2. Desarrollo metodológico para la determinación de la Cobertura Terrestre Actual 470
2.11.2.1. Fase 1 Precampo ..... 471
2.11.2.2. Fase 2 Campo ..... 472
2.11.2.3. Fase 3 Poscampo ..... 473
2.11.3. Descripción de las coberturas actuales de la tierra ..... 474
2.11.4. Territorios Artificializados ..... 477
2.11.4.1. Tejido urbano continuo ..... 478
2.11.4.2. Tejido urbano discontinuo ..... 479
2.11.4.3. Explotación de materiales de construcción ..... 480
2.11.5. Territorios Agrícolas ..... 480
2.11.5.1. Pastos Limpios ..... 482
2.11.5.2. Pastos Arbolados ..... 483
2.11.5.3. Pastos Enmalezados ..... 484

2.11.5.4. Mosaico de pastos y cultivos ..... 485
2.11.5.5. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales ..... 486
2.11.5.6. Mosaico de pastos con espacios naturales ..... 487
2.11.6. Bosques y Áreas Semi naturales ..... 488
2.11.6.1. Bosque denso alto de tierra firme ..... 490
2.11.6.2. Bosque denso bajo de tierra firme ..... 490
2.11.6.3. Bosque fragmentado con pastos y cultivos ..... 491
2.11.6.4. Bosque fragmentado con vegetación secundaria ..... 492
2.11.6.5. Bosques Ripario y /o de galería ..... 493
2.11.6.6. Herbazal abierto rocoso ..... 494
2.11.6.7. Arbustal denso ..... 495
2.11.6.8. Arbustal abierto esclerófilo ..... 496
2.11.6.9. Arbustal abierto mesófilo ..... 497
2.11.6.10. Vegetación secundaria alta ..... 498
2.11.6.11. Vegetación secundaria baja ..... 499
2.11.6.12. Tierras desnudas y degradadas ..... 500
2.11.6.13. Zonas quemadas ..... 501
2.11.7. Descripción de los usos actuales de la tierra ..... 502
2.11.7.1. Pastoreo extensivo ..... 505
2.11.7.2. Sistemas forestales protectores ..... 506
2.11.7.3. Áreas para conservación y /o para recuperación de la naturaleza ..... 506
2.11.8. Análisis multitemporal de cobertura de la tierra ..... 506
2.11.8.1. Cuantificación general del cambio de las coberturas ..... 506

2.11.8.2. Consolidado del cambio de coberturas de la cuenca ..... 513

2.11.9. Indicadores del estado de las coberturas naturales ..... 514

2.11.9.1. Índice tasa de cambio (TCCN) ..... 514

2.11.9.2. Indicador de vegetación remanente en porcentaje (IVR) ..... 519

2.11.9.3. Indicador de presión demográfica (IPD) ..... 521

2.11.9.4. Índice de ambiente crítico (IAC) ..... 524

2.11.9.5. Índice de fragmentación de Steenmans y Pinborg (2000) ..... 525

2.11.9.6. Índice del Estado Actual de las Coberturas Naturales (IEACN). ..... 537

2.12. CARACTERIZACIÓN DE VEGETACIÓN Y FLORA ..... 539

2.12.1. Identificación preliminar de las áreas de la cuenca escasamente intervenidas o relictuales ..... 539

2.12.2. Reporte de trabajos de campo de evaluación ecológica rápida para caracterizar la vegetación y flora ..... 540

2.12.2.1. Estimación de la diversidad de plantas ..... 541

2.12.2.2. Intensidad del muestreo ..... 541

2.12.3. Consolidación de las características de vegetación y flora ..... 542

2.12.3.1. Composición florística de áreas prioritarias para la conservación ... 542

2.12.4. Especies de vegetación y flora que actualmente son reconocidas en algún grado de amenaza, endémicas, o en peligro de extinción ..... 545

2.13. CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA ..... 547

2.13.1. Reporte de trabajos de campo de Evaluación Ecológica Rápida ..... 547

2.13.1.1. Mamíferos ..... 547

2.13.1.2. Aves ..... 549

2.13.1.3. Herpetos ..... 550

2.13.1.4. Peces ..... 551

2.13.2. Caracterización de la fauna terrestre e íctica de la cuenca ..... 552

2.13.2.1. Mamiferos ..... 552

2.13.2.2. Aves ..... 556

2.13.2.3. Herpetos ..... 575

2.13.2.4. Peces ..... 579

2.13.3. Especies que se encuentran en algún grado de amenaza, endémicas o de importante valor económico, social, cultural y ecológico ..... 579

2.13.3.1. Mamiferos ..... 579

2.13.3.2. Aves ..... 581

2.13.3.3. Herpetos ..... 582

2.14. IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS Y ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS ..... 583

2.14.1. Áreas protegidas de orden nacional y regional declaradas, públicas o privadas 583

2.14.1.1. Parque Natural Regional Serranía del Perijá ..... 584

2.14.1.2. Reserva Natural de la Sociedad Civil los Tananeos ..... 584

2.14.1.3. Parque Natural Regional Cerro Pintao ..... 586

2.14.2. Áreas complementarias para la conservación ..... 587

2.14.2.1. Reserva Nacional Forestal de la Serranía de los Motilones ..... 587

2.14.2.2. Sistema Departamental de áreas protegidas SIDAP Cesar ..... 589

2.14.2.3. Bosques de Paz ..... 590

2.14.2.4. Bosque Secos Tropicales ..... 591

2.14.2.5. Determinantes para la elaboración y adopción de los Planes de Ordenamiento Territorial, Planes Básicos y Esquemas de Ordenamiento Territorial

de los Municipios bajo la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Cesar, CORPOCESAR.....592

2.14.2.6. Distrito de Conservación de Suelos de CORPOGUAJIRA.....592

2.14.3. Áreas de importancia ambiental .....593

2.14.4. Áreas de reglamentación especial.....593

2.14.4.1. Territorios étnicos YUKPA .....593

2.14.4.2. Áreas de patrimonio cultural e interés arqueológico .....594

2.14.4.3. Áreas para la producción agrícola y ganadera y de explotación de recursos naturales (numeral 2 del Artículo 4 del Decreto 3600) .....595

# LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1. Distribución espacial de las estaciones climatológicas del IDEAM ..... 42
Figura 2-2. Mapa de zonas de influencia por Polígono de Thiessen ..... 44
Figura 2-3. Medición histórica de datos pluviométricos en 24 horas ..... 45
Figura 2-4. horas Mediciones históricas de temperatura diaria ..... 45
Figura 2-5. Estimación de datos faltantes para la estación Apto Alfonso López ..... 50
Figura 2-6. Precipitación media mensual ..... 55
Figura 2-7. Coeficiente Pluviométrico ..... 56
Figura 2-8. Mapa de espacialización de la precipitación media anual de la cuenca ..... 57
Figura 2-9. Mapa de espacialización de la precipitación media mensual de la cuenca ..... 58
Figura 2-10. Resultados de los análisis de bondad de ajuste para determinar el método de distribución probabilística que más se ajusta a los datos de precipitación máxima en 24 hora tomados por las estaciones objeto de estudio ..... 60
Figura 2-11. Mapa de espacialización de la temperatura de la cuenca ..... 62
Figura 2-12. Temperatura Media ..... 63
Figura 2-13. Mapa de espacialización de la temperatura media mensual de la cuenca ..... 64
Figura 2-14. Estaciones climatológicas que miden la variable humedad ..... 66
Figura 2-15. Diagramas de Frecuencia de Brillo Solar Mensual Multianual ..... 67
Figura 2-16. Efecto Foehn en la serranía del Perijá ..... 67
Figura 2-17. Diagramas de Frecuencia de Humedad Media mensual Multianual ..... 69
Figura 2-18. Diagramas de Frecuencia de evaporación Media mensual Multianual ..... 70
Figura 2-19. Evapotranspiración potencial de la cuenca ..... 74
Figura 2-20. Evapotranspiración real de la cuenca ..... 75
Figura 2-21. Índice de Aridez de la Cuenca ..... 76
Figura 2-22. Resultado del Modelo Climatológico de Caldas aplicado a la cuenca en estudio ..... 77
Figura 2-23. Clases de clima según Lang ..... 78
Figura 2-24. Zonificación climática de la cuenca ..... 80
Figura 2-25. Comportamiento medio mensual de los periodos climáticos en la estación Descanso El ..... 82

Figura 2-26. Comportamiento medio mensual de los periodos climáticos en la estación Manaure ..... 83

Figura 2-27. Comportamiento medio mensual de los periodos climáticos en la estación Urumita ..... 85

Figura 2-28. Comportamiento medio mensual de los periodos climáticos en la estación Rincón El ..... 86

Figura 2-29. Comportamiento medio mensual de los periodos climáticos en la estación Apto Alfonso López ..... 88

Figura 2-30. Mapa de espacialización de la precipitación en un periodo climático seco en la cuenca ..... 89

Figura 2-31. Mapa de espacialización de la precipitación en un periodo climático húmedo en la cuenca ..... 90

Figura 2-32. Épocas de ocurrencia de fenómenos El Niño clasificados por intensidad y duración, de acuerdo a la magnitud de las anomalías positivas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) registrada en el océano Pacífico central (Región Niño3) ..... 91

Figura 2-33. Épocas de ocurrencia de fenómenos La Niña clasificados por intensidad y duración, de acuerdo a la magnitud de las anomalías negativas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) registrada en el océano Pacífico central (Región Niño3) ..... 91

Figura 2-34. Balance hidro-climático estación Rincón El ..... 102

Figura 2-35. Balance hidro-climático estación Apto Alfonso López ..... 103

Figura 2-36. Balance hidro-climático estación Urumita ..... 105

Figura 2-37. Balance hidro-climático estación Manaure ..... 106

Figura 2-38. Balance hidro-climático estación Perijá ..... 107

Figura 2-39. Índice de disponibilidad hídrica para el sistema hidrográfico ..... 108

Figura 2-40. Mapa de excesos hídricos medios anuales para el sistema hidrográfico ..... 109

Figura 2-41. Mapa de déficit hídrico medio anual para el sistema hidrográfico ..... 109

Figura 2-42. Diagrama del proceso, que sintetiza en 5 pasos, las actividades que deben desarrollarse para la obtención del producto de geología ..... 110

Figura 2-43. Mapa de Regiones geológicas 1:250.000 ..... 112

Figura 2-44. Mapa de Integración y consolidación de la información geológica obtenida en la cuenca 1:100.000 ..... 114

Figura 2-45. Mapa de Integración y consolidación de la información geológica obtenida en la cuenca 1:25.000 ..... 121

Figura 2-46. Ubicación de estudios geotécnicos de Suelo y roca ..... 125

Figura 2-47. Líneas de vuelo con cubrimiento a la zona de estudio ..... 127
Figura 2-48. Mapa de sombras ..... 131
Figura 2-49. Fotointerpretación de estructuras ..... 132
Figura 2-50. Zonas fotogeologicas ..... 133
Figura 2-51. Zonas de campo ..... 134
Figura 2-52. Puntos de control geológico ..... 135
Figura 2-53. Mapa de geología básica con fines de ordenación de cuencas hidrográficas ..... 136
Figura 2-54. Afloramiento formación la quinta ..... 137
Figura 2-55. Perfil 1. Formación la Quinta ..... 138
Figura 2-56. Perfil 2. Formación la Quinta ..... 139
Figura 2-57. Calizas formación Cogollo ..... 140
Figura 2-58. Caliza fosilifera ..... 140
Figura 2-59. Perfil grupo Cogollo ..... 141
Figura 2-60. Estatificación formación Cachiri ..... 142
Figura 2-61. Formación cachiri ..... 143
Figura 2-62. Cuarcita Serie Perijá ..... 143
Figura 2-63. Perfil serie Perijá ..... 144
Figura 2-64. Formación Manaure ..... 145
Figura 2-65. Deposito aluvial ..... 147
Figura 2-66. Depósitos dados en abanicos aluviales ..... 148
Figura 2-67. Depósitos de movimientos en masa ..... 149
Figura 2-68. Diagrama del proceso para la obtención del producto mapa de geología para Ingeniería (UGS cualitativa) ..... 150
Figura 2-69. Zonas diferenciadas bajo fotointerpretación ..... 152
Figura 2-70. Zonas de erosión ..... 152
Figura 2-71. Diaclasas ..... 153
Figura 2-72. Disolución y fracturamiento ..... 154
Figura 2-73. Depósitos de ladera ..... 155
Figura 2-74. Perfiles de suelo ..... 155

Figura 2-75. Caliza ..... 156
Figura 2-76. Cuarcita ..... 156
Figura 2-77. Riolita ..... 157
Figura 2-78. Ubicación de los sondeos ..... 158
Figura 2-79. Mapa de geología para ingeniería ..... 159
Figura 2-80. Provincias Hidrogeológicas y Sistemas de Acuíferos entre los departamentos de Cesar y La Guajira ..... 162
Figura 2-81. Ubicación del sistema acuífero del Cesar Vs la cuenca hidrográfica de los ríos Chiriaimo y Manaure ..... 163
Figura 2-82. Inventario de Pozos presentes en el área de la cuenca de los ríos Chiriaimo y Manaure ..... 169
Figura 2-83. Estación de bombeo y tanque de almacenamiento del Pozo Santa María .. 170
Figura 2-84. Boca del pozo El Trabajo ..... 170
Figura 2-85. Estación de bombeo del Pozo Varas Blancas ..... 171
Figura 2-86. Niveles de Productividad de las unidades Hidrogeológicas de los Acuíferos ..... 172
Figura 2-87. Ubicación del Pozo Santa María en la cuenca del río Chiriaimo ..... 173
Figura 2-88. Circuito de corriente con dos electrodos ..... 177
Figura 2-89. Localización de puntos para SEV ..... 179
Figura 2-90. Equipo para prospecciones geoeléctricas en corriente continua, Earth Resistivity Instruments ..... 182
Figura 2-91. Gráfica de modelación de los sondeos geoeléctricos ..... 184
Figura 2-92. Curva teórica y modelación para el sondeo 1 ..... 185
Figura 2-93. Curva teórica y modelación para el sondeo 2 ..... 185
Figura 2-94. Curva teórica y modelación para el sondeo 3 ..... 186
Figura 2-95. Curva teórica y modelación para el sondeo 4 ..... 186
Figura 2-96. Curva teórica y modelación para el sondeo 5 ..... 186
Figura 2-97. Curva teórica y modelación para el sondeo 6 ..... 187
Figura 2-98. Curva teórico y modelación para el sondeo 7 ..... 187
Figura 2-99. Curva teórica y modelación para el sondeo 8 ..... 187
Figura 2-100. Curva teórica y modelación para el sondeo 9 ..... 188

Figura 2-101. Curva teórica y modelación para el sondeo 10 ..... 188
Figura 2-102. Curva teórica y modelación para el sondeo 11 ..... 188
Figura 2-103. Curva teórica y modelación para el sondeo 12 ..... 189
Figura 2-104. Curva teórica y modelación para el sondeo 13 ..... 189
Figura 2-105. Curva teórica y modelación para el sondeo 14 ..... 189
Figura 2-106. Curva teórica y modelación para el sondeo 15 ..... 190
Figura 2-107. Curva teórica y modelación para el sondeo 16 ..... 190
Figura 2-108. Curva teórica y modelación para el sondeo 17 ..... 190
Figura 2-109. Curva teórica y modelación para el sondeo 18 ..... 191
Figura 2-110. Curva teórica y modelación para el sondeo 19 ..... 191
Figura 2-111. Curva teórica y modelación para el sondeo 20 ..... 191
Figura 2-112. Curva teórica y modelación para el sondeo 21 ..... 192
Figura 2-113. Curva teórica y modelación para el sondeo 22 ..... 192
Figura 2-114. Curva teórica y modelación para el sondeo 23 ..... 192
Figura 2-115. Curva teórica y modelación para el sondeo 24 ..... 193
Figura 2-116. Curva teórica y modelación para el sondeo 25 ..... 193
Figura 2-117. Curva teórica y modelación para el sondeo 26 ..... 193
Figura 2-118. Curva teórica y modelación para el sondeo 27 ..... 194
Figura 2-119. Curva teórica y modelación para el sondeo 28 ..... 194
Figura 2-120. Curva teórica y modelación para el sondeo 29 ..... 194
Figura 2-121. Curva teórica y modelación para el sondeo 30 ..... 195
Figura 2-122. Resistividades a los 50 metros ..... 196
Figura 2-123. Resistividades a los 100 metros ..... 197
Figura 2-124. Resistividades a los 200 metros ..... 197
Figura 2-125. Resistividades a los 300 metros ..... 198
Figura 2-126. Mapa de Vulnerabilidad Intrínseca a la contaminación del acuífero ..... 201
Figura 2-127. Acuífero bien protegido con una capa impermeable vs acuífero Vulnerable ..... 203
Figura 2-128. Zonas de protección para pozos ..... 204
Figura 2-129. Perímetros de protección de pozos en un acuífero libre ..... 204

Figura 2-130. Esquema de sedimentación ..... 205
Figura 2-131. Esquema del modelo conceptual regional ..... 206
Figura 2-132. Zonas de protección y manejo especial ..... 207
Figura 2-133. Identificación los principales cuerpos de agua que se originan en los límites de la subzona hidrográfica 2802-03 delimitada por IDEAM ..... 210
Figura 2-134. Cauces principales de los Ríos Manaure, Riecito y Pereira ..... 212
Figura 2-135. Cauces principales del Rio Mocho ..... 213
Figura 2-136. Cauces principales del Rio Chiriaimo ..... 214
Figura 2-137. Red de drenaje zona Tributaria del Rio Cesar ..... 215
Figura 2-138. Subdivisión general de la cuenca de estudio ..... 216
Figura 2-139. Subdivisión del sistema hidrográfico en la cuenca Tributarios del cesar ..... 218
Figura 2-140. Subzona Hidrográfica y la unidad hidrográfica de nivel I como objeto de análisis del presente POMCA ..... 219
Figura 2-141. Subdivision de las unidades hidrograficas de la subzona hidrograica 2802-03 ..... 220
Figura 2-142. Clasificación de sectores y unidades hidrográficas de la unidad hidrográfica de nivel III de la subzona hidrográfica 2802-03 ..... 220
Figura 2-143. Subdivisión de la cuenca Rio Manaure – Pereira (1/2) ..... 221
Figura 2-144. Subdivisión de la cuenca Rio Manaure – Pereira (2/2) ..... 222
Figura 2-145. Subdivisión de la subcuenca Chiriaimo (1/2) ..... 223
Figura 2-146. Subdivisión de la subcuenca Chiriaimo (2/2) ..... 224
Figura 2-147. Subdivisión del sistema hidrográfico en la cuenca del Rio Mocho ..... 225
Figura 2-148. Estructura básica para la codificación de cuencas ..... 226
Figura 2-149. Orden de las corrientes según Horton – Strahler ..... 245
Figura 2-150. Clasificación de los cauces según el método de Horton – Strahler ..... 248
Figura 2-151. Jerarquizacion de la red de drenaje del sistema hidrografico ..... 249
Figura 2-152. Longitud total de los cauces segun su orden ..... 250
Figura 2-153. Relación cualitativa entre la forma de la cuenca drenante y la respuesta hidrológica ..... 253
Figura 2-154. Bloque diagrama mostrando basculamiento ..... 256
Figura 2-155. Aplicación de métodos para la estimación de los tiempos de concentración para las distintas unidades hidrográficas ..... 259

Figura 2-156. Curvas hipsométricas características del ciclo de erosión, según STRAHLER ..... 264
Figura 2-157. Curvas Hipsométricas de las diferentes unidades hidrográficas de nivel II analizadas ..... 264
Figura 2-158. Curva Hipsométrica de la microcuenca de Rio Mocho ..... 265
Figura 2-159. Curva Hipsométrica de la Subcuenca del Rio Chiriaimo ..... 266
Figura 2-160. Curva Hipsométrica de la cuenca del Rio Manaure-Pereira ..... 266
Figura 2-161. Curva Hipsométrica de la Zona tributaria del Cesar ..... 267
Figura 2-162. Mapas de pendiente de la cuenca hidrográfica ..... 285
Figura 2-163. Estaciones hidrológicas para análisis de regionalización de zonas hidrográficas ..... 290
Figura 2-164. Polígonos de Thiessen para la zonificación del área de influencia de las estaciones climatológicas sobre el área aferente de las estaciones hidrológicas del IDEAM ..... 292
Figura 2-165. Numero de agrupaciones de parámetros principales ..... 293
Figura 2-166. Resultados del Análisis de componentes principales ..... 293
Figura 2-167. Curvas de Andrew para el análisis de unidades hidrológicas homogéneas de las cuencas de las estaciones hidrológicas ..... 294
Figura 2-168. Grupo 1 de unidades homogéneas ..... 295
Figura 2-169. Grupo 2 de unidades homogéneas ..... 295
Figura 2-170. Resultados de variables agrupadas por el método k-means clustering ..... 296
Figura 2-171. Medición histórica de caudales en 24 horas para las unidades hidrológicas homogéneas ..... 297
Figura 2-172. Representación gráfica de posibles datos atípicos ..... 299
Figura 2-173. Relleno de datos faltantes con métodos gráficos en la cuenca de la estación corral de piedra ..... 302
Figura 2-174. CDC Rio Manaure – Pereira ..... 308
Figura 2-175. CDC Rio Chiriaimo ..... 308
Figura 2-176. CDC Rio Mocho ..... 308
Figura 2-177. Modelo esquemático de los elementos hidrológicos del modelo HECHMS ..... 309
Figura 2-178. Valores del número de curvas (CN) ..... 311
Figura 2-179. Textura de la composición de los suelos ..... 312

Figura 2-180. Resultado de la superposición para la estimación del Numero de curvas. 313
Figura 2-181. Abstracción inicial para cada unidad hidrográfica de nivel III ..... 317
Figura 2-182. Efecto del tránsito de avenidas en cauces ..... 320
Figura 2-183. Periodo de modelizado hidrológico ..... 324
Figura 2-184. Espacialización de la evapotranspiración en las unidades hidrográficas de nivel III en el mes de enero ..... 329
Figura 2-185. CDC Modelizada y Calibrada - Rio Chiriaimo ..... 330
Figura 2-186. CDC Modelizada y Calibrada – Rio Manaure – Pereira ..... 331
Figura 2-187. CDC Modelizada y Calibrada – Rio Mocho ..... 331
Figura 2-188. CDC- Unidad abastecedora El Plan ..... 332
Figura 2-189. CDC- Unidad abastecedora Los Tupes ..... 332
Figura 2-190. CDC- Unidad abastecedora Manaure ..... 332
Figura 2-191. CDC- Unidad abastecedora La Paz y San Diego ..... 333
Figura 2-192. CDC- Unidad abastecedora San José del Oriente y San José Oriente – Betania ..... 333
Figura 2-193. CDC- Unidad abastecedora Varas Blancas ..... 333
Figura 2-194. OHTS Unidades hidrográficas de nivel III – Periodo climático normal ..... 340
Figura 2-195. OHTS Unidades hidrográficas abastecedoras – Periodo climático normal 343
Figura 2-196. OHTS Unidades hidrográficas de nivel III – Periodo climatio seco ..... 344
Figura 2-197. OHTS Unidades hidrográficas abastecedoras – Periodo climático seco ... 347
Figura 2-198. OHTS Unidades hidrográficas de nivel III – Periodo climático húmedo ..... 348
Figura 2-199. OHTS Unidades hidrográficas abastecedoras – Periodo climático húmedo ..... 351
Figura 2-200. Proceso de estimación de la OHTD ..... 352
Figura 2-201. Caudal ambiental de la unidad hidrográfica ..... 353
Figura 2-202. OHTD para periodos climáticos normales ..... 354
Figura 2-203. OHTD para periodos climáticos secos ..... 355
Figura 2-204. Caudales máximos a la salida de las Unidades hidrográficas de nivel II para distintos periodos de retorno – Modelizado Numérico ..... 359
Figura 2-205. Caudales máximos a la salida de las Unidades hidrográficas abastecedoras para distintos periodos de retorno – Modelizado Numérico ..... 359

Figura 2-206. Relación generalizada de las U.H del grupo 2 - Q_2.33=f(A) ..... 360
Figura 2-207. Demanda por uso doméstico ..... 370
Figura 2-208. Demanda por uso agropecuario ..... 370
Figura 2-209. Demanda de agua total ..... 371
Figura 2-210. Índice de Uso del Agua para las unidades hidrográficas de nivel III ..... 373
Figura 2-211. Índice de Uso del Agua para las unidades hidrográficas abastecedoras ..... 375
Figura 2-212. Partes de una CDC para la estimación del IRH ..... 376
Figura 2-213. IRH Medio de la subzona hidrográfica 2802-03 ..... 378
Figura 2-214. IRH medio de las unidades hidrográficas de nivel III ..... 378
Figura 2-215. Espacialización del IRH ..... 379
Figura 2-216. Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVH) en las unidades hidrográficas de nivel III ..... 380
Figura 2-217. Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVH) en las unidades hidrográficas abastecedoras ..... 381
Figura 2-218. Clasificación del índice de variabilidad ..... 384
Figura 2-219. Clasificación del índice morfométrico de torrencialidad para las U.H.A ..... 385
Figura 2-220. Clasificación del índice de variabilidad para las U.H.A ..... 387
Figura 2-221. Clasificación del índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales ..... 388
Figura 2-222. Localización de las estaciones existentes para el monitoreo de calidad de agua en la cuenca de los ríos Chiriaimo y Manaure ..... 395
Figura 2-223. Localización de los puntos de vertimiento de aguas residuales domésticas en la cuenca ..... 397
Figura 2-224. Resultados de la estimación del ICA Promedio ..... 406
Figura 2-225. Resultados de la estimación del ICA Mínimo ..... 406
Figura 2-226. Cálculo del ICA para el río Manaure ..... 407
Figura 2-227. Cálculo del ICA para el río Chiriaimo ..... 409
Figura 2-228. Resultados de la estimación del IACAL para un año medio ..... 418
Figura 2-229. Resultados de la estimación del IACAL para un año seco ..... 418
Figura 2-230. Ambiente Estructural ..... 422
Figura 2-231. Ambiente deposicional ..... 423
Figura 2-232. Ambiente mixto (erosional y estructural) ..... 423

Figura 2-233. Ambiente disolucional ..... 423
Figura 2-234. Sistemas de terrenos en la zona de estudio ..... 424
Figura 2-235. Sistemas del terreno ..... 426
Figura 2-236. Fotointerpretación morfológica ..... 427
Figura 2-237. Lomeríos ..... 433
Figura 2-238. Cerros estructurales ..... 433
Figura 2-239. Valle en V ..... 434
Figura 2-240. Lomos residuales ..... 434
Figura 2-241. Paisajes Karsticos ..... 435
Figura 2-242. Paisaje mixto ..... 436
Figura 2-243. Unidades geomorfológicas Zinck ..... 438
Figura 2-244. Subunidades geomorfológicas Carvajal ..... 439
Figura 2-245. Unidades Cartográficas de Suelos ..... 441
Figura 2-246. Capacidad de uso del suelo del estudio general de suelos ..... 445
Figura 2-247. Suelos semidetallados de La Guajira ..... 446
Figura 2-248. Mapa de puntos de las observaciones detalladas sobre unidades geomorfológicas ..... 450
Figura 2-249. Puntos de muestreo de suelos en el mapa de pendientes ..... 451
Figura 2-250. Desarrollo incipiente de suelo y altas pendientes, parte alta de la cuenca del río Manaure ..... 452
Figura 2-251. Puntos de muestreo sobre unidades cartográficas del estudio general de suelos ..... 453
Figura 2-252. Typic Dystrudepts familia Francosa fina, isotérmica. Asociación MQC fase d2 ..... 455
Figura 2-253. Typic Udorthents familia esquelética-francosa, isotérmica, de la Asociación MQA fase d2 ..... 456
Figura 2-254. Lithic Haplusterts familia Arcillosa, Isohipertérmica de la Asociación LWBa2 ..... 456
Figura 2-255. Calcic Haplustalfs familia Esquelético-arenosa, isohipertérmica, calcárea en la Asociación PWAap ..... 457
Figura 2-256. Entic Udic Haplusterts Familia esquelético-arcillosa, isohipertérmica; asociación PWAbp ..... 458

Figura 2-257. Calcic Haplustalfs familia Limosa-gruesa, Isohipertérmica, calcárea de la Consociación PWDa2 ..... 458

Figura 2-258. Calcic Haplustalf Familia francosa fina, isohipertérmica, calcárea ..... 459

Figura 2-259. Fotografías que ilustran los limitantes de pendiente alta, pedregosidad, suelos descubierto (vereda Hondo del río ..... 464

Figura 2-260. Eflorescencias de carbonatos y sales en el perfil del suelo. Finca de don Francisco, Terraza aluvial del río Cesar ..... 464

Figura 2-261. Erosión moderada (grado 2), en el plano aluvial del río Cesar, en la carretera Valledupar- La Paz, Sector Universidad Nacional de Colombia, sede la Paz ..... 465

Figura 2-262. Puntos de muestreo de suelos sobre Clases de capacidad de uso de la cuenca ..... 465

Figura 2-263. Mapa de capacidad de uso del suelo para la cuenca: Clases de capacidad de uso de la cuenca, con los puntos de muestreo de suelos ..... 466

Figura 2-264. Mapa de Sitos de verificación inicialmente establecidos para el trabajo de campo ..... 472

Figura 2-265. Mapa de Sitos de verificación finales establecidos para el trabajo de campo ..... 473

Figura 2-266. Coberturas de la tierra nivel I para las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 474

Figura 2-267. Distribución porcetual de coberturas ..... 475

Figura 2-268. Coberturas de la tierra último nivel de las cuencas Chiriaimo y Manaure para el año 2019 ..... 475

Figura 2-269. Distribución de los territorios artificializados para las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 478

Figura 2-270. Tejido urbano continuo para las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 479

Figura 2-271. Tejido urbano discontinuo municipio de La Paz ..... 479

Figura 2-272. Explotación de materiales de construcción y calizas (Mina Cal y Man) vereda La Tomita ..... 480

Figura 2-273. Distribución espacial de los territorios agrícolas en las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 481

Figura 2-274. Pastos limpios ..... 483

Figura 2-275. Pastos arbolados ..... 484

Figura 2-276. Pastos enmalezados ..... 485

Figura 2-277. Mosaico de pastos y cultivos ..... 486

Figura 2-278. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales ..... 487

Figura 2-279. Mosaico de pastos con espacios naturales ..... 488
Figura 2-280. Distribución de los Bosques y Áreas Semi naturales ..... 489
Figura 2-281. Bosque denso alto de tierra firme ..... 490
Figura 2-282. Bosque denso bajo de tierra firme ..... 491
Figura 2-283. Bosque fragmentado con pastos y cultivos ..... 492
Figura 2-284. Bosque fragmentado con vegetación secundaria ..... 493
Figura 2-285. Bosque de galería y ripario ..... 494
Figura 2-286. Herbazal abierto rocoso ..... 495
Figura 2-287. Arbustal denso ..... 496
Figura 2-288. Arbustal abierto esclerófilo ..... 497
Figura 2-289. Arbustal abierto mesófilo ..... 498
Figura 2-290 Vegetación secundaria alta ..... 499
Figura 2-291. Vegetación secundaria baja ..... 500
Figura 2-292. Tierras desnudas y degradadas ..... 501
Figura 2-293. Zonas quemadas ..... 502
Figura 2-294. . Distribución porcentual de los usos en las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 504
Figura 2-295. Usos actuales del suelo de las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 505
Figura 2-296. Coberturas de la tierra 2012 cuenca del río Manaure-Chiriaimo ..... 507
Figura 2-297. Comparación del cambio de coberturas en los territorios Artificializados y Agrícolas ..... 510
Figura 2-298. Comparación del cambio de coberturas boscosas para el periodo 2012-2019 ..... 511
Figura 2-299. Comparación del cambio en otras coberturas vegetales naturales ..... 512
Figura 2-300. Consolidado de cambio de áreas para las cuencas Chiriaimo y Manaure, con valores correspondientes al periodo 2012 (en azul) y los correspondientes al periodo 2019 (en rojo) ..... 514
Figura 2-301. Tasa de Cambio de coberturas naturales de las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 516
Figura 2-302. TCCN para las cuencas Chiriaimo y Manaure en el periodo 2012-2019 ..... 518
Figura 2-303. Índice de vegetación remanente para la cuenca del río Manaure-Chiriaimo ..... 520

Figura 2-304. Tendencias o crecimientos positivos del Índice de vegetación remanente calculada cuenca del río Manaure-Chiriaimo ..... 521

Figura 2-305. Índice de presión demográfica ..... 523

Figura 2-306. Índice de ambiente crítico para las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 525

Figura 2-307. Mapa del índice de fragmentación para las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 527

Figura 2-308. Clasificación áreas sensibles y no sensibles para la cuenca del río Manaure-Chiriaimo ..... 529

Figura 2-309. Índice de fragmentación - cuencas de los ríos Chiriaimo y Manaure ..... 536

Figura 2-310. Índice estado actual de las coberturas naturales de las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 538

Figura 2-311. Mapa de áreas seleccionadas para el muestreo de vegetación y fauna ..... 540

Figura 2-312. Sitios donde se realizó el muestreo ..... 541

Figura 2-313. Establecimiento y censo de las parcelas en cada uno de los puntos ..... 541

Figura 2-314. Especies con mayor número de individuos ..... 544

Figura 2-315. Especies sobresalientes con algún grado de amenaza. A. Aspidosperma polyneuron B. Caesalpinia ébano ..... 546

Figura 2-316. Ubicación geográfica de las zonas donde se realizaron las encuestas ..... 548

Figura 2-317. Registro fotográfico de encuestas realizadas a la población ..... 548

Figura 2-318. Observación de aves para la caracterización ..... 550

Figura 2-319. Registro fotográfico de la busqueda de réptiles y anfibios ..... 551

Figura 2-320. Riqueza porcentual de especies de mamíferos por órdenes registrados en la cuenca de los ríos Manaure y Chiriaimo ..... 554

Figura 2-321. Registros de Alouatta seniculus (a), huella de armadillo (b), Didelphis marsupialis atropellado (c) y espinas de Coendou sanctaemartae. ..... 555

Figura 2-322. Familias identificadas con su respectiva riqueza de especies ..... 574

Figura 2-323. Riqueza de especies con respecto al orden en porcentaje ..... 576

Figura 2-324. Especies de anfibios y reptiles observados en la zona de estudio. De arriba abajo, izquierda a derecha: Allobates ignotus, Rhinella horribilis, Hyloscirtus platydactylus, Leptodactylus poecilochilus, Amphisbaena fuliginosa, Amphisbaena medemi, Tretiosc ..... 577

Figura 2-325. Trichomycterus sp. capturado en la cuenca del Río Manaure ..... 579

Figura 2-326. Categoría de amenaza según la UICN para las especies de mamíferos registradas en la zona de estudio. EN: En Peligro; LC: Preocupación Menor; NT: Casi Amenazada; VU: Vulnerable; NE: No Evaluado ..... 580

Figura 2-327. Ardillas utilizadas como mascotas en la zona de estudio ..... 581

Figura 2-328. Categoría de amenaza según la UICN para las especies de aves registradas en la zona de estudio. EN: En Peligro; LC: Preocupación Menor; CR: Peligro Crítico; VU: Vulnerable; NE: No Evaluada; DD: Datos Insuficientes ..... 582

Figura 2-329. Ara ararauna, Amazona ochrocephala y Pionus menstruus como mascotas en fincas del área de estudio ..... 582

Figura 2-330. Categoría de amenaza según la UICN para las especies de herpetos registradas en la zona de estudio. EN: En Peligro; LC: Preocupación Menor; CR: Peligro Crítico; VU: Vulnerable; NE: No Evaluada; DD: Datos Insuficientes ..... 583

Figura 2-331. Localización del Parque Natural Regional Serranía del Perijá frente a la cuenca hidrográfica en estudio ..... 584

Figura 2-332. Localización de la Reserva Natural los Tananeos ..... 585

Figura 2-333. Localización del Parque Natural Regional Cerro Pintao - Serranía del Perijà ..... 587

Figura 2-334. Localización de la Reserva Nacional Forestal de la Serranía de los Motilones frente a la cuenca hidrográfica en estudio ..... 588

Figura 2-335. Zonas del sistema departamental de áreas protegidas frente a la cuenca hidrográfica en estudio ..... 590

Figura 2-336. Áreas constitudidas dentro del Programa Bosques de Paz dentro de la cuenca hidrográfica en estudio ..... 591

Figura 2-337. Zonas de Bosque Seco Trópical dentro de la cuenca hidrográfica en estudio ..... 592

Figura 2-338. Áreas de territorios étnicos frente a la cuenca hidrográfica en estudio ..... 594

Figura 2-339. Áreas de patrimonio cultural e interés arqueológico ..... 595

Figura 2-340. Clasificación de la capacidad de uso del suelo ..... 596

## LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1. Estaciones Climatológicas representativas de la cuenca ..... 43
Tabla 2-2. Periodos de estudio homogéneo seleccionado ..... 46
Tabla 2-3. Coeficientes de Chauvenet ..... 47
Tabla 2-4. Eliminación de posibles valores atípicos o anómalos ..... 47
Tabla 2-5. Test de coeficiente de correlación para las estaciones climatológicas ..... 49
Tabla 2-6. Resultados del análisis de Homogeneidad y Tendencia (test de Mann-Kendall) ..... 52
Tabla 2-7. Resultados de la prueba de aleatoriedad (Prueba de rachas) ..... 54
Tabla 2-8. Precipitaciones máximas en 24 horas ..... 59
Tabla 2-9. Precipitaciones máximas en 24 horas para distintos periodos de retorno ..... 61
Tabla 2-10. Valores medios multianuales de brillo solar ..... 66
Tabla 2-11. Valores medios multianuales de humedad relativa ..... 68
Tabla 2-12. Valores medios multianuales de evaporación ..... 70
Tabla 2-13. Valores del Índice de Aridez ..... 72
Tabla 2-14 Factor de ajuste La para la ecuación de Thornthwaite ..... 73
Tabla 2-15. Resumen del modelo climatológico de Caldas ..... 77
Tabla 2-16 Clases de clima según Lang ..... 78
Tabla 2-17. Tipos Climáticos Caldas - Lang ..... 79
Tabla 2-18. Clasificación de periodos climáticos ..... 81
Tabla 2-19. Periodos climáticos de la para la estación Descanso El ..... 82
Tabla 2-20. Periodos climáticos de la para la estación Manaure ..... 84
Tabla 2-21. Periodos climáticos de la para la estación Urumita ..... 85
Tabla 2-22. Periodos climáticos de la para la estación Rincón El ..... 87
Tabla 2-23. Periodos climáticos de la para la estación Apto Alfonso López ..... 88
Tabla 2-24. Fenómeno del niño – Estación Descanso El ..... 92
Tabla 2-25. Fenómeno de la niña – Estación Descanso El ..... 92
Tabla 2-26. Fenómeno del niño – Estación Manaure ..... 93
Tabla 2-27. Fenómeno de la niña – Estación Manaure ..... 93
Tabla 2-28. Fenómeno del niño – Estación Urumita ..... 94

Tabla 2-29. Fenómeno de la niña – Estación Urumita ..... 94
Tabla 2-30. Fenómeno del niño – Estación Rincón El ..... 95
Tabla 2-31. Fenómeno de la niña – Estación Rincon El ..... 95
Tabla 2-32. Fenómeno del niño – Estación Apto Alfonso López ..... 96
Tabla 2-33. Fenómeno de la niña – Estación Apto Alfonso López ..... 96
Tabla 2-34. Porcentaje de coincidencia de fenómenos ENSO y los registros climatológicos de la zona estudio ..... 97
Tabla 2-35. Registro de periodos climáticos húmedos y secos de los últimos 30 años para cada una de las estaciones ..... 98
Tabla 2-36. Clasificación del índice de disponibilidad hídrica ..... 101
Tabla 2-37. Balance hidro-climático estación Rincón El ..... 101
Tabla 2-38. Balance hidro-climático estación Apto Alfonso López ..... 103
Tabla 2-39. Balance hidro-climático estación Urumita ..... 104
Tabla 2-40. Balance hidro-climático estación Manaure ..... 105
Tabla 2-41. Balance hidro-climático estación Perijá ..... 107
Tabla 2-42. Fotografías áreas ..... 126
Tabla 2-43. Litologías y formaciones geológicas que evidencian deformaciones y estructuras de diaclasas ..... 154
Tabla 2-44. Resumen UGS ..... 159
Tabla 2-45. Importancia hidrogeológica y ubicación del Abanico Aluvial ..... 165
Tabla 2-46. Litología, espesor y resistividad del Abanico Aluvial ..... 165
Tabla 2-47. Tipo de acuífero, espesor, nivel estático, y caudal del Abanico Aluvial ..... 165
Tabla 2-48 Calidad del agua, conductividad y aptitud para uso del Abanico Aluvial. ..... 165
Tabla 2-49 Conductividad hidráulica del Abanico Aluvial. ..... 165
Tabla 2-50. Importancia Hidrogeológica del Sistema Acuífero Grupo Cogollo (K1c) ..... 166
Tabla 2-51. Tipo de Acuífero, Espesor promedio, nivel estático, y caudales del Sistema Acuífero Grupo Cogollo (K1c) ..... 166
Tabla 2-52. Litología, espesor y resistividad del Sistema Acuífero Grupo Cogollo (K1c) 166
Tabla 2-53. Tipo de acuífero, calidad y características físico química del Sistema Acuífero Grupo Cogollo (K1c) ..... 167
Tabla 2-54. Tipo de acuífero y conductividad hidráulica del Sistema Acuífero Grupo Cogollo (K1c) ..... 167

Tabla 2-55. Importancia Hidrogeológica del Sistema formación Rionegro (Kir) ..... 167
Tabla 2-56. Litología, espesor y resistividad del Sistema Acuífero Formación Rionegro (Kir). ..... 167
Tabla 2-57. Tipo de Acuífero, Espesor promedio, nivel estático, y caudales del Sistema Acuífero Formación Rionegro (Kir) ..... 168
Tabla 2-58. Calidad y características físico química del Sistema Formación Rionegro (Kir) ..... 168
Tabla 2-59 Calidad y características físico química del Sistema Formación Rionegro (Kir) ..... 168
Tabla 2-60. Valores de parámetros fisicoquímicos..... 174
Tabla 2-61. Suma de Aniones y Cationes ..... 174
Tabla 2-62. Resistividades referenciales de suelos naturales genéricos ..... 178
Tabla 2-63. Coordenadas geográficas para el desarrollo de los SEV ..... 180
Tabla 2-64. Interpretación de rangos de resistividad aparentes ..... 183
Tabla 2-65. Datos generales de los sondeos eléctricos verticales ..... 183
Tabla 2-66. Clasificación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación ..... 199
Tabla 2-67. Fuentes de contaminación de las aguas subterráneas y los contaminantes derivados de cada actividad..... 199
Tabla 2-68. Resultado análisis microbiológico para cada uno de los pozos evaluados... 201
Tabla 2-69. Normatividad Colombiana: criterios de calidad para la destinación del recurso dec1594/84 (agua fría, agua cálida, agua marina, dulce y estuarina) ..... 202
Tabla 2-70. Clasificación de aguas según niveles de Coliformes presentes (Decreto 11 de 1984 de Min. De Salud de Chile) ..... 203
Tabla 2-71. Principales cauces identificados dentro del drenaje 1:25000 del IGAC ..... 210
Tabla 2-72. Clasificación de Cuencas Hidrográficas según su área..... 215
Tabla 2-73. Codificacion de las unidades hidrograficas de nivel II ..... 227
Tabla 2-74. Codificación de las unidades hidrográficas de nivel III ..... 227
Tabla 2-75. Clases de densidad de drenaje ..... 240
Tabla 2-76. Clase de valores de longitud del cauce principal ..... 241
Tabla 2-77. Clase de valores de pendiente del cauce (grados)..... 241
Tabla 2-78. Patrones típicos de drenaje ..... 242
Tabla 2-79. Parámetros e indicadores de las unidades hidrograficas de nivel II ..... 247

Tabla 2-80. Clasificación de los cauces según el método de Horton- Strahler para la subzona hidrográfica 2802-03 ..... 248

Tabla 2-81. Longitud total de los cauces segun su orden ..... 249

Tabla 2-82. Resultados de índices de relación de bifurcación, relación de longitudes e índice de torrencialidad ..... 250

Tabla 2-83. Clases de valores de coeficiente de masividad ..... 257

Tabla 2-84. Rangos de pendientes ..... 258

Tabla 2-85. Resumen del analisis morfometrico de las principales unidades hidrograficas de nivel II y su red de drenaje ..... 261

Tabla 2-86. Resultado del análisis morfométrico para las unidades hidrográficas de nivel II ..... 267

Tabla 2-87. Resultado del análisis morfométrico para las unidades hidrográficas de nivel II (continuación) ..... 271

Tabla 2-88. Resultado del análisis morfométrico para las unidades hidrográficas de nivel II (continuación) ..... 275

Tabla 2-89. Resultado del análisis morfométrico para las unidades hidrográficas de nivel II (continuación) ..... 280

Tabla 2-90. Rangos de pendientes ..... 285

Tabla 2-91. Estaciones hidrológicas para análisis de regionalización de zonas hidrográficas ..... 289

Tabla 2-92. Variables explicativas de tipo físico y climatológico ..... 290

Tabla 2-93. Unidades Hidrológicas Homogéneas con las Unidades hidrográficas de nivel II objeto de análisis del POMCA ..... 297

Tabla 2-94. Periodos de estudio homogéneo seleccionados ..... 298

Tabla 2-95. Estaciones climatológicas seleccionadas para análisis de periodos secos, húmedos y normales. ..... 301

Tabla 2-96. Test de Mann-Kendall para series de datos hidrologicos ..... 303

Tabla 2-97. Prueba de Rachas para series de datos hidrológicos. ..... 304

Tabla 2-98. Constantes de regresión para la estimación de la CDC para cada unidad hidrográfica de Nivel II ..... 306

Tabla 2-99. Comparación de CDC medidas en campo y las generadas por los análisis de homogeneidad del grupo homogéneo 1 ..... 306

Tabla 2-100. Comparación de CDC medidas en campo y las generadas por los análisis de homogeneidad del grupo homogéneo 2 ..... 307

Tabla 2-101. Abstracción inicial para cada unidad hidrográfica de nivel III ..... 313

Tabla 2-102. Parámetros para el desarrollo de los métodos de transformación del escurrimiento ..... 321

Tabla 2-103. Evapotranspiración mensual para cada unidad hidrográfica de nivel III ..... 324

Tabla 2-104. Caudales máximos históricos ..... 334

Tabla 2-105. OHTS Unidades hidrográficas de nivel III – Periodo climatio normal ..... 340

Tabla 2-106. OHTS Unidades hidrográficas abastecedoras – Periodo climatio normal .. 343

Tabla 2-107 OHTS Unidades hidrográficas de nivel III – Periodo climatio seco ..... 345

Tabla 2-108. OHTS Unidades hidrográficas abastecedoras – Periodo climatio seco ..... 347

Tabla 2-109. OHTS Unidades hidrográficas de nivel III – Periodo climatio humedo ..... 348

Tabla 2-110. OHTS Unidades hidrográficas abastecedoras – Periodo climatio humedo 351

Tabla 2-111. Caudal ambiental según el rango de IRH ..... 353

Tabla 2-112. OHTS y OHTD de las unidades hidrográficas abastecedoras ..... 356

Tabla 2-113. Caudales máximos para distintos periodos de retorno de las estaciones hidrológicas utilizadas para el análisis de zonas hidrográficas homogéneas ..... 357

Tabla 2-114. Caudales máximos a la salida de las Unidades hidrográficas de nivel II para distintos periodos de retorno ..... 358

Tabla 2-115. Caudales máximos a la salida de las Unidades hidrográficas del grupo 1 para distintos periodos de retorno – Modelizado Numérico ..... 360

Tabla 2-116. Caudales máximos a la salida de las Unidades hidrográficas del grupo 2 para distintos periodos de retorno – Modelizado Numérico ..... 360

Tabla 2-117. Relaciones entre caudales para distintos periodos de retorno de las U.H del segundo grupo - QT/Q2.33 ..... 361

Tabla 2-118. Caudales máximos (m3/s) para distintos periodos de retorno de las unidades hidrográficas de nivel II y el rio Mocho ..... 361

Tabla 2-119. Caudales concesionados por las corporaciones autónomas regionales, asignados a los distintos tipos de uso del suelo. ..... 365

Tabla 2-120. Caudales concesionados a los acueductos de las cabeceras municipales ubicadas dentro de la cuenca ..... 367

Tabla 2-121. Clasificación de demandas por unidades hidrográficas ..... 368

Tabla 2-122. Clasificación del Índice de Uso del Agua ..... 372

Tabla 2-123 Índice de Uso del Agua para las unidades hidrográficas de nivel II ..... 373

Tabla 2-124. Categorías del IRH ..... 376

Tabla 2-125. Índice de retención y regulación hídrica para las unidades hidrográficas de nivel II (Desembocadura) ..... 377

Tabla 2-126. Índice de retención y regulación hídrica para las unidades hidrográficas Abastecedoras (Punto de salida o delimitación) ..... 377

Tabla 2-127. Formulario de estimación del IVH ..... 380

Tabla 2-128. parámetros morfométricos de Densidad de drenaje, Pendiente media y coeficiente de compacidad para las unidades hidrográficas abastecedoras. ..... 382

Tabla 2-129. índices morfométricos y de variabilidad ..... 383

Tabla 2-130. Clasificación del índice morfométrico de torrencialidad para las U.H.A ..... 384

Tabla 2-131. Categorías del índice de variabilidad ..... 386

Tabla 2-132. Categorías del índice de variabilidad para las U.H.A ..... 386

Tabla 2-133. Clasificación del índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales ..... 387

Tabla 2-134. Documentos priorizados de acuerdo a su pertinencia ..... 389

Tabla 2-135. Variables fisicoquímicas mininas para identificar en las redes de monitoreo del recurso hídrico ..... 391

Tabla 2-136. Redes monitoreo presentes en la cuenca de los ríos Chiriaimo y Manaure ..... 392

Tabla 2-137. Monitoreos puntuales de calidad de agua realizados sobre la cuenca de los ríos Chiriaimo y Manaure ..... 393

Tabla 2-138. Puntos de Vertimiento de aguas residuales domésticas localizados en la cuenca ..... 396

Tabla 2-139. Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales ..... 398

Tabla 2-140. Rio Manaure: Vertimiento cabecera urbana del municipio de Manaure ..... 401

Tabla 2-141. Estimación de cargas contaminantes vertidas en el Tramo No. 21-Rio Manaure ..... 401

Tabla 2-142. Rio Chiriaimo: Vertimiento cabecera urbana del corregimiento de San José de Oriente ..... 402

Tabla 2-143. Estimación de cargas contaminantes vertidas en el Tramo 81-Rio Chiriaimo ..... 402

Tabla 2-144. Descriptores para representar el aplicativo del ICA ..... 403

Tabla 2-145. Estimación del ICA para cada uno de los puntos de muestreo sobre el Río Manaure ..... 407

Tabla 2-146. Estimación del ICA para cada uno de los puntos de muestreo sobre el río Chiriaimo ..... 408

Tabla 2-147. Valores optativos del IACAL de acuerdo con los rangos, categorías y descriptores de pre ..... 411

Tabla 2-148. Estimación del IACAL por categorías y descriptores de presión ..... 412

Tabla 2-149. Cumplimiento de objetivos de calidad hídrica de CORPOCESAR para el rio Manaure ..... 419

Tabla 2-150. Cumplimiento de objetivos de calidad hídrica de CORPOCESAR para el rio Chiriaimo ..... 420

Tabla 2-151. Geomorfología zona de estudio ..... 436

Tabla 2-152. Formas del terreno para la cuenca Manaure Chiriaimo ..... 449

Tabla 2-153. Rangos de pendientes y área (%) que ocupa cada rango en la cuenca ..... 450

Tabla 2-154. Características de las unidades de capacidad de uso de las tierras de la cuenca Manaure-Chiriaimo; los colores corresponden a los designados por el IGAC (2014) para las clases agrológicas ..... 467

Tabla 2-155. Distribución por área y porcentual de las coberturas nivel I ..... 474

Tabla 2-156. Coberturas de la tierra último nivel de las cuencas Chiriaimo y Manaure para el año 2019 ..... 476

Tabla 2-157. Distribución de los territorios artificializados para las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 477

Tabla 2-158. Distribución de los territorios agrícolas en las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 482

Tabla 2-159. Distribución de las áreas naturales y seminaturales de las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 489

Tabla 2-160. Usos de la tierra según las coberturas de la tierra de las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 503

Tabla 2-161. Porcentajes de usos actuales del suelo de las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 504

Tabla 2-162. Cambio de Coberturas de la Tierra para el año 2012 y 2019 para las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 508

Tabla 2-163. Cambio de Coberturas de la Tierra para los territorios Artificializados y Agrícolas en las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 509

Tabla 2-164. Cambios de las coberturas boscosas identificadas para el periodo 2012-2019 en las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 511

Tabla 2-165. Cambios de las otras coberturas vegetales naturales identificadas para el periodo 2012-2019 en las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 512

Tabla 2-166. Determinación del Indicador TCCN ..... 515

Tabla 2-167. Tasa de Cambio de coberturas naturales de las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 516
Tabla 2-168. Descripción del cálculo del índice de vegetación remanente ..... 519
Tabla 2-169. Índice de vegetación remanente para el grupo de coberturas en las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 520
Tabla 2-170. Descripción del cálculo del Indicador presión demográfica ..... 522
Tabla 2-171. Índice de presión demográfica para las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 523
Tabla 2-172. Descripción del cálculo del Índice de ambiente crítico ..... 524
Tabla 2-173. Índice de Ambiente Crítico para las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 524
Tabla 2-174. Determinación de las Áreas sensibles y no sensibles para la cuenca del río Manaure-Chiriaimo ..... 527
Tabla 2-175. Guía para el cálculo del Índice de fragmentación ..... 529
Tabla 2-176. Determinación del IF para cada Celda de Cálculo ..... 530
Tabla 2-177. Descripción del cálculo del Índice del Estado Actual de las Coberturas Naturales ..... 537
Tabla 2-178. Índice de estado actual de las coberturas naturales para las cuencas Chiriaimo y Manaure ..... 537
Tabla 2-179. Parcelas muestreadas en los dos departamentos ..... 542
Tabla 2-180. Listado de familias, especies vegetales y cantidad de individuos ..... 542
Tabla 2-181. Familias y especies que presentan algún grado de amenaza, son endémicas o tienen importancia económica. C.A: categoría de amenaza; I. Comercial: Importancia Comercial; End: Especies endémicas; NT: Casi amenazada; EN: en peligro; CR: peligro crítico; LC: preocupación menor ..... 545
Tabla 2-182. Estaciones y zonas de muestreo para la caracterización de la fauna ..... 547
Tabla 2-183. Composición taxonómica de los mamíferos registrados en la cuenca de los ríos Manaure y Chiriaimo ..... 552
Tabla 2-184. Claificación taxonómica de las aves identificadas ..... 556
Tabla 2-185. Clasificación taxonómica de herpetos identificados ..... 575

# INTRODUCCIÓN

Entre las inmediaciones del nor-oriente del departamento del Cesar y el sur del departamento de la Guajira se encuentra ubicada la cuenca hidrográfica de los ríos Manaure y Chiriaimo, la cual tiene una extensión de 51.934,74 hectáreas y tiene jurisdicción sobre los municipios de Manaure Balcón del Cesar, La Paz, San Diego, La Jagua del Pilar y Urumita; siendo una de las cuencas compartidas entre la Corporación Autónoma Regional del Cesar – CORPOCESAR y la Corporación Autónoma Regional de la Guajira – CORPOGUAJIRA.

Administrativamente, limita al norte con el Municipio de la Jagua del Pilar (departamento de La Guajira), al sur y al occidente, con el Municipio de La Paz (departamento del Cesar) y al oriente con la República Bolivariana de Venezuela.

La cuenca de los ríos Chiriaimo y Manaure, ha sido sometida durante las últimas décadas a diferentes impactos, evidenciándose un deterioro del recurso por las diferentes actividades antrópicas desarrolladas y los conflictos de uso del suelo en este territorio. Los impactos negativos más significativos corresponden a la pérdida de cobertura natural que se traduce en erosión de suelos, sedimentación, contaminación de las corrientes hídricas, pérdida de biodiversidad, debilitamiento de soberanía ancestral y del patrimonio cultural (CORPOCESAR, 2019).

Mediante Resolución No. 1111 del 18 de julio de 2013, se priorizaron las cuencas hidrográficas objeto de ordenación, ubicadas en el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Cesar “CORPOCESAR”, dentro de las cuales se priorizó la sub - zona hidrográfica de la cuenca de los ríos Chiriaimo y Manaure, teniendo en cuenta que éstas corresponden a un eje estructurante regional natural y cultural del ordenamiento territorial municipal.

CORPOCESAR fue una de las Corporaciones beneficiarias del Fondo de Compensación Ambiental para la vigencia 2019, para lo cual formuló y presentó el proyecto con código BPIN 2018011000631 denominado: Formulación del plan de ordenación y manejo de la cuenca 2802-03 del río Chiriaimo y Manaure en el departamento del Cesar y La Guajira.

Dicho proyecto fue aprobado en sesión del Comité del Fondo de Compensación Ambiental – FCA del 26 de abril de 2018. Por consiguiente, teniendo en cuenta que la cuenca de los ríos Chiriaimo y Manaure, es una cuenca compartida administrativamente con CORPOGUAJIRA, pero por su extensión liderada por CORPOCESAR, se acordó mediante Acta 001 del 19 de febrero de 2019, la conformación de la comisión conjunta para la Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica de los ríos Chiriaimo y Manaure.

De otra parte, mediante Resolución de comisión conjunta No. 0086 de fecha 22 de febrero de 2019 se declara conjuntamente en Ordenación la Cuenca hidrográfica de los ríos

Chiriaimo y Manaure en los departamentos del Cesar y La Guajira (código 2802-03) según el mapa de Zonificación Hidrográfica del IDEAM.

Para la formulación de dicho POMCA, CORPOCESAR planteó la contratación de una consultoría con personal o empresa idónea para realizar los trabajos o actividades propuestos en los estudios previos formulados para este fin y que tienen como código PCA-03-F-01.

Fue así como CORPOCESAR, desarrolló el CONCURSO PÚBLICO DE MÉRITOS ABIERTO –CMA– No. 002 – 2019, cuyo objeto fue: "contratar la formulación del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica de los ríos Chiriaimo y Manaure (código 2802- 03), en el departamento del Cesar y La Guajira; y que fue adjudicado a la Unión Temporal POMCA 2019, por medio del contrato 19-6-0145-0-2019.

Para la formulación del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica de los ríos Chiriaimo y Manaure (en adelante POMCA de los ríos Chiriaimo y Manaure), la Unión Temporal POMCA 2019 tiene en cuenta las directrices impartidas en los Estudios Previos PCA-03-F-01 expedidos por CORPOCESAR, también los lineamientos del Decreto 1640 de 2012 y que se encuentran compilados en el Decreto 1076 de 2015, y finalmente las indicaciones plasmadas en la Guía técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, elaborada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el año 2014 y expedida por la Resolución 1907 de 2013.

Con base en lo anterior, el ejercicio de formulación del POMCA de los ríos Chiriaimo y Manaure realiza un procedimiento metodológico que desarrolla las cuatro fases descritas a continuación, las cuales se transversalizan con la implementación de mecanismo de participación con los actores, con la gestión del riesgo, y con la gestión de información a través de las herramientas del Sistema de Información Geográfica.

- **Fase 1 – Aprestamiento**: en esta fase se define el plan de trabajo; la identificación, caracterización y priorización de actores; las estrategias de participación; la revisión y consolidación de información existente, el análisis situacional inicial; y el plan operativo detallado para la formulación del plan.
- **Fase 2 – Diagnóstico**: en esta fase se consolida el Consejo de Cuenca y se determina el estado actual de la cuenca en sus componentes: físico-biótico, socioeconómico y cultural, político administrativo, funcional y de gestión del riesgo; que sirve de base para el análisis situacional y la síntesis ambiental de la cuenca objeto de ordenación y manejo.
- **Fase 3 – Prospectiva y Zonificación Ambiental**: en la cual se diseñan los escenarios futuros del uso coordinado y sostenible del suelo, de las aguas, de la flora y de la fauna presente en la cuenca, y se define, en un horizonte no menor a diez años, el modelo de ordenación de la cuenca, con base en el cual se formula el plan de ordenación y manejo correspondiente.

- **Fase 4 – Formulación**: Esta fase comprende la definición del componente programático, las medidas para la administración de los recursos naturales renovables y el componente de gestión del riesgo. También, como parte del componente programático, en esta fase se formular la estructura administrativa y la estrategia financiera del POMCA, el diseño del programa de seguimiento y evaluación y, las actividades conducentes a la publicidad y aprobación del POMCA.

Además de las fases anteriores el presente POMCA también se transversaliza con el proceso de Consulta Previa que, el marco del Decreto 1640 de 2012, compilado en el 1076 de 2015, se adelanta con el Resguardo indígena Caño Padilla, de la etnia Yukpa, constituido con Resolución No. 0012 del 29 de junio de 2000, y con el Resguardo indígena Laguna - El Coso - Cinco Caminos, también de la etnia Yukpa, constituido mediante acuerdo No. 183 del 29 de junio de 2000.

En correspondencia con las fases antes descritas y según las indicaciones de los estudios previos, el POMCA de los ríos Chiriaimo y Manaure, tendrá como resultados los siguientes productos:

a) Plan de Trabajo de la Consultoría para la cuenca.
b) Productos indicados en el anexo técnico correspondientes a la fase de aprestamiento de la cuenca.
c) Productos indicados en el anexo técnico correspondiente a la fase de diagnóstico de la cuenca.
d) Productos indicados en el anexo técnico correspondiente a la fase de prospectiva y zonificación ambiental de la cuenca.
e) Productos indicados en el anexo técnico correspondiente a la fase de formulación de la cuenca.

En el presente documento, se plasman los resultados del tercer producto correspondiente al informe de la fase de diagnóstico, conformado de tres capítulos, el primero reporta la caracterización de la cuenca hidrográfica, el segundo se refiere al análisis situacional, y finalmente el tercer capítulo presenta la síntesis ambiental.

Teniendo en cuenta que este producto resultó en un informe con una cantidad de páginas importante, lo que ocasiona dificultades en el manejo de los archivos de Word y en algunos casos dañándolos, fue necesario, para prevenir ese riesgo, dividirlo en tres documentos codificados por capítulos, cada uno de los cuales corresponde a un aspecto de la fase diagnóstica, tal como se muestra en la siguiente tabla.

| CAPÍTULO | NOMBRE |
|---|---|
| A | CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA |
| B | ANÁLISIS SITUACIONAL |
| C | SÍNTESIS AMBIENTAL |

En el presente documento se plasman los resultados del CAPÍTULO A correspondiente a la caracterización de la cuenca hidrográfica.

# A. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA.

El capítulo de caracterización de la cuenca hidrográfica tiene como objeto describir las características básicas de la cuenca; así como también las características biofísicas, socioeconómicas culturales, político administrativas, funcionales, y de gestión de riesgo.

Teniendo en cuenta que este producto también resultó en un informe con una cantidad de páginas importante, se dividió en cinco documentos codificados por subcapítulos, cada uno de los cuales corresponde a una característica de la cuenca, tal como se muestra en la siguiente tabla.

| SUBCAPÍTULO | NOMBRE |
|---|---|
| SUBCAPÍTULO 1 | CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA CUENCA |
| SUBCAPÍTULO 2 | CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA DE LA CUENCA |
| SUBCAPÍTULO 3 | CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL DE LA CUENCA |
| SUBCAPÍTULO 4 y 5 | CARACTERIZACIÓN POLÍTICO-ADMINISTRATIVA Y CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL DE LA CUENCA |
| SUBCAPÍTULO 6 | GESTIÓN DEL RIESGO |

En el presente documento se plasman los resultados del SUBCAPÍTULO 2 correspondiente a las caracterizaciones biofísicas de la cuenca.

## 2. CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA DE LA CUENCA

El componente biofísico se encuentra formado por los factores y elementos que integran el medio natural, que por su importancia determinan las características y la dinámica del medio físico - biótico y su vulnerabilidad frente a las principales actividades humanas que se desarrollan en la cuenca hidrográfica. A continuación, se presenta el diagnóstico de cada uno de los factores y elementos que lo conforman.

## 2.1. CLIMA

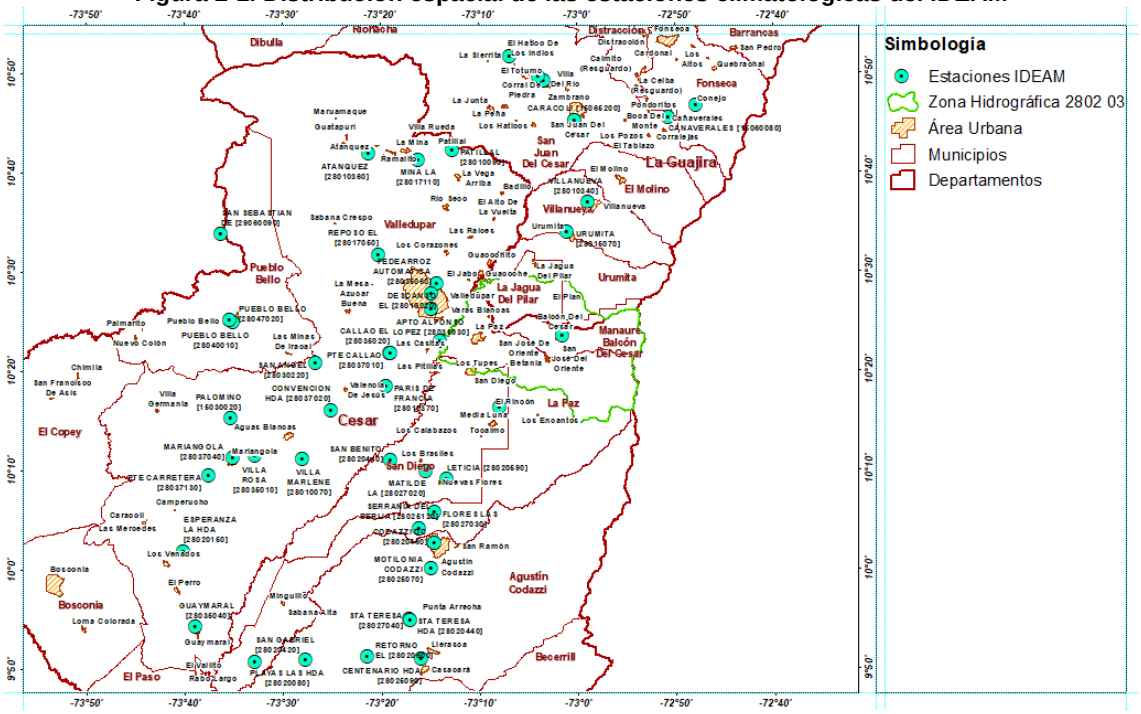
En este apartado se definen las características del clima de la cuenca, se determina su balance hídrico – climático, se construye el mapa de índice de aridez, se desarrolla la zonificación climática de la cuenca y finalmente su clasificación climática. A continuación, se presentan los resultados.

### 2.1.1. Características del clima en la cuenca hidrográfica

Las características del clima de la cuenca son definidas con un enfoque temporal y espacial y a nivel local y regional, generando los respectivos mapas de isoyetas mensuales y anuales. Las variables climáticas que se analizan son: precipitación, temperatura, brillo, humedad relativa, evaporación y radiación solar, velocidad y dirección del viento.

Implementando herramientas SIG y utilizando capas o layers oficiales de catálogo de estaciones climatológicas IDEAM, se realizó un filtro donde se excluyen las estaciones climatológicas que se encuentran suspendidas o que se instalaron en un lapso no mayor a los últimos 10 años en la región. El resultado del ejercicio permite especificar las estaciones que cuentan con el tiempo de medición mínimo definido por el Anexo A de la Guía POMCA. (ver Figura 2-1).

**Figura 2-1. Distribución espacial de las estaciones climatológicas del IDEAM**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

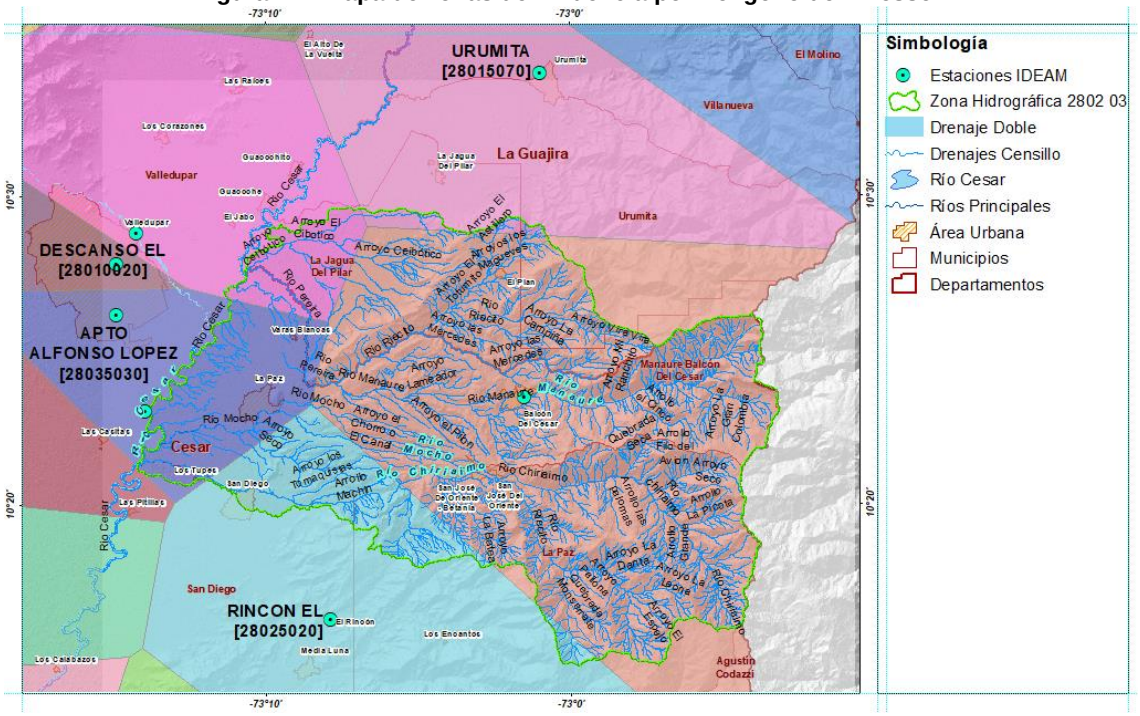
Para identificar las estaciones climatológicas que representan el comportamiento climático de la cuenca, se acude a la implementación de la metodología propuesta por Alfred H. Thiessen y que lleva por nombre Polígonos de Thiessen, estos polígonos son la generación de diagramas de Voronoi (uno de los métodos de interpolación más simples), que permiten identificar las zonas con mayor proximidad a un punto específico por medio de figuras geométricas. Identificadas las estaciones se verificó el cumplimiento de los requerimientos mínimos establecidos por el Anexo A de la Guía POMCA donde se concluye que las estaciones Rincón El, Manaure, Urumita, Apto Alfonso López y Descanso El, son las que cumplen con esas condiciones. (ver Tabla 2-1 y Figura 2-2).

**Tabla 2-1. Estaciones Climatológicas representativas de la cuenca**

| COD | NOMBRE | CAT | DEPAR | LAT | LON | ALT | FECHA INICIO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 28010020 | DESCANSO EL [28010020] | PM | CESAR | 10.480111 | -73.237194 | 160 | 1986 |
| 28010040 | MANAURE [28010040] | PM | CESAR | 10.391389 | -73.025278 | 740 | 1975 |
| 28015070 | URUMITA [28015070] | CO | LA GUAJIRA | 10.566389 | -73.016389 | 255 | 1975 |
| 28025020 | RINCON EL [28025020] | CO | CESAR | 10.271389 | -73.131389 | 350 | 1964 |
| 28035030 | APTO ALFONSO LOPEZ [28035030] | SP | CESAR | 10.436167 | -73.247667 | 138 | 1968 |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

**Figura 2-2. Mapa de zonas de influencia por Polígono de Thiessen**



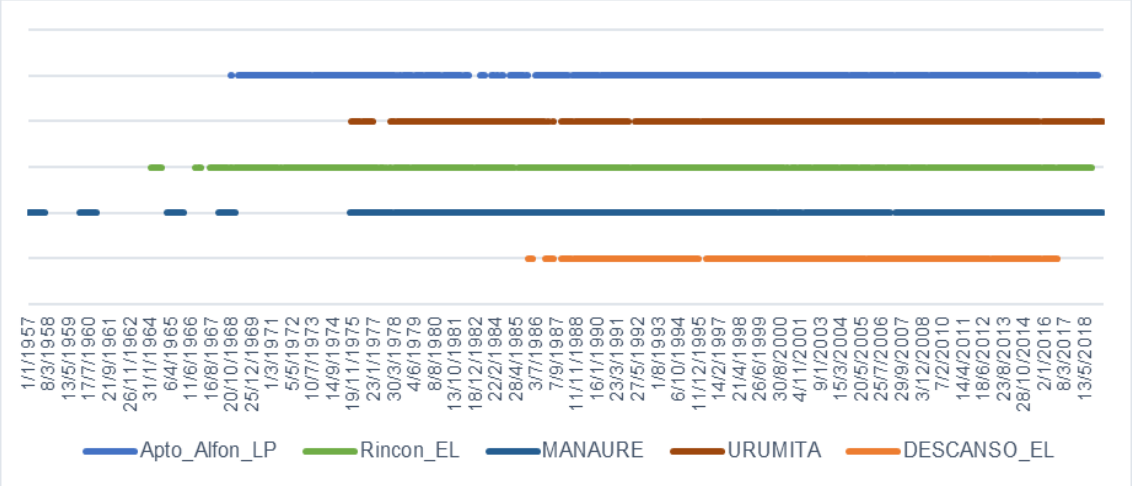

Fuente: Autores (2019) con información IDEAM.

Hay que mencinar, además que las estaciones en general cuentan con registros de precipitación que parten desde el periodo de instalación hasta la actualidad, en el proceso de verificación sigue lo establecido para las medias mensuales y multianuales establecidos por la “Directrices de la Organización Meteorológica Mundial sobre el cálculo de las normales climáticas”.

### 2.1.1.1. Análisis de datos climatológicos

Se seleccionaron periodos de tiempo homogéneos para cada variable climática disponible en la cual, las estaciones tuvieran la mayor cantidad de datos. En la Figura 2-3 se muestra el periodo de tiempo en el que las estaciones disponibles para el análisis de precipitación han operado y tienen datos de la variable.

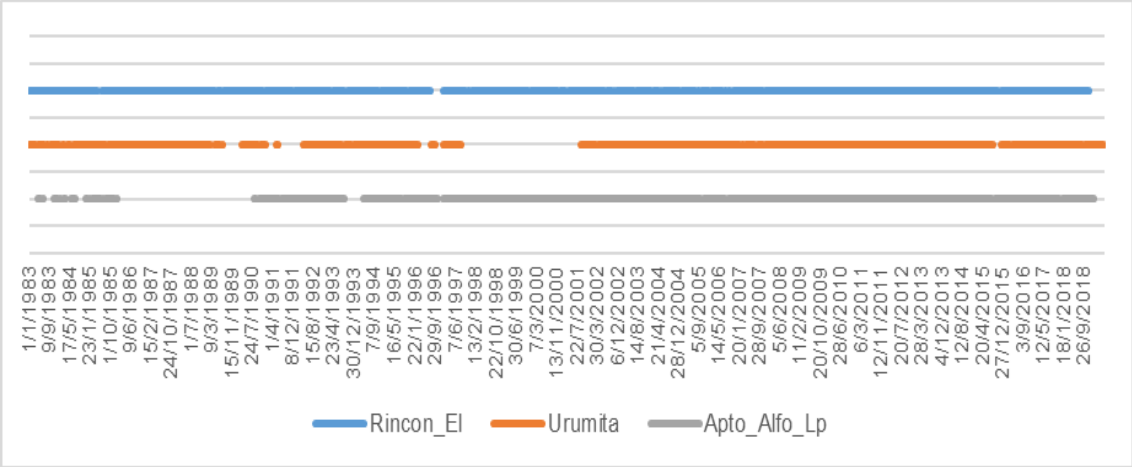
**Figura 2-3. Medición histórica de datos pluviométricos en 24 horas**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

En la Figura 2-4 se observa el periodo de tiempo en el cual, las estaciones disponibles para el análisis de temperatura, han operado y tienen datos de esta variable.

**Figura 2-4. horas Mediciones históricas de temperatura diaria**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

A partir de las figuras anteriores, se determinaron los periodos de análisis para las variables de precipitación y temperatura. En la Tabla 2-2 se pueden observar los periodos homogéneos para las variables analizadas.

**Tabla 2-2. Periodos de estudio homogéneo seleccionado**

| VARIABLE | SIGLAS | TR | AÑO INICIO | AÑO FINAL | TOTAL AÑOS |
|---|---|---|---|---|---|
| Precipitación | PT | TOTAL | 1988 | 2016 | 28 |
| Temperatura | TS | MÍNIMOS | 2001 | 2018 | 17 |
| | | MÁXIMOS | 2001 | 2017 | 16 |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

Cabe mencionar, que no fue necesario eliminar series o estaciones por presentar un corto registro en el periodo homogéneo seleccionado. Por otra parte, la estación Descanso EL, es la que presenta un periodo más corto de registro, lo que dio como resultado un periodo homogéneo de 28 años, el cual, pudo ser más largo si esta estación no se hubiese tenido en cuenta, pero que aun así es aceptable.

- **Eliminación de posibles valores atípicos o anómalos**

Gran parte del éxito del análisis estadístico de datos subyace en la recogida de la información u obtención del conjunto de datos; no obstante, por mucho cuidado que se tenga no se estará libre de errores de muestreo y de valores anómalos (valores atípicos, discrepantes, inusitados, extraños, outliers, entre otras denominaciones). Estos valores se encuentran alejados del comportamiento general del resto del conjunto de datos y no pueden ser considerados totalmente como una manifestación del proceso bajo estudio (Pérez 1987, Rousseeuw y Van Zomeren 1990) (Marcano & Fermín, 2013). Los valores anómalos pueden generar resultados erróneos producto del análisis estadístico, por lo que es fundamental detectar estos valores, en el conjunto de datos, ya sea para eliminarlos o para atenuar sus efectos en el análisis.

Para la eliminación de valores atípicos se utiliza la ecuación estadística criterios de rechazo de Chauvenet (López, 2011), que básicamente consiste en rechazar todas aquellas medidas cuya probabilidad de aparición sea inferior a α = 1/2n, siendo n el número de reiteraciones de la medida. Esto supone que se deben rechazar aquellas medidas cuya desviación a la media sea superior a un determinado valor (función de la desviación típica muestral). Por lo tanto, el criterio se simplifica con la siguiente expresión:

$$|xi - x| > k(n)\, s$$

Donde k(n) = kα=1/2n se obtiene a partir de la distribución normal y cuyo valor, para facilitar la aplicación del criterio, se puede obtener de la Tabla 2-3 si se elimina el valor absoluto y se cambia la desigualdad.

**Tabla 2-3. Coeficientes de Chauvenet**

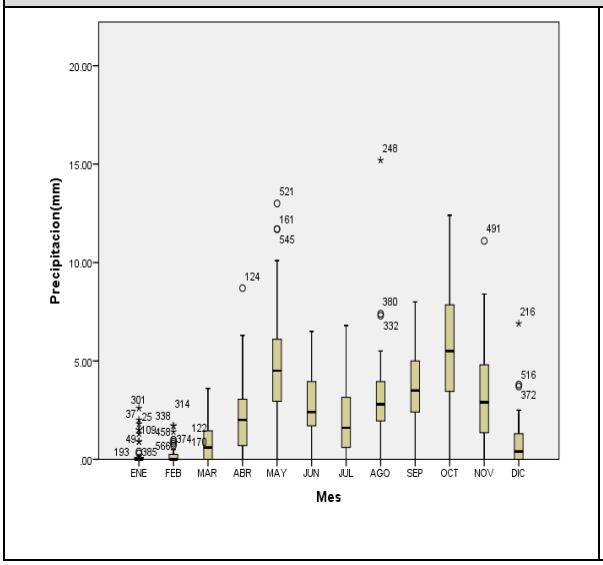
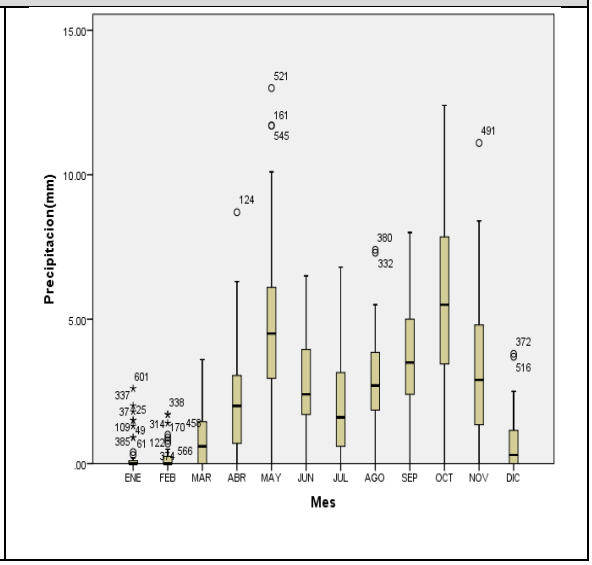
| n | $k_n$ | n | $k_n$ | n | $k_n$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 1.15 | 8 | 1.86 | 30 | 2.40 |
| 3 | 1.35 | 9 | 1.92 | 40 | 2.48 |
| 4 | 1.54 | 10 | 1.96 | 50 | 2.57 |
| 5 | 1.65 | 15 | 2.13 | 100 | 2.81 |
| 6 | 1.73 | 20 | 2.24 | 300 | 3.14 |
| 7 | 1.80 | 25 | 2.33 | 500 | 3.29 |
| - | | - | | 1000 | 3.48 |

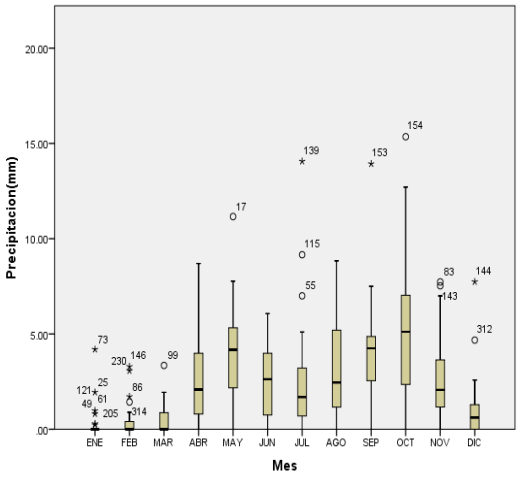
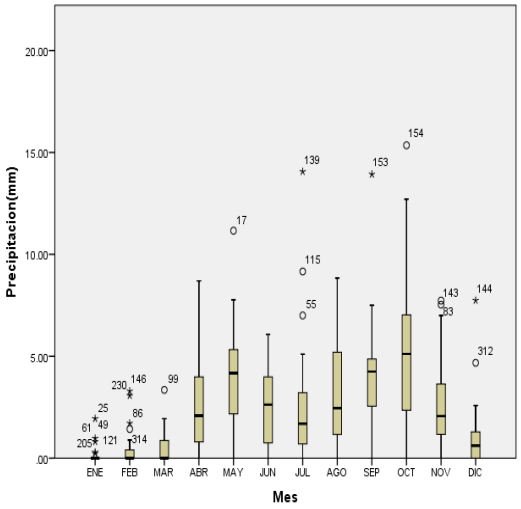
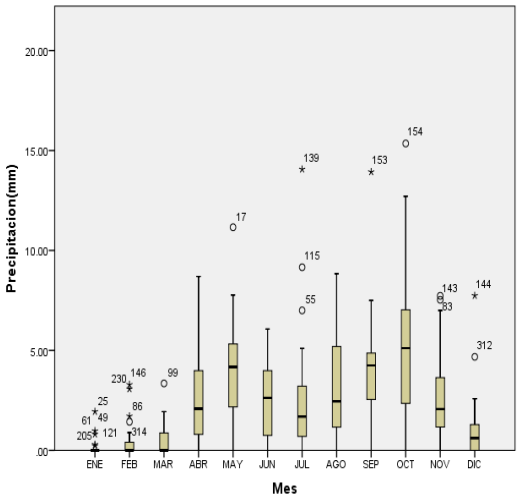
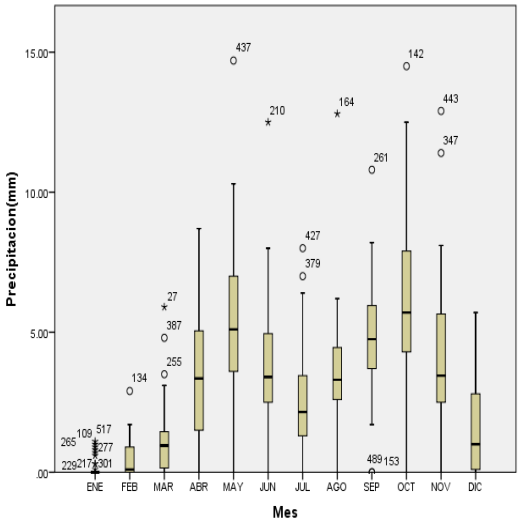
Fuente: Fundamentos básicos de Metrología dimensional. López (2011).

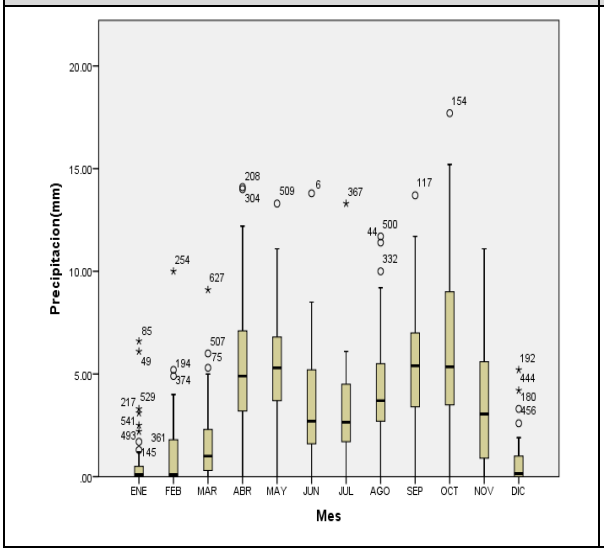
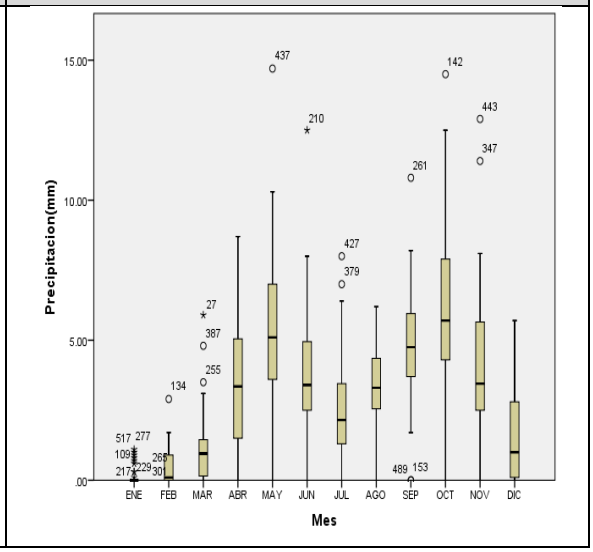
Además, dependiendo del tamaño de la muestra se comparan con la tabla de criterios de Chauvenet. (Tabla 2-3). Para este caso se debe utilizar un valor aproximado de 2.5, ya que se cuenta con muestras entre 30 y 55 datos, correspondientes a los años de registro. Pero dado a la gran variabilidad de la precipitación tanto espacial como temporal se utilizó un Kn de cuatro, por el hecho que la probabilidad que un dato se encuentre dentro de tres y cuatro veces este rango es de 95.7% y 99.3% respectivamente. (Conrad y Pollak, 1950, 46).

Para visualizar de una mejor manera los datos atípicos, se graficaron por medio de diagramas de cajas y bigotes o Boxplot, antes y después, también se calcularon las diferentes estadísticas descriptivas. (ver Tabla 2-4).

**Tabla 2-4. Eliminación de posibles valores atípicos o anómalos**

| ANTES | DESPUÉS |
|---|---|
| APT ALFONSO LOPEZ | |
|  |  |

| ANTES | DESPUÉS |
|---|---|
| **DESCANSO EL** | |
|  |  |
| **URUMITA** | |
|  |  |
| **RINCÓN EL** | |

| ANTES | DESPUÉS |
|---|---|
|  |  |



Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

La metodología anterior sirvió para identificar posibles valores anómalos, sin embargo, se revisó cada valor que arrojó la metodología para determinar si se eliminaba o no, dado que un valor alto, no necesariamente es un error.

- **Estimación de datos faltantes**

Para la estimación de datos faltantes se revisaron varias metodologías para determinar cuál sería la más adecuada, dentro de las cuales se contempló un el método de regresión lineal, sin embargo algunos de los insumos o información necesaria para poder utilizar dicho métodos es tener registros completos de estaciones aledañas y que exista correlación entre estas; para validar estos requisitos se realizó un test de correlación entre las estaciones climatológicas en el área de influencia y las próximas a éstas (ver Tabla 2-5), llegando a la conclusión de que no existe correlación entre sí, lo cual, se puede presentar debido a la distancia entre estaciones y a las condiciones de relieve en la zona entre la serranía del Perijá y la Sierra Nevada de Santa Marta. Además de que en todos los casos las estaciones a relacionar tampoco presentaban los registros completos.

**Tabla 2-5. Test de coeficiente de correlación para las estaciones climatológicas[1]**

| ESTACIONES A RELACIONAR | | CORRELACIÓN |
|---|---|---|
| Manaure | Rincon EL | 0.579 |
| Manaure | Urumita | 0.580 |

[1] Nota: no se tuvo en cuenta la estación Descanso_El, debido a que tienes un registro más corto de datos, lo cual hace que no sea útil para la estimación de datos faltantes.

| ESTACIONES A RELACIONAR | | CORRELACIÓN |
|---|---|---|
| Manaure | Apto Alfonso Lop. | 0.669 |
| Urumita | Rincon EL | 0.495 |
| Urumita | Apto Alfonso Lop. | 0.687 |
| Rincon EL | Apto Alfonso Lop. | 0.600 |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

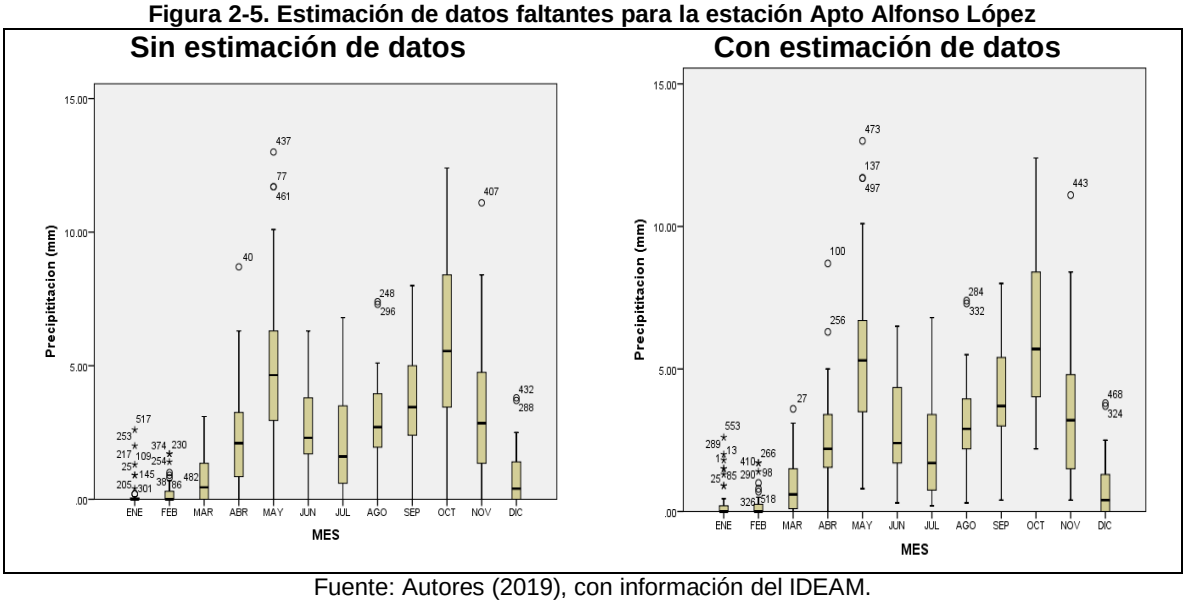
Debido a esta eventualidad de falta de información y a la necesidad de contar con los datos, se utilizó un método de premediación teniendo en cuenta el año anterior y el año siguiente para completar los datos faltantes y los datos atípicos que fueron eliminados después de la revisión. La cual se puede evidenciar en la siguiente expresión:

$$Di = \frac{d_a + d_s}{2}$$

Donde:
Di: Dato estimado
da: Dato año anterior para el mismo mes
ds: Dato año siguiente para el mismo mes

Por último, teniendo en cuenta la Guía de prácticas climatológicas, de la organización meteorológica mundial (OMM, 2011). Los años que presentaban más de 5 meses con datos faltantes fueron eliminados ya que, en el cálculo de las normales anuales no es posible incluir normales mensuales faltantes, y un promedio anual con más de 5 datos estimados puede presentar muchas discrepancias con respecto a la normal. (ver Figura 2-5).

**Figura 2-5. Estimación de datos faltantes para la estación Apto Alfonso López**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

- **Análisis de homogeneidad, consistencia, aleatoriedad**

Para el análisis de series históricas, se asume generalmente que las series disponibles son estacionarias en la media (estacionalidad de primer orden) y en la varianza (estacionalidad de segundo orden). Sin embargo, si hay cambios o tendencias en los datos, la suposición de estacionalidad en las series es equivocada. A continuación, se presenta el análisis confirmatorio realizado a la serie de precipitación.

- Homogeneidad y Tendencia (test de Mann-Kendall)

Para la evaluación de tendencia se ha utilizado el test no paramétrico de Mann-Kendall. Este test ha sido ampliamente aplicado en estudios de identificación de tendencias en series hidrometeorológicas y otras series ambientales. Su desarrollo se resume a partir de que la hipótesis nula H0 en que los datos (X1, X2, ..., Xn) son variables aleatorias idénticas e independientemente distribuidas y la hipótesis alternativa H1 que se distribuyen describiendo una tendencia bien creciente o decreciente. El estadístico del test es la llamada τ de Kendall (Gallego Herrezuelo, 2003), cuya expresión es la siguiente:

$$\tau = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} sgn(X_i - X_j)$$

Donde la función sgn(X) es la función signo, cuyo valor es -1, 0 ó 1 dependiendo de que el argumento sea negativo, nulo o positivo, respectivamente. La varianza de τ bajo la hipótesis nula es:

$$var(\tau) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

La distribución exacta de τ puede ser evaluada. Para valores de n > 10, la distribución se ajusta a una normal, especialmente si se hace la corrección.

$$\tau' = \tau - sgn(\tau)$$

Una vez calculado τ´, se evalúa la variable normalizada.

$$Z = \frac{\tau'}{\sqrt{var(\tau)}}$$

Asimismo, el Test de Mann-Kendall nos proporciona un valor de significancia, p-value, así un valor de p-value inferior a 0.05-0.1 nos garantiza que la hipótesis adoptada tiene unas altas garantías de veracidad; a medida que este valor se hace más grande, las probabilidades van disminuyendo; hasta que, llegando a un valor de 1, la probabilidad es nula. (Muñoz Marín, 2008).

El análisis estadístico se realizó en el software libre R, RStudio y la extensión RClimtool, este software constituye un conjunto integrado de 20 algoritmos para gestión y análisis de datos, cálculos y gráficos, en este entorno de trabajo se han implementado muchas técnicas estadísticas, incluyendo el test de Mann-Kendall. El test se realizó con registros históricos mensuales procesados y con datos faltantes llenados donde los resultados se pueden evidenciar a continuación.

En la Tabla 2-6 podemos observar que según el test de Mann-Kendall, las cinco estaciones objeto de estudio no presentan homogeneidad ni tendencia en sus registros históricos, esto debido a que el valor de significancia p-value en la mayoría de resultados sobrepasa el valor de 0.05, y en algunos casos este valor se torna cercano a 1, donde la probabilidad de homogeneidad y tendencia es nula.

Aun así, cabe resaltar que se presentaron unos pocos meses con tendencia, como lo es el caso de febrero en las estaciones Rincón EL y Urumita y el mes de enero, en las estaciones Descanso EL y Apto. Alfonso López, que presentaron una tendencia negativa.

En algunos estudios realizados como el de Peña *et al*, 2010; donde utilizan el test de Mann-kendall, para determinar si existe tendencia en las series temporales, relacionan la falta de tendencia de la variable precipitación, que también fue analizada a escala mensual, a su naturaleza y especialmente a la amplia cantidad de factores pluviogenéticos de micro y mesoescala que la generan, y que para efectos de la zona de estudio puede estar muy relacionado ya que la cuenca, como se dijo anteriormente, presenta cuatro pisos térmicos (cálido, templado, frío y páramo), lo que implica una significativa variación en la temperatura y morfología de la cuenca. (Universidad de Barcelona, s.f.).

**Tabla 2-6. Resultados del análisis de Homogeneidad y Tendencia (test de Mann-Kendall)**

| ESTACIÓN RINCÓN EL | | | | ESTACIÓN MANAURE | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MES | PRUEBA | TENDENCIA | P-VALUE | MES | PRUEBA | TENDENCIA | P-VALUE |
| Enero | FALSO | Sin tendencia | 0.125 | Enero | FALSO | Sin tendencia | 0.699 |
| Febrero | VERDADERO | Decreciente | 0.035 | Febrero | FALSO | Sin tendencia | 0.063 |
| Marzo | VERDADERO | Creciente | 0.017 | Marzo | FALSO | Sin tendencia | 0.186 |
| Abril | FALSO | Sin tendencia | 0.776 | Abril | FALSO | Sin tendencia | 0.942 |
| Mayo | FALSO | Sin tendencia | 0.834 | Mayo | FALSO | Sin tendencia | 0.653 |
| Junio | FALSO | Sin tendencia | 0.663 | Junio | FALSO | Sin tendencia | 0.219 |
| Julio | FALSO | Sin tendencia | 0.616 | Julio | FALSO | Sin tendencia | 0.971 |
| Agosto | FALSO | Sin tendencia | 0.907 | Agosto | FALSO | Sin tendencia | 0.359 |
| Septiembre | FALSO | Sin tendencia | 0.086 | Septiembre | FALSO | Sin tendencia | 0.515 |
| Octubre | FALSO | Sin tendencia | 0.541 | Octubre | FALSO | Sin tendencia | 0.104 |
| Noviembre | FALSO | Sin tendencia | 0.847 | Noviembre | FALSO | Sin tendencia | 0.404 |
| Diciembre | FALSO | Sin tendencia | 0.862 | Diciembre | FALSO | Sin tendencia | 0.949 |

| ESTACIÓN URUMITA | | | | ESTACIÓN APT. ALFONSO LOPEZ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MES | PRUEBA | TENDENCIA | P-VALUE | MES | PRUEBA | TENDENCIA | P-VALUE |
| Enero | FALSO | Sin tendencia | 0.440 | Enero | VERDADERO | Decreciente | 0.057 |
| Febrero | VERDADERO | Decreciente | 0.059 | Febrero | FALSO | Sin tendencia | 0.597 |
| Marzo | FALSO | Sin tendencia | 0.379 | Marzo | FALSO | Sin tendencia | 0.537 |
| Abril | FALSO | Sin tendencia | 0.672 | Abril | FALSO | Sin tendencia | 0.209 |
| Mayo | FALSO | Sin tendencia | 0.974 | Mayo | FALSO | Sin tendencia | 0.491 |
| Junio | FALSO | Sin tendencia | 0.879 | Junio | FALSO | Sin tendencia | 0.993 |
| Julio | FALSO | Sin tendencia | 0.580 | Julio | FALSO | Sin tendencia | 0.804 |
| Agosto | FALSO | Sin tendencia | 0.753 | Agosto | FALSO | Sin tendencia | 0.942 |
| Septiembre | FALSO | Sin tendencia | 0.626 | Septiembre | FALSO | Sin tendencia | 0.646 |
| Octubre | FALSO | Sin tendencia | 0.293 | Octubre | FALSO | Sin tendencia | 0.783 |
| Noviembre | VERDADERO | Creciente | 0.028 | Noviembre | FALSO | Sin tendencia | 0.942 |
| Diciembre | FALSO | Sin tendencia | 0.414 | Diciembre | FALSO | Sin tendencia | 0.606 |
| ESTACIÓN DESCANSO EL | | | | | | | |
| MES | PRUEBA | TENDENCIA | P-VALUE | | | | |
| Enero | VERDADERO | Decreciente | 0.002 | | | | |
| Febrero | FALSO | Sin tendencia | 0.314 | | | | |
| Marzo | FALSO | Sin tendencia | 0.274 | | | | |
| Abril | FALSO | Sin tendencia | 0.387 | | | | |
| Mayo | FALSO | Sin tendencia | 0.093 | | | | |
| Junio | FALSO | Sin tendencia | 0.190 | | | | |
| Julio | FALSO | Sin tendencia | 0.107 | | | | |
| Agosto | FALSO | Sin tendencia | 0.123 | | | | |
| Septiembre | FALSO | Sin tendencia | 0.068 | | | | |
| Octubre | FALSO | Sin tendencia | 0.080 | | | | |
| Noviembre | FALSO | Sin tendencia | 0.375 | | | | |
| Diciembre | FALSO | Sin tendencia | 0.151 | | | | |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

- Aletorialidad (Prueba de Rachas)

El contraste de rachas permite verificar la hipótesis nula de que la muestra es aleatoria, es decir, si las sucesivas observaciones son independientes. Este contraste se basa en el número de rachas que presenta una muestra. Una racha se define como una secuencia de valores muestrales con una característica común precedida y seguida por valores que no presentan esa característica. Así, se considera una racha la secuencia de k valores consecutivos superiores o iguales a la media muestral (o a la mediana o a la moda, o a cualquier otro valor de corte) siempre que estén precedidos y seguidos por valores inferiores a la media muestral (o a la mediana o a la moda, o a cualquier otro valor de corte). (Universidad de Barcelona, s.f.).

El número total de rachas en una muestra proporciona un indicio de si hay o no aleatoriedad en la muestra. Un número reducido de rachas (el caso extremo es 2) es indicio de que las observaciones no se han extraído de forma aleatoria, los elementos de la primera racha proceden de una población con una determinada característica (valores mayores o menores al punto de corte) mientras que los de la segunda proceden de otra población. De forma idéntica un número excesivo de rachas puede ser también indicio de no aleatoriedad de la muestra. (Universidad de Barcelona, s.f.).

Al igual que el test anterior, la prueba se realizó a escala mensual, arrojando los resultados que se muestran en la Tabla 2-7.

**Tabla 2-7. Resultados de la prueba de aleatoriedad (Prueba de rachas)**

| ESTACIÓN MANAURE | | | ESTACIÓN RINCON_EL | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **MES** | **SIG.** | **PRUEBA** | **MES** | **SIG.** | **PRUEBA** |
| Enero | 0.239 | VERDADERO | Enero | 0.414 | VERDADERO |
| Febrero | 0.378 | VERDADERO | Febrero | 0.809 | VERDADERO |
| Marzo | 0.378 | VERDADERO | Marzo | 0.002 | FALSO |
| Abril | 0.239 | VERDADERO | Abril | 0.559 | VERDADERO |
| Mayo | 0.770 | VERDADERO | Mayo | 0.253 | VERDADERO |
| Junio | 0.237 | VERDADERO | Junio | 1 | VERDADERO |
| Julio | 0.330 | VERDADERO | Julio | 0.022 | FALSO |
| Agosto | 0.378 | VERDADERO | Agosto | 0.775 | VERDADERO |
| Septiembre | 0.378 | VERDADERO | Septiembre | 0.963 | VERDADERO |
| Octubre | 0.390 | VERDADERO | Octubre | 0.253 | VERDADERO |
| Noviembre | 0.977 | VERDADERO | Noviembre | 0.775 | VERDADERO |
| Diciembre | 0.770 | VERDADERO | Diciembre | 0.397 | VERDADERO |
| **ESTACIÓN URUMITA** | | | **ESTACIÓN APTO ALFONSO LÓPEZ** | | |
| **MES** | **SIG.** | **PRUEBA** | **MES** | **SIG.** | **PRUEBA** |
| Enero | - | - | Enero | - | - |
| Febrero | 1 | VERDADERO | Febrero | - | - |
| Marzo | 1 | VERDADERO | Marzo | 0.499 | VERDADERO |
| Abril | 0.693 | VERDADERO | Abril | 0.374 | VERDADERO |
| Mayo | 1 | VERDADERO | Mayo | 1 | VERDADERO |
| Junio | 0.628 | VERDADERO | Junio | 1 | VERDADERO |
| Julio | 0.876 | VERDADERO | Julio | 0.766 | VERDADERO |
| Agosto | 1 | VERDADERO | Agosto | 0.141 | VERDADERO |
| Septiembre | 1 | VERDADERO | Septiembre | 0.076 | VERDADERO |
| Octubre | 0.693 | VERDADERO | Octubre | 0.237 | VERDADERO |
| Noviembre | 0.086 | VERDADERO | Noviembre | 0.374 | VERDADERO |
| Diciembre | 0.422 | VERDADERO | Diciembre | 1 | VERDADERO |
| **ESTACIÓN DESCANSO_EL** | | | | | |
| **MES** | **SIG.** | **PRUEBA** | | | |
| Enero | - | - | | | |
| Febrero | - | - | | | |
| Marzo | 0.478 | VERDADERO | | | |
| Abril | 1 | VERDADERO | | | |
| Mayo | 0.042 | FALSO | | | |
| Junio | 0.418 | VERDADERO | | | |
| Julio | 0.688 | VERDADERO | | | |
| Agosto | 0.676 | VERDADERO | | | |
| Septiembre | 0.113 | VERDADERO | | | |
| Octubre | 1 | VERDADERO | | | |
| Noviembre | 0.676 | VERDADERO | | | |
| Diciembre | 0.993 | VERDADERO | | | |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

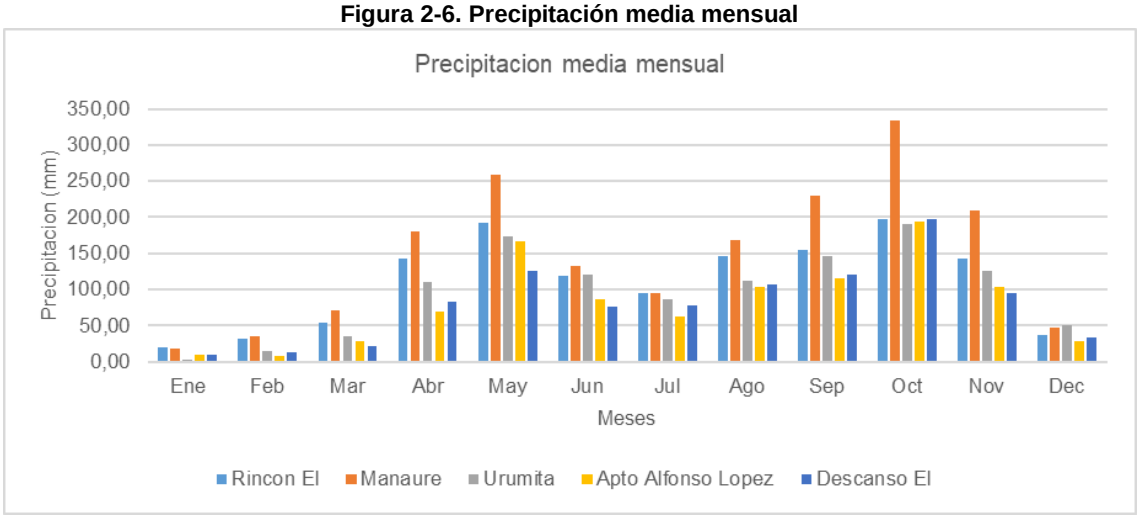
Teniendo en cuenta los resultados de la tabla anterior, se puede concluir que las cinco estaciones tienen un comportamiento aleatorio dado que, casi en su totalidad los meses estudiados para cada estación arrojaron un resultado acertado a la prueba de rachas. Lo cual nos da a entender que el comportamiento de las precipitaciones no es previsible y por lo tanto es difícil predecir los eventos antes de que ocurran.

### 2.1.1.2. Precipitación

- **Precipitación media multianual**

En la subzona hidrográfica 2802 03 domina el régimen climático bimodal con periodos secos que van desde mediados de diciembre hasta finales de marzo, seguidos por una época de transición que habitualmente va de abril a junio, posteriormente un periodo seco de menos tiempo que tiene lugar en el mes de julio, para luego presentarse, desde mediados de agosto hasta finales de noviembre, el periodo húmedo del año. Para el periodo húmedo las mayores precipitaciones se presentan hacia la zona del Perijá con valores medias anuales de aproximadamente 1780 mm y para su zona baja en la desembocadura de la zona hidrográfica hacia el Rio Cesar, valores de alrededor de 1100 mm. (ver Figura 2-6).

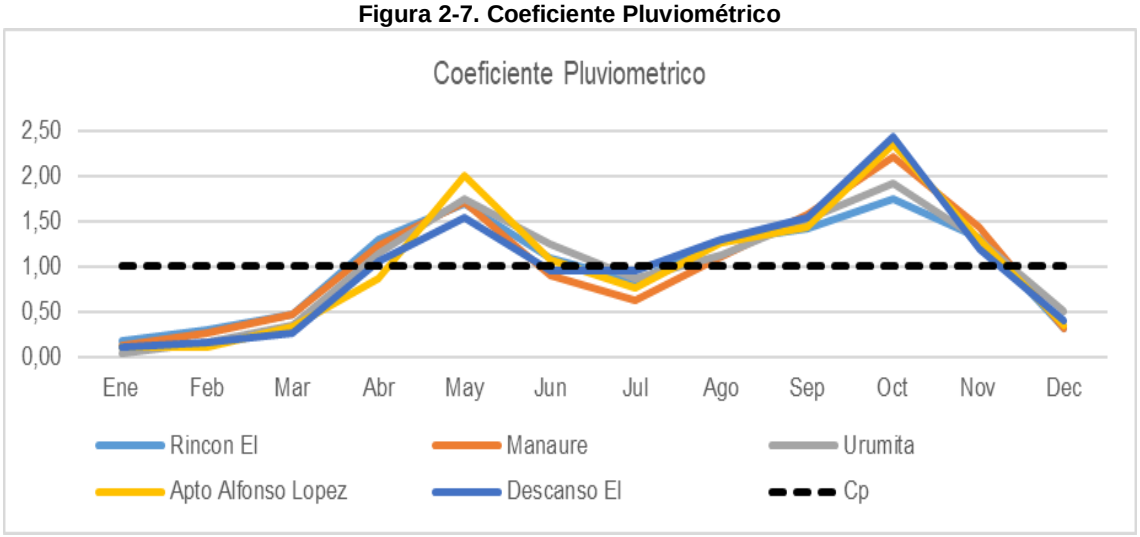
**Figura 2-6. Precipitación media mensual**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

Para la determinación del régimen climatológico se implementa el denominado coeficiente pluviométrico (ver Figura 2-7). Este coeficiente indica los meses en los cuales la precipitación media del mes se encuentra por debajo o por encima del valor que hipotéticamente debería haber precipitado para este periodo según la precipitación total anual. Este ejercicio permite al evaluador obtener de una manera precisa los periodos en los cuales se presenta normalmente sequía en la cuenca y los periodos en los cuales existe una temporada húmeda.

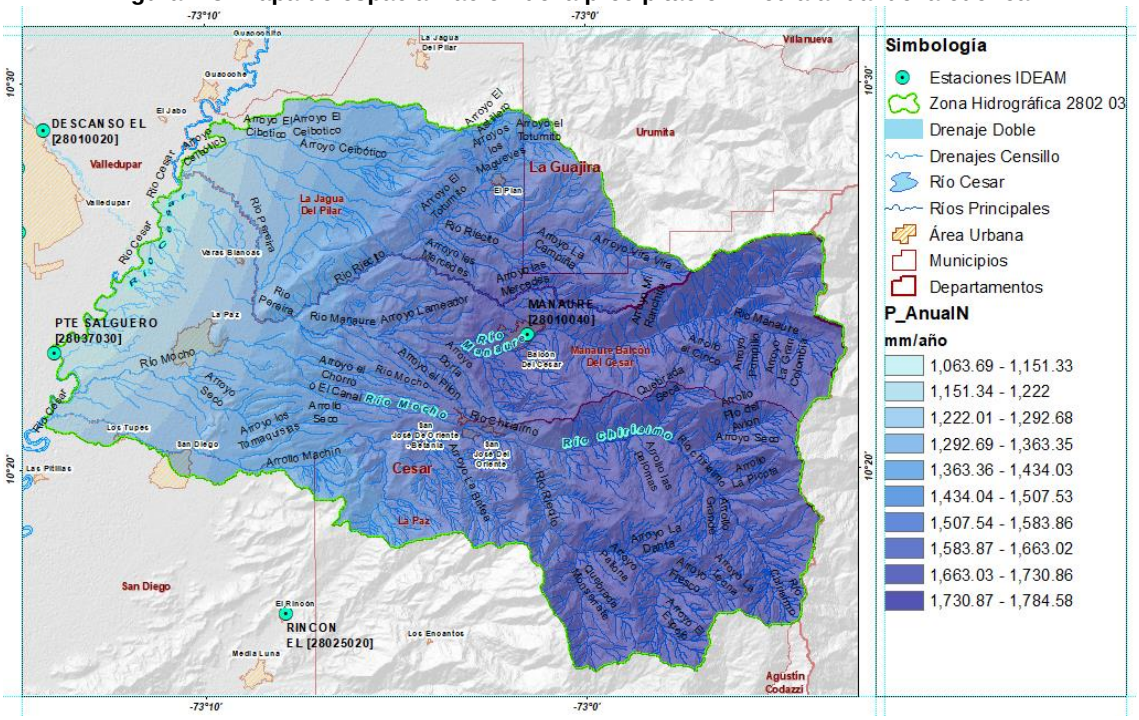
**Figura 2-7. Coeficiente Pluviométrico**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

La variable precipitación espacialmente tiene un comportamiento tendencial a lo largo del periodo climático típico, donde la mayor lámina de agua precipita hacia la zona alta de la serranía del Perijá ubicada en el límite este del sistema hidrográfico. Para la generación del mapa de contorno e Isoyetas de precipitación se utilizó la metodología propuesta por la Guía de indicadores ambientales de precipitación Total del IDEAM la cual recomienda utilizar el método de interpolación IDW (peso del inverso de la distancia) para la espacialidad de esta variable. (ver Figura 2-8).

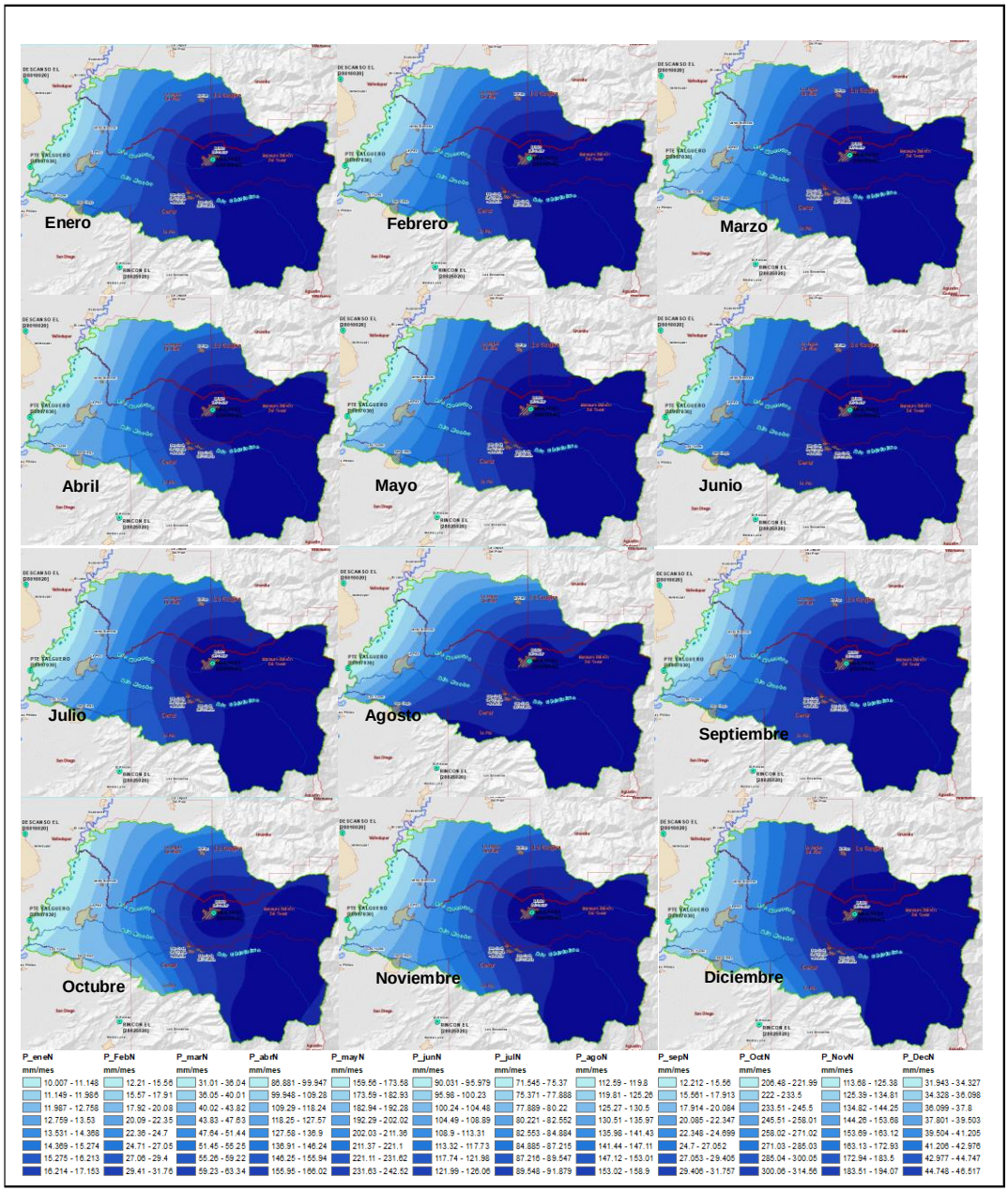
**Figura 2-8. Mapa de espacialización de la precipitación media anual de la cuenca**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

Como se mencionó anteriormente, la tendencia de esta variable se mantiene, durante todo el año, precipitando la mayor cantidad de agua en la zona alta de la cuenca y la menor cantidad en la zona baja. Esto puede apreciarse en los mapas de la Figura 2-9.

**Figura 2-9. Mapa de espacialización de la precipitación media mensual de la cuenca**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

- **Precipitación máxima en 24 horas**

La precipitación máxima en 24 horas es útil para comprender los posibles procesos erosivos y la generación de caudales máximos en el área de estudio. La precipitación máxima en 24 horas como su nombre lo indica, es la cantidad de lluvia máxima que ha caído durante un periodo de medición determinado (Mes, trimestre, semestre, año, máximo multianual). A continuación, en la Tabla 2-8 exponen los valores de precipitación máxima en 24 horas multianuales para cada estación en el área de influencia.

**Tabla 2-8. Precipitaciones máximas en 24 horas**

| NOMBRE | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec | Max. Anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rincon El | 119.0 | 75.3 | 75.0 | 95.1 | 110.0 | 160.2 | 130.0 | 146.8 | 125.0 | 150.0 | 130.0 | 98.1 | 160.2 |
| Manaure | 133.0 | 65.0 | 80.5 | 109.0 | 106.0 | 85.0 | 42.5 | 116.6 | 113.5 | 158.7 | 97.0 | 54.5 | 158.7 |
| Urumita | 27.9 | 80.1 | 84.9 | 97.3 | 137.2 | 125.0 | 138.7 | 80.0 | 122.8 | 136.2 | 122.0 | 104.5 | 138.7 |
| Apto Alfonso Lopez | 60.6 | 39.0 | 59.8 | 71.7 | 125.3 | 74.8 | 95.0 | 117.6 | 105.0 | 131.2 | 101.6 | 175.5 | 175.5 |
| Descanso El | 80.0 | 72.0 | 60.0 | 110.0 | 104.0 | 85.0 | 95.0 | 130.0 | 140.0 | 250.0 | 110.0 | 90.0 | 250.0 |

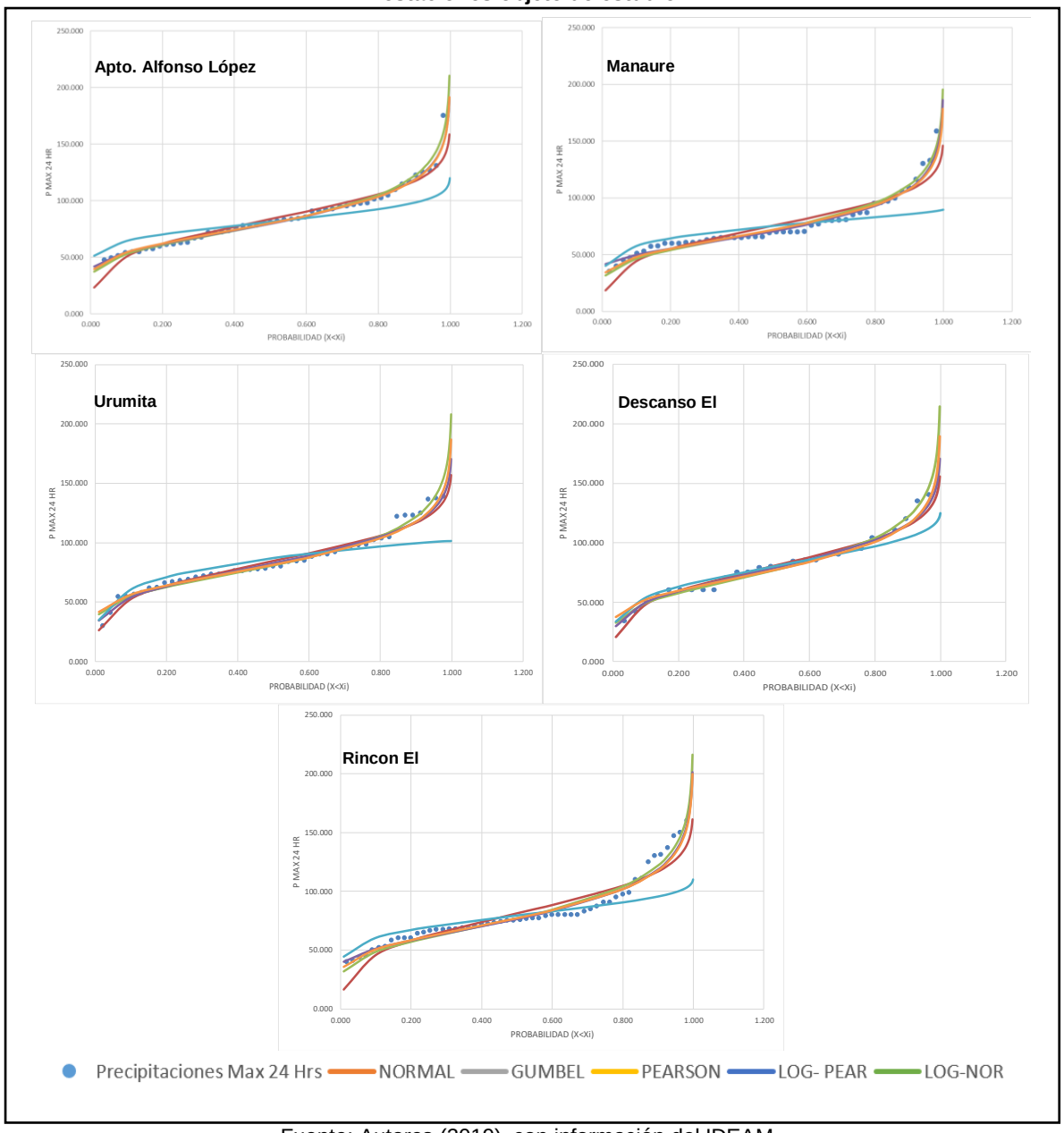
Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

- **Análisis de frecuencia para la precipitación máxima en 24 horas**

A partir de las series anuales de precipitación máxima en 24 horas, se realizó un análisis estadístico de valores extremos mediante las distribuciones probabilísticas más utilizadas en el campo de la hidrología, como lo son la distribución de Gumbel, LogNormal, LogPearson, Pearson y Normal obteniendo mediante este proceso valores de precipitación máxima en 24 horas para los periodos de retorno 2.33, 5, 25, 50 y 100 años según lo estipula el anexo A de la Guía Técnica Para La Formulación De Los Planes De Ordenamiento Y Manejo De Cuencas Hidrográficas (POMCA).

Posterior a lo dicho en el párrafo anterior, se procede a la evaluación de ajuste mediante pruebas de bondad como el CHI Cuadrado, El Coeficiente de Correlación R cuadrado y la Desviación Estándar como medidas de dispersión, para finalmente determinar que distribución probabilística se ajusta más a la dispersión de los datos de precipitación máxima en 24 horas proporcionados por las respectivas estaciones del IDEAM. (ver Figura 2-9).

**Figura 2-10. Resultados de los análisis de bondad de ajuste para determinar el método de distribución probabilística que más se ajusta a los datos de precipitación máxima en 24 hora tomados por las estaciones objeto de estudio**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

Los siguientes son los resultados consolidado del análisis de precipitaciones máximas diarias para distintos periodos de retorno. (ver Tabla 2-9).

**Tabla 2-9. Precipitaciones máximas en 24 horas para distintos periodos de retorno**

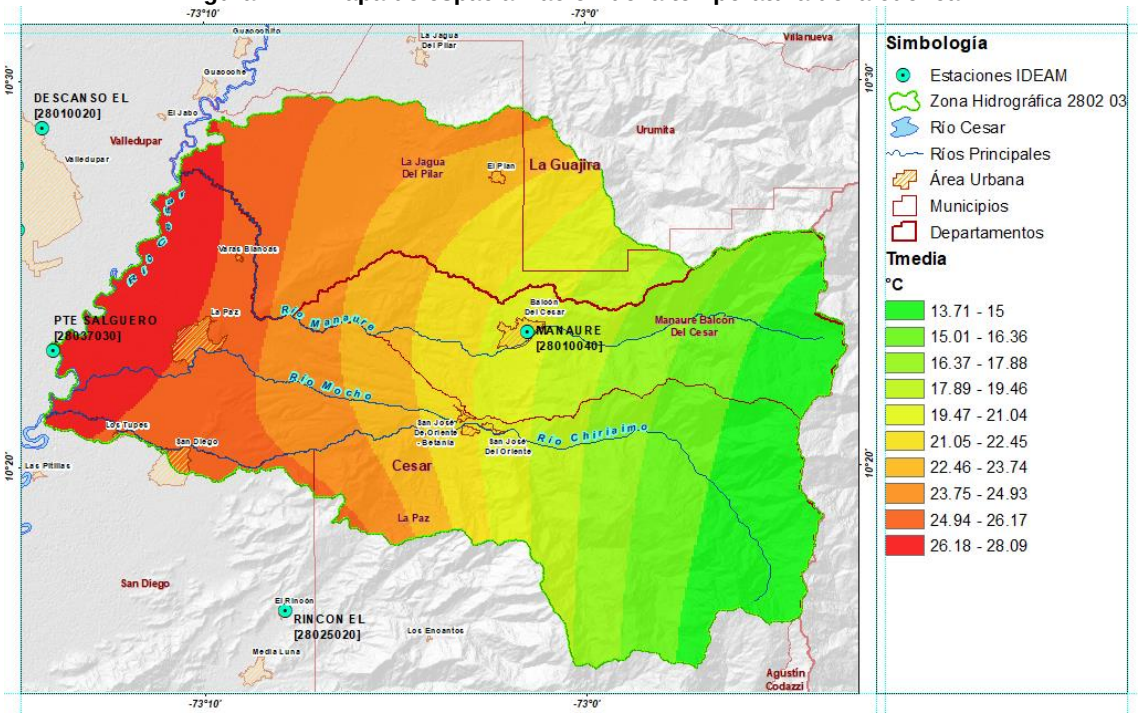
| Estación | Distri. | Periodos de retorno (años) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2.33 | 5 | 15 | 25 | 50 | 100 | 500 |
| Apto. Alfonso López | Gumbel | 84.6 | 105.2 | 131.4 | 143.1 | 158.8 | 174.4 | 210.4 |
| Manaure | Log-Nor | 76.1 | 93.8 | 115.5 | 125.0 | 137.5 | 149.9 | 178.4 |
| Urumita | Normal | 89.2 | 105.8 | 122.4 | 128.6 | 136.2 | 143.0 | 156.9 |
| Descanso El | Normal | 85.9 | 103.1 | 120.2 | 126.7 | 134.6 | 141.7 | 156.0 |
| Rincón El | Gumbel | 82.0 | 103.9 | 131.8 | 144.3 | 161.0 | 177.6 | 216.0 |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

### 2.1.1.3. Temperatura

La temperatura media anual en la cuenca varia alrededor de 14 °C y va desde los 13 a los 28 °C principalmente entre su zona alta (hacia la serranía del Perijá – Temperaturas bajas) y su zona baja (Desembocadura al Rio Cesar – Temperaturas altas). En la zona alta de la cuenca, no se encontró presencia de estaciones climatológicas que midieran esta variable, por lo que para la construcción y espacialización de la temperatura media anual, fue necesario incluir información nacional (Atlas Climático de Colombia. IDEAM) y relacionarla con los resultados de (Caldas, 1802), respecto a las temperaturas correspondientes a los pisos térmicos. El resultado de este análisis arrojó puntos en la zona alta de la cuenca que permitieron desarrollar con éxito la interpolación y espacialización de la variable. Dicha nube de puntos se validó de igual forma con los pisos térmicos establecidos por (Caldas, 1802). En el mapa de la Figura 2-11 se puede apreciar el resultado.

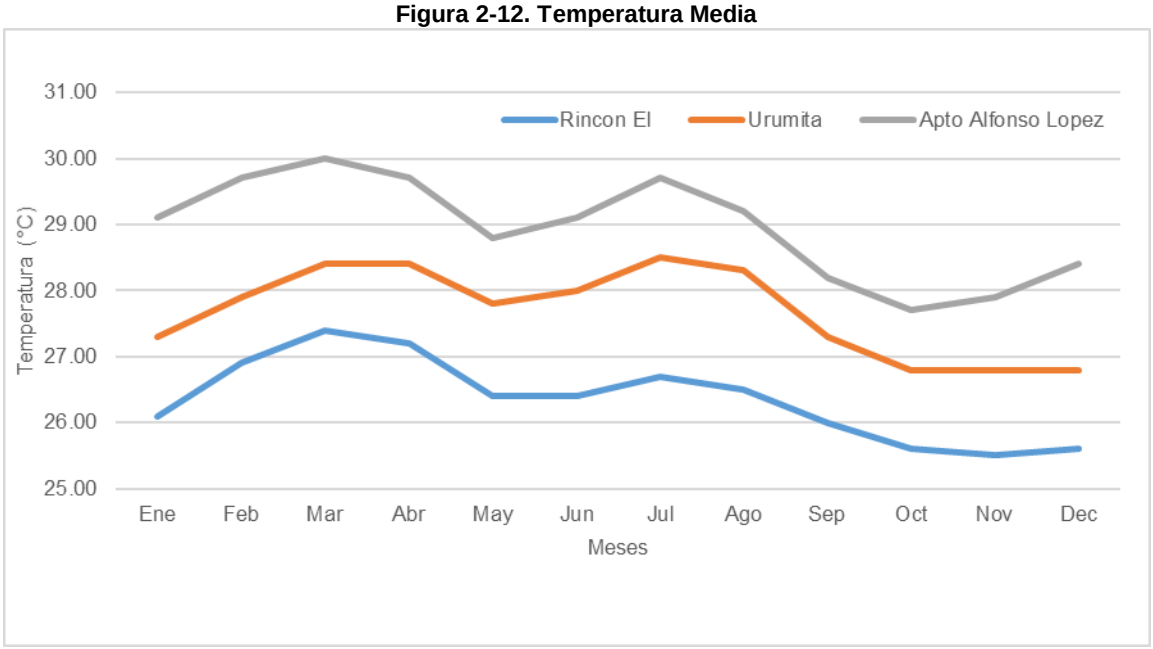
**Figura 2-11. Mapa de espacialización de la temperatura de la cuenca**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

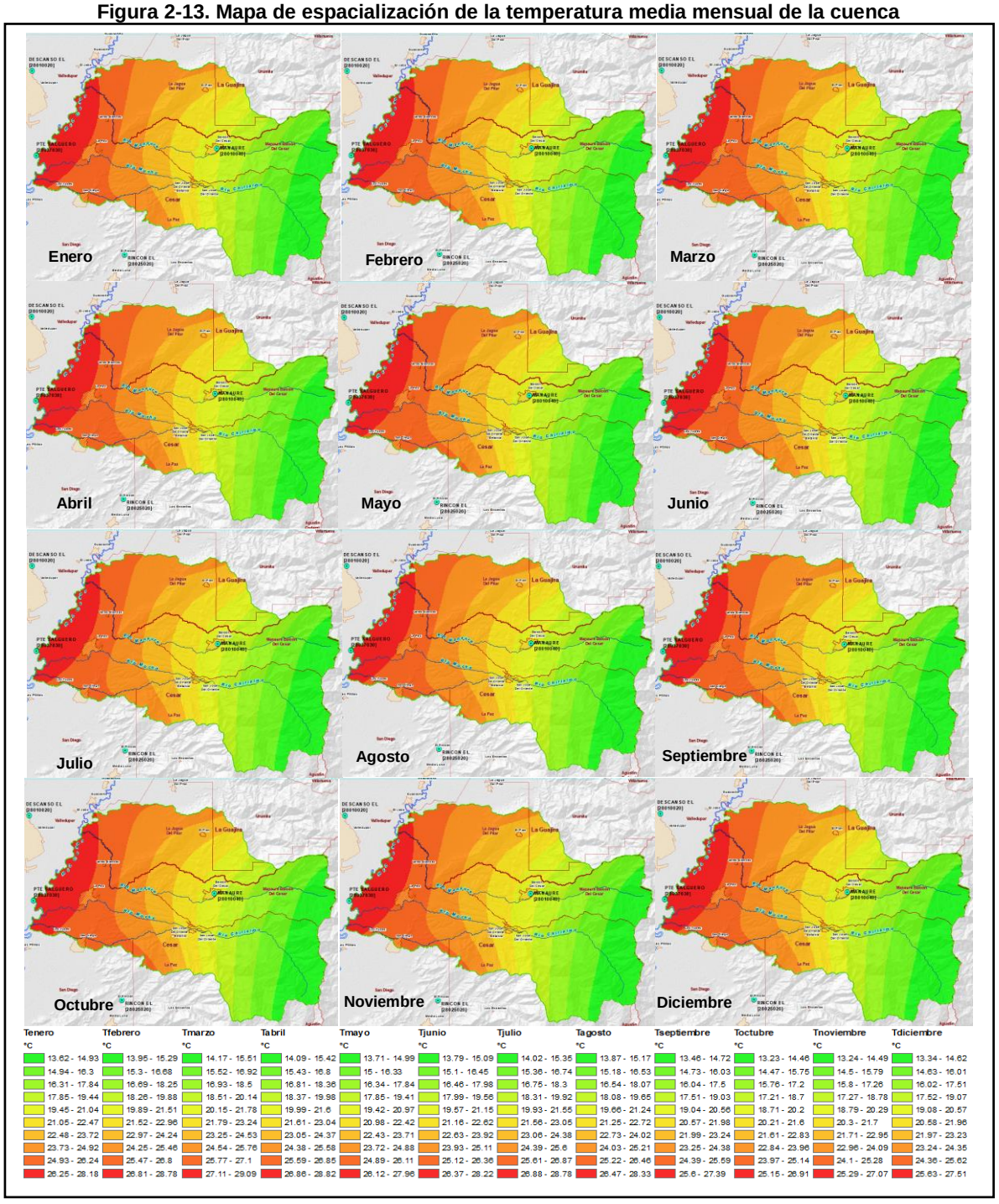
A lo largo de los periodos normales, las temperaturas mínimas captadas por las estaciones del IDEAM se dan hacia el Sur a una cota de aproximadamente 350 m.s.n.m. Estas temperaturas varían hasta los 25.5 °C y son tomadas por la estación “Rincón El” específicamente en los meses de octubre, noviembre y diciembre. Por otro lado, hacia el norte en la estación “Urumita” se reflejan temperaturas medias mínimas de aproximadamente 27°C a una altura de 255 m.s.n.m durante los meses de octubre noviembre y diciembre. Finalmente, en la zona baja las temperaturas medias anuales tomadas por la estación Apto Alfonso López a 128 m.s.n.m son de aproximadamente 27.8 °C, también presentándose en el último trimestre del año. En general para su zona alta hacia el parteaguas que limita la subzona hidrográfica las temperaturas medias varían entre los 7 a los 16 °C. (ver Figura 2-12 y Figura 2-13).

**Figura 2-12. Temperatura Media**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

**Figura 2-13. Mapa de espacialización de la temperatura media mensual de la cuenca**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

### 2.1.1.4. Otras variables Climatológicas

Las otras variables climatológicas como brillo solar, la humedad relativa, evaporación, radiación solar, velocidad de viento, dirección de viento entre otras, a pesar de su importancia en la estimación de variables y comportamientos típicos de la climatología de un área estudiada, no son medidas por las estaciones climatológicas con influencia directa en la subzona hidrográfica. Una de las razones es por la categoría de las estaciones que obliga a la misma a medir solo un parámetro, o también estaciones como “Rincón El” (Climatológica Ordinaria) que no siguieron con las mediciones de dichos parámetros. Esto imposibilita de primera mano la evaluación y especialización de estas variables y el desarrollo de indicadores de evaluación climática, obligando a recurrir a información regionalizada o a otros métodos como información de referencia y estudios de interés nacional.

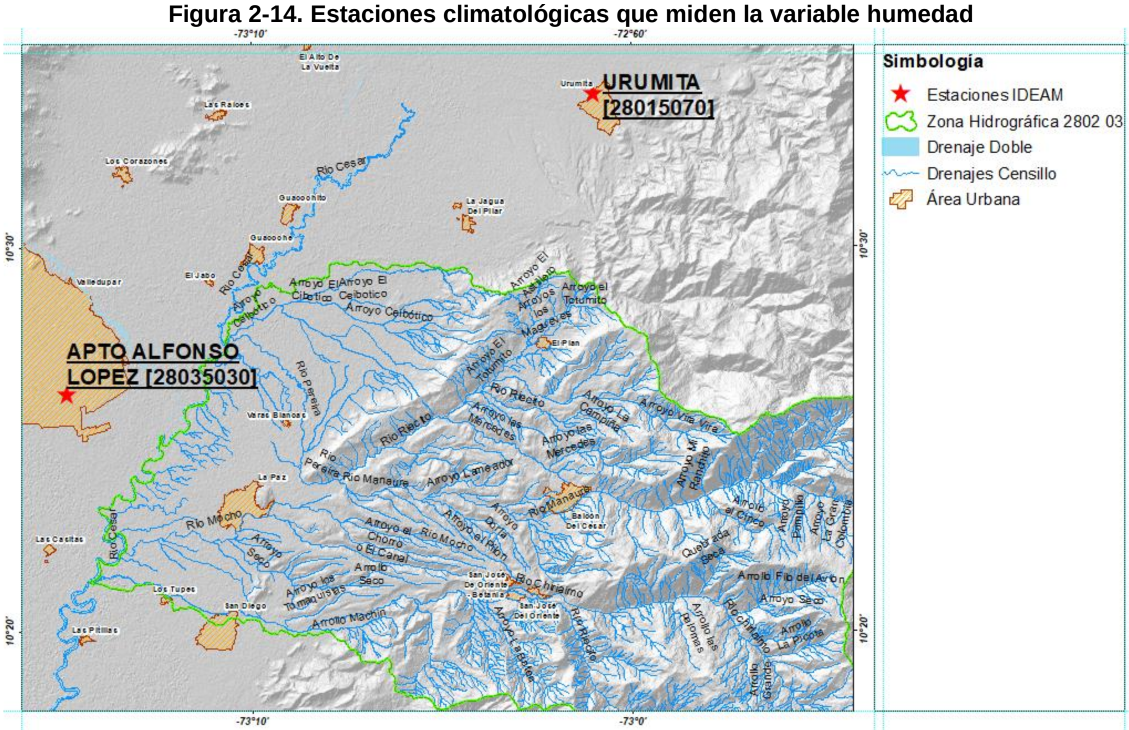
- **Brillo Solar**

La manera de cómo la precipitación y el brillo solar se comportan, tiene una relación inversa en el tiempo (durante el año) y está determinado por la ocurrencia ó frecuencia de las lluvias; esto significa, que, durante los períodos lluviosos, el brillo solar disminuye y durante la época de baja precipitación el brillo solar aumenta.

De igual manera, durante los meses de mayor pluviosidad se registran valores de mayor nubosidad registrada, que obstaculiza el paso de la radiación solar directa, mientras que durante los periodos secos el cielo permanece despejado (baja nubosidad) y elevado valor en el brillo solar.

Dentro de las estaciones climatológicas que registran esta variable en el área de influencia del sistema hidrográfico se encuentran las estaciones del IDEAM URUMITA con condigo 28015070 y la estación Apto Alfonso López con código 28035030 ubicadas al Norte y al Oeste respectivamente. (ver Figura 2-14).

**Figura 2-14. Estaciones climatológicas que miden la variable humedad**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

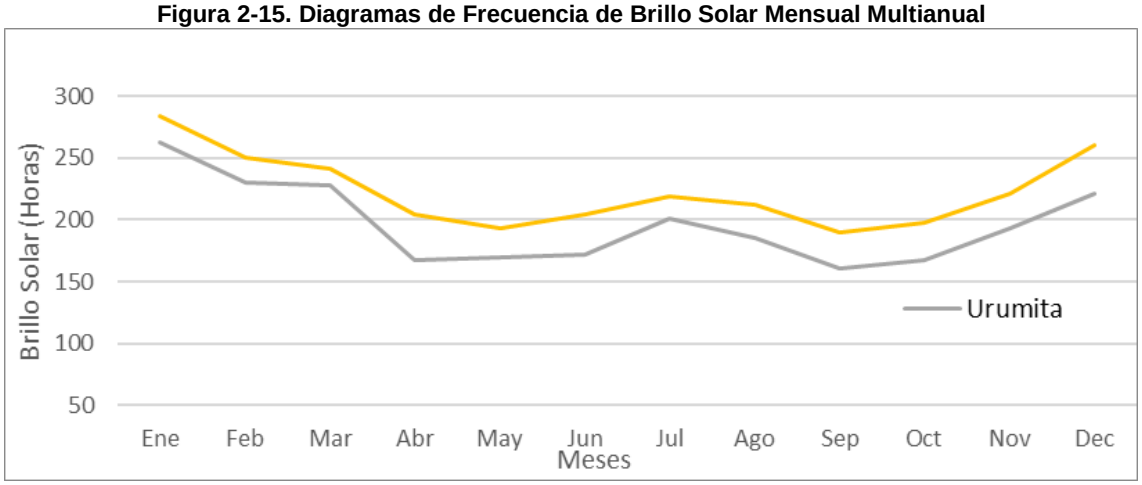
En la Tabla 2-10 y Figura 2-15, se registran valores máximos de brillo solar de 284 Horas (estación Apto Alfonso López) y 263 Horas (Estación Urumita) en el mes de enero siguiente con los valores máximos hasta marzo. Durante estos meses se presentan los valores más bajos de nubosidad, debido a la relación inversa entre precipitación – nubosidad vs. Brillo solar. Los períodos máximos de lluvia se concentran en los meses de mayo, agosto, septiembre, octubre y noviembre, esto representa una herramienta útil para el aprovechamiento de esta variable como fuente de energía; así mismo como la susceptibilidad del sistema a cambios drásticos de temperatura.

**Tabla 2-10. Valores medios multianuales de brillo solar**

| NOMBRE | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec | VR anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Urumita | 263.00 | 230.20 | 227.50 | 167.50 | 169.50 | 172.40 | 200.70 | 185.50 | 160.30 | 167.80 | 193.40 | 221.00 | 196.57 |
| Apto Alfonso Lopez | 284.00 | 250.60 | 241.70 | 203.80 | 192.60 | 204.50 | 218.40 | 212.10 | 189.80 | 197.60 | 220.60 | 260.80 | 223.04 |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

**Figura 2-15. Diagramas de Frecuencia de Brillo Solar Mensual Multianual**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

En la zona alta del Perijá donde nace el sistema hidrográfico se presenta un fenómeno conocido como efecto Foehn que consiste en paso de las corrientes de aire y nubes por las serranías o picos de montañas formando una capa de aire que cambia sus condiciones principalmente por variantes térmicas generadas por las diferencias de alturas. Este cambio hace que, al descender la masa de aire por la montaña, vaya perdiendo humedad (en forma de roció y lluvias) y aumentando su temperatura, de tal forma que se generan grandes aglomeraciones de nubes en la zona alta de la montaña obstaculizando el paso de la radiación solar a lo que se le indica que en la zona alta del sistema hidrográfico la radiación es menor. (ver Figura 2-16).

**Figura 2-16. Efecto Foehn en la serranía del Perijá**



Fuente: Autores (2019).

- **Humedad relativa**

La humedad relativa puede ser afectada por la presencia del relieve, que actúa como barrera, frenando el paso de masas húmedas a otras superficies y así de esta manera aumentar la presencia de la humedad en el área a donde llegan estas masas; pero en general las menores o mayores alturas no inciden en la presentación de máximos o mínimos de humedad directa. (Araujo, 2010).

La humedad relativa permite determinar la relación existente entre la humedad absoluta (la que hay realmente) y la cantidad de humedad en condiciones de saturación (IDEAM, 2014). Se expresa en unidades enteras que van de cero (0) hasta el 100%. Los valores de humedad relativa dependen necesariamente de la temperatura del momento.

A través del año la humedad relativa en general, presenta sus valores mínimos; a comienzos del año, entre los meses de febrero y marzo, y los máximos hacia el final, entre septiembre y noviembre. Hacia el mes de julio se presenta un descenso entre ligero y moderado de los valores de la humedad en casi toda la región. (Araujo, 2010).

Dentro de las estaciones climatológicas que registran esta variable en el área de influencia del sistema hidrográfico se encuentran las estaciones del IDEAM URUMITA con condigo 28015070 y la estación Apto Alfonso López con código 28035030 ubicadas al Norte y al Oeste respectivamente.

Al observar la Tabla 2-11, puede apreciarse que los meses de menor humedad corresponden a febrero y marzo con 65% y 57% respectivamente; la ocurrencia de mayor humedad del aire se presenta en los meses de octubre y noviembre con 77% y 74% respectivamente.

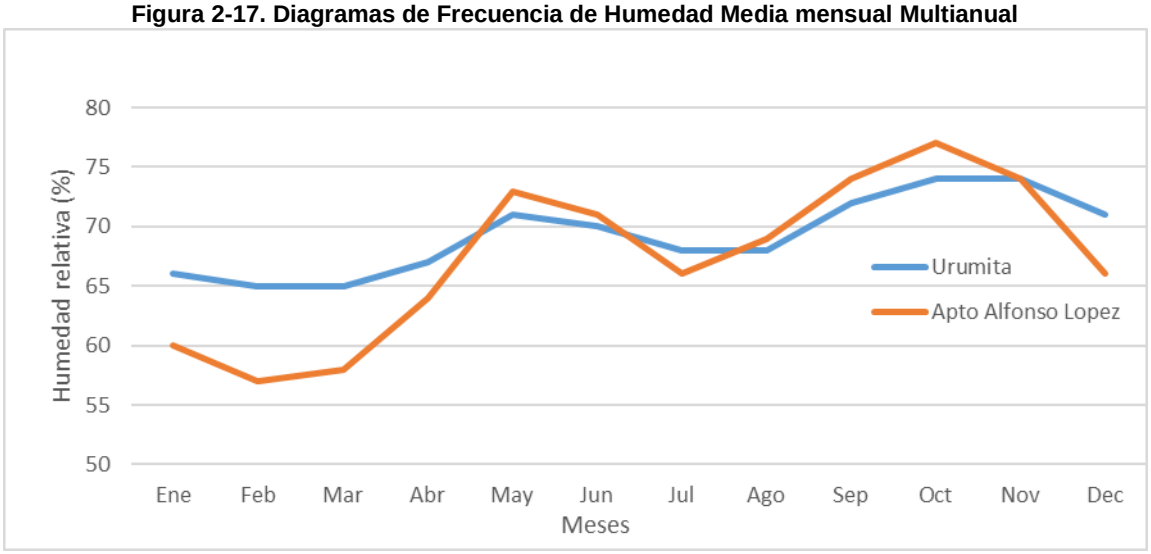
**Tabla 2-11. Valores medios multianuales de humedad relativa**

| NOMBRE | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec | VR anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Urumita | 66.00 | 65.00 | 65.00 | 67.00 | 71.00 | 70.00 | 68.00 | 68.00 | 72.00 | 74.00 | 74.00 | 71.00 | 69.25 |
| Apto Alfonso Lopez | 60.00 | 57.00 | 58.00 | 64.00 | 73.00 | 71.00 | 66.00 | 69.00 | 74.00 | 77.00 | 74.00 | 66.00 | 67.42 |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

Los periodos de menor y mayor humedad relativa mencionados anteriormente corresponden a los periodos de déficit y superávit hídrico, según la Figura 2-17 que permite determinar los periodos secos y húmedos típicos medidos por una estación climatológica.

**Figura 2-17. Diagramas de Frecuencia de Humedad Media mensual Multianual**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

Al aumentar la altura en la cuenca y proporcional a esto la precipitación en la misma y siendo inversa la temperatura, se establece que para la zona alta del sistema hidrográfico la humedad relativa es mayor, si bien puede apreciarse por los registros de humedad relativa tomados por la estación San José de Oriente con código 28025040 que, a pesar de haber finalizado mediciones en 1998 muestra que durante este periodo de medición los meses de menor humedad son marzo, julio y agosto con 78%, 79% y 79% respectivamente; la ocurrencia de mayor humedad del aire se presenta en el mes de octubre con 82%.

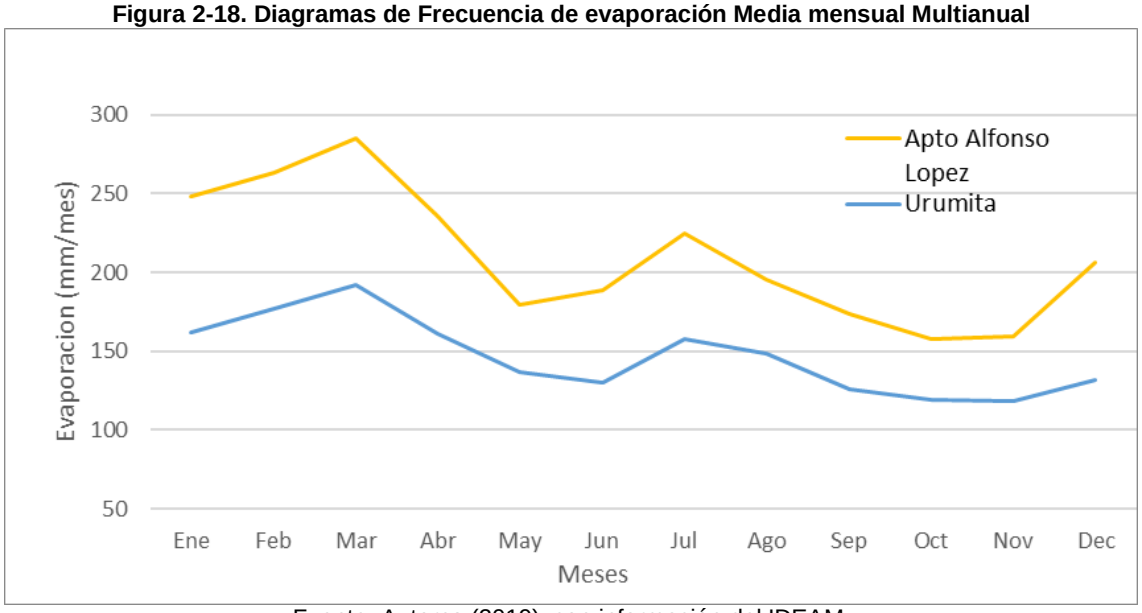
- **Evaporación**

La evaporación es la emisión de vapor de agua desde una superficie húmeda a temperatura inferior al punto de ebullición. La evaporación se produce a partir de superficies de agua o de superficies sólidas húmedas, como ocurre con el suelo. La sublimación es la transformación directa en vapor de agua del hielo o de la nieve. El agua que extraen del suelo las raíces de los vegetales sube hasta las hojas, donde se transforma, en su mayor parte, en vapor de agua escapándose a la atmósfera por las estomas. Esta emisión de vapor de agua por las hojas de las plantas se conoce con el nombre de transpiración. (IDEAM, 2014).

La cuenca del bajo Magdalena y en especial las sabanas de Córdoba, Bolívar, Cesar, Magdalena y noreste de Antioquia, se ven afectadas por flujos de aire provenientes del Norte y Oeste, además del gran calentamiento radiactivo que se produce durante el día, lo cual incide en los altos niveles de evaporación, cuyos valores son cercanos a los 1.700 milímetros anuales.

Dentro de las estaciones climatológicas que registran esta variable en el área de influencia del sistema hidrográfico se encuentran las estaciones del IDEAM URUMITA con condigo 28015070 y la estación Apto Alfonso López con código 28035030 ubicadas al Norte y al Oeste respectivamente. (ver Figura 2-18).

**Figura 2-18. Diagramas de Frecuencia de evaporación Media mensual Multianual**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

Esta variable está relacionada con la humedad del aire y la temperatura ya que su relación determina la cantidad de agua que puede evaporarse y puede mantenerse en forma de vapor de agua. En este caso las zonas bajas de la cuenca hacia el cauce del Rio Cesar, cuentan con humedades menores y temperaturas bajas por lo que es en esta zona donde se presentaran los mayores niveles de evaporación mientras que en la zona alta de la cuenca ocurre el fenómeno inverso. La estación del Apto Alfonso López registra mayores valores de evaporación que la estación Urumita, donde este segundo registra sus máximos para el mes de marzo con valores de 192 mm en comparación con los 285 mm registrados por la estación del Apto. Finalmente, los periodos con menor registro de esta variable están asociados a las épocas de superávit o periodos húmedos, donde las temperaturas bajan y la humedad aumenta. (ver Tabla 2-12).

**Tabla 2-12. Valores medios multianuales de evaporación**

| NOMBRE | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dec | VR anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Urumita | 162.30 | 177.20 | 192.10 | 160.70 | 136.90 | 130.50 | 157.80 | 148.30 | 126.00 | 119.00 | 118.40 | 131.50 | 1760.70 |
| Apto Alfonso Lopez | 248.40 | 263.60 | 285.20 | 235.70 | 179.50 | 188.40 | 225.10 | 195.20 | 173.30 | 157.70 | 159.10 | 206.10 | 2517.30 |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

- **Velocidad y dirección del viento**

El viento es el movimiento del aire que se produce por diferencia de presiones en la atmósfera. El desplazamiento del aire puede ser en sentido vertical (ascenso y descenso del aire), fenómeno conocido como corriente de aire, o en sentido horizontal, denominado viento (traslado del aire de un lugar a otro sobre la superficie terrestre), (INHAMI, s.f.).Los vientos se afecta por diferentes variables, siendo las áreas de alta presión atmosférica las que originan los vientos las áreas de baja presión atmosférica de su destino, es decir el movimiento de los vientos planetarios se produce de zonas de alta presión a zonas de baja presión. (IGAC, 2012).

Para el período comprendido entre diciembre y abril se observan vientos que pueden superar los 5 m/s se observan en el Bajo Magdalena y la cuenca del Cesar en los departamentos de Bolívar y Atlántico, Norte de Santander y centro y sur del Cesar.

La orografía, en general, constituye un factor que incide considerablemente en las velocidades que toma el aire en su desplazamiento. Las cadenas montañosas, como la cordillera oriental que se opone al flujo de los alisios del sureste, constituyen barreras físicas que alteran el flujo de las corrientes del aire al cruzar las cordilleras y que, de acuerdo con su orientación o accidentes fisiográficos, pueden conducir al fortalecimiento o debilitamiento de los vientos. La velocidad de los vientos dominantes tiende a crecer con la altitud, debido a la reducción de la fricción con el suelo. La velocidad de los vientos dominantes tiende a crecer con la altitud, debido a la reducción de la fricción con el suelo. En zonas montañosas, entre la parte baja y los 2.500 o 3.000 metros de altitud, la velocidad puede aumentar con la altitud al doble o al triple.

En el sistema hidrográfico, esta variable es medida únicamente por la estación del Apto Alfonso López donde en promedio las velocidades del viendo son de alrededor de los 3.7 m/s presentando sus máximas en los meses de diciembre a abril.

### 2.1.2. Mapas de índice de aridez

Se enmarca en el Estudio Nacional del Agua (ENA) y pertenece a la primera generación de indicadores de Línea Base de la información ambiental de Colombia en su componente de oferta hídrica superficial. Hace parte de la batería de indicadores del Sistema de Información Ambiental de Colombia -SIAC. A partir de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico – PNGIRH se concibe el sistema de indicadores hídricos, que reflejan el estado de las situaciones que, en un enfoque sistémico con visión integral, son determinantes para la toma de decisiones en el marco de la Gestión Integral de Recursos Hídricos – GIRH (MAVDT, 2010). Este indicador representa la diferencia entre la evapotranspiración potencial (ETP) y la real (ETR) permitiendo determinar el déficit de agua que puede tener una cobertura vegetal comparado con la disponibilidad plena de humedad requerida para su desarrollo. (IDEAM, 2010).

Según la guía de estimación del Índice de Aridez del IDEAM, este indicador se calcula mediante la siguiente expresión:

$$IA = \frac{(ETP - ETR)}{ETP}$$

Donde:
IA: Es el Índice de Aridez (adimensional)
ETP: Evapotranspiración Potencial (mm/año)
ETR: Evapotranspiración Real (mm/año)

Los valores del Índice de Aridez van en un rango de 0 a 1. La interpretación del indicador debe realizarse teniendo en cuenta los siete rangos definidos en los Estudios Nacionales del Agua de 2000, 2010 y 2014, mostrados en la Tabla 2-13.

**Tabla 2-13. Valores del Índice de Aridez**

| Categoría ENA 2000 | Categoría ENA 2010 | Categoría ENA 2014 | Rango |
|---|---|---|---|
| Altamente deficitario de agua | Altamente deficitario de agua | Altamente deficitario de agua | > 0,60 |
| Deficitario de agua | Deficitario de agua | Deficitario de agua | 0,50 - 0,59 |
| Entre normal a deficitario de agua | Moderado y deficitario de agua | Moderado a deficitario de agua | 0,40 - 0,49 |
| Normal | Moderado | Moderado | 0,30 - 0,39 |
| Excedente a moderado de agua | Moderado y excedentes de agua | Moderado a excedentes de agua | 0,20 – 0,29 |
| Excedente de agua | Excedentes de agua | Excedentes de agua | 0,15 – 0,19 |
| Alto excedente de agua | Altos excedentes de agua | Altos excedentes de agua | < 0,15 |

Fuente: Hoja Metodológica de Indicadores Ambientales, Índice de Aridez. IDEAM.

A continuación, se presentan los resultados haciendo énfasis en el cálculo de la estimación de la Evapotranspiración potencial (ETP), luego en el cálculo de estimación de la Evapotranspiración Real (ETR), y finalmente en el resultado del índice de aridez.

### 2.1.2.1. Estimación de la Evapotranspiración potencial (ETP)

La evapotranspiración potencial es la cantidad máxima de agua que puede ser evaporada y transpirada, bajo una condición climática determinada, por una cubierta vegetal continua y con suficiente humedad en el suelo (IDEAM, 2010), La determinación de la evapotranspiración potencial es uno de los temas que más ha suscitado controversia, por la diversidad de fórmulas y autores, y por las pocas mediciones directas realizadas mediante lisímetros en nuestro medio; sin embargo, la fórmula desarrollada por Penman ha tenido un amplio reconocimiento dada su rigurosidad científica, las variables que involucra

y los resultados obtenidos, otra no menos difundida es la desarrollada por Thornthwaite ya que involucra un menor número de elementos meteorológicos, lo cual facilita el conocimiento de la evapotranspiración en zonas con poca información climatológica.

Para estimar la evapotranspiración potencial se debe elegir la fórmula que mejor se adapte a la zona y a la disponibilidad de información climatológica, en el presente caso se optó por utilizar el método propuesta por Thornthwaite para calcular la ETP.

Desarrollada en el oeste de los E.U, Thornthwaite determino una expresión empírica que usa solamente la temperatura promedio mensual, junto con un factor de ajuste que depende de la ubicación latitudinal de la zona estudiada donde se relaciona la duración del día. Esta expresión matemática tiene la siguiente forma:

$$ETP = 16 * L * \left(\frac{10 * T}{I}\right)^{a}$$

Donde:
L: Es la constante de ajuste latitudinal y se selecciona de la Tabla 2-14 para cada mes del año:

**Tabla 2-14 Factor de ajuste La para la ecuación de Thornthwaite**

| Latitud | Jan. | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0º | 1.04 | 0.94 | 1.04 | 1.01 | 1.04 | 1.01 | 1.04 | 1.04 | 1.01 | 1.04 | 1.01 | 1.04 |
| 10º | 1.00 | 0.91 | 1.03 | 1.03 | 1.08 | 1.06 | 1.08 | 1.07 | 1.02 | 1.02 | 0.98 | 0.99 |
| 15º | 0.97 | 0.91 | 1.03 | 1.04 | 1.11 | 1.08 | 1.12 | 1.08 | 1.02 | 1.01 | 0.95 | 0.97 |
| 20º | 0.95 | 0.90 | 1.03 | 1.05 | 1.13 | 1.11 | 1.14 | 1.11 | 1.02 | 1.00 | 0.93 | 0.94 |
| 25º | 0.93 | 0.89 | 1.03 | 1.06 | 1.15 | 1.14 | 1.17 | 1.12 | 1.02 | 0.99 | 0.91 | 0.91 |
| 30º | 0.90 | 0.87 | 1.03 | 1.08 | 1.18 | 1.17 | 1.20 | 1.14 | 1.03 | 0.98 | 0.89 | 0.88 |
| 40º | 0.84 | 0.83 | 1.03 | 1.11 | 1.24 | 1.25 | 1.27 | 1.18 | 1.04 | 0.96 | 0.83 | 0.81 |

Fuente: Ecuación de Thornthwaite.

a: Es una constante empírica.

$$a = ((6.75x10^{-7}) * (I)\text{^}3) - ((7.71x10^{-5}) * (I)\text{^}2) + ((1.792x10^{-2}) * I) + 0.49239$$

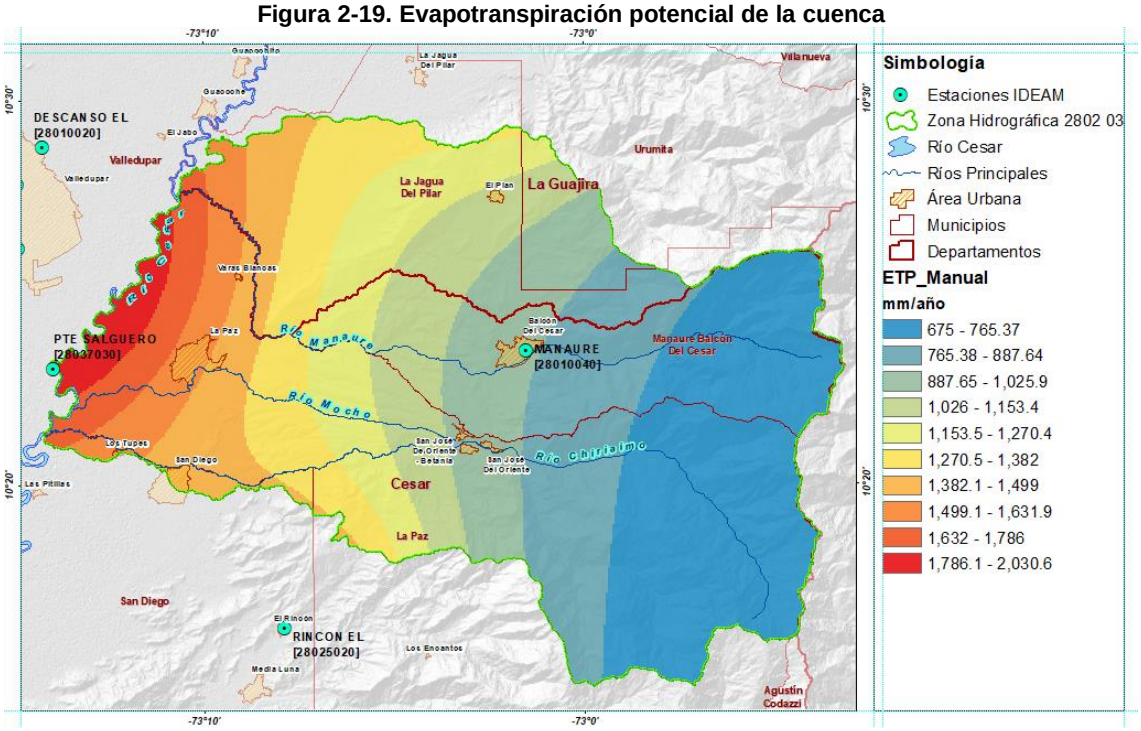
I: Es la suma del índice i el cual se estima mediante la siguiente expresión:

$$I = \sum_{1}^{12} i \qquad i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514}$$

T: Es la temperatura media para el periodo evaluado (mes o año)

De esta forma se estima la evapotranspiración potencial anual cuyo resultado se presenta en la Figura 2-19.

**Figura 2-19. Evapotranspiración potencial de la cuenca**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

### 2.1.2.2. Estimación de la Evapotranspiración Real (ETR)

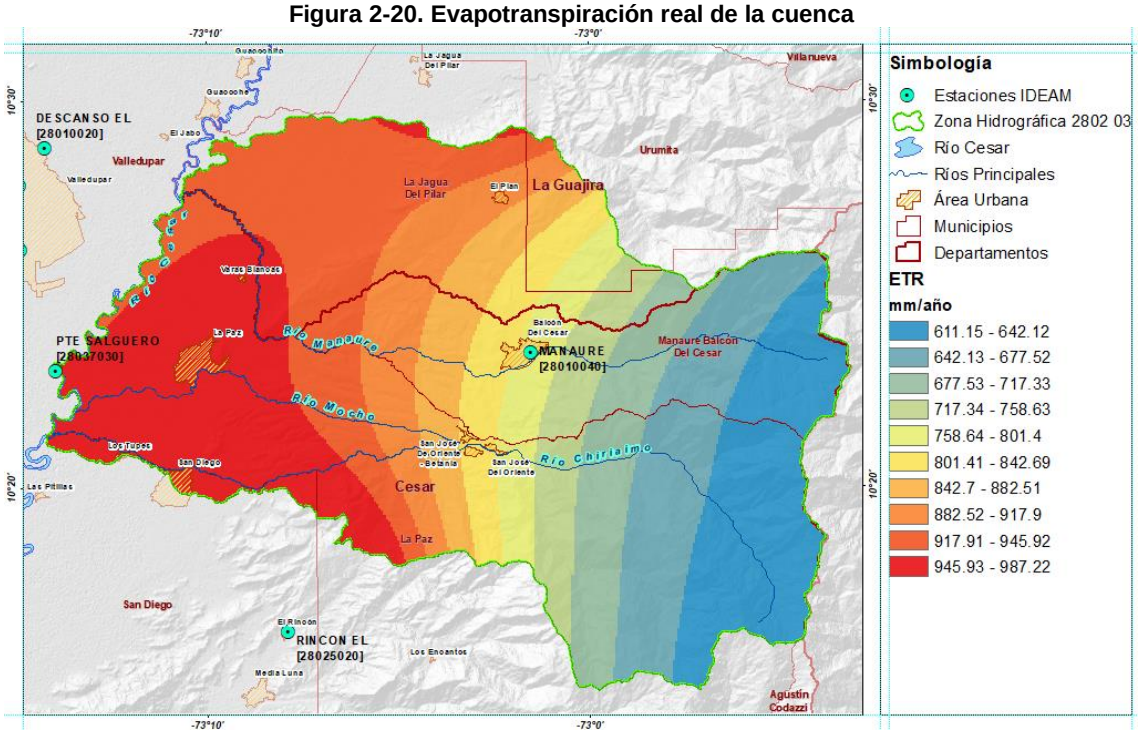
A diferencia de la evapotranspiración potencial la ETR es la cantidad de agua que es evaporada (no que puede ser) desde la superficie del suelo y transpirada por las plantas cuando el suelo se encuentra en un contenido natural de humedad que depende de la precipitación. Según la guía de estimación del Índice de Aridez del IDEAM la ETR puede calcularse de la siguiente manera:

$$ETR = \sqrt{ETP * P * TanH\left(\frac{P}{ETP}\right) * \left[1 - CosH\left(\frac{ETP}{P}\right) + SinH\left(\frac{ETP}{P}\right)\right]}$$

Donde:
P: Es la precipitación media del periodo evaluado (mes o año).
ETP: Es la evapotranspiración potencial.
TanH, CosH y SinH: son las funciones hiperbólicas.

De esta forma se estima la evapotranspiración real cuyo resultado se presenta en la Figura 2-20.

**Figura 2-20. Evapotranspiración real de la cuenca**

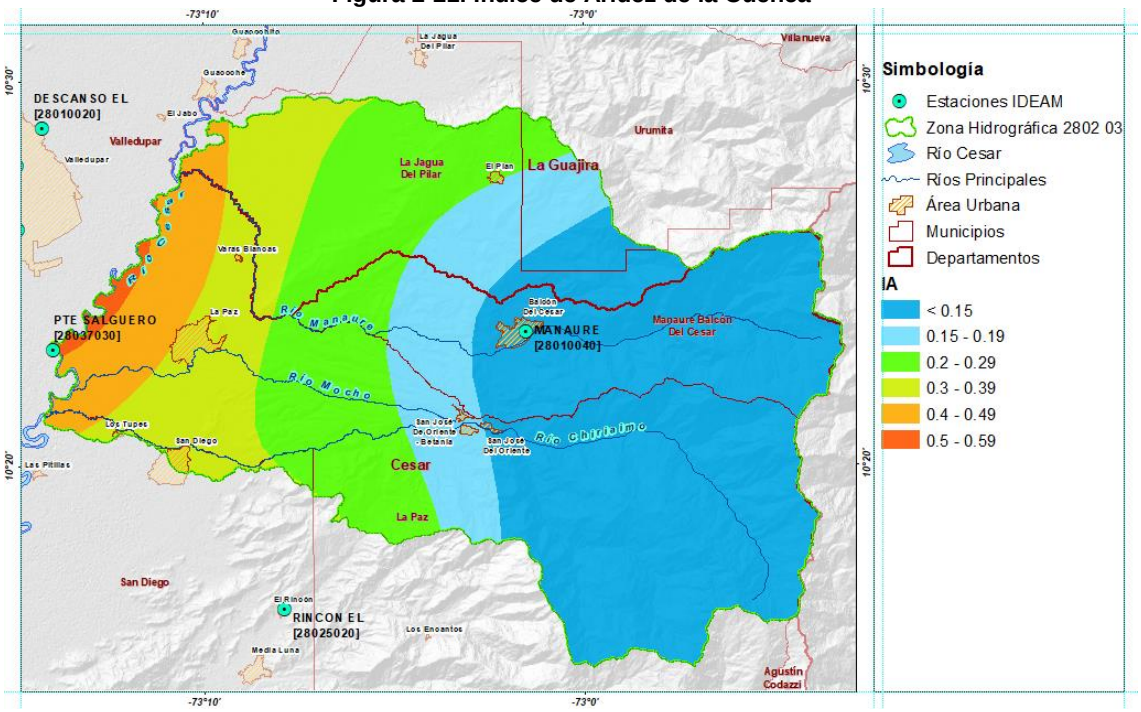



Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

### 2.1.2.3. Índice de Aridez (IA)

Estimados la evapotranspiración potencial y real, se determina el índice de Aridez y su categoría según la guía de estimación del Índice de Aridez del IDEAM. Los resultados se muestran en la Figura 2-21.

**Figura 2-21. Índice de Aridez de la Cuenca**




Fuente: Autores (2019), con información de IDEAM.

### 2.1.3. Zonificación climática de la cuenca

Para la zonificación de las unidades climáticas se implementa la metodología propuesta por Schaufelberger (1962) en la cual propuso unificar e implementar sistemas de clasificación por medio del modelo climático de Caldas y el modelo de Lang al que finalmente denominó Clasificación climática según Caldas – Lang.

#### 2.1.3.1. Modelo Climático de Caldas

En 1802 se reunieron en Quito los investigadores Alejandro Von Humboldt (alemán), Aime Bonpland (francés) y Francisco José de Caldas (colombiano); quien disponía de información relativa a las alturas sobre el nivel del mar y su influencia en la variación de las temperaturas. Este encuentro concluyó en unos rangos de relación o pisos térmicos en los cuales se tiene que. (ver Tabla 2-15).

1. 1000 m corresponde a una temperatura media de 23.8°C
2. 2000 m corresponde a una temperatura media de 18.0°C
3. 3000 m corresponde a una temperatura media de 12.7°C
4. 4000 m corresponde a una temperatura media de 7.0°C

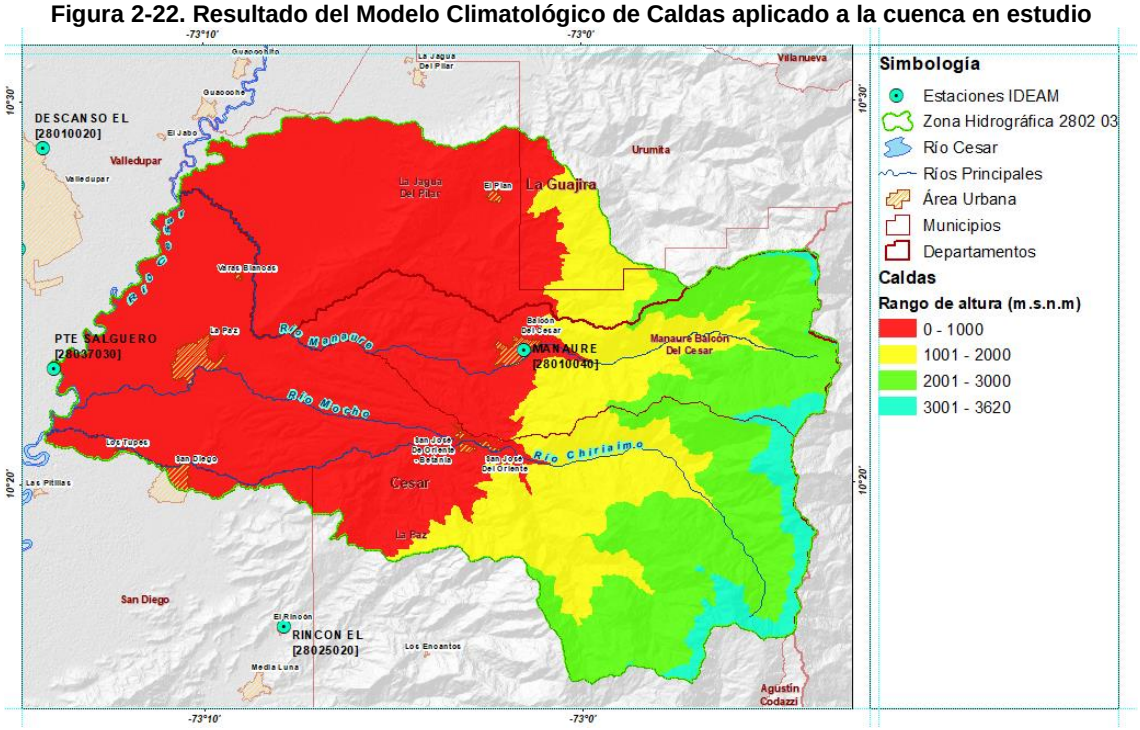
**Tabla 2-15. Resumen del modelo climatológico de Caldas**

| Piso Térmico | | Rango de altura en m.s.n.m. | Temperatura en °C | Variación de altitud por condiciones locales |
|---|---|---|---|---|
| Cálido | | 0 A 1000 | T => 24 | Límite Superior +/- 400 |
| Templado | | 1001 A 2000 | 24 > T => 17.5 | Lim. Sup +/- 500 |
| | | | | Lim. Inf +/- 500 |
| Frio | | 2001 A 3000 | 17.5 > T => 12 | Lim. Sup. +/- 400 |
| | | | | Lim. Inf +/- 400 |
| Paramo | Bajo / Alto | 3200 A 3700 | 12 => 7 | |

Fuente: Caldas.

Aplicando el criterio de la Tabla 2-15 a la cuenca en estudio se pudo obtener el mapa de la Figura 2-22.

**Figura 2-22. Resultado del Modelo Climatológico de Caldas aplicado a la cuenca en estudio**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

En la cuenca de estudio se identifican los cuatro pisos térmicos especificados en la metodología de caldas (cálido, templado, frío y páramo), lo que implica una significativa variación en la temperatura y morfología de la cuenca. Las zonas más altas de la cuenca corresponden a los pisos térmicos frio y páramo, seguido del piso térmico templado en la parte media y el piso térmico cálido en la parte baja; siendo este último el que abarca la mayor área de la cuenca, lo que implicaría una predominancia de temperaturas mayores a 24°C según el modelo mencionado.

### 2.1.3.2. Modelo Climático de Lang

En el año 1915, Richard Lang estableció una clasificación climática basada en la relación obtenida al dividir la precipitación anual (P, en mm) entre la temperatura media anual (T, en °C). Este cociente se llama también Índice de efectividad de la precipitación o factor de lluvia de Lang. (ver Tabla 2-16).

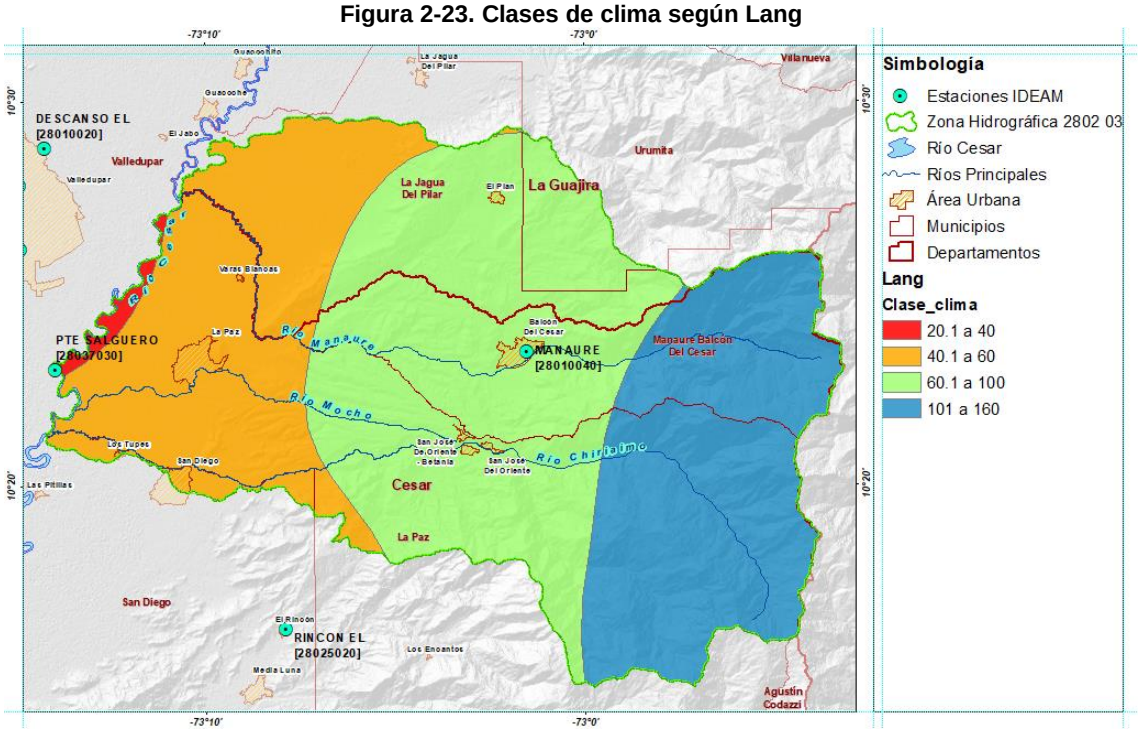
**Tabla 2-16 Clases de clima según Lang**

| COCIENTE P/T | CLASE DE CLIMA |
|---|---|
| 0 a 20 | Desértico |
| 20.1 a 40 | Árido |
| 40.1 a 60 | Semiárido |
| 60.1 a 100 | Semihumedo |
| 100.1 a 160 | Húmedo |
| Mayor a 160 | Superhumedo |

Fuente: Lang.

Aplicando el criterio de la Tabla 2-16 a la cuenca en estudio se pudo obtener el mapa de la Figura 2-23.

**Figura 2-23. Clases de clima según Lang**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

Con respecto a lo planteado por Lang, según los coeficientes de P/T, la cuenca de estudio posee 4 tipos de clima, así: un clima árido y semiárido correspondiente a la zona más baja de la cuenca y más cercanas al Rio Cesar, un clima semihúmedo sobre la zona de transición o zona media de la cuenca (entre el área montañosa o más alta de la cuenca con la zona más baja), y un clima húmedo que corresponde a la zona más alta de la cuenca.

### 2.1.3.3. Modelo Climático de Caldas - Lang

La metodología de Caldas – Lang requiere la realización de los modelos climáticos propuestos por cada uno y la integración de los resultados de estos mediante la unión del piso Térmico de Caldas y la Clase climática de Lang. En la Tabla 2-17 se aprecian las relaciones y los resultados posibles según esta combinación metodológica.

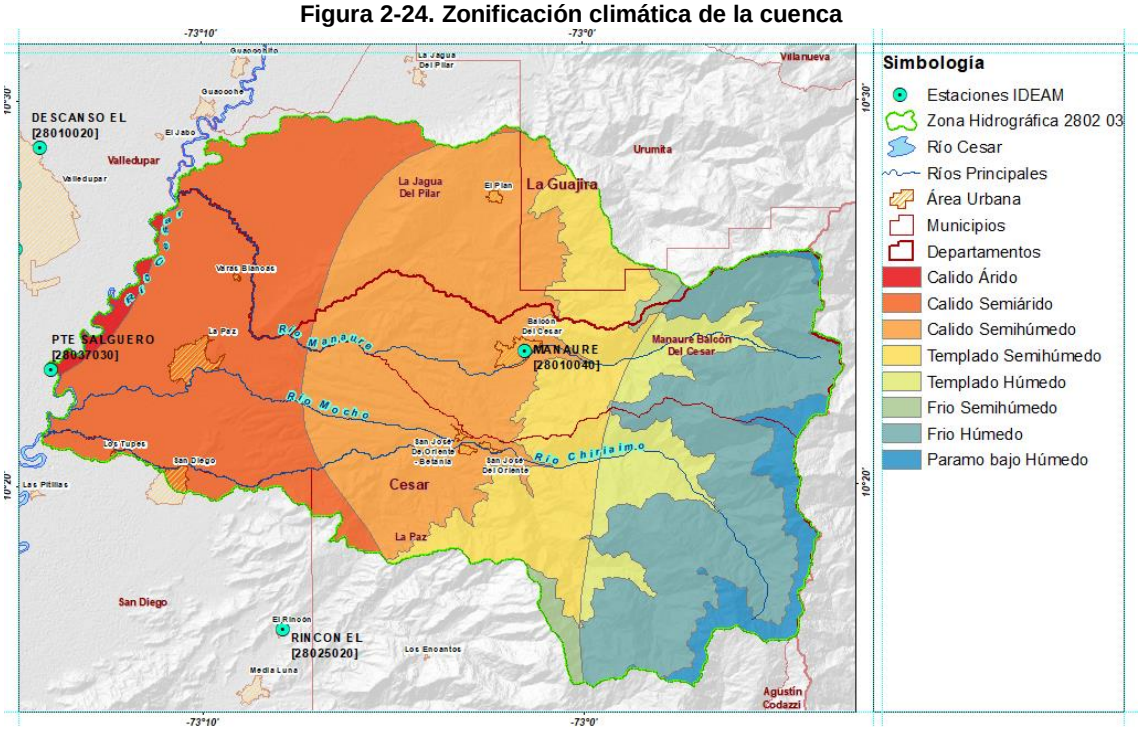
**Tabla 2-17. Tipos Climáticos Caldas - Lang**

| No. | Tipo | Climático | Símbolo |
|---|---|---|---|
| 1 | Cálido | Superhumedo | CSH |
| 2 | Cálido | Húmedo | CH |
| 3 | Cálido | Semihumedo | Csh |
| 4 | Cálido | Semiárido | Csa |
| 5 | Cálido | Árido | CA |
| 6 | Cálido | Desértico | CD |
| 7 | Templado | Superhumedo | TSH |
| 8 | Templado | Húmedo | TH |
| 9 | Templado | Semihumedo | Tsh |
| 10 | Templado | Semiárido | Tsa |
| 11 | Templado | Árido | TA |
| 12 | Templado | Desértico | TD |
| 13 | Frio | Superhumedo | FSH |
| 14 | Frio | Húmedo | FH |
| 15 | Frio | Semihumedo | Fsh |
| 16 | Frio | Semiárido | Fsa |
| 17 | Frio | Árido | FA |
| 18 | Frio | Desértico | FD |
| 19 | Paramo | Bajo Superhumedo | PBSH |
| 20 | Paramo | Bajo Húmedo | PBH |
| 21 | Paramo | Bajo Semihumedo | PBsh |
| 22 | Paramo | Bajo Semiárido | Pbsa |
| 23 | Paramo | Alto Superhumedo | PASH |
| 24 | Paramo | Alto Húmedo | PBH |
| 25 | Nieves | Perpetuas | NP |

Fuente: Metodología de Zonificación Ambiental de Cuencas Hidrográficas. Ministerio de Ambiente.

Entonces, aplicando el criterio de la Tabla 2-17 a la cuenca en estudio se pudo obtener el mapa de la Figura 2-24.

**Figura 2-24. Zonificación climática de la cuenca**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

Las zonas climáticas que posee la cuenca clasificándolas según los rangos de altitud, precipitación y temperatura, definidas por las zonas de Caldas – Lang, pertenecen a los tipos cálido, templado, frío y páramo.

Se puede observar que prevalece o tiene una mayor área la zona climática cálida, subdividiéndose en cálido árido, cálido semiárido y cálido semihúmedo, y que correspondería a las temperaturas más altas; al otro extremo se localiza la zona climática de páramo, que se divide en páramo bajo húmedo y páramo bajo semihúmedo, y corresponde a las temperaturas más bajas de la cuenca.

Cabe destacar, que la gran variedad de zonas climatológicas identificadas para la cuenca puede estar directamente relacionada con la diferencia de alturas que se presenta en la misma, y que van desde alturas próximas al nivel del mar hasta alturas mayores a los 3000 metros.

### 2.1.4. Clasificación de periodos climáticos y su relación con el cambio climático.

Los periodos climáticos pueden clasificarse en cinco (5) tipos según la media o tendencia de los datos registrados por la estación climatológica evaluada. Pueden clasificarse en periodos climáticos secos, muy secos, periodos climáticos húmedos, muy húmedos o periodos normales.

En la guía de estimación del Índice de precipitación (IP) del IDEAM se relaciona la precipitación en un lapso de tiempo con la precipitación media estimada para la estación de medición a lo largo de los tiempos, determinando un porcentaje o proporción al que se le asigna un rango o periodo climático según se ubique por debajo o encima de la media. (ver Tabla 2-18).

La expresión utilizada para la estimación del IP es la siguiente:

$$IP = \frac{Pt}{Pt_m} * 100$$

Donde:
IP: Es la anomalía de precipitación mensual o anual (%)
Pt: Es la precipitación total del mes o del año (mm)
$Pt_m$: Es la precipitación media mensual o anual promediada para todo el registro histórico (Promedio multianual). Esta variable se puede estimar utilizando la siguiente formula:

$$Pt_m = \left( \sum_{j=1}^{m} Pt \right) / m$$

Donde la variable “m” es el número total de años para los cuales se ha contabilizado el dato de precipitación anual o mensual.

**Tabla 2-18. Clasificación de periodos climáticos**

| Anomalía de precipitación (%) | Clasificación |
|---|---|
| <40 | Muy por debajo de lo normal (Déficit severo) |
| 40-80 | Por debajo de lo normal (Déficit) |
| 80-120 | Normal. |
| 120-160 | Por encima de lo normal (Excedente) |
| >160 | Muy por encima de lo normal (Excedente severo) |

Fuente: Formato Común de Hoja Metodológica de Indicadores Ambientales, Índice de Precipitación. IDEAM,

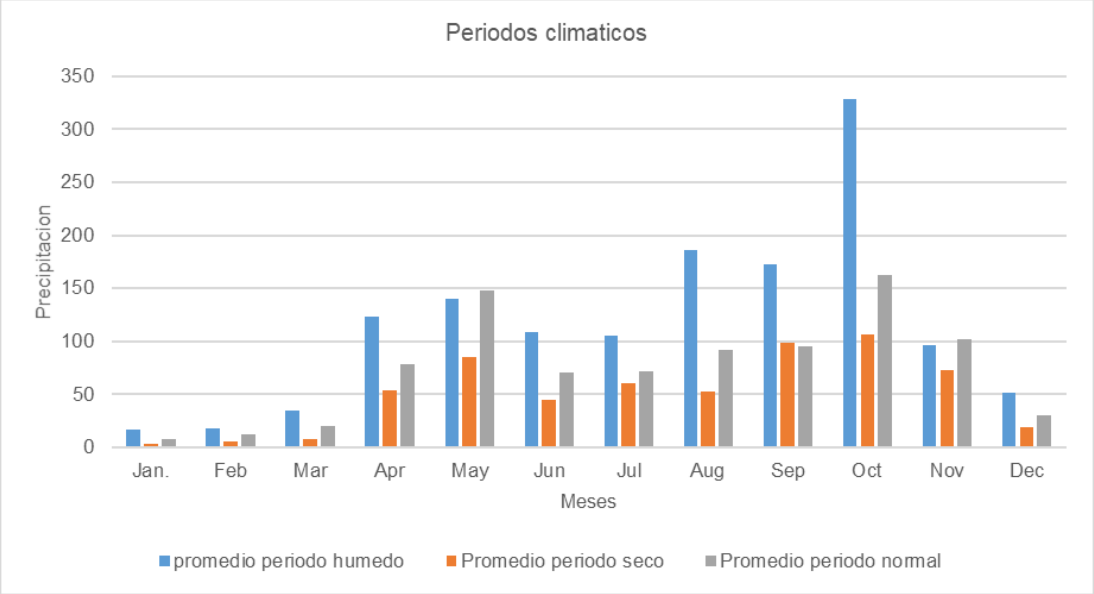
La estimación de los periodos climáticos se realiza para cada una de las estaciones identificadas en la Tabla 2-9. Posteriormente los resultados de cada estación son procesados para determinar de forma espacializada los periodos climáticos secos y húmedos. A continuación, se presentan los resultados.

### 2.1.4.1. Descanso El – 28010020

Los análisis de periodos climáticos permiten determinar las fluctuaciones medias de precipitación a lo largo de un periodo húmedo para la estación Descanso El. Donde las medias anuales de precipitación para los periodos secos son de aproximadamente 610 mm

al año, para los periodos húmedos una media de 1380 mm al año y finalmente los periodos normales cuya media es de alrededor de los 892.34 mm anuales. En este sentido para esta estación un año se considera normal cuando sus precipitaciones varían en términos anuales entre 763 y 1145 mm. (ver Figura 2-25).

**Figura 2-25. Comportamiento medio mensual de los periodos climáticos en la estación Descanso El**




Fuente: Los Autores (2019) con información IDEAM.

La estación cuenta con cerca de 30 años de medición completas, de los cuales 12 de estos periodos se consideran como años normales, 9 de ellos como periodos secos y finalmente 9 periodos más como húmedos. En la Tabla 2-19 se pueden apreciar los periodos climáticos históricos registrados por la estación Descanso El.

**Tabla 2-19. Periodos climáticos de la para la estación Descanso El**

| Periodos climáticos | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Normales | 1988-1989 | Seco | 1987-1988 | Humedo | 1990-1991 |
| | 1989-1990 | | 1991-1992 | | 1993-1994 |
| | 1992-1993 | | 1997-1998 | | 1994-1995 |
| | 2000-2001 | | 2001-2002 | | 1995-1996 |
| | 2004-2005 | | 2003-2004 | | 1996-1997 |
| | 2005-2006 | | 2009-2010 | | **1998-1999** |
| | 2006-2007 | | 2012-2013 | | **1999-2000** |
| | 2008-2009 | | 2013-2014 | | 2002-2003 |
| | 2010-2011 | | 2015-2016 | | 2007-2008 |
| | 2011-2012 | | | | |
| | 2014-2015 | | | | |
| | 2016-2017 | | | | |

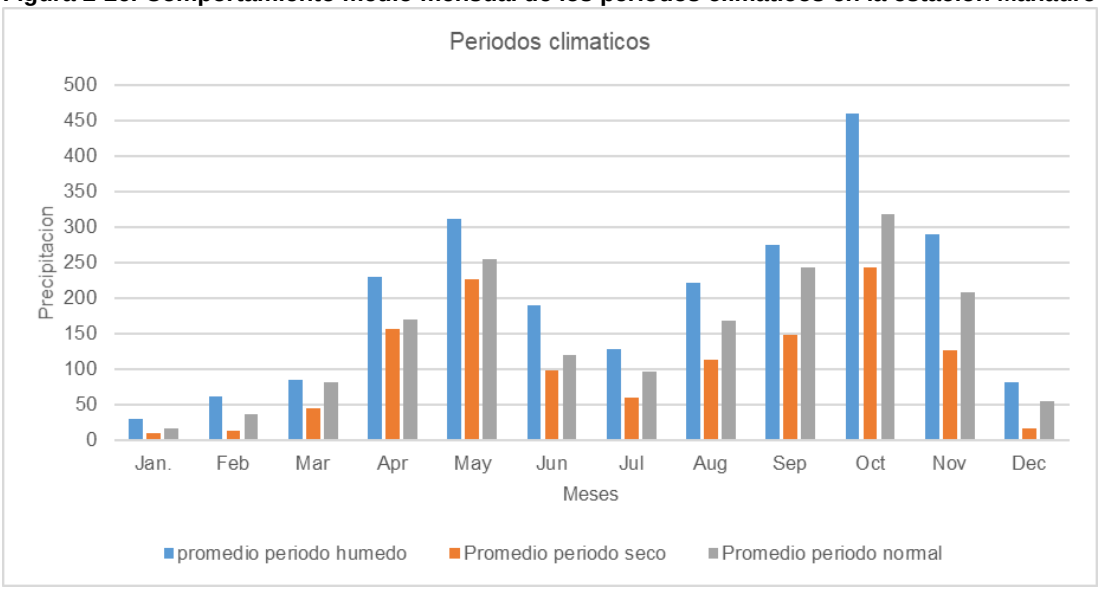
Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

Los registros históricos indican que la intensidad o frecuencia con la que se presentan los periodos secos ha aumentado para el último tercio del periodo de tiempo registrado por la estación, dato que es inverso a la tendencia de los periodos húmedos los cuales se han disminuido a lo largo del periodo medido. Durante los últimos 9 años de medición se presentaron 0 periodos húmedos mientras que fueron 4 periodos secos los registrados de los cuales dos de ellos se presentaron de manera continua en los años 2012-2013 y 2013-2014. Durante el periodo de 1998-1999 y 1999 – 2000 se presentaron dos años seguidos muy húmedos (muy por encima de la media) los cuales según la guía del IP del IDEAM, requieren de aplicación de medidas de gestión de riesgo y de respuesta a emergencias en zonas vulnerables.

### 2.1.4.2. Manaure –28010040

Para la estación climatológica de Manaure las medias anuales de precipitación para los periodos secos son de aproximadamente 1252 mm al año, para los periodos húmedos una media de 2360 mm al año y finalmente los periodos normales cuya media es de alrededor de los 1763.4 mm anuales. En este sentido para esta estación un año se considera normal cuando sus precipitaciones varían en términos anuales entre 1427 y 2141 mm. (ver Figura 2-26).

**Figura 2-26. Comportamiento medio mensual de los periodos climáticos en la estación Manaure**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

La estación cuenta con cerca de 47 años de medición completas, de los cuales 20 de estos periodos se consideran como años normales, 15 de ellos como periodos secos y finalmente 12 periodos más como húmedos. En la Tabla 2-20 se pueden apreciar los periodos climáticos históricos registrados por la estación Manaure.

**Tabla 2-20. Periodos climáticos de la para la estación Manaure**

| Periodos climáticos | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Normales | 1960-1965 | 2000-2001 | Seco | 1957-1960 | Húmedo | 1981-1982 |
| | 1965-1968 | 2002-2003 | | 1968-1976 | | 1982-1983 |
| | 1977-1978 | 2009-2010 | | 1976-1977 | | 1984-1985 |
| | 1978-1979 | 2011-2012 | | 1997-1998 | | 1987-1988 |
| | 1979-1980 | 2017-2018 | | 2004-2005 | | 1988-1989 |
| | 1980-1981 | | | 2005-2006 | | 1990-1991 |
| | 1983-1984 | | | 2006-2007 | | **1996-1997** |
| | 1985-1986 | | | 2007-2008 | | 1998-1999 |
| | 1986-1987 | | | 2008-2009 | | 1999-2000 |
| | 1989-1990 | | | 2012-2013 | | 2001-2002 |
| | 1991-1992 | | | 2013-2014 | | 2003-2004 |
| | 1992-1993 | | | 2014-2015 | | 2010-2011 |
| | 1993-1994 | | | 2015-2016 | | |
| | 1994-1995 | | | 2016-2017 | | |
| | 1995-1996 | | | 2018-2019 | | |

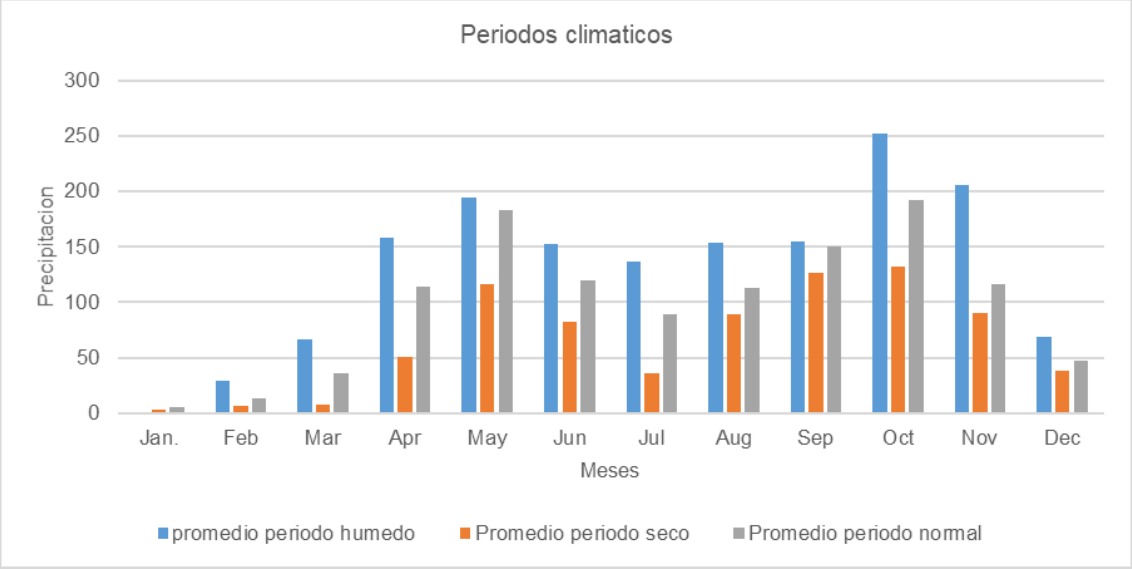
Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

Los registros históricos indican que la intensidad o frecuencia con la que se presentan los periodos secos ha aumentado para el último tercio del periodo de tiempo registrado por la estación, dato que es inverso a la tendencia de los periodos húmedos los cuales se han disminuido a lo largo del periodo medido. Durante los últimos 15 años de medición se presentaron 1 periodo húmedo mientras que fueron 10 periodos secos los registrados de los cuales cinco de ellos se presentaron de manera continua en los años 2012-2017. Durante el periodo de 1996-1997 se presentó un año muy húmedos (Muy por encima de la media) los cuales según la guía del IP del IDEAM, requieren de aplicación de medidas de gestión de riesgo y de respuesta a emergencias en zonas vulnerables.

### 2.1.4.3. Urumita –28015070

Para la estación climatológica de Urumita las medias anuales de precipitación para los periodos secos son de aproximadamente 780 mm al año, para los periodos húmedos una media de 1573 mm al año y finalmente los periodos normales cuya media es de alrededor de los 1181 mm anuales. En este sentido para esta estación un año se considera normal cuando sus precipitaciones varían en términos anuales entre 930 y 1395 mm. (ver Figura 2-27).

**Figura 2-27. Comportamiento medio mensual de los periodos climáticos en la estación Urumita**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

La estación cuenta con cerca de 43 años de medición completas, de los cuales 30 de estos periodos se consideran como años normales, 7 de ellos como periodos secos y finalmente 6 periodos más como húmedos. En la Tabla 2-21 se pueden apreciar los periodos climáticos históricos registrados por la estación Urumita.

**Tabla 2-21. Periodos climáticos de la para la estación Urumita**

| Periodos climáticos | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Normales | 1977-1978 | 1998-1999 | Seco | 1976-1977 |
| | 1978-1979 | 1999-2000 | | 1980-1981 |
| | 1979-1980 | 2000-2001 | | 1985-1986 |
| | 1981-1982 | 2002-2003 | | 1991-1992 |
| | 1982-1983 | 2004-2005 | | 1997-1998 |
| | 1983-1984 | 2005-2006 | | 2001-2002 |
| | 1984-1985 | 2006-2007 | | 2015-2016 |
| | 1987-1988 | 2008-2009 | Húmedo | 1986-1987 |
| | 1989-1990 | 2009-2010 | | 1988-1989 |
| | 1990-1991 | 2012-2013 | | 2003-2004 |
| | 1992-1993 | 2013-2014 | | 2007-2008 |
| | 1993-1994 | 2014-2015 | | 2010-2011 |
| | 1994-1995 | 2016-2017 | | 2011-2012 |
| | 1995-1996 | 2017-2018 | | |
| | 1996-1997 | 2018-2019 | | |

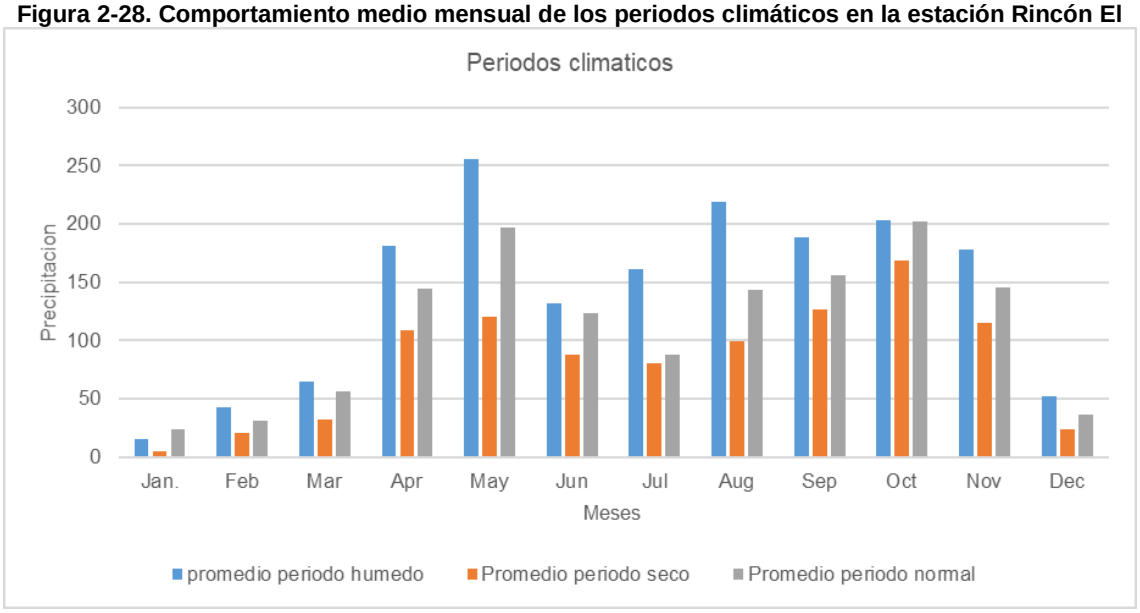
Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

Para la estación de Urimita sucede lo contrario del comportamiento de las anteriores estaciones de Descanso El y Manaure, donde los periodos secos aumentaron su frecuencia en los últimos años y viceversa para los periodos húmedos. En esta estación Los periodos secos disminuyeron en el último tercio de medición de la estación climatológica mientras que los periodos húmedos aumentaron su frecuencia. En este sentido, en los últimos 15 años se han presentado 1 año seco perteneciente al periodo de 2015 – 2016 y 4 (cuatro) periodos húmedos. De manera general, las mediciones de precipitación para esta estación mantienen una tendencia muy cercana a la media obteniendo a primera vista una desviación estándar de 253 mm.

### 2.1.4.4. Rincón El –28025020

Para la estación climatológica de Rincón El, las medias anuales de precipitación para los periodos secos son de aproximadamente 989 mm al año, para los periodos húmedos una media de 1694 mm al año y finalmente los periodos normales cuya media es de alrededor de los 1347 mm anuales. En este sentido para esta estación un año se considera normal cuando sus precipitaciones varían en términos anuales entre 1065 y 1598 mm. (ver Figura 2-28).

**Figura 2-28. Comportamiento medio mensual de los periodos climáticos en la estación Rincón El**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

La estación cuenta con cerca de 51 años de medición completas, de los cuales 37 de estos periodos se consideran como años normales, 7 de ellos como periodos secos y finalmente 7 periodos más como húmedos. En la Tabla 2-22 se pueden apreciar los periodos climáticos históricos registrados por la estación Rincón El.

**Tabla 2-22. Periodos climáticos de la para la estación Rincón El**

| Periodos climáticos | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Normales | 1968-1969 | 1994-1995 | Seco | 1973-1974 |
| | 1969-1970 | 1996-1997 | | 1976-1977 |
| | 1970-1971 | 1998-1999 | | 1985-1986 |
| | 1972-1973 | 2000-2001 | | 1991-1992 |
| | 1974-1975 | 2001-2002 | | 1997-1998 |
| | 1975-1976 | 2003-2004 | | 2002-2003 |
| | 1977-1978 | 2004-2005 | | 2015-2016 |
| | 1978-1979 | 2005-2006 | Húmedo | 1971-1972 |
| | 1980-1981 | 2007-2008 | | 1979-1980 |
| | 1982-1983 | 2008-2009 | | 1981-1982 |
| | 1983-1984 | 2009-2010 | | 1995-1996 |
| | 1984-1985 | 2010-2011 | | 1999-2000 |
| | 1986-1987 | 2012-2013 | | 2006-2007 |
| | 1987-1988 | 2013-2014 | | 2011-2012 |
| | 1988-1989 | 2014-2015 | | |
| | 1989-1990 | 2016-2017 | | |
| | 1990-1991 | 2017-2018 | | |
| | 1992-1993 | 2018-2019 | | |
| | 1993-1994 | | | |

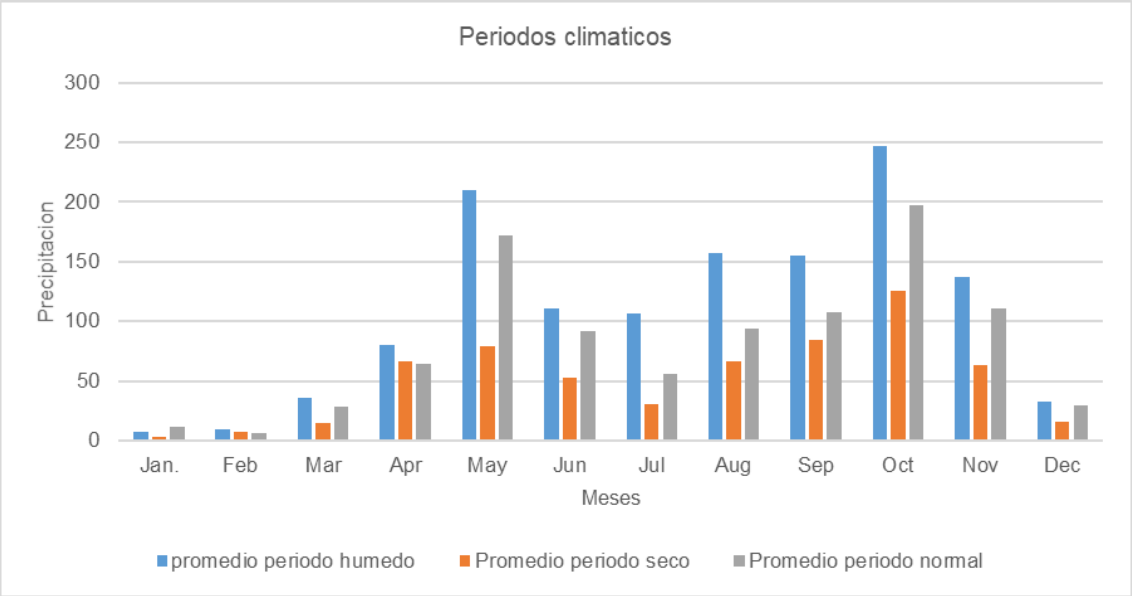
Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

La estación Rincón El mantienen una tendencia a lo largo de su registro histórico de precipitaciones. Para los periodos secos, cada tercio del periodo medido se presentan 2.33 años secos (Primer tercio 2, segundo tercio 3 y total del registro 2). Mientras que los periodos húmedos mantienen la misma tendencia presentándose 2 eventos húmedos cada 17 años.

### 2.1.4.5. APTO ALFONSO LÓPEZ - 28035030

Para la estación climatológica del Apto Alfonso López, las medias anuales de precipitación para los periodos secos son de aproximadamente 611 mm al año, para los periodos húmedos una media de 1290 mm al año y finalmente los periodos normales cuya media es de alrededor de los 971 mm anuales. En este sentido para esta estación un año se considera normal cuando sus precipitaciones varían en términos anuales entre 781 y 1172 mm. (ver Figura 2-29).

**Figura 2-29. Comportamiento medio mensual de los periodos climáticos en la estación Apto Alfonso López**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

La estación cuenta con cerca de 49 años de medición completas, de los cuales 29 de estos periodos se consideran como años normales, 9 de ellos como periodos secos y finalmente 11 periodos más como húmedos. En la Tabla 2-23 se pueden apreciar los periodos climáticos históricos registrados por la estación Apto Alfonso López.

**Tabla 2-23. Periodos climáticos de la para la estación Apto Alfonso López**

| Periodos climáticos | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Normales | 1970-1971 | 1994-1995 | Seco | 1969-1970 | Húmedo | 1975-1976 |
| | 1971-1972 | 1995-1996 | | 1976-1977 | | 1981-1982 |
| | 1972-1973 | 2000-2001 | | 1978-1979 | | 1988-1989 |
| | 1973-1974 | 2001-2002 | | 1983-1984 | | 1990-1991 |
| | 1974-1975 | 2002-2003 | | 1991-1992 | | 1996-1997 |
| | 1977-1978 | 2003-2004 | | 1992-1993 | | 1998-1999 |
| | 1979-1980 | 2004-2005 | | 1997-1998 | | 1999-2000 |
| | 1980-1981 | 2005-2006 | | 2014-2015 | | 2008-2009 |
| | 1982-1983 | 2006-2007 | | 2015-2016 | | **2010-2011** |
| | 1984-1985 | 2007-2008 | | | | 2011-2012 |
| | 1985-1986 | 2009-2010 | | | | 2017-2018 |
| | 1986-1987 | 2012-2013 | | | | |
| | 1987-1988 | 2013-2014 | | | | |
| | 1989-1990 | 2016-2017 | | | | |
| | 1993-1994 | | | | | |

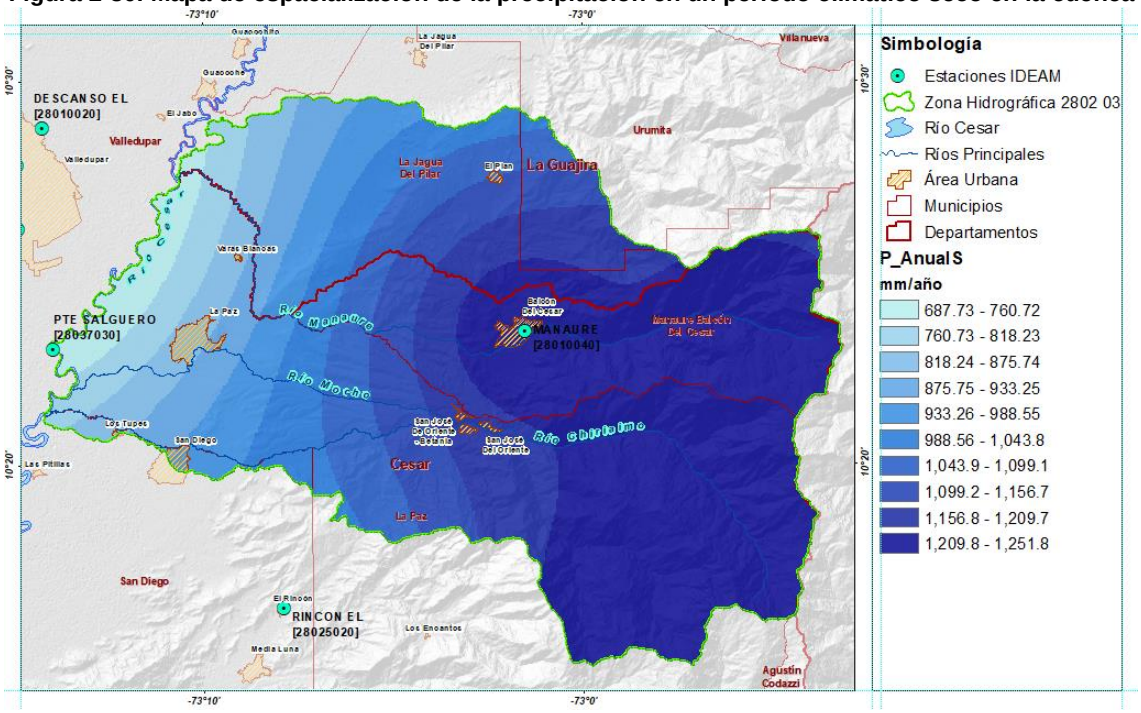
Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

La estación Apto Alfonso López mantienen una tendencia a lo largo de su registro histórico de precipitaciones. Para los periodos secos, cada tercio del periodo medido se presentan 2.6 años secos (Primer tercio 3, segundo tercio 3 y total del registro 2). Mientras que los periodos húmedos han aumentado desde el primer tercio del periodo medido hasta el último. Durante el periodo de 2010-2011 se presentó un año muy húmedos (Muy por encima de la media) los cuales según la guía del IP del IDEAM, requieren de aplicación de medidas de gestión de riesgo y de respuesta a emergencias en zonas vulnerables.

### 2.1.5. Periodo climático Seco

Durante los periodos climáticos secos las precipitaciones de la zona alta de la cuenca son mayores a las de la zona baja hasta en un 200% yendo desde los 675 mm hasta 1252 mm al año. (ver Figura 2-30).

**Figura 2-30. Mapa de espacialización de la precipitación en un periodo climático seco en la cuenca**

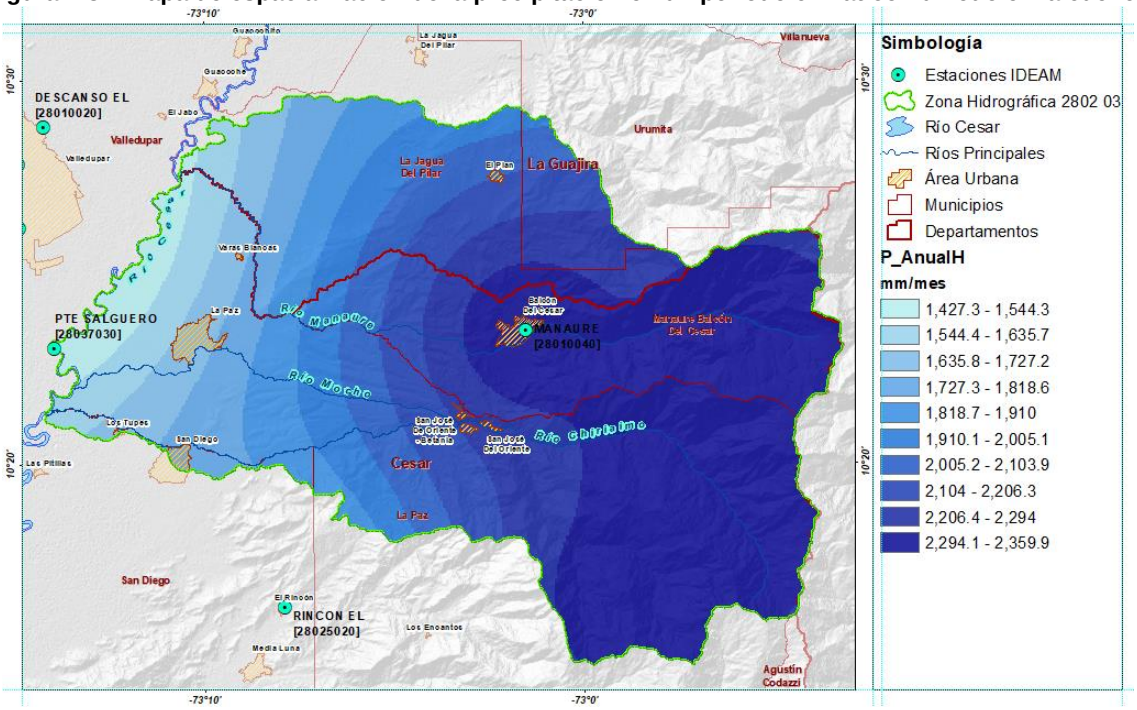



Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

### 2.1.6. Periodo climático Húmedo

Durante los periodos climáticos húmedos las precipitaciones medias anuales en la cuenca son de alrededor de 1410 mm mientras que en la zona alta oscilan en los 2360 mm/año. (ver Figura 2-31).

**Figura 2-31. Mapa de espacialización de la precipitación en un periodo climático húmedo en la cuenca**



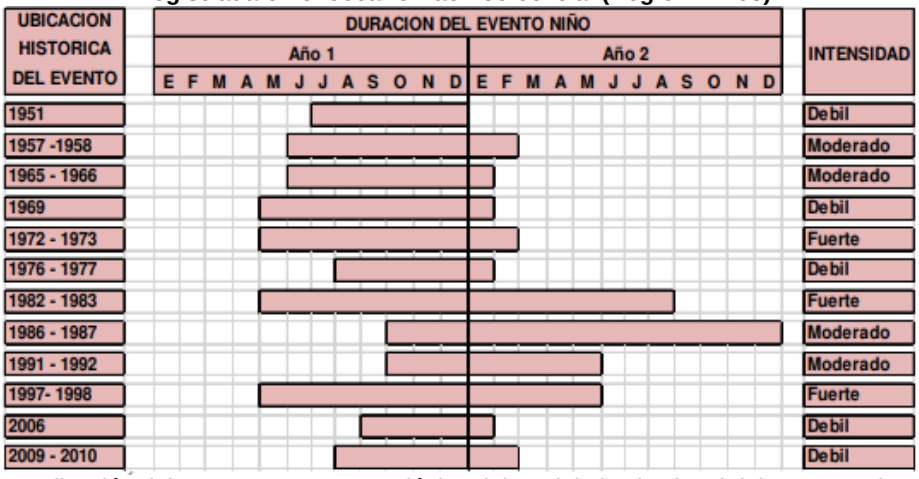

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

## 2.1.7. Periodos climáticos y su relación con el fenómeno ENOS

El Ciclo conocido como El Niño, La Niña - Oscilación del Sur - ENOS, es la causa de la mayor señal de variabilidad climática en la franja tropical del océano Pacifico, en la escala interanual. El Niño y su fase opuesta La Niña, son las componentes oceánicas del ENOS y corresponden, en términos generales, a la aparición, de tiempo en tiempo, de aguas superficiales relativamente más cálidas (El Niño) o más frías (La Niña) que lo normal en el Pacífico tropical central y oriental, frente a las costas del norte de Perú, Ecuador y sur de Colombia. Estas alteraciones de la estructura térmica superficial y subsuperficial del océano están asociadas con el debilitamiento de los vientos alisios del Este y con el desplazamiento del núcleo de convección profunda del Oeste al Centro del Océano Pacífico tropical, en condiciones El Niño o con su permanencia e intensificación en el caso de La Niña. (Montealegre, 2007).

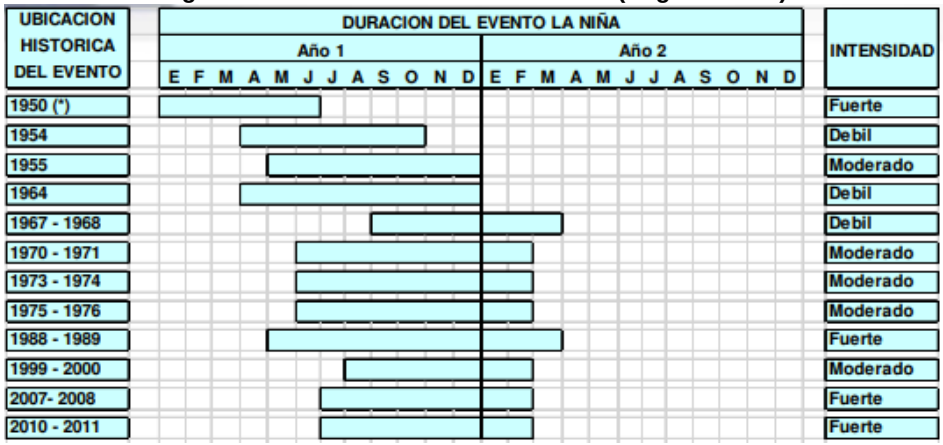
Para poder relacionar el fenómeno ENOS con los periodos climáticos resultantes para cada una de las estaciones, se utiliza la clasificación de los fenómenos Niño y Niña**.** (ver Figura 2-32 y Figura 2-33), descritas en el informe del IDEAM “Actualización del componente Meteorológico del modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia, como insumo para el Atlas Climatológico”, publicado en 2014 y con un registro histórico de 65 años.

**Figura 2-32. Épocas de ocurrencia de fenómenos El Niño clasificados por intensidad y duración, de acuerdo a la magnitud de las anomalías positivas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) registrada en el océano Pacífico central (Región Niño3)**




Fuente: Actualización del componente Meteorológico del modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia, como insumo para el Atlas Climatológico. Montealegre (2014).

**Figura 2-33. Épocas de ocurrencia de fenómenos La Niña clasificados por intensidad y duración, de acuerdo a la magnitud de las anomalías negativas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) registrada en el océano Pacífico central (Región Niño3)**




Fuente: Actualización del componente Meteorológico del modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia, como insumo para el Atlas Climatológico. Montealegre (2014).

Teniendo identificados los periodos en que ocurrió el fenómeno se procede a realizar el análisis para determinar la relación que existe entre los periodos climáticos seco y húmedo, para cada una de las estaciones.

### 2.1.7.1. Descanso El – 28010020

La estación Descanso El, presenta registros desde el año 1987, por lo que se tiene en cuenta solo la ocurrencia del fenómeno ENOS desde dicho año.

- **Niño**

En la Tabla 2-24 se puede observar que, durante el tiempo de registro de la estación, el fenómeno se presentó en 5 periodos, de los cuales en 4 coincidieron con un periodo climático seco lo que quiere decir que hay un 80% de susceptibilidad a que el fenómeno del niño propicie o tenga influencia en que el periodo climático sea seco.

**Tabla 2-24. Fenómeno del niño – Estación Descanso El**

| Fenómeno del Niño | Periodo climático |
|---|---|
| 1986-1987 | Seco |
| 1991-1992 | Seco |
| 1997-1998 | Seco |
| 2006 | Normal |
| 2009-2010 | Seco |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

- **Niña**

En la Tabla 2-25 se puede observar que, durante el tiempo de registro de la estación, el fenómeno se presentó en 4 periodos, de los cuales en 2 coincidieron con un periodo climático Húmedo lo que quiere decir que hay un 50% de susceptibilidad a que el fenómeno de la niña propicie o tenga influencia en que el periodo climático sea húmedo.

**Tabla 2-25. Fenómeno de la niña – Estación Descanso El**

| Fenómeno de la Niña | Periodo climático |
|---|---|
| 1988-1999 | Normal |
| 1999-2000 | Húmedo |
| 2007-2008 | Normal |
| 2010-2011 | Húmedo |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

### 2.1.7.2. Manaure –28010040

La estación Manaure, presenta registros desde el año 1957, por lo que se tiene en cuenta solo la ocurrencia del fenómeno ENOS desde dicho año.

- **Niño**

En la Tabla 2-26 se puede observar que, durante el tiempo de registro de la estación, el fenómeno se presentó en 11 periodos, de los cuales en 6 coincidieron con un periodo climático seco lo que quiere decir que hay un 55% de susceptibilidad a que el fenómeno del niño propicie o tenga influencia en que el periodo climático sea seco, un valor un poco bajo con respecto a la estación anterior.

**Tabla 2-26. Fenómeno del niño – Estación Manaure**

| Fenómeno del Niño | Periodo climático |
|---|---|
| 1957-1958 | Seco |
| 1965-1966 | Normal |
| 1969 | Seco |
| 1972-1973 | Seco |
| 1976-1977 | Seco |
| 1982-1983 | Húmedo |
| 1986-1987 | Normal |
| 1991-1992 | Normal |
| 1997-1998 | Seco |
| 2006 | Seco |
| 2009-2010 | Normal |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

- **Niña**

En la Tabla 2-27 se observa que, durante el tiempo de registro de la estación, el fenómeno se presentó en 9 periodos, de los cuales en 3 coincidieron con un periodo climático Húmedo lo que quiere decir que hay solo un 33% de susceptibilidad a que el fenómeno de la niña propicie o tenga influencia en que el periodo climático sea húmedo.

**Tabla 2-27. Fenómeno de la niña – Estación Manaure**

| Fenómeno de la Niña | Periodo climático |
|---|---|
| 1964 | Normal |
| 1967-1968 | Normal |
| 1970-1971 | Seco |
| 1973-1974 | Seco |
| 1975-1976 | Seco |
| 1988-1989 | Húmedo |
| 1999-2000 | Húmedo |
| 2007-2008 | Seco |
| 2010-2011 | Húmedo |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

### 2.1.7.3. Urumita –28015070

La estación Urumita, presenta registros desde el año 1957, por lo que se tiene en cuenta solo la ocurrencia del fenómeno ENOS desde dicho año.

- **Niño**

En la Tabla 2-28 se puede observar que, durante el tiempo de registro de la estación, el fenómeno se presentó en 7 periodos, de los cuales en 3 coincidieron con un periodo climático seco lo que quiere decir que hay un 43% de susceptibilidad a que el fenómeno del niño propicie o tenga influencia en que el periodo climático sea seco en esta zona.

**Tabla 2-28. Fenómeno del niño – Estación Urumita**

| Fenómeno del Niño | Periodo climático |
|---|---|
| 1976-1977 | Seco |
| 1982-1983 | Normal |
| 1986-1987 | Húmedo |
| 1991-1992 | Seco |
| 1997-1998 | Seco |
| 2006 | Normal |
| 2009-2010 | Normal |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

- **Niña**

En la Tabla 2-29 se puede apreciar que, durante el tiempo de registro de la estación, el fenómeno se presentó en 4 periodos, de los cuales en 3 coincidieron con un periodo climático Húmedo lo que quiere decir que hay un 75% de susceptibilidad a que el fenómeno de la niña propicie o tenga influencia en que el periodo climático sea húmedo en esta zona.

**Tabla 2-29. Fenómeno de la niña – Estación Urumita**

| Fenómeno de la Niña | Periodo climático |
|---|---|
| 1988-1989 | Húmedo |
| 1999-2000 | Normal |
| 2007-2008 | Húmedo |
| 2010-2011 | Húmedo |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

### 2.1.7.4. Rincón El –28025020

La estación Rincón El, presenta registros desde el año 1968, por lo que se tiene en cuenta solo la ocurrencia del fenómeno ENOS desde dicho año.

- **Niño**

En la Tabla 2-30 se observa que durante el tiempo de registro de la estación, el fenómeno se presentó en 9 periodos, de los cuales en 3 coincidieron con un periodo climático seco lo que quiere decir que hay tan solo un 33% de susceptibilidad a que el fenómeno del niño propicie o tenga influencia en que el periodo climático sea seco en esta zona y del cual la mayoría de periodos presento una climatología normal.

**Tabla 2-30. Fenómeno del niño – Estación Rincón El**

| Fenómeno del Niño | Periodo climático |
|---|---|
| 1969 | Normal |
| 1972-1973 | Normal |
| 1976-1977 | Seco |
| 1982-1983 | Normal |
| 1986-1987 | Normal |
| 1991-1992 | Seco |
| 1997-1998 | Seco |
| 2006 | Normal |
| 2009-2010 | Normal |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

- **Niña**

En la Tabla 2-31 se puede observar que, durante el tiempo de registro de la estación, el fenómeno se presentó en 8 periodos, de los cuales solo coincidió con un periodo climático Húmedo lo que quiere decir que hay un 13% de susceptibilidad a que el fenómeno de la niña propicie o tenga influencia en que el periodo climático sea húmedo, por lo que se puede decir que este fenómeno no tiene una gran influencia en la variación de los periodos climáticos de esta zona.

**Tabla 2-31. Fenómeno de la niña – Estación Rincon El**

| Fenómeno de la Niña | Periodo climático |
|---|---|
| 1967-1968 | Normal |
| 1970-1971 | Normal |
| 1973-1974 | Seco |
| 1975-1976 | Normal |
| 1988-1989 | Normal |
| 1999-2000 | Húmedo |
| 2007-2008 | Normal |
| 2010-2011 | Normal |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

### 2.1.7.5. APTO ALFONSO LÓPEZ - 28035030

La estación APTO ALFONSO LÓPEZ, presenta registros desde el año 1969, por lo que se tiene en cuenta solo la ocurrencia del fenómeno ENOS desde dicho año.

- **Niño**

En la Tabla 2-32 se aprecia que , durante el tiempo de registro de la estación, el fenómeno se presentó en 9 periodos, de los cuales en 4 coincidieron con un periodo climático seco lo que quiere decir que hay tan solo un 44% de susceptibilidad a que el fenómeno del niño propicie o tenga influencia en que el periodo climático sea seco en esta zona y del cual la mayoría de periodos presento una climatología normal.

**Tabla 2-32. Fenómeno del niño – Estación Apto Alfonso López**

| Fenómeno del Niño | Periodo climático |
|---|---|
| 1969 | Seco |
| 1972-1973 | Normal |
| 1976-1977 | Seco |
| 1982-1983 | Normal |
| 1986-1987 | Normal |
| 1991-1992 | Seco |
| 1997-1998 | Seco |
| 2006 | Normal |
| 2009-2010 | Normal |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

- **Niña**

En la Tabla 2-33 se puede observar que, durante el tiempo de registro de la estación, el fenómeno se presentó en 7 periodos, de los cuales en 4 coincidieron con un periodo climático Húmedo lo que quiere decir que hay un 57% de susceptibilidad a que el fenómeno de la niña propicie o tenga influencia en que el periodo climático sea húmedo en esta zona.

**Tabla 2-33. Fenómeno de la niña – Estación Apto Alfonso López**

| Fenómeno de la Niña | Periodo climático |
|---|---|
| 1970-1971 | Normal |
| 1973-1974 | Normal |
| 1975-1976 | Húmedo |
| 1988-1989 | Húmedo |
| 1999-2000 | Húmedo |
| 2007-2008 | Normal |
| 2010-2011 | Húmedo |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

### 2.1.7.6. Conclusiones del análisis de los Periodos climáticos y su relación con el fenómeno ENOS

Por último, se realizó un promedio con los resultados obtenidos en cada estación para obtener un dato general de la influencia del fenómeno ENOS en la cuenca. (ver Tabla 2-34).

**Tabla 2-34. Porcentaje de coincidencia de fenómenos ENSO y los registros climatológicos de la zona estudio**

| ESTACIÓN | FENÓMENO DEL NIÑO | FENÓMENO DE LA NIÑA |
|---|---|---|
| Descanso El | 80% | 50% |
| Manaure | 55% | 33% |
| Urumita | 43% | 75% |
| Rincón El | 33% | 13% |
| Apto Alfonso López | 44% | 57% |
| **PROMEDIO** | **51%** | **46%** |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

Como resultado general, obtenido del promedio de los resultados de cada estación, se aprecia que el fenómeno del niño ha influido en un 51% sobre la presencia de periodos climáticos secos y el fenómeno de la niña ha tenido un 46% de influencia sobre la presencia de periodos climáticos húmedos en la zona, porcentajes un poco bajos teniendo en cuenta que estos fenómenos representan el mayor escenario de variabilidad climática respecto a la tendencia de la franja tropical del océano pacifico, además de que el IDEAM menciona que la región caribe es una de las regiones donde los efectos del fenómeno del niño son más notables y que cuando se presenta el fenómeno de la niña, ocurre un aumento considerable de las precipitaciones. No obstante, la presencia de la serranía del Perijá juega un papel fundamental en el comportamiento de las principales variables climatológicas.

Así mismo, también es conveniente observar la relación que el fenómeno ENOS tiene en la consecución de periodos secos o húmedos en los últimos años o en un lapso de tiempo considerable; para este caso analizaremos el comportamiento de los últimos 30 años teniendo en cuenta solo registros del fenómeno ENOS hasta el año 2011.

Tomando los registros de ocurrencia de fenómeno del niño y niña, evidenciados en las figuras 28 y 29 respectivamente, tenemos que se presentan 4 fenómenos del niño durante los periodos 1991-1992 (Moderado), 1997, 1998 (Fuerte), 2006 (Débil) y 2009-2010 (Débil), y 4 fenómenos de la niña correspondiente a los periodos 1988-1989 (Fuerte) 1999-2000 (Moderado), 2007-2008 (Fuerte) y 2010-2011(Fuerte).

Por otro lado, se observa el comportamiento de los periodos climáticos seco y húmedo para cada una de las estaciones. (ver Tabla 2-35). En la cual, también se aprecia que para la década de los 90 hay una tendencia muy marcada de periodos húmedos en la mayoría de las estaciones, como lo es en la estación Descanso El que nos muestra un registro de hasta 6 periodos climáticos húmedos, la estación Manaure nos muestra registro de 4 periodos y ya con un menor registro las estaciones Apto Alfonso López y la estación Rincón El con 3 y 2 periodos húmedos respectivamente, en esta década se presentaron dos fenómenos de

la niña y dos fenómenos del niño, aunque este último no tuvo mayor influencia ya que se presentaron muy pocos periodos climáticos secos.

**Tabla 2-35. Registro de periodos climáticos húmedos y secos de los últimos 30 años para cada una de las estaciones**

| Estación Descanso El | | Estación Manaure | |
|---|---|---|---|
| **Periodo Seco** | **Periodo Húmedo** | **Periodo Seco** | **Periodo Húmedo** |
| 1991-1992 | 1993-1994 | 1997-1998 | 1988-1989 |
| 1997-1998 | 1994-1995 | 2004-2005 | 1996-1997 |
| 2001-2002 | 1995-1996 | 2005-2006 | 1998-1999 |
| 2003-2004 | 1996-1997 | 2006-2007 | 1999-2000 |
| 2009-2010 | 1998-1999 | 2007-2008 | 2001-2002 |
| 2012-2013 | 1999-2000 | 2008-2009 | 2003-2004 |
| 2013-2014 | 2002-2003 | 2012-2013 | 2010-2011 |
| 2015-2016 | 2007-2008 | 2013-2014 | |
| | | 2014-2015 | |
| | | 2015-2016 | |
| | | 2016-2017 | |
| | | 2018-2019 | |
| **Estación Urumita** | | **Estación Rincón El** | |
| **Periodo Seco** | **Periodo Húmedo** | **Periodo Seco** | **Periodo Húmedo** |
| 1991-1992 | 2003-2004 | 1991-1992 | 1995-1996 |
| 1997-1998 | 2007-2008 | 1997-1998 | 1999-2000 |
| 2001-2002 | 2010-2011 | 2002-2003 | 2006-2007 |
| 2015-2016 | 2011-2012 | 2015-2016 | 2011-2012 |
| **Estación Apto Alfonso López** | | | |
| **Periodo Seco** | **Periodo Húmedo** | | |
| 1991-1992 | 1996-1997 | | |
| 1992-1993 | 1998-1999 | | |
| 1997-1998 | 1999-2000 | | |
| 2014-2015 | 2008-2009 | | |
| 2015-2016 | 2010-2011 | | |
| | 2011-2012 | | |
| | 2017-2018 | | |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

Caso contrario sucedió en la década del 2000, ya que hubo un incremento de los periodos climáticos secos y disminución de los húmedos, en estaciones como Manaure hubo un incremento de hasta un 50% ya que se presentaron 5 periodos secos en comparación con la década del 90 que solo presento uno, en cambio los periodos húmedos estuvieron muy marcados por la ocurrencia del fenómeno de la niña ya que la mayor parte de periodos húmedos registrados por las estaciones en esta década, coinciden con la ocurrencia de dicho fenómeno.

En la última década, se mantiene la tendencia de periodos secos, aunque con un menor registro, a excepción de la estación Manaure que tiene un registro de periodos secos desde el año 2012 hasta el 2019, lo que demuestra que la tendencia se mantiene, por ultimo cabe destacar que estaciones como la de Urumita y Rincón El, registran en su mayoría periodos climáticos normales, por lo que no se puede observar mucho la variación de periodos secos a húmedos o viceversa.

### 2.1.8. Balance hidro-climático de la cuenca

El balance hídrico es la cuantificación de los parámetros involucrados en el ciclo hidrológico en una unidad hidrográfica determinada. En este se evalúan las entradas, las salidas y las variaciones en el almacenamiento de una masa de agua en un determinado período de tiempo (OMM, 2012). A partir de este diagnóstico, el cual da cuenta de las condiciones del agua en un área en particular, se pueden tomar medidas y establecer lineamientos y estrategias para su protección y utilización de una manera integrada, de tal forma que se garantice su disponibilidad tanto en cantidad como en calidad (UNESCO, 2006). Para la estimación de todos los parámetros y variables involucradas en el ciclo hidrológico de la cuenca estudiada, existen múltiples metodologías que están principalmente en función de la disponibilidad de información.

El balance hídrico según su finalidad y disponibilidad de información enfoca la estimación de las variables y los datos INPUT del modelo permitiendo obtener resultados conforme a la necesidad planteada. En este caso los balances hidro-climaticos permiten conocer las condiciones hídricas medias en una zona y se utilizan principalmente para clasificaciones climáticas.

La metodología de estimación del Balance Hidro-Climatico planteada el presente POMCA es la establecida por la Nota Técnica del IDEAM de septiembre de 2006 en su guía metodología para la estimación del índice de disponibilidad hídrica (IDH), donde se propone el modelo directo de Thornthwaite y Matter (The wáter balance 1955) donde se involucran los siguientes parámetros para la estimación del balance hídrico; precipitación (P), evapotranspiración potencial (ETP), Reserva (R), variación de la reserva (VR), Evapotranspiración real (ET), Deficit (D) y finalmente el exceso (Ex).

Según el IDEAM, el procedimiento consiste en estimar las variables partiendo de los valores medios de precipitación y evapotranspiración. Es importante destacar que, dentro del cálculo de algunos parámetros, la metodología emplea variables cuya espacialidad y medición en la cuenca no son posibles y no se efectúan por la mayor parte de las estaciones presentes, por lo que se implementaran otras metodologías de estimación recomendadas por el IDEAM y estimadas en los puntos anteriores como es el caso de la ETP. (IDEAM, 2006).

A continuación, se muestra la forma de cálculo del balance hídrico propuesto por el la guía del IDH del IDEAM:

- Precipitación en el intervalo de tiempo del B.H: $P_i$
- Evapotranspiración potencial ($ETP_i$): Se utilizó la metodología propuesta por Thornthwaite y explicada en el capítulo de INDICE DE ARIDEZ del presente documento.
- Variación de la reserva: ($VR_i$) $(ETP_i-P_i)*(R_{i-1}/(R_{max}+(ETP_i-P_i)/2))$

El $R_{max}$ o capacidad de almacenamiento máxima del suelo o también conocido como capacidad de campo, es la cantidad de agua aprovechable por las plantas que puede almacenarse en el suelo y depende fundamentalmente de la textura del mismo y la profundidad. El detalle en este parámetro depende del nivel de detalle que se pretenda manejar o la finalidad del balance hídrico. Cuando los balances se aplican a extensas zonas donde la capacidad de almacenamiento es imposible de determinar, se pueden establecer valores fijos para la región o el país. El valor más usado para estudios a escala es de 100 mm, pero puede adoptarse 50 mm si se trata de suelos con baja capacidad de almacenamiento y volúmenes bajos de precipitación o 150 mm si predominan los suelos profundos con excedentes de agua a lo largo del año. La capacidad de campo se establece alcanza siempre durante el periodo húmedo más crítico del año por lo que será en este dónde se iniciará el balance hídrico asumiendo que el suelo se encuentra a capacidad de campo.

- Temperatura: Ti
- Almacenamiento: ($R_i$) $R_{i-1}-VR_l$ o $R_{i-1}+(P_i-ETP_l)$
- Evapotranspiración real: ($ET_i$) $P_i+ VR_l$ Cuando $P_i < ETP_i$
- Deficit: $ETP_i - ET_i$
- Exceso: ($Ex_i$) $R_{i-1}+(P_i-ETP_l)- R_{max}$ Cuando $P_i>ETP_i$ y $(R_{i-1}+P_i)>( ETP_i+ R_{max})$

Finalmente, posterior al balance hídrico se procede a la determinación del índice de disponibilidad hídrica el cual permite identificar zonas y/o periodos con excesos o deficiencias de agua. Utiliza parámetros derivados del balance hídrico y se fundamenta en la evapotranspiración potencial como elemento clave en el análisis relativo de la precipitación (IDEAM). El IDH se obtiene mediante la siguiente expresión matemática:

$$IDH = [(ET + (0.25 * Ex))/ETP] * 100$$

Los resultados del IDH permiten ubicar a la zona evaluada en un rango de clasificación climática aceptada en el ámbito internación donde uno de estos rangos se considera neutro denominado **adecuado** en el cual se considera que el suministro de agua es óptimo para la vegetación. (ver Tabla 2-36).

**Tabla 2-36. Clasificación del índice de disponibilidad hídrica**

| Categoría | Rango |
|---|---|
| Muy seco | 0 a 30 |
| Seco | >30 a 60 |
| Semiseco | >60 a 90 |
| Adecuado | >90 a 110 |
| Semihúmedo | >110 a 140 |
| Húmedo | >140 a 170 |
| Muy Húmedo | >170 |

Fuente: Guía técnica para el cálculo del índice de disponibilidad hídrica. IDEAM.

A continuación, se exponen los resultados del balance hídrico bajo la metodología propuesta por el IDEAM y ajustada por los autores según la disponibilidad de información climatológica.

La estación Rincón El, presenta durante los periodos húmedos del año índices de disponibilidad hídrica en el rango de la categoría **Adecuada**, mientras que en los periodos de déficit predominan las categorías seco. El índice medio anual para esta estación corresponde a la categoría semiseco. Durante el segundo periodo húmedo del año, se presentan excesos de la oferta en los cuales se puede dar mayor aprovechamiento para almacenamiento del recurso hídrico. (ver Tabla 2-37 y Figura 2-34).

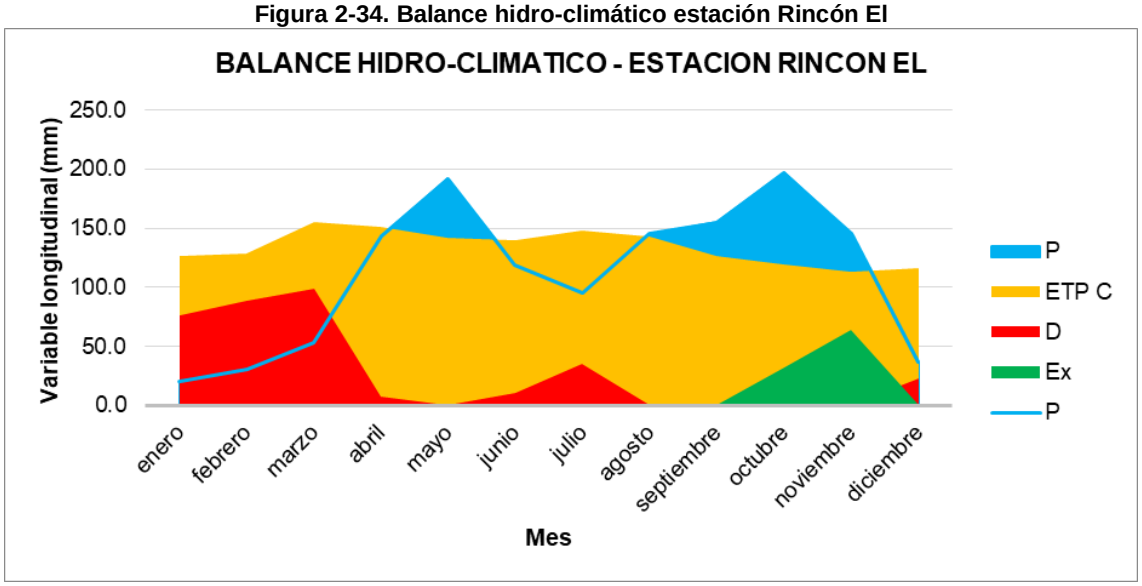
**Tabla 2-37. Balance hidro-climático estación Rincón El**

| CC | 100 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Comcepto** | **Unidad** | **Enero** | **Febrero** | **Marzo** | **Abril** | **Mayo** | **Junio** |
| **P** | **mm** | **19.9** | **30.9** | **53.3** | **143.3** | **191.7** | **118.8** |
| **T** | **°C** | **26.1** | **26.9** | **27.4** | **27.2** | **26.4** | **26.4** |
| **i** | **adm** | 12.2 | 12.8 | 13.1 | 13.0 | 12.4 | 12.4 |
| **ETP** | **mm** | 126.1 | 140.8 | 150.7 | 146.7 | 131.5 | 131.5 |
| **F.Ajuste** | **adm** | 1.0 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 1.1 | 1.1 |
| **ETP C** | **mm** | 126.1 | 128.2 | 155.2 | 151.1 | 142.0 | 139.4 |
| **VR** | **mm** | 29.8 | 8.6 | 3.1 | 0.1 | 0.0 | 9.5 |
| **R** | **mm** | 13.2 | 4.5 | 1.5 | 1.4 | 51.1 | 41.6 |
| **ET** | **mm** | 49.7 | 39.5 | 56.3 | 143.4 | 142.0 | 128.4 |
| **D** | **mm** | 76.4 | 88.7 | 98.9 | 7.7 | 0.0 | 11.0 |
| **Ex** | **adm** | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| **IDH** | **adm** | 39.4 | 28.0 | 37.4 | 97.7 | 108.0 | 97.6 |
| | | Seco | Muy seco | Seco | Adecuado | Adecuado | Adecuado |

| Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **95.1** | **145.3** | **155.2** | **196.9** | **145.0** | **36.4** | 1331.8 |
| **26.7** | **26.5** | **26.0** | **25.6** | **25.5** | **25.6** | 26.4 |
| 12.6 | 12.5 | 12.1 | 11.9 | 11.8 | 11.9 | 148.7 |
| 137.0 | 133.3 | 124.3 | 117.4 | 115.8 | 117.4 | 1572.6 |
| 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | **a= 3.669** |
| 148.0 | 142.6 | 126.8 | 119.8 | 113.5 | 116.3 | 1608.9 |
| 17.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 57.1 | 125.5 |
| 24.2 | 26.8 | 55.2 | 132.3 | 100.0 | 42.9 | 494.7 |
| 112.5 | 142.6 | 126.8 | 119.8 | 113.5 | 93.5 | 1267.9 |
| 35.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 22.8 | 341.0 |
| 0.0 | 0.0 | 0.0 | 32.3 | 63.8 | 0.0 | 96.2 |
| 82.1 | 107.0 | 102.0 | 108.9 | 111.8 | 79.6 | 82.2 |
| Semiseco | Adecuado | Adecuado | Adecuado | Semihumedo | Semiseco | Semiseco |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

**Figura 2-34. Balance hidro-climático estación Rincón El**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

La estación Apto Alfonso López, presenta en la etapa media de la segunda época húmeda del año un índice de disponibilidad hídrica en el rango de la categoría **Adecuada** (Exactamente en el mes de octubre, mismo mes donde se asume se alcanza la capacidad de campo), mientras que durante el resto del año predomina la categoría seca. El índice medio anual para esta estación corresponde a la categoría seco. (ver Tabla 2-38 y Figura 2-35).

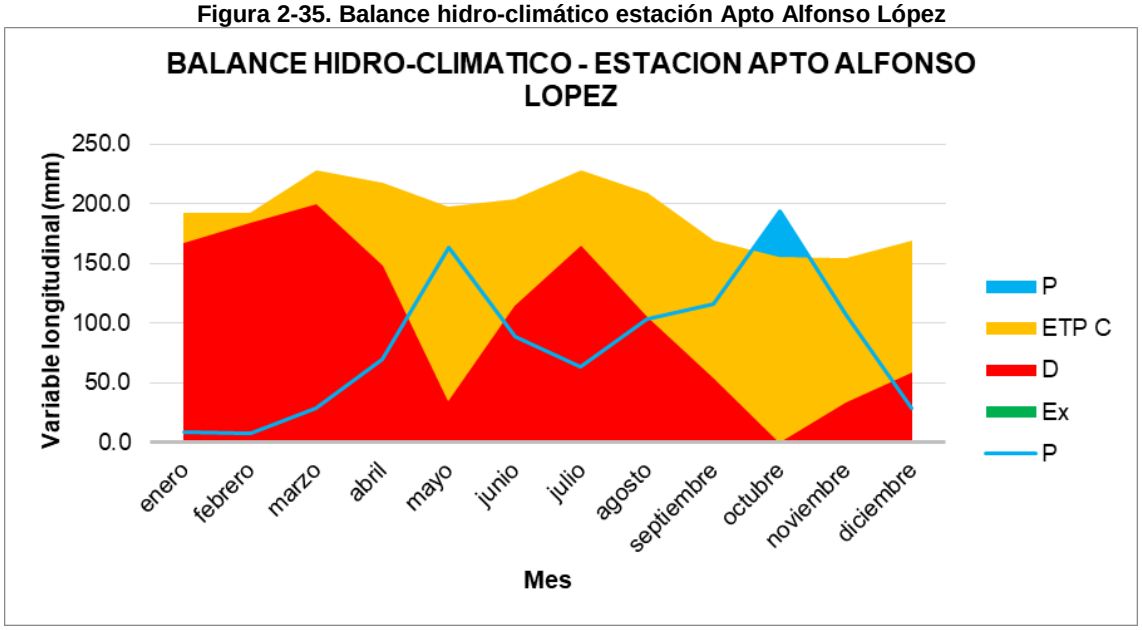
**Tabla 2-38. Balance hidro-climático estación Apto Alfonso López**

| CC | 100 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Comcepto | Unidad | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio |
| P | mm | 8.5 | 7.6 | 28.3 | 69.5 | 163.0 | 89.1 |
| T | °C | 29.1 | 29.7 | 30.0 | 29.7 | 28.8 | 29.1 |
| i | adm | 14.4 | 14.8 | 15.1 | 14.8 | 14.2 | 14.4 |
| ETP | mm | 192.1 | 211.4 | 221.6 | 211.4 | 183.0 | 192.1 |
| F.Ajuste | adm | 1.0 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 1.1 | 1.1 |
| ETP C | mm | 192.1 | 192.4 | 228.3 | 217.8 | 197.6 | 203.6 |
| VR | mm | 16.4 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| R | mm | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| ET | mm | 25.0 | 8.4 | 28.4 | 69.5 | 163.0 | 89.1 |
| D | mm | 167.1 | 184.0 | 199.9 | 148.2 | 34.6 | 114.5 |
| Ex | adm | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| IDH | adm | 13.0 | 4.0 | 12.8 | 32.9 | 89.1 | 46.4 |
| | | Muy seco | Muy seco | Muy seco | Seco | Semiseco | Seco |

| Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 89.1 | 63.6 | 103.9 | 115.8 | 193.9 | 106.5 | 28.2 | 978.0 |
| 29.1 | 29.7 | 29.2 | 28.2 | 27.7 | 27.9 | 28.4 | 29.0 |
| 14.4 | 14.8 | 14.5 | 13.7 | 13.4 | 13.5 | 13.9 | 171.5 |
| 192.1 | 211.4 | 195.2 | 165.7 | 152.4 | 157.6 | 171.3 | 2265.2 |
| 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | a= 4.699 |
| 203.6 | 228.3 | 208.9 | 169.0 | 155.4 | 154.4 | 169.6 | 2317.4 |
| 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 14.9 | 82.8 | 114.9 |
| 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 38.5 | 100.0 | 17.2 | 156.4 |
| 89.1 | 63.6 | 103.9 | 115.8 | 155.4 | 121.4 | 111.0 | 1054.4 |
| 114.5 | 164.7 | 104.9 | 53.2 | 0.0 | 33.1 | 58.6 | 1262.9 |
| 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 46.4 | 30.1 | 53.2 | 69.9 | 102.0 | 77.0 | 64.8 | 46.6 |
| Seco | Seco | Seco | Semiseco | Adecuado | Semiseco | Semiseco | Seco |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

**Figura 2-35. Balance hidro-climático estación Apto Alfonso López**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

La estación Urumita, presenta durante los periodos húmedos del año índices de disponibilidad hídrica en el rango de la categoría **Adecuada**, mientras que en los periodos de déficit predominan las categorías muyseco. El índice medio anual para esta estación corresponde a la categoría semiseco. (ver Tabla 2-39 y Figura 2-36).

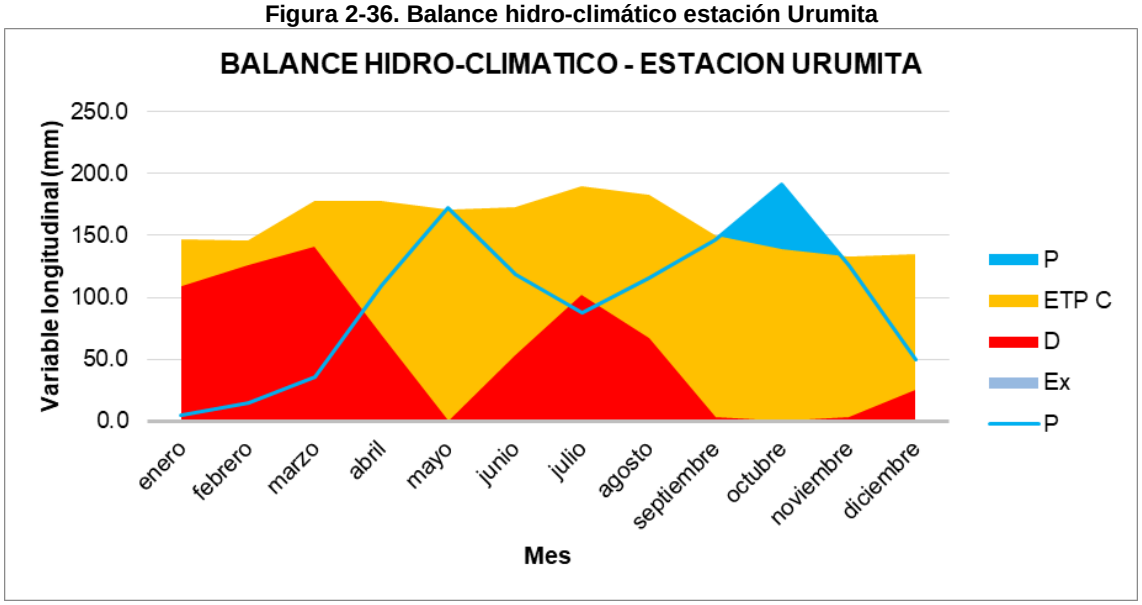
**Tabla 2-39. Balance hidro-climático estación Urumita**

| CC | 100 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Comcepto** | **Unidad** | **Enero** | **Febrero** | **Marzo** | **Abril** | **Mayo** | **Junio** |
| **P** | **mm** | **4.5** | **14.3** | **36.1** | **109.0** | **172.8** | **118.4** |
| **T** | **°C** | **27.3** | **27.9** | **28.4** | **28.4** | **27.8** | **28.0** |
| **i** | **adm** | 13.1 | 13.5 | 13.9 | 13.9 | 13.4 | 13.6 |
| **ETP** | **mm** | 146.7 | 160.6 | 172.9 | 172.9 | 158.2 | 163.0 |
| **F.Ajuste** | **adm** | 1.0 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 1.1 | 1.1 |
| **ETP C** | **mm** | 146.7 | 146.2 | 178.1 | 178.1 | 170.9 | 172.8 |
| **VR** | **mm** | 33.5 | 5.4 | 1.2 | 0.1 | 0.0 | 0.9 |
| **R** | **mm** | 6.8 | 1.4 | 0.2 | 0.1 | 2.0 | 1.1 |
| **ET** | **mm** | 38.1 | 19.7 | 37.3 | 109.1 | 170.9 | 119.3 |
| **D** | **mm** | 108.7 | 126.4 | 140.8 | 69.0 | 0.0 | 53.5 |
| **Ex** | **adm** | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| **IDH** | **adm** | 25.9 | 12.3 | 21.6 | 63.1 | 108.0 | 73.2 |
| | | Muy seco | Muy seco | Muy seco | Semiseco | Adecuado | Semiseco |

| **Julio** | **Agosto** | **Septiembre** | **Octubre** | **Noviembre** | **Diciembre** | **Total** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **87.1** | **115.1** | **146.6** | **190.9** | **125.6** | **49.5** | 1170.0 |
| **28.5** | **28.3** | **27.3** | **26.8** | **26.8** | **26.8** | 27.7 |
| 13.9 | 13.8 | 13.1 | 12.7 | 12.7 | 12.7 | 160.2 |
| 175.5 | 170.4 | 146.7 | 135.9 | 135.9 | 135.9 | 1874.6 |
| 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | **a= 4.159** |
| 189.5 | 182.3 | 149.7 | 138.6 | 133.2 | 134.5 | 1920.5 |
| 0.8 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 3.8 | 59.6 | 105.5 |
| 0.4 | 0.2 | 0.2 | 52.5 | 100.0 | 40.4 | 205.3 |
| 87.8 | 115.2 | 146.6 | 138.6 | 129.4 | 109.2 | 1221.3 |
| 101.7 | 67.1 | 3.0 | 0.0 | 3.7 | 25.3 | 699.2 |
| 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 50.1 | 67.6 | 99.9 | 102.0 | 95.3 | 80.4 | 65.1 |
| Seco | Semiseco | Adecuado | Adecuado | Adecuado | Semiseco | Semiseco |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

**Figura 2-36. Balance hidro-climático estación Urumita**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

El balance hídrico se extiende para la estación de Manaure que, aunque es de categoría pluviométrica y no mide la variable temperatura se obtiene esta mediante la interpolación de los valores promedios históricos para cada mes, determinando así los valores presentes en la Tabla 2-40 en la fila de temperatura media mensual**.** Dicho lo anterior, la categoría de disponibilidad hídrica predominante para los periodos húmedos del año en la estación Manaure es semihumedo de igual manera para la media anual. (ver Tabla 2-40 y Figura 2-37).

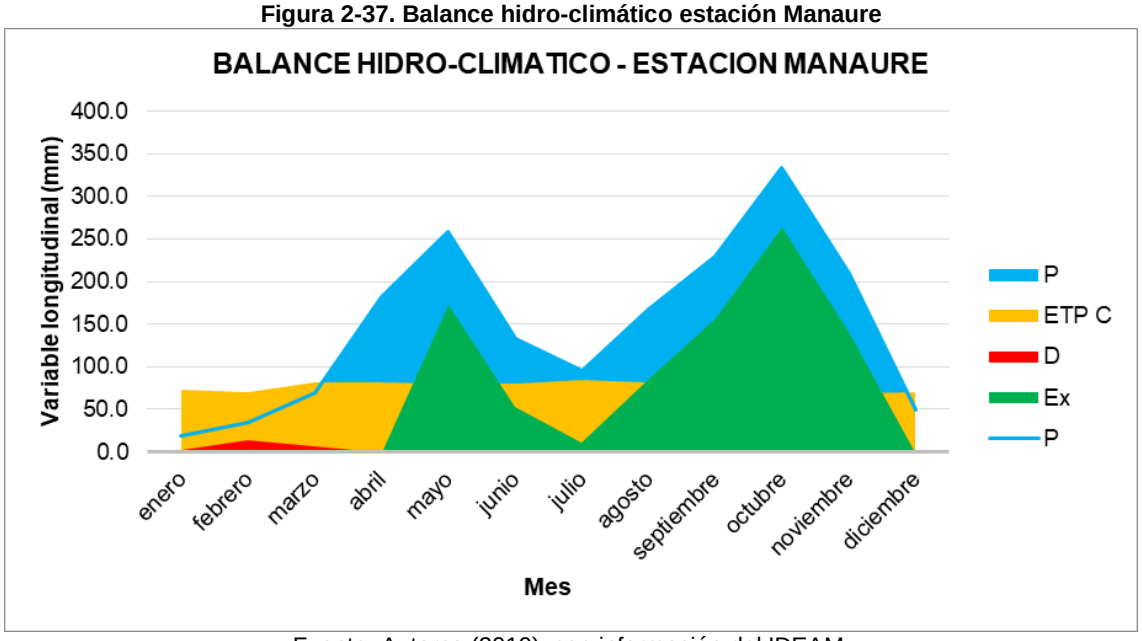
**Tabla 2-40. Balance hidro-climático estación Manaure**

| CC | 150 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Comcepto** | **Unidad** | **Enero** | **Febrero** | **Marzo** | **Abril** | **Mayo** | **Junio** |
| **P** | **mm** | **18.4** | **35.3** | **69.9** | **182.1** | **258.9** | **133.4** |
| **T** | **°C** | **20.0** | **20.5** | **20.8** | **20.7** | **20.2** | **20.3** |
| **i** | **adm** | 8.2 | 8.4 | 8.7 | 8.6 | 8.3 | 8.3 |
| **ETP** | **mm** | 73.2 | 76.8 | 79.9 | 79.1 | 74.8 | 75.6 |
| **F.Ajuste** | **adm** | 1.0 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 1.1 | 1.1 |
| **ETP C** | **mm** | 73.2 | 69.9 | 82.3 | 81.5 | 80.8 | 80.1 |
| **VR** | **mm** | 52.4 | 20.5 | 5.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| **R** | **mm** | 69.5 | 49.0 | 43.3 | 143.9 | 150.0 | 150.0 |
| **ET** | **mm** | 70.9 | 55.8 | 75.6 | 81.5 | 80.8 | 80.1 |
| **D** | **mm** | 2.3 | 14.1 | 6.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| **Ex** | **adm** | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 172.0 | 53.2 |
| **IDH** | **adm** | 96.8 | 72.6 | 94.7 | 103.0 | 165.5 | 123.6 |
| | | Adecuado | Semiseco | Adecuado | Adecuado | Humedo | Semihumedo |

| Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **95.3** | **168.3** | **229.7** | **334.1** | **209.9** | **49.3** | 1784.6 |
| **20.6** | **20.4** | **19.7** | **19.5** | **19.6** | **19.7** | 20.2 |
| 8.5 | 8.4 | 8.0 | 7.8 | 7.9 | 8.0 | 99.1 |
| 78.0 | 76.4 | 70.8 | 69.1 | 70.1 | 70.6 | 894.5 |
| 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | **a= 2.166** |
| 84.3 | 81.8 | 72.3 | 70.4 | 68.7 | 69.9 | 915.1 |
| 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 28.0 | 106.7 |
| 150.0 | 150.0 | 150.0 | 150.0 | 150.0 | 122.0 | 1477.7 |
| 84.3 | 81.8 | 72.3 | 70.4 | 68.7 | 69.9 | 892.0 |
| 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.1 |
| 11.0 | 86.5 | 157.4 | 263.6 | 141.2 | 0.0 | 885.1 |
| 111.5 | 135.3 | 157.6 | 197.4 | 148.4 | 99.0 | 124.5 |
| Semihumedo | Semihumedo | Humedo | Muy Humedo | Humedo | Adecuado | Semihumedo |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

**Figura 2-37. Balance hidro-climático estación Manaure**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

Para la estimación del balance hídrico en la serranía del Perijá, se toma como precipitación media mensual los valores tomados por la estación de Manaure mientras que los valores de temperatura se establecen a partir de un análisis a todas las estaciones en el que se determina la fracción mensual de temperatura en función de la temperatura media anual máxima. Esta fracción media de cada mes se promedia entre las estaciones obteniendo un número que es multiplicado por la temperatura media registrada por los mapas climáticos del IDEAM, determinando así los valores de temperatura media mensual que se exponen en la Tabla 2-41**.** En general para esta zona de la cuenca predomina la categoría húmeda. (ver Tabla 2-41 y Figura 2-38).

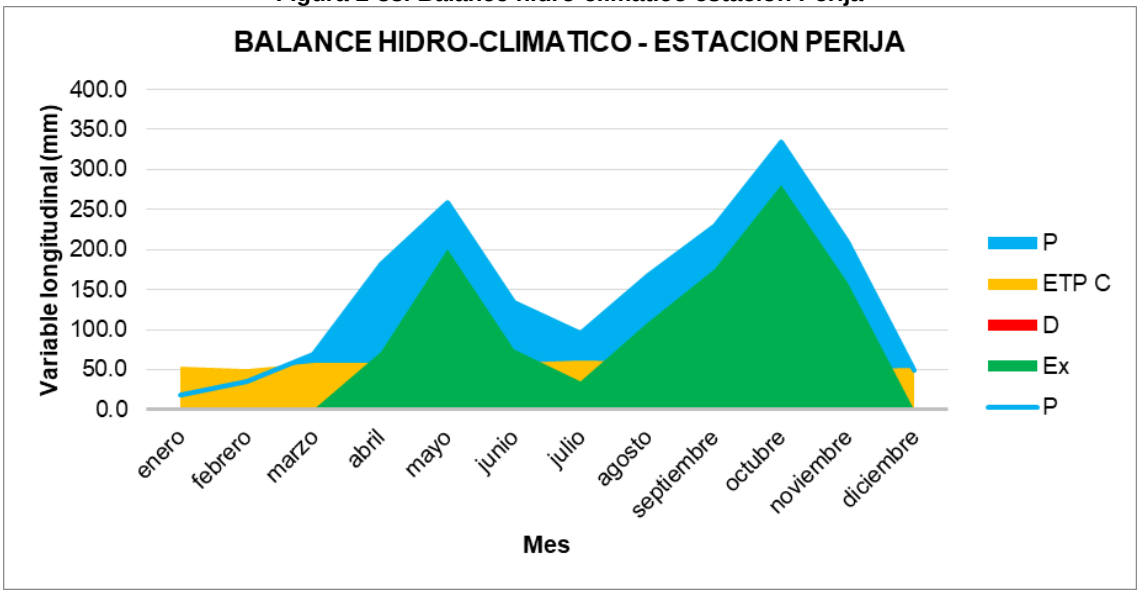
**Tabla 2-41. Balance hidro-climático estación Perijá**

| CC | 150 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Comcepto | Unidad | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio |
| P | mm | 18.4 | 35.3 | 69.9 | 182.1 | 258.9 | 133.4 |
| T | °C | 13.4 | 13.8 | 14.0 | 13.9 | 13.5 | 13.6 |
| i | adm | 4.5 | 4.6 | 4.7 | 4.7 | 4.5 | 4.6 |
| ETP | mm | 54.2 | 55.9 | 57.1 | 56.7 | 54.6 | 55.1 |
| F.Ajuste | adm | 1.0 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 1.1 | 1.1 |
| ETP C | mm | 54.2 | 50.9 | 58.8 | 58.4 | 59.0 | 58.4 |
| VR | mm | 44.2 | 14.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| R | mm | 101.6 | 86.9 | 97.9 | 150.0 | 150.0 | 150.0 |
| ET | mm | 54.2 | 50.0 | 58.8 | 58.4 | 59.0 | 58.4 |
| D | mm | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ex | adm | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 71.6 | 199.9 | 75.0 |
| IDH | adm | 100.0 | 89.4 | 103.0 | 134.6 | 199.5 | 140.0 |
| | | Adecuado | Semiseco | Adecuado | Semihumedo | Muy Humedo | Humedo |

| Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 95.3 | 168.3 | 229.7 | 334.1 | 209.9 | 49.3 | 1784.6 |
| 13.8 | 13.7 | 13.3 | 13.1 | 13.1 | 13.2 | 13.5 |
| 4.7 | 4.6 | 4.4 | 4.3 | 4.3 | 4.3 | 54.2 |
| 56.3 | 55.5 | 53.3 | 52.1 | 52.2 | 52.7 | 655.7 |
| 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | a= 1.342 |
| 60.8 | 59.4 | 54.4 | 53.1 | 51.1 | 52.2 | 670.7 |
| 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.2 | 63.1 |
| 150.0 | 150.0 | 150.0 | 150.0 | 150.0 | 145.8 | 1632.2 |
| 60.8 | 59.4 | 54.4 | 53.1 | 51.1 | 52.2 | 669.8 |
| 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.9 |
| 34.5 | 108.9 | 175.3 | 280.9 | 158.8 | 0.0 | 1105.0 |
| 123.3 | 156.0 | 184.2 | 236.8 | 174.1 | 99.0 | 144.3 |
| Semihumedo | Humedo | Muy Humedo | Muy Humedo | Muy Humedo | Adecuado | Humedo |

Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

**Figura 2-38. Balance hidro-climático estación Perijá**

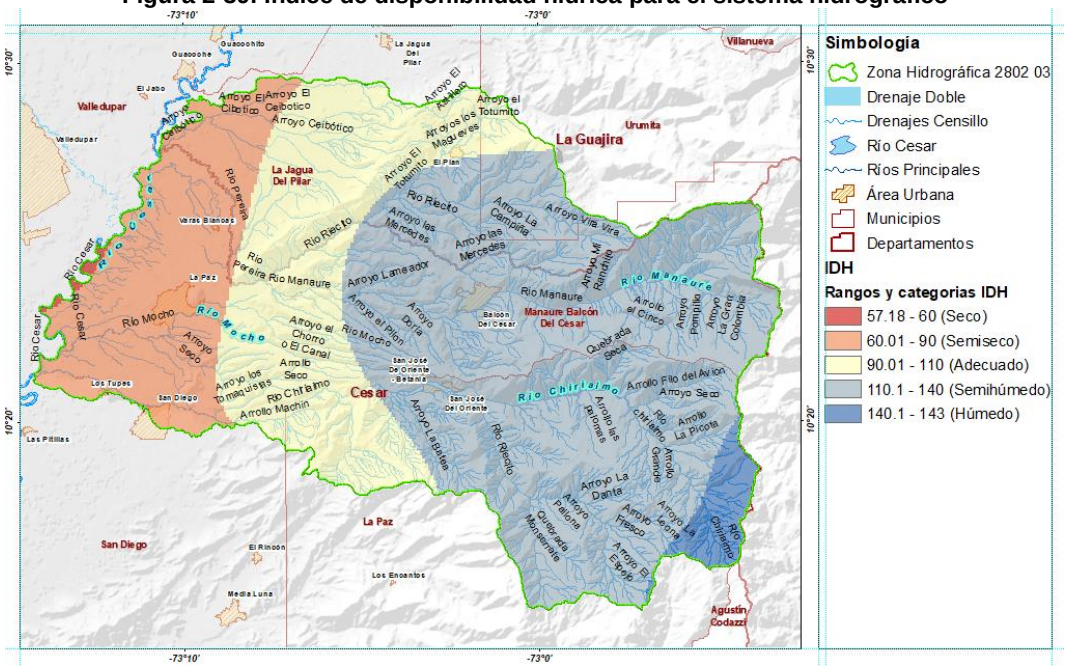



Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

### 2.1.8.1. Mapas de espacialización resultantes del balance hidro-climático de la cuenca

Partiendo de los resultados anuales de los balances hidro climáticos realizados para cada uno de los puntos antes mencionados, se realiza una espacialización por medio de una interpolación implementando el método idw y cuyos resultados exponen el Índice de disponibilidad hídrica. (ver Figura 2-39).

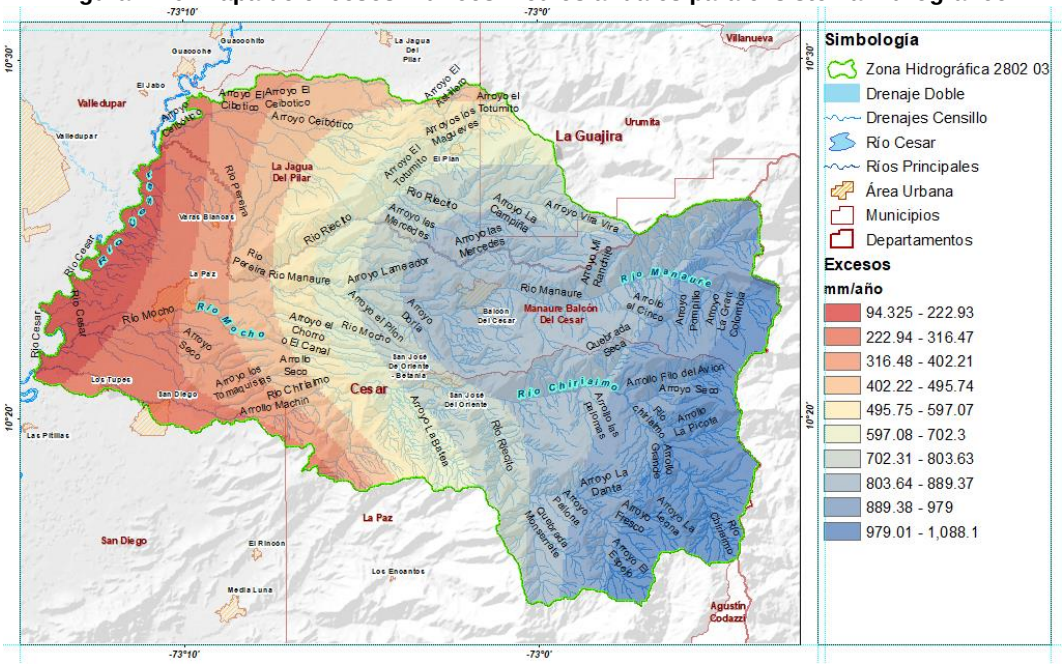
**Figura 2-39. Índice de disponibilidad hídrica para el sistema hidrográfico**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

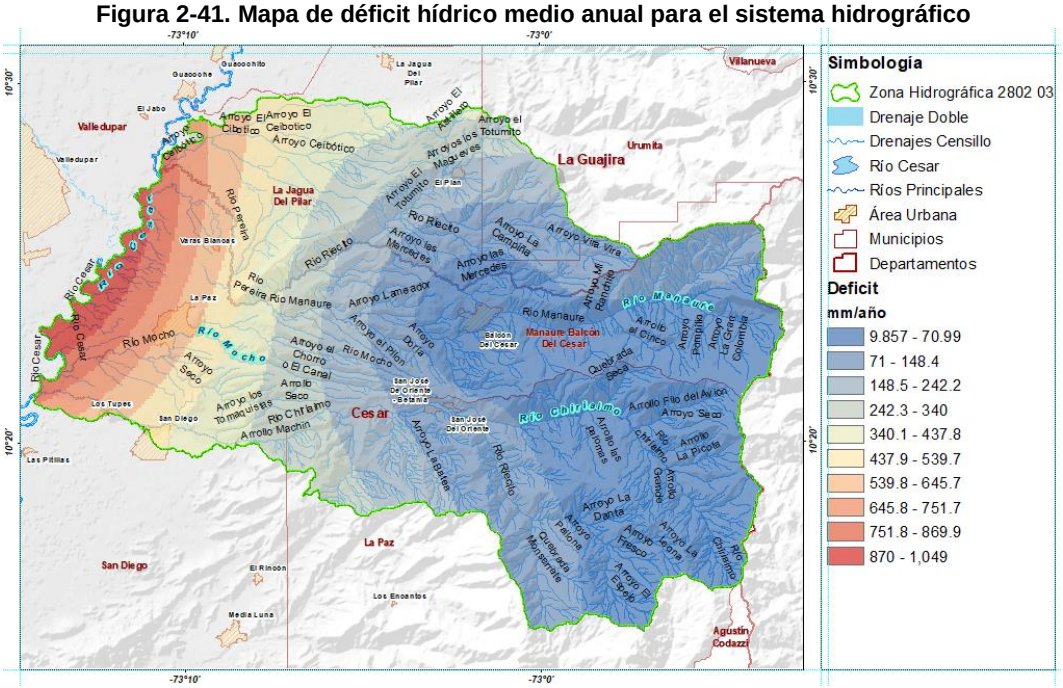
La espacialización realizada por medio de la interpolación implementando el método idw también se presenta los excesos hídricos medios anuales (ver Figura 2-40). Además, reporta el déficit hídrico medio anual para el sistema hidrográfico. (ver Figura 2-41).

**Figura 2-40. Mapa de excesos hídricos medios anuales para el sistema hidrográfico**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

**Figura 2-41. Mapa de déficit hídrico medio anual para el sistema hidrográfico**




Fuente: Autores (2019), con información del IDEAM.

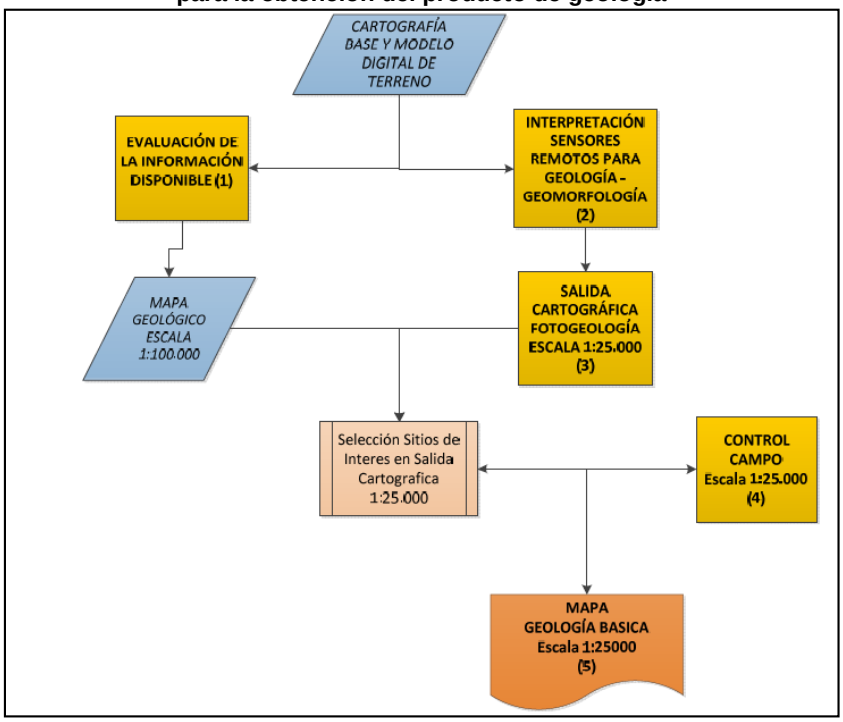
## 2.2. GEOLOGÍA

Para determinar las características geológicas de la cuenca de los ríos Chiriaimo y Manaure, el presente POMCA sigue, además de las indicaciones expedidas por la Guía Técnica para la Formulación de POMCAs, 2014, las indicaciones expuestas por el protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto, elaborado por el Fondo Adaptación en el año 2014. En este sentido genera inicialmente el mapa de geología básica con fines de ordenación de cuencas hidrográficas, y posteriormente el mapa de geología para ingeniería.

### 2.2.1. Mapa de geología básica con fines de ordenación de cuencas

Este mapa fue generado agotando cinco pasos, el primero que corresponde a la evaluación de información disponible, el segundo a la interpretación de sensores remotos, el tercero a la salida cartográfica de fotogeología a escala 1:25000, el cuarto al control de campo, y el quinto a la generación del mapa de geología básica con fines de ordenación de cuencas hidrográficas (ver Figura 2-42). En los ítems posteriores se presentan los resultados de cada uno de estos pasos.

**Figura 2-42. Diagrama del proceso, que sintetiza en 5 pasos, las actividades que deben desarrollarse para la obtención del producto de geología**




Fuente: Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto, 2014.

### 2.2.1.1. Evaluación de información disponible

En este punto se presenta el proceso de compilación, análisis, evaluación y consolidación de información geológica de la cuenca y también la integración y consolidación de esa información en la cuenca.

- **Análisis y evaluación de la información cartográfica y análogo disponible de la cuenca**

La información cartográfica y análoga disponible de la cuenca fue obtenida, por un lado, como respuesta a los oficios de solicitud de información radicados en el IGAC y el Servicio Geológico Colombiano, y, por otro lado, como resultado del ejercicio de realizar revisiones en la Web e información suministrada por CORPOCESAR y CORPOGUAJIRA. Como referencias principales se tomaron las siguientes publicaciones:

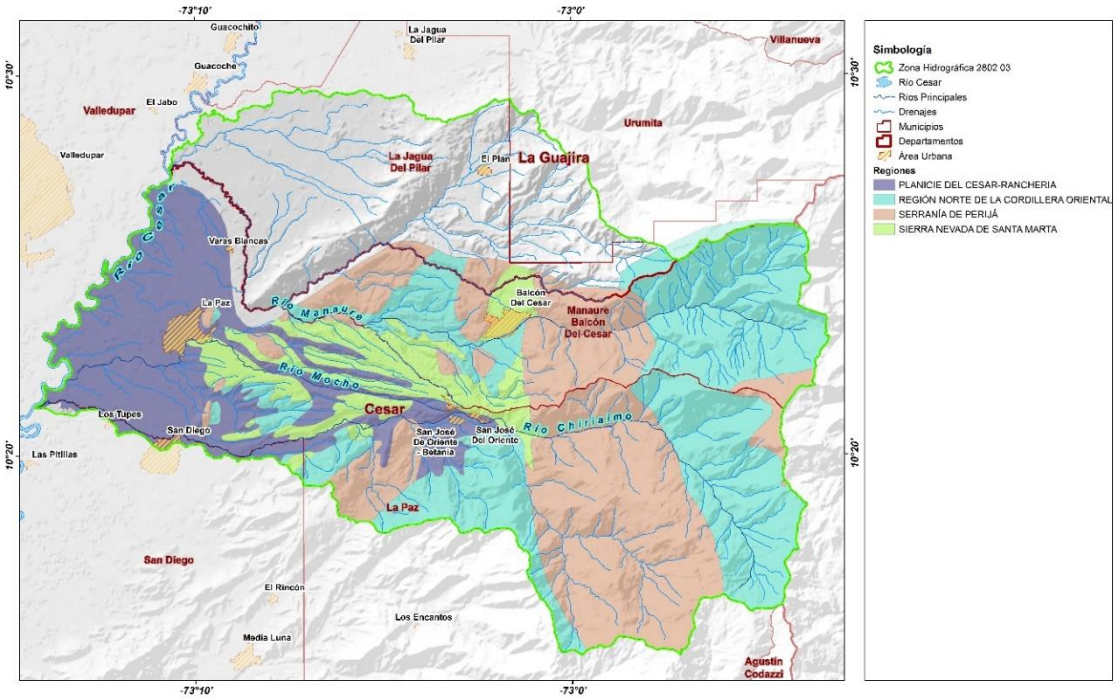
- Memorias explicativas planchas 27, 28, 34 y 35 del Instituto Colombiano de Geología y Minería – INGEOMINAS- actual Servicio Geológico Colombiano donde se presenta la cartografía geológica, estratigrafía, geología estructural al igual que algunos estudios geoquímicos para la zona en la que se encuentra la zona de estudio que está dividida en cuatro (4) planchas (27,28,34 y 35).
- Visor del mapa geológico 1:100000 dado en el geoportal del Servicio Geológico Colombiano que permite a navegar en el atas geológico de Colombia 2015 que presenta información estructural, información litológica como edad, formación y descripción.
- Estudio técnico, económico, social y ambiental del complejo paramos de Perijá realizado en el 2014 donde presentan la distribución porcentual y descripción de formaciones en la subcuenca del rio Manaure
- Formulación del plan de ordenamiento y manejo ambiental de la subcuenca hidrográfica del rio Manaure contienen un numeral de descripción de formaciones geológicas y unidades litológicas de la zona.
- Formulación del plan de ordenamiento y manejo ambiental de la subcuenca hidrográfica del rio Chiriaimo, Municipios de La Paz y San Diego contienen un numeral de descripción de formaciones geológicas y unidades litológicas de la zona.
- Formulación del plan de manejo ambiental del sistema acuífero Cesar presenta una amplia información geología desde recopilación cartografía y sensores remotos, pasando por geología general litológica y estructural, además de estratigrafía y análisis de perforaciones y evaluaciones geofísicas.
- Estudio de evaluación del riesgo geotécnico en la cuenca del rio Manaure contienen un numeral de descripción de formaciones geológicas y unidades litológicas de la zona y algunos estudios de sondeos geotécnicos
- Estudio general de suelo, zonificación de tierras, líneas de vuelo e imágenes satelitales realizadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi se tiene las fotografías aéreas y satelitales existentes para la zona de estudio.

- **Integración y consolidación de la información geológica obtenida en la cuenca.**

Las características geológicas de la zona de estudio se encuentran enmarcadas en un contexto tectónico diverso dada los diferentes elementos tectónicos, tales como fallas y plaques que evidencian evolución y diversidad de ambientes geológicos que se encuentran en rocas ígneas, metamórfico y rocas sedimentarias del precámbrico al reciente.

Las unidades geológicas son agrupadas en tres regiones principales: Región Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), Región Serranía del Perijá, Región Norte de la Cordillera Oriental y La Planicie del Cesar-Ranchería, tal como se observa en el mapa existente escala 1:250.000 que pese a no cubrir la totalidad de la zona da información importante para la construcción del mapa final. (ver Figura 2-43).

**Figura 2-43. Mapa de Regiones geológicas 1:250.000**




Fuente: Autores (2019), con información disponible.

La región de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) corresponde a un macizo montañoso de forma triangular localizado en el Caribe de Colombia entre las latitudes 9º 55' N y 11º 22'N y longitudes 72º 30' W y 74º12'W, cubre áreas de los Departamentos de Magdalena, Cesar y La Guajira, se levanta desde el nivel del mar y llega a tener elevaciones cercanas a los 5800 m. Es el macizo montañoso costero más elevado del mundo. Esta región se encuentra limitada por franjas de cizalla regionales, que la separan de las depresiones circundantes rellenas de sedimentos recientes.

La “Zona de Cizalla destral de Oca”, orientada E-W, limita por el N a la SNSM con el Caribe y la Depresión de la Guajira. La “Zona de Cizalla siniestral de Santa Marta” separa a la SNSM de la Depresión de Ariguaní situada al W. La vertiente SE de la sierra es una antigua superficie estructural erosionada que se inclina hacia el SE bajo los rellenos jóvenes de los valles de los ríos Cesar y Ranchería. El sistema estructural de la SNSM está conformado por seis patrones estructurales. Cuatro de ellos que consisten en diferentes arreglos de estructuras de transcurrencia dextrolateral primordialmente orientadas EW que se van haciendo más complejos de norte a sur con un importante desarrollo de estructuras transtensivas con polaridad al NW que han permitido una considerable acumulación vertical de los cuerpos de roca; un patrón estructural compresivo formado por el cinturón de cabalgamiento y plegamiento de la Serranía de Perijá, con transporte tectónico hacia el NW, originado por la inversión de las estructuras mesozoicas distensivas, y finalmente una zona de cizalla sinestral orientada NNW, a lo largo del borde occidental de la sierra.

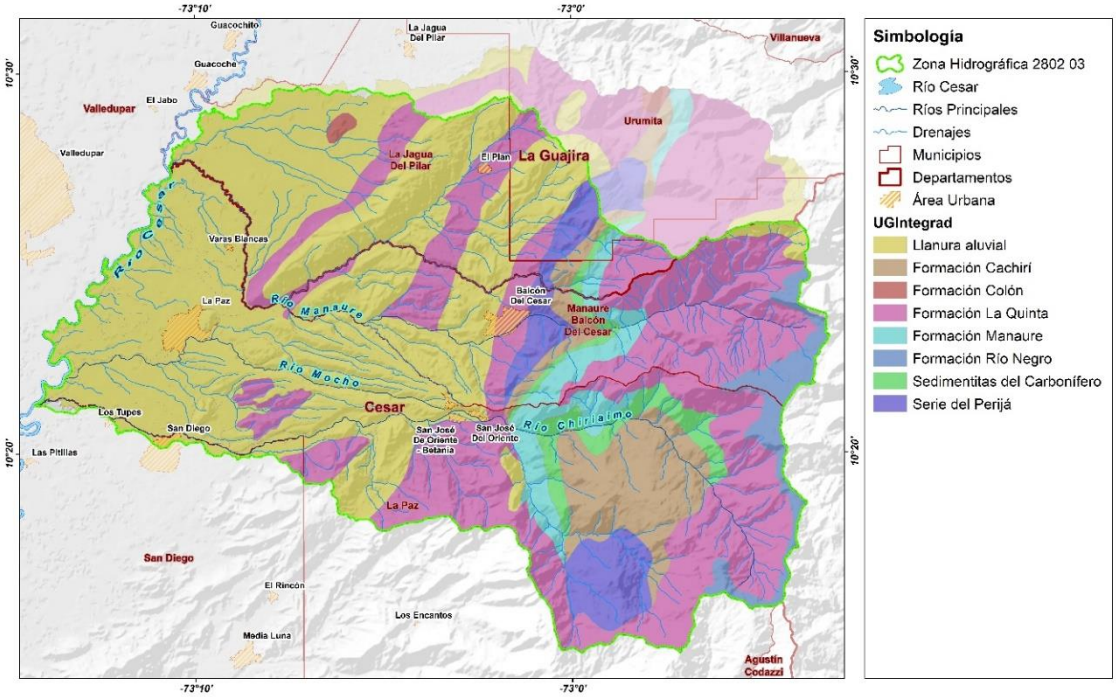
La Serranía del Perijá corresponde a un rasgo morfotectonico notable, el cual se encuentra al noroccidente de Suramérica entre Colombia y Venezuela, Un 92 % del área pertenece al sur del Departamento de la Guajira y un 8 % al extremo norte del Departamento del Cesar. Las altitudes varían entre 200 metros en el valle del Río Ranchería y los 3200 metros en el Cerro Pintao al oriente de Valledupar. El rasgo estructural más importante del área lo constituye la falla de Cerrejón la cual separa el ámbito cordillerano propiamente dicho, del valle del Cesar – Ranchería. Los anticlinorios Perijeranos en general, están nucleádos en rocas Paleozoicas, con geometría semidómica y flancos limitados por fallas Preandinas con despegues profundos en el basamento Paleozoico o quizás Precámbrico. Esta región presenta un potencial interesante en recursos diversos, entre ellos el carbón en el Piedemonte Perijerano, gas asociado al carbón en la región localizada en el subcabalgamiento del Cerrejón, roca caliza como fuente de fertilizantes en el valle del Cesar, cobre y polimetálicos en las estribaciones occidentales de la serranía. Los pliegues del Piedemonte Perijerano, son estrechos y alargados e involucran básicamente rocas del Cretáceo y del Paleógeno. Se asocian a fallas del frente de cabalgamiento a manera de rampas y “flats”. Las rocas aflorantes en la serranía de Perijá están representadas por un basamento de metamórficas Cambro – Ordovícicas o posiblemente Precámbricas sobre las que reposa una gruesa secuencia de sedimentitas de origen diverso, de continental hacia la base del Devónico Medio y Carbonífero a transicional y marino somero en el Devónico Superior y Pérmico.

La planicie Cesar-Ranchería localizada al NE de Colombia entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá hace parte de la sub-placa de Maracaibo. Es una depresión con orientación N30°E, de forma alongada y asimétrica, que está divida en dos sub-cuencas por el Alto de Verdesia; la subcuenca Cesar al sur y la sub-cuenca de Ranchería al norte. La Cuenca del Cesar-Ranchería es una cuenca antepaís cuyos límites se definen al N por la dirección E-W del sistema de mega-cizalla destral de Oca, al SW por el sistema de mega-cizalla sinestral de Santa Marta con orientación NNW-SSE y al SE el frente de inversión del Perijá; y cuyo basamento está inclinado hacia el SE controlando el traslape NW de las unidades Mesozoicas y Cenozoicas. El basamento está constituido en la SNSM de rocas

ígneas intrusivas, rocas metamórficas y volcano-sedimentarias del Precámbrico al Mesozoico, en la Serranía del Perijá volcano-sedimentitas del Mesozoico, sedimentitas Paleozoicas y metamórficas de muy bajo grado, y el cual está cubierto por depósitos aluviales del Mesozoico y Cenozoico.

Adicional a estas regiones que permiten definir características generales de la cuenca de estudio se tiene información a 1:100.000 que fue integrada y consolidada, acompañándola de una leyenda de los tipos de rocas y su distribución en el tiempo geológico, y las convenciones. Los resultados de dicha consolidación se muestran en el mapa de la Figura 2-43.

**Figura 2-44. Mapa de Integración y consolidación de la información geológica obtenida en la cuenca 1:100.000**




Fuente: Modificado a partir del Servicio Geológico Colombiano.

Dentro de las unidades regionales mencionada se presenta una configuración de nueve (9) unidades litológicas las cuales están principalmente relacionadas con Formaciones que configuran diferentes periodos geológicos y presentan características especiales en su composición y estratigrafía que se exponen a continuación:

**Series De Perijá (P3c-o):** recibe este nombre por (Liddle, Harris y Wells, 1943) al complejo basal de dicha sierra y solo en 1972 Browen considera que la secuencia descrita como Serie Perija, es en realidad una unidad litoestratigrafica y le asigna rango formacional. La descripción litológica está compuesta por rocas las rocas del

Cambro-Ordovícico afloran en el extremo occidental de una amplia estructura sinclinal; su contacto inferior es fallado con la formación La Quinta, en consecuencia, solo se describe el segmento superior. En la base de la secuencia se encuentra una sucesión de filitas de color gris claro, lustre sedoso y algunas de color verdoso, de bajo grado de metamorfismo, con venillas de cuarzo que cortan la foliación. Es frecuente observar intercalaciones de metaarenitas arcósicas de color gris verdoso, grano fino, masivas intercaladas ocasionalmente con esquistos micáceos y grafítosos de color amarillo rojizo y gris claro (ANpa-1 y ANce-1)). Continúa una secuencia de cuarcitas de color claro, en capas gruesas a muy gruesas, tabulares con contactos ondulados, muy resistentes, intercaladas con capas de meta-arenitas arcósicas y subarcósicas de grano muy fino, color verde con lentes de arcillolitas, con esquistosidad incipiente.

Esta unidad consta básicamente de una sucesión sedimentaria clástica, afectada por metamorfismo regional de bajo grado que escasamente alcanza la facies esquisto verde

**Sedimentitas del Devonico-Carbonifero (P3DC):** Esta asociación facial sugiere la existencia de avances y retrocesos del nivel eustático del mar a escala regional y evidencias de una actividad tectónica importante por lo menos durante la fase terminal del Devónico e inicios del Carbonífero asociada a la Orogenia Hercínica. Corresponde a las rocas que suprayacen en contacto discordante la sucesión de rocas metamórficas de bajo grado; que corresponden a las Series de Perijá de edad Cambro-Ordovicico; e infrayacen discordantemente a la secuencia clástica basal de conglomerados y arenitas del Carbonifero. De igual manera se ha establecido como sedimentitas carboníferas a la sucesión de rocas sedimentarias localizadas entre los conglomerados que suprayacen la discordancia al tope del Devónico y los primeros bancos de calizas definidos como del Pérmico.

La secuencia basal del Carbonífero se compone de capas muy gruesas de conglomerados clastosoportados y matriz soportados de tamaño guijo de cuarzo lechoso. Los clastos son subredondeados a subangulares, mal sorteados y calibrados, intercalados con interposiciones de limolitas y arenitas silíceas de grano muy fino a fino; Suprayaciendo las capas muy gruesas de conglomerados se encuentra una sucesión de 150 m de interposiciones de capas medias a muy gruesas de arenitas grises cuarzosas intercaladas con limolitas silíceas masivas y hacia el tope de las sedimentitas del carbonífero se encuentran unas lodolitas ligeramente calcáreas intercaladas con calizas textura wackestone que tienen un espesor aproximado 40 m.

**Formación Rionegro (Km):** incluye a todas las rocas clásticas gruesas, de color claro, entre las capas rojas jurásicas o triásicas infrayacentes y las calizas cretácicas marinas suprayacentes. Esta unidad está constituida predominantemente por arenitas feldespáticas de grano grueso con algunas capas de conglomerados,

arenitas de grano fino y lodolitas interestratificadas (Etayo-Serna et al., 1983), se han logrado observar capas gruesas de conglomerados clasto-soportados, de guijos y guijarros redondeados, de cuarzo lechoso. Estas capas afloran en el flanco E de una estructura anticlinal, con eje con dirección N24°E. La Formación Río Negro es localmente transicional con las capas rojas infrayacentes de la Formación La Quinta en la pendiente oriental de la Serranía de Perijá. El contacto es a veces discordante y a veces aparentemente concordante.

**Formación Manaure:** Designar una sucesión de rocas calcáreas y clásticas que presenta contacto discordante infrayaciendo la formación La Quinta. La litología se trata de una sucesión de interposiciones de arenitas, margas y paquetes de calizas packestone, grainstone macizas y limolitas silíceas. Las arenitas en general son de grano fino, localmente de grano medio, color gris claro a gris medio. Se encuentran en capas tabulares macizas con contactos netos planos, localmente ondulosos. Es frecuente encontrar las arenitas y margas laminadas en láminas medianas y delgadas, con laminación ondulosa no paralela, ondulosa paralela, y localmente plana paralela. Composicionalmente las arenitas son sublíticas, a subarcosas y tienen cemento calcáreo, son comunes los fragmentos líticos metamórficos y volcánicos.

En contactos fallado con la formación La Quinta las muestras presentan buena exposición con características de capas gruesas a muy gruesas de rocas calcáreas de tipo packestone y grainstone, muy compactas de color gris a negro, meteorización moderada, intercaladas con lodolitas y limolitas en capas delgadas a muy delgadas muy meteorizadas.

**Formación La Quinta (Jqv):** se presenta como una franja alargada en dirección SSE-NNW, cuyo ancho es discontinuo, interrumpido o acortado por la exposición de rocas de edad posiblemente jurásica en la vertiente W de la Serrania del Perijá, En general La Formación La Quinta se puede subdividir en dos segmentos. El más basal, denominado en este trabajo “Segmento A” llega a medir 400 m en la sección de Manaure. Está conformado por una sucesión en la que se intercalan rocas volcánicas efusivas (flujos lávicos) de composición másica e intermedia, rocas piroclásticas y paquetes muy gruesos y masivos de conglomerados de clastos volcánicos y de arenitas gruesas. Localmente, esta sucesión es instruida por pequeños cuerpos hipoabisales porfiríticos (filones) de composición gabroica (diabasas). El Tope de Fm. La Quinta, corresponde con una sucesión clástica correspondiente al “Segmento B”. Consta básicamente de una sucesión monótona de rocas clásticasm finas, de color rojo, que composicionalmente son en general arcositas, en medio de las cuales, se encontraron intercalaciones locales de rocas volcánicas efusivas de composición ácida. Este segmento alcanza en la sección de Manaure un espesor de 1250 m, constituyendo una tercera parte de la formación.

Las rocas ígneas volcánicas, piroclásticas y diabasas, constituyen un máximo de 30% de las exposiciones en campo, mientras que las rocas sedimentarias constituyen cerca del 70% de las exposiciones en campo.

Las rocas volcánicas máficas son vesiculares y son esencialmente de composición basáltica y en algunos casos basáltica andesítica y En el caso de basalto andesitico hay presencia de olivino serpentinizado y trazas de anfíboles primarios (ANpe-1). La matriz de estas rocas en general es vítrea, devitrificada parcialmente a totalmente por procesos de alteración. Imágenes satelitales y fotografías áreas obtenidas en la fase de aprestamiento para abordar la etapa de interpretación de sensores remotos en el propósito de generar el mapa de geología básica con fines de ordenación de cuencas hidrográficas.

Las rocas piroclásticas de la Formación La Quinta van en términos texturales, principalmente desde tobas hasta tobas lapillíticas, pero también se presentan tobas aglomeráticas y aglomerados. El final de la Formación la Quinta está marcado por una sucesión siliciclástica conglomerática de unos 600 metros, que en Venezuela es conocido como Conglomerado Seco (Maze, 1984), se caracterizada por la presencia de capas muy gruesas y gruesas tabulares a lenticulares de conglomerados arenosos de colores rojizos intercalados con lentes delgados y medios de arenitas conglomeráticas. Composicionalmente los conglomerados son líticos con clastos volcánicos, plutónicos y sedimentarios, cementados con sílice y óxidos de hierro. Textualmente las rocas son inmaduras, con granos mal calibrados y tamaños variables desde arena gruesa a guijo grueso, con formas angulares a subangulares. Se resalta que dentro de esta formación Kundig (1938) mencionó la presencia de coprolitos de peces con escamas, placas, dientes y huesos palatinos, pertenecientes al género ganóideo Lepidotus. En la sección tipo, se han hallado Concostráceos (estéridos), ostrácodos, restos de dientes de peces, palinomorfos y restos de plantas (Schubert et al., 1979 en PDVSA, 2009).

**Formación Colon:** Esta formación puede diferencia tres paqueres diferentes; El más basal está conforme sobre la Formación. La Luna y consta de arenitas glauconiticas y biomicritas glauconítica de textura wackestone con foraminíferos planctónicos. Por encima se observa un paquete de calizas bioturbadas color gris medio y finalmente hay un paquete con una exposición muy mala, de arcillolitas silíceas gris verdoso en capas muy gruesas con interposiciones menores de arenitas de grano muy fino. Dicha sucesión se encuentra en contacto fallado con las rocas de la Formación la Quinta. (ver ANm-1 y ANm-3). En algunas secciones realizadas por Martínez, 1986, considera un espesor de 250 m, sin embargo, la unidad en esta sección no está completa por el contacto fallado anteriormente mencionado. El contacto inferior con la infrayacente formación la Luna es concordante, mientras que el contacto superior es discordante de tipo angular. Esta formación puede tener un alto contenido de microfósiles (foraminiferoes bentónicos) lo que indica un ambiente deposicional marino de aguas profundas.

**Formación Cachiri:** En Colombia es descrita por Forero (1970), quien en su trabajo sobre la estratigrafía del Precretácico en la Serranía del Perijá, levantó la Sección del Rio Manaure y correlaciono las sedimentitas del "Devoniano" con el Grupo Chachirí en Venezuela y con la Formación Floresta en la Cordillera Oriental. Estas rocas incluyen una secuencia sedimentaria de grano variable desde lodolitas negras a conglomerados de guijos con clastos metamórficos. Aflora a manera de franjas en cuatro localidades del extremo norte de la serranía. Hacia el sur en el Municipio de Codazzi (Cesar), se extiende como una franja con dirección sur-este nor-oeste, en la cuenca del río Espíritu Santo o Majiriaimo.

La secuencia Devonica se presenta con un conglomerado basal en capas tabulares, muy gruesas de 2 a 3 m de espesor en el río Manaure, y el arroyo Surimena. Este segmento basal no se observa en otras localidades debido posiblemente a la truncación del Devónico contra la discordancia del Jurásico o a la relación fallada de esta unidad con las Formaciones Meso-Cenozoicas. El conglomerado este compuesto de guijos bien redondeados de cuarzo lechoso, chert y cuarcitas, en un matriz cuarzo feldespática de grano muy fino. En el Devonico expuesto en la Vereda Pie del Cielo del Municipio de Manaure, se observan capas medias masivas de arcillolita de color amarillo con patinas de óxido y un contenido de micas de un 5 %, intercaladas con arenas de grano medio de color amarillo rojizo en contactos irregulares, posteriormente se presenta una sucesión de capas delgadas a medias de lodolitas y arenitas lodosas y liticas, con cemento calcáreo (esparita), con granos de tamaño muy fino a medio, de angular a subangular, con micas, fósiles recristalizados y cristales de pirita con ocasionales intercalaciones de capas medias de calizas fosilíferas.

Continuando en la columna estratigráfica de la formación se observan capas gruesas, tabulares, de arenitas conglomeráticas ligeramente calcáreas de color gris verdoso, con predominio de grano medio, mal calibradas, subredondeadas, con venillas de calcita.

La secuencia es granodecreciente a gran escala, donde predomina una sucesión (100-200 m) de lodolitas negras muy meteorizadas en capas medias intercaladas con arenitas de grano muy fino ligeramente calcáreas. Con relación a las Sedimentitas del Carbonífero, Se trata de una asociación de parasecuencias granodecrecientes desde conglomerados de guijos de cuarzo lechoso a lodolitas.

**Depósito de Llanura aluvial (Qal):** En los valles del Rio Cesar y Ranchería se reconoce una llanura amplia de 200 a 100 m.s.n.m. Son sedimentos semiconsolidados de tipo arcilloso arenoso a arcilloso de origen fundamentalmente aluvial y en parte eólico. Corresponden a unidades geomorfológicas que no tienen distinción litológica con los conos aluviales, compuestos de depósitos de grava. La edad según Tschanz et al., 1969 es Pleistoceno- Holoceno.

La geología estructural de la zona en esta escala, comprende fundamentalmente a dos rasgos morfoestructurales, la cuenca Cesar-Rancheria y la Serrania de Perija La primera se relaciona con una depresión intramontaña localizada entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía de Perijá, alargada en dirección NE y limitada geológicamente, al norte por la falla de Oca y al sur por la falla de Bucaramanga – Santa Marta. La serranía de Perijá constituye una unidad morfotectónica extendida en el extremo oriental colombiano y occidental venezolano, orientada en sentido NE-SW, limitada en sus flancos por estructuras convergencias opuestas y nucleada en rocas del paleozoico.

El estilo estructural dominante, corresponde a estructuras que involucran basamento y generan un efecto flexural moderado a marginal sobre la margen este de la cuenca del Cesar, restringiendo las tasas de subsidencia y en consecuencia las condiciones de acomodación en la cuenca. Esta situación dio lugar de manera particular, a bajas tasas de depositación de las sedimentas Neógenas en la cuenca de Cesar - Rancheria. Por otro lado, se evidencia que la tectónica transcurrente solo jugó un papel marginal en el control de los procesos de sedimentación en esta parte del territorio colombiano durante el Neogeno, sin embargo, pudo ser un factor importante en el aumento de las tasas de levantamiento y erosión.

Los análisis regionales de la zona reportan siete (7) fallas relevantes para la zona las cuales se describen a continuación:

**Falla la Yaya:** Según INGEOMINAS, (2010) la Falla Yaya fue definida por Ujueta & Llinás (1990). Se extiende desde el arroyo Pondores al sur, donde su traza se acerca a la traza de la Falla Cerrejón, hasta el arroyo Surimena al norte, donde ha sido cortada por la Falla Surimena. No obstante, este lineamiento es claro y nítido hacia el norte, donde se infiere su trazo dentro de la sucesión volcano - sedimentaria de la Formación La Quinta. Este sistema con rumbo SSW – NNE es subparalelo a la Falla de Cerrejón, posee una vergencia occidental y salto estratigráfico de cientos de metros. Es una estructura típica cordillerana que afecta las secuencias del Paleozoico y del Jurásico. Es una falla inversa de alto ángulo con marcados rasgos geomorfológicos en el drenaje y la topografía de la región. La cinemática de esta falla genera anticlinales de rampa por la propagación de la estructura desde el basamento Cámbro –Ordovícico a las sedimentitas Paleozoicas del Permo-Carbonífero como el anticlinorio del Yaya. Esta falla, corresponde a una estructura Preandina reactivada durante la orogenia Andina con una componente transpresional revelada por el arreglo escalonado de los pliegues de segundo orden, algunos de extensión regional con una geometría domica a semi-domica enmascarada en parte por la discordancia del jurásico Inferior -Paleozoico superior.

**Falla de la Colonia**: Según INGEOMINAS, (2010) Un rasgo bien definido en imágenes Landsat y en fotografías aéreas, el cual controla claramente el drenaje alineando corrientes. Fue denominado Falla La Colonia por Ujueta & Llinás (1990) quienes la interpretan como una falla de tipo inverso.

La extensión del lineamiento es de aproximadamente 25 Km, con dirección NNE SSW. Esta falla está desplazada por las fallas Marquezotico, Marquezote, Villanueva y El Molino

Las Unidades Paleozoicas cabalgan sobre sedimentitas Mesozoicas a lo largo de una rampa pronunciada cuyo despegue se origina en rocas Pre Cámbricas o Cambro Ordovícicas. Es una estructura pre Andina reactivada durante la orogenia Andina.

**Falla Espíritu Santo**: Es una falla importante con rumbo variable entre N 30º-50ºE que atraviesa el área central de estudio y limita junto con la de la Luna, un bloque estructural muy levantado hacia el NE. Esta falla presenta una traza muy definida morfológicamente. La Falla Espíritu Santo presenta cabalgamiento de la secuencia paleozóica, sobre las rocas de la Formación la Quinta (Jrq) y expresión de movimiento destral.

**Falla Capuchino**: La falla Capuchino se manifiesta por el lineamiento que controla parcialmente el río Capuchino, con tendencia N40W y fue definida por Ujueta & Llinás (1990). Se extiende aproximadamente por 12 Km. desde el cerro Monte de Cristo al este, hasta cerca del Corregimiento de Cañaverales en el occidente, corresponde a una falla normal con el bloque NE levantado, y pone en contacto rocas Devónico-carboníferas con rocas Mesozoicas. La falla Capuchino pone en contacto tectónico rocas Cretácicas y Jurasicas con rocas aleozoicas. Las rocas cretácicas conforman un sinclinal que se observa bien en las fotografías aéreas y es cortado abruptamente por la falla. Sobre el rio capuchino se observan terraza constituyen indicios de movimientos tectónicos recientes

**Falla El Molino**: Un lineamiento al sureste de El Molino que se extiende por cerca de 7 Km. y sigue parcialmente el Arroyo el Molino coincide con el traza de falla El Molino de (Ujueta & Llinás, 1990). En el sureste de El Molino se destaca como el conjunto cretáceo presenta una fuerte flexión y las estructuras plegadas no son claras en su continuación hacia el norte. (Ujueta & Llinás, 1990) definieron la Falla El Molino y sugieren un levantamiento del bloque Sur considerando diferencia de altitud entre la Loma La Delicias y el Cerro Palangana más hacia el Norte ANm-1.

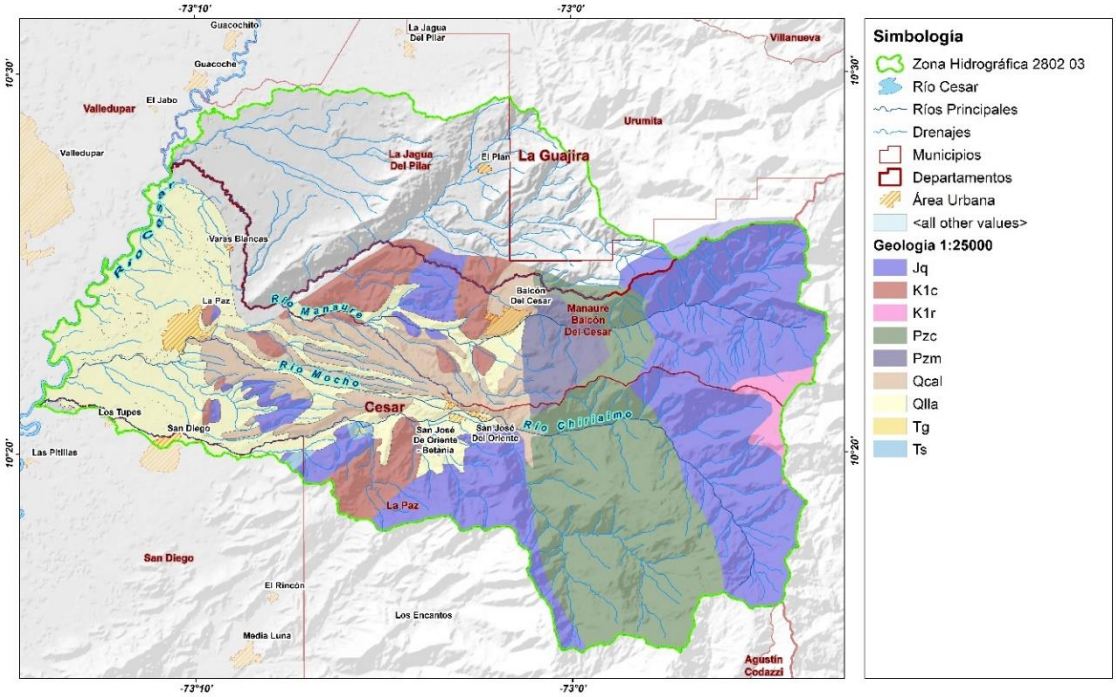
**Falla San José:** La falla san José forma un trazo continuo rectilíneo a lo largo de 6 km con una dirección n-NE al norte del Caserío de El Rincón, y es fácilmente reconocible en un trayecto de 5 km; esta estructura coloca en contacto a la Formación La Quinta con la Unidad Cretácica Calcárea.

**Falla Media Luna:** Según (INGEOMINAS, 2010) la falla media luna forma una estructura de carácter regional, localizada en el extremo oriental del área, con un trazo de dirección NE-SW a lo largo de depósitos cuaternarios en gran parte de su recorrido, con una longitud de 20 km ha sido considerado como tipo inversa de alto

ángulo, que afecta los sedimentos mesozoicos existentes, esta estructura levanta el flanco oriental de la Serranía de Perijá, constituyendo los terrenos más altos y montañosos de este sector.

Finalmente, dentro de la evaluación de información disponible se cuentan con estudios específicos que presentan mapas en mejores escalas, alcanzando hasta 1:25.000; escala que se acerca al levantamiento del actual trabajo y por lo mismo se presenta en la Figura 2-45, el cual es un mapa que recopila la información existente y pese a no dar cubrimiento total a la zona de estudio, es un buen insumo para la planeación de campo del actual proyecto.

**Figura 2-45. Mapa de Integración y consolidación de la información geológica obtenida en la cuenca 1:25.000**




Fuente: Modificado a partir de La formulación del plan manejo ambiental del sistema acuífero Cesar.

Los nuevos componentes litológicos y estructurales encontrados en los estudios Formulación del plan de ordenamiento y manejo ambiental de la subcuenca hidrográfica del rio Manaure y del rio Chiriaimo, al igual que la Formulación del plan de manejo ambiental del sistema acuífero Cesar son presentados en una breve descripción a continuación:

**Formación Guatapuri (TRg-Tg)**: Aflora en la parte media del río Guatapurí, de donde toma su nombre. La unidad está dividida en dos miembros: La parte basal está conformada por basaltos porfiríticos, basaltos andesíticos amigdaloides, andesitas, andesitas porfiríticas, volcánicos piroclásticos, keratófidos, espilitas y,

ocasionalmente, brechas y conglomerados con fragmentos subangulares, este conjunto presenta colores de gris verdoso a gris claro que por meteorización se tornan anaranjados a rojizos, con algunas intercalaciones sedimentarias; y la parte superior está compuesta por limolitas rojizas a moradas, con intercalaciones de rocas volcánicas, areniscas feldespáticas, arcosas y grauvacas, con intercalaciones tobáceas y de otras rocas volcánicas. La secuencia posee un espesor de 3000 a 5000 m. Aflora al NW – NE del municipio de Bosconia (CORPOCESAR e IDEAM, 2006).

**Grupo Cogollo (K1c):** Se extiende en la región sur de la Sierra Nevada de Santa Marta. Se encuentra constituida por rocas sedimentarias caracterizada por caliza en un 60%, caliza arcillosa en un 15% y de lutita en un 25% que es más abundante hacia el techo donde la cantidad de caliza decrece. La caliza es de color gris claro, en bancos delgados a medios, algunos presentan abundantes fósiles de bivalvos, atravesados por venillas de calcita (CORPOCESAR e IDEAM, 2006).

CORPOCESAR y La Universidad del Magdalena (2011) indican que litológicamente se encuentra constituido, de base a techo, por una potente sucesión de calizas grises azulosas y grises oscuras, mayores de 5 m de espesor, que varían de mudstone a grainstone con intercalaciones ocasionales de lutitas negras carbonosas y abundante contenido de fósiles; son frecuentes en esta parte la presencia de dolinas y algunas cavernas con estalactitas y estalagmitas.

Para INGEOMINAS (1995) esta unidad está confirmada por calizas en 60%, caliza arcillosa en un 15% y en un 25% por lutitas hacia el tope; siendo la caliza de color gris claro; además, de la parte media hacia el techo se distingue un nivel lodolítico carbonoso y moscovítico, otro areno arcilloso y uno más superior calcáreo, con calizas lumaquélicas de color gris claro con abundante paleofauna.

**Metasedimetitas de Manare (Pzm**): Se localizan al oriente de Manaure, Se encuentra conformado por rocas de edad cambro-ordovicio, presentando un espesor de 530 metros, (Arias T & Morales A, 1994). Se caracterizan por tener un muy bajo grado de metamorfismo.( Forero, 1970) divide la sucesión en tres conjuntos litologicos de base a techo inicia con unas filitas, estratificadas en las que aún puede distinguirse la estructura sedimentaria, con alternancia de capas gris oscuro a negro; presentan un brillo característico debido a la presencia de sericita en escamas muy finas, también es frecuente encontrarlas con óxido de hierro que da un color rojo a la sucesión que es cortada por venillas de cuarzo secundario; seguidas a este primer bloque se encuentra cuarcitas blancas, duras, en bancos gruesos, localmente con óxidos de hierro e intercaladas con filitas y finalmente se presenta un conjunto de metaarcosas de grano grueso, conglomeráticas hacia el techo de la sección, las cuales se encuentran interestratificadas con filitas en capas que varían entre 20 y 50 cm de espesor.

**Sedimentitas permicas (P):** para describir esta unidad se ha usado el término " calizas de Manaure", utilizado por Trumpy (1945 a 1949), los cuales orientan de Manaure en la parte alta de la vereda Canadá, la cual está caracterizada por un conglomerado basal de espesor variable (2- 15 m), compuesto por cantos angulares y subredondeados de arenisca roja y caliza, en una matriz arenosa calcárea roja, suprayaciendo a los conglomerados se encuentran areniscas de grano fino color pardo oscuro, algo micáceas, estas areniscas presentan interposiciones ocasionales de shale e infrayacen a areniscas calcáreas de color gris oscuro, por encima de estas se encuentra un paquete de margas arenosas color gris oscuro, de 40 m de espesor y sobre estas yacen calizas silicificadas, muy duras y fosilíferas, las calizas y calizas silicificadas están interestratificadas ocasionalmente con areniscas amarillas y arcillolitas verdes. (Forero, 1970).

**Depósitos de abanico aluviales (Qcal):** En términos generales, esta unidad está conformada por los abanicos de Valledupar (10 km de extensión), Manaure (gravas polimícticas, espesor entre los 25 y 70 m) y la Jagua de Ibirico (gravas polimícticas, espesor de 100 m), alcanzando hasta los 5 Km de extensión; otros como el de Codazzi y Casacará, están conformados por fragmentos de gravas acordes con las zonas de aporte (limolitas rojas, calizas, rocas volcánicas, etc.) y espesores no mayores a los 10 m. Es de anotar que los suelos en la región de Manaure y La Jagua de Ibiríco no son importantes debido a la aridez de los mismos, a diferencia de los de Codazzi y Casacará, donde se observa mayor desarrollo de suelos indicando interacción con los niveles de agua en la zona media. De manera general, estos han sido divididos según la pendiente, en proximal (alto, sedimentos gruesos; Qcal3), medio o de transición (Qcla2) y distal (Qcal1). En este último se presentan los sedimentos más finos, con espesores de 100 m en la parte alta, pero variable entre los 30 y 60 m (INGEOMINAS, 2003a y b). En la descripción de la Plancha 48 "Jagua de Ibirico" dividen los abanicos en Depósitos de abanicos de piedemonte 1 (Qapl1) que para la zona del Paso-La Loma presenta espesores variables entre 5 y 25 m, Depósitos de abanicos de piedemonte 2 (Qapl2) aflorantes hacia la parte central de la plancha y Depósitos de abanicos de piedemonte 3 (Qapl3).

**Terrazas (Qt):** Según CORPOCESAR (2014) En la Serranía de Perijá se observan terrazas al suroriente de El Desastre, oriente de Casacará y en la Jagua de Ibirico, la de mayor extensión. Existen pequeños depósitos de terraza en diversas corrientes, pero que no son cartografiables. Su granulometría consta de gravas, cantos y arenas dentro de una matriz areno limosa. En la parte norte de la Cordillera Oriental también se observan niveles pequeños de terrazas, no cartografiables, a escala 1:250.000, tanto en el piedemonte como a lo largo de algunas corrientes como en la quebrada Honda en el Municipio de Pailitas, y en el abanico del río Aguachica. La composición varía de acuerdo con las unidades que aportan los diferentes tipos de roca, según el lugar donde se ha formado la terraza, según INGEOMINAS (2003).

**Depósitos Coluvio-aluviales:** Según (CORPOCESAR 2014) son depósitos de poco transporte con cantos heterométricos embebidos en matriz arenoarcillosa, con aportes aluviales y principalmente coluviales, su principal exponente es justamente el cono aluvio-coluvial si se quiere sobre el que se asienta la cabecera municipal de Manaure Balcón del Cesar, por supuesto reposa discordantemente sobre las demás unidades.

Los elementos estructurales que se describen en los estudios evaluados se encuentran otro grupo de fallas que se describen a continuación:

**Falla Sardinita:** Según Arias T & Morales A, (1994) el nombre de Sardinata le fue dado por (Arango, 1980). Esta falla se muestra al oriente de Manaure donde pone en contacto rocas paleozoicas con sedimentos más recientes. Según Arango (1990) La falla Sardinata y la que se encuentra inmediatamente al oriente, levantan el bloque que contiene las rocas Paleozoicas entre sedimentos del Jura-triásico, esta falla termina contra el lineamiento de dirección NE-SW del rio magiriaimo.

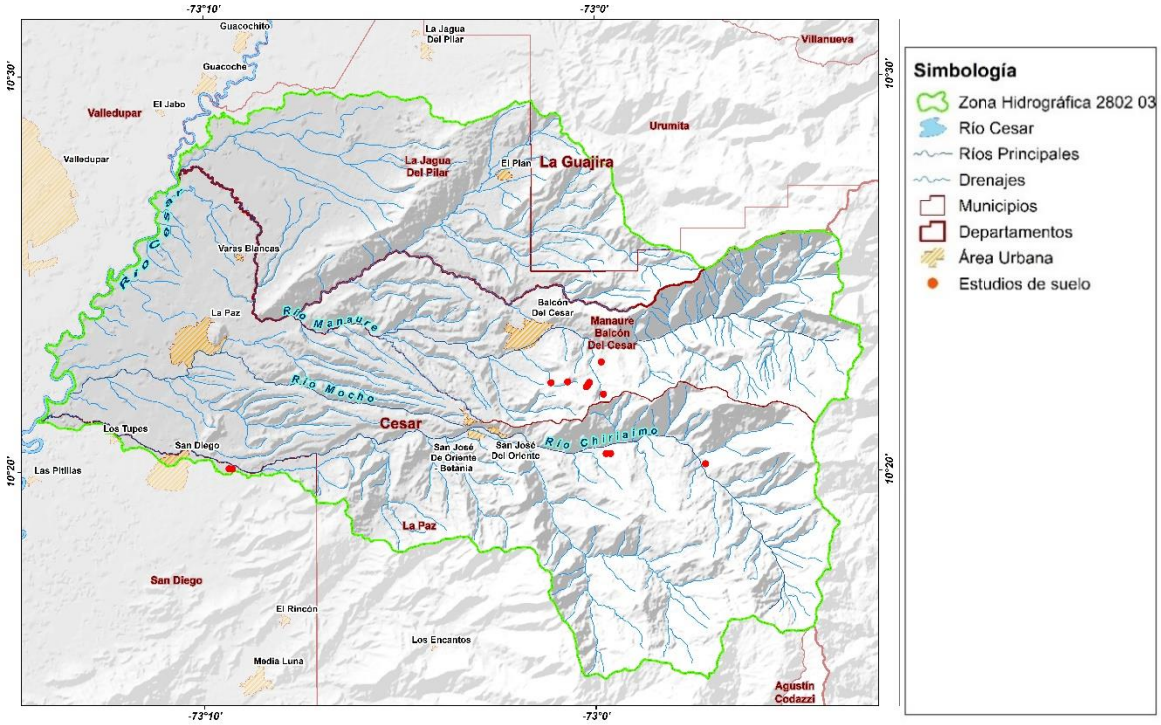
**Falla Cesarito:** A partir de las observaciones realizadas por (Hernandez, 2003), se determina como inferida, en los afloramientos localizados a ambos lados del Río Garupal al N de Los Venados. La traza cartografiada se extiende desde el sur de Bosconia en dirección NE hasta unos 5 Km al SW de Fonseca – Guajira conectando los alineamientos de prolongados tramos de los ríos Cesarito, Barroso, Cesar y Ranchería.

**Falla Cuatro Vientos - San Diego :** la falla Cuatro Vientos - san diego es una falla de carácter regional, ubicada al extremo occidental del área, en este sector se encuentra cubierta totalmente por sedimentos cuaternarios, más hacia el norte es denominada como falla del Cerrejón donde afecta sedimentos mesozoicos y cenozoicos, su trazo presenta una dirección nE-sw con una longitud aproximada de 20 km y sirve de límite occidental al bloque levantado que constituye el área de estudio, a pesar de su trazo rectilíneo es considerada una falla inversa de bajo ángulo.

Además de presentarse la descripción y localización de las diferentes unidades, formaciones y estructuras geológicas que se encuentran en el área de estudio, se tiene levantamientos estratigráficos en diversos sectores de la cuenca realizadas por CORPOCESAR y reportes de compañías mineras en el sur de la cueca que se acoplan a las características de las formaciones anteriormente descritas.

En la Figura 2-46 se presentan la ubicación de trece (13) estudios de muestreo para laboratorio que contiene ensayos tales como: humedad, granulometría, límites de atterberg y cortes directos que ayudan en la definición de las unidades de composición similar apto para definir la geología para ingeniería.

**Figura 2-46. Ubicación de estudios geotécnicos de Suelo y roca**




Fuente: Modificado a partir del mapa de amenaza geotécnica del rio Manaure y la formulación del plan de ordenamiento del rio Manaure.

### 2.2.1.2. Interpretación de sensores remotos

Esta fase contempló la recopilación y análisis de información disponible sobre la zona, que ofrece información pertinente para el desarrollo y caracterización del componente geológico y geológico con fines ingenieriles, basado en imágenes satelitales y fotografías áreas relacionadas a continuación; los elementos listados fueron suministradas por el IGAC en respuesta a la solicitud realizada por CORPOCESAR. La otra parte se obtuvo del visor Airbus con imágenes a color de los años 2018 y 2019, las cuales son adquiridas por medio del software libre Qgis en una escala 1:10.000 con un total de 21 imágenes.

En la Tabla 2-42 se presentan el listado visualizado en el geoportal del IGAC, correspondiente a las fotografías aereas desde 1950 al 2010 solicitadas en el oficio mencionado. Es de resaltar que la distribución de la información se encuentra dada en planchas que para la zona corresponde a las planchas D-12, D-13 y la parte más sur de las planchas C-12 y C-13.

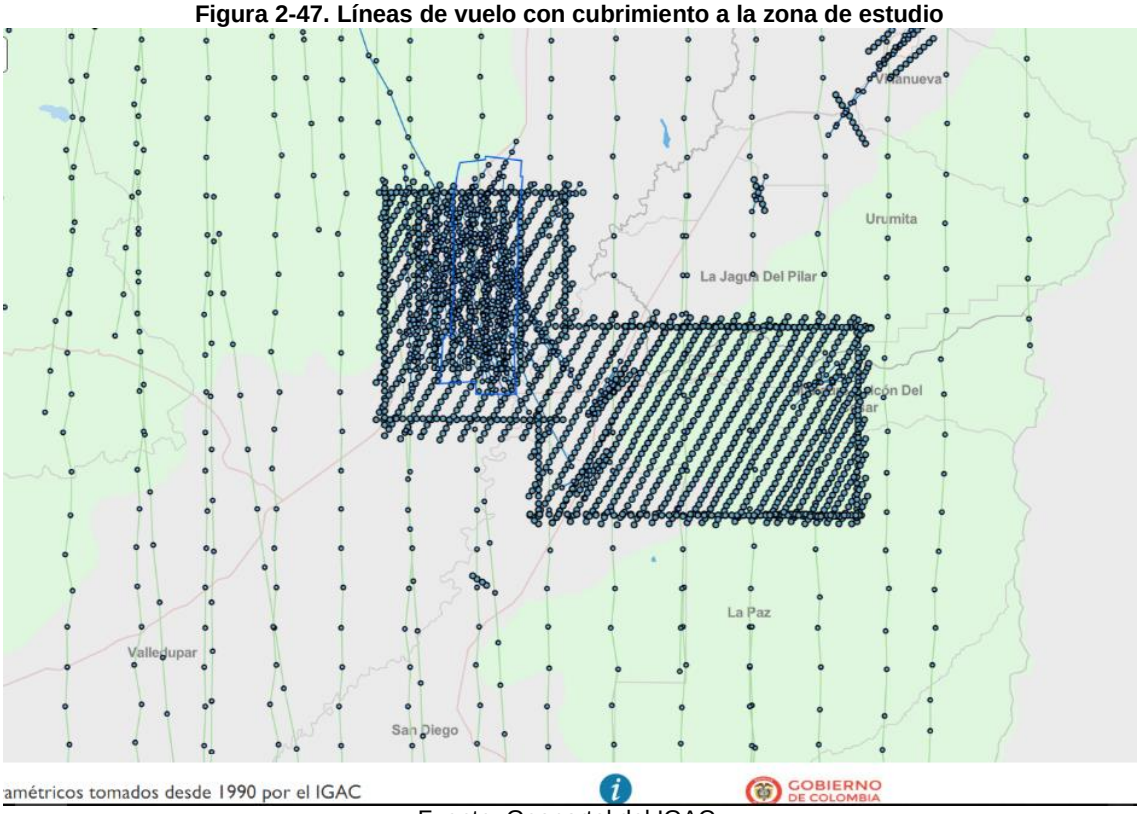
**Tabla 2-42. Fotografías áreas**

| Año | Nombre del archivo | Plancha |
|---|---|---|
| 1950-1960 | C-12(1950-1960).PDF | C-12 |
| 1950-1974 | C-12(1950-1974).PDF | C-12 |
| 1968-1974 | C-12(1968-1974).PDF | C-12 |
| 1974-1980 | C-12(1974-1980).PDF | C-12 |
| 190-1990 | C-12(190-1990).PDF | C-12 |
| 1991-1995 | C-12(1991-1995).PDF | C-12 |
| 1996-2000 | C-12(1996-2000).PDF | C-12 |
| 2001-2006 | C-12(2001-2006).PDF | C-12 |
| 1991-1995 | C-13(1991-1995).PDF | C-13 |
| 1950-1960 | C-13(1950-1960).PDF | C-13 |
| 1950-1965 | C-13(1950-1965).PDF | C-13 |
| 1970-1974 | C-13(1970-1974).PDF | C-13 |
| 1974-1978 | C-13(1974-1978).PDF | C-13 |
| 1979-1990 | C-13(1979-1990).PDF | C-13 |
| 1945-1974 | D-12(1945-1974).PDF | D-12 |
| 1960-1970 | D-12(1960-1970).PDF | D-12 |
| 1967-1976 | D-12(1967-1976).PDF | D-12 |
| 1970-1980 | D-12(1970-1980).PDF | D-12 |
| 1980-1990 | D-12(1980-1990).PDF | D-12 |
| 1991-1995 | D-12(1991-1995).PDF | D-12 |
| 1996-2000 | D-12(1996-2000).PDF | D-12 |
| 2001-2006 | D-12(2001-2006).PDF | D-12 |
| 1991-1995 | D-12(1991-1995).PDF | D-12 |
| 1970-1995 | D-13(1970-1995).PDF | D-13 |
| 2001-2010 | D-7(2001-2010).PDF | D-13 |

Fuente: Modificado a partir del Geoportal del IGAC.

Con la Tabla 2-42 y la Figura 2-47 obtenida por medio del geoportal IGAC, que da la visualización general de las imágenes análogas de la zona de estudio, que garantizan un cubrimiento de la zona.

**Figura 2-47. Líneas de vuelo con cubrimiento a la zona de estudio**




Fuente: Geoportal del IGAC.

Las imágenes satelitales obtenidas corresponden a cinco tipos de satélites: Geoeye, Planetscope, Radar, Rapideye y worldview las cuales se describen a continuacion con su código IGAC y un ejemplo de la calidad de la imagen.

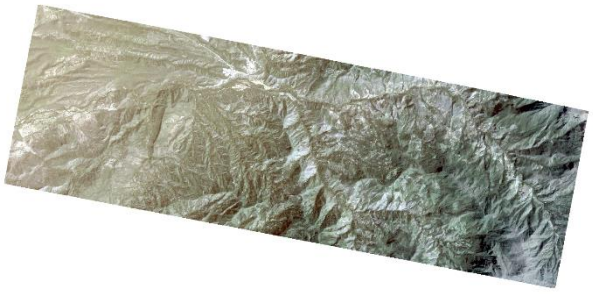
- Geoeye

| Name | Type |
|---|---|
| 0403017000000310 | Folder |
| 0403017000000330 | Folder |
| 0403017000000332 | Folder |
| 0403017000000334 | Folder |
| 0403017000000336 | Folder |
| 0403017000000338 | Folder |
| 0403017000000340 | Folder |
| 0403017000000373 | Folder |
| 0403017000000375 | Folder |
| 0403017000000383 | Folder |
| 0403017000000388 | Folder |
| 0403017000000392 | Folder |
| 0403017000000403 | Folder |
| 0403017000000404 | Folder |



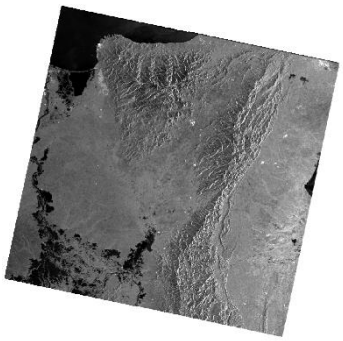
- Planetscope

| Name | Type |
|---|---|
| 20171206_144046_1001 | Folder |
| 20171206_144047_1001 | Folder |
| 20171206_144048_1001 | Folder |
| 20171224_144057_1007 | Folder |
| 20171224_144058_1007 | Folder |
| 20180202_144305_1015 | Folder |
| 20180202_144306_1015 | Folder |
| 20180202_144307_1015 | Folder |
| 20180202_144308_1015 | Folder |
| 20180218_144455_1009 | Folder |
| 20180218_144456_1009 | Folder |
| 20180218_144457_1009 | Folder |
| 20180222_144511_1008 | Folder |
| 20180222_144512_1008 | Folder |
| 20180222_144513_1008 | Folder |
| 20180713_145044_0f31 | Folder |
| 20180716_144945_1044 | Folder |



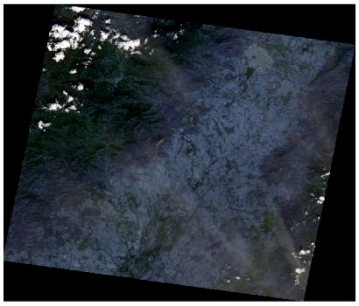
- Radar

| Name | Type |
|---|---|
| 0402020000000067 | Folder |
| 0402020000000068 | Folder |
| 0402020000000073 | Folder |
| 0402020000000101 | Folder |
| 0402020000000163 | Folder |
| 0402020000000164 | Folder |
| 0402020000000178 | Folder |
| 0402020000000201 | Folder |



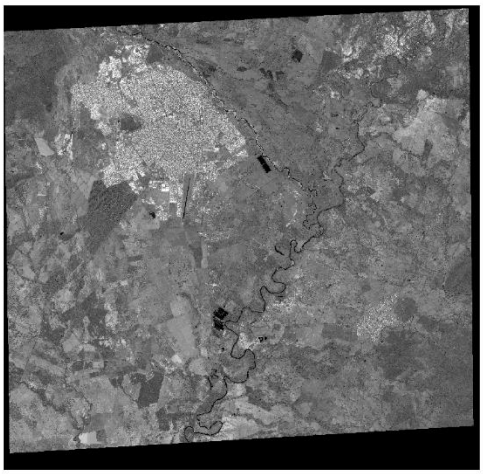
- Rapideye

| Name | Type |
|---|---|
| 0402027000000036 | Folder |
| 0402027000000262 | Folder |
| 0402027000000265 | Folder |
| 0402027000000387 | Folder |
| 0402027000000434 | Folder |
| 0402027000000438 | Folder |
| 0402027000000505 | Folder |
| 0402027000000544 | Folder |
| 0402027000000558 | Folder |
| 0402027000000566 | Folder |
| 0402027000000701 | Folder |



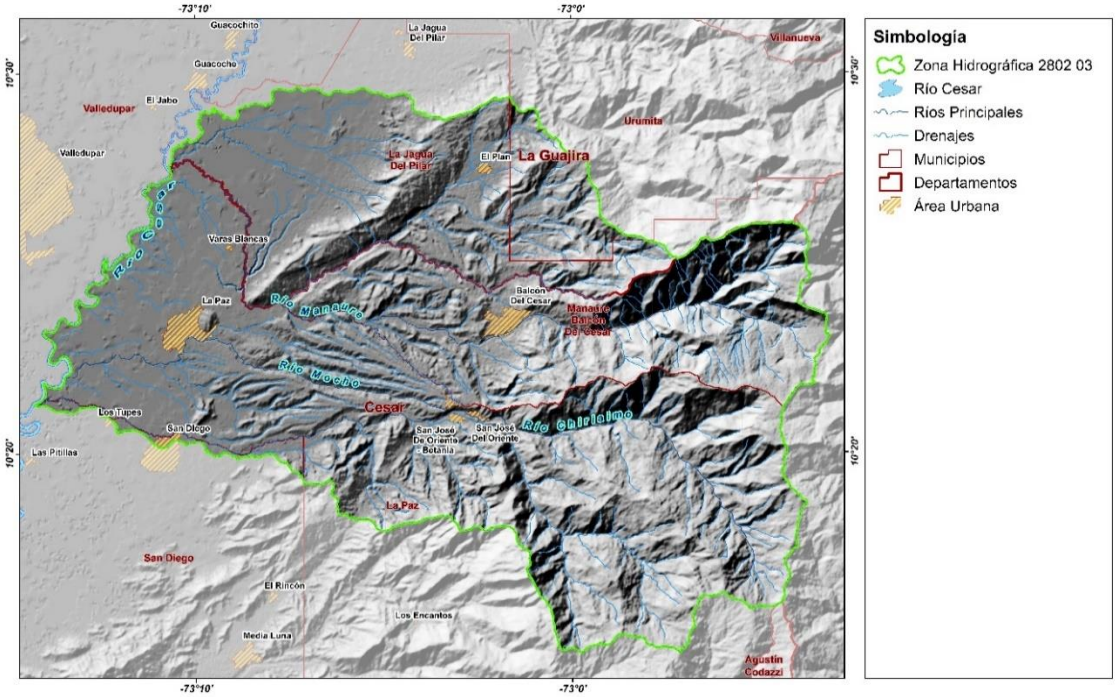
- Worldview

| Name | Type |
|---|---|
| 057385658010_01_P006 | Folder |
| 057385658010_01_P007 | Folder |
| 057385658010_01_P009 | Folder |
| 057696292050_01_P001 | Folder |
| 057696292050_01_P003 | Folder |
| 057696292050_01_P004 | Folder |
| 057696292050_01_P007 | Folder |
| 500957941090_01_P004 | Folder |
| 500957941090_01_P005 | Folder |
| 500957941090_01_P006 | Folder |
| 500957943050_01_P004 | Folder |
| 500957943050_01_P005 | Folder |
| 500957943050_01_P006 | Folder |
| 500957944040_01_P004 | Folder |
| 500957944040_01_P005 | Folder |
| 500957944040_01_P006 | Folder |
| 500957951090_01_P004 | Folder |
| 500957951090_01_P005 | Folder |
| 500957951090_01_P006 | Folder |
| 500957951100_01_P004 | Folder |
| 500957951100_01_P005 | Folder |
| 500957951100_01_P006 | Folder |
| 500957951100_01_P007 | Folder |
| 500957953070_01_P001 | Folder |
| 500957953070_01_P002 | Folder |
| 500957953070_01_P003 | Folder |
| 500957953070_01_P004 | Folder |
| 500957956100_01_P002 | Folder |
| 500957956100_01_P003 | Folder |
| 500957957020_01_P001 | Folder |
| 500957957020_01_P002 | Folder |
| 500957957020_01_P003 | Folder |
| 500957959010_01_P004 | Folder |
| 500957959010_01_P005 | Folder |
| 500957959010_01_P006 | Folder |
| 500957959030_01_P002 | Folder |
| 500957960040_01_P001 | Folder |
| 500957960040_01_P002 | Folder |
| 500957960080_01_P001 | Folder |
| 500957960080_01_P002 | Folder |



Entre los elementos usados para la fotointerpretación se incluye el modelo de sombras (ver Figura 2-48) que se complementó con insumos derivados del DEM.

**Figura 2-48. Mapa de sombras**



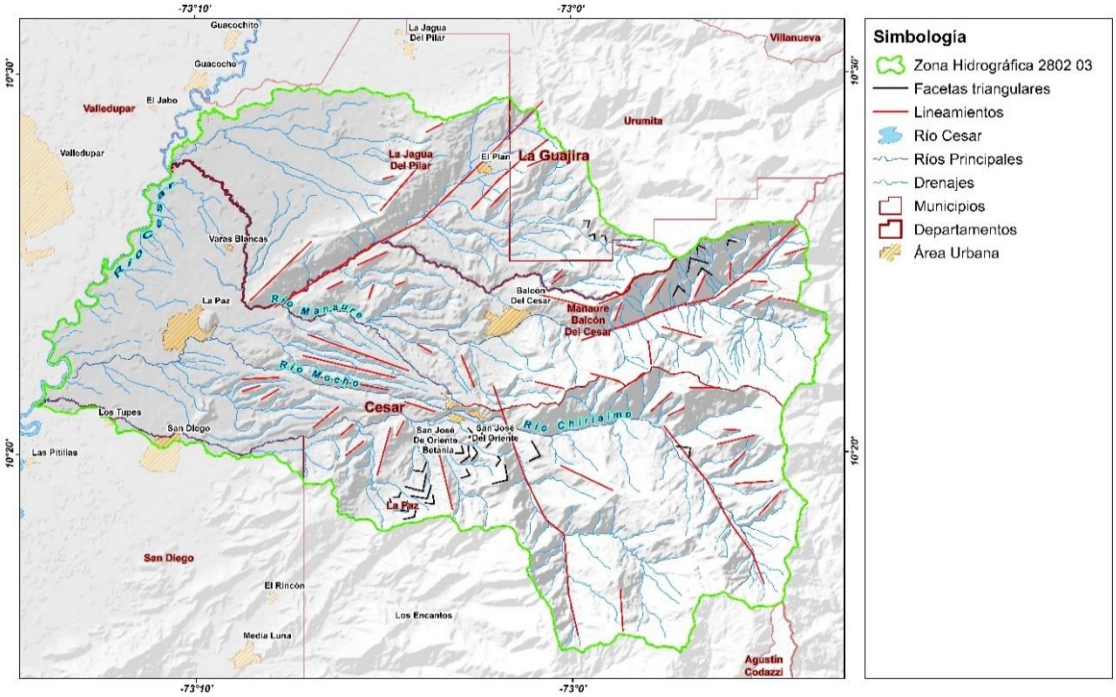

Fuente: Autores (2019).

### 2.2.1.3. Salida cartográfica de fotogeología a escala 1:25000

De acuerdo con las imágenes satelitales e información suministrada por el IGAC y CORPOCESAR correspondiente al área de interés, se procede a realizar la fotointerpretación de las unidades de rocas, fallas, lineamientos, entre otras.

Entre los trabajos realizados se hace un análisis de lineamientos evidentes en la zona, tal como se evidencia en la Figura 2-49 los cuales son principalmente marcados por los drenajes y filos de la zona. Adicionalmente en esta imagen se integra un par de zonas caracterizadas por presentar facetas triangulares, elemento típico de zonas con procesos estructurales.

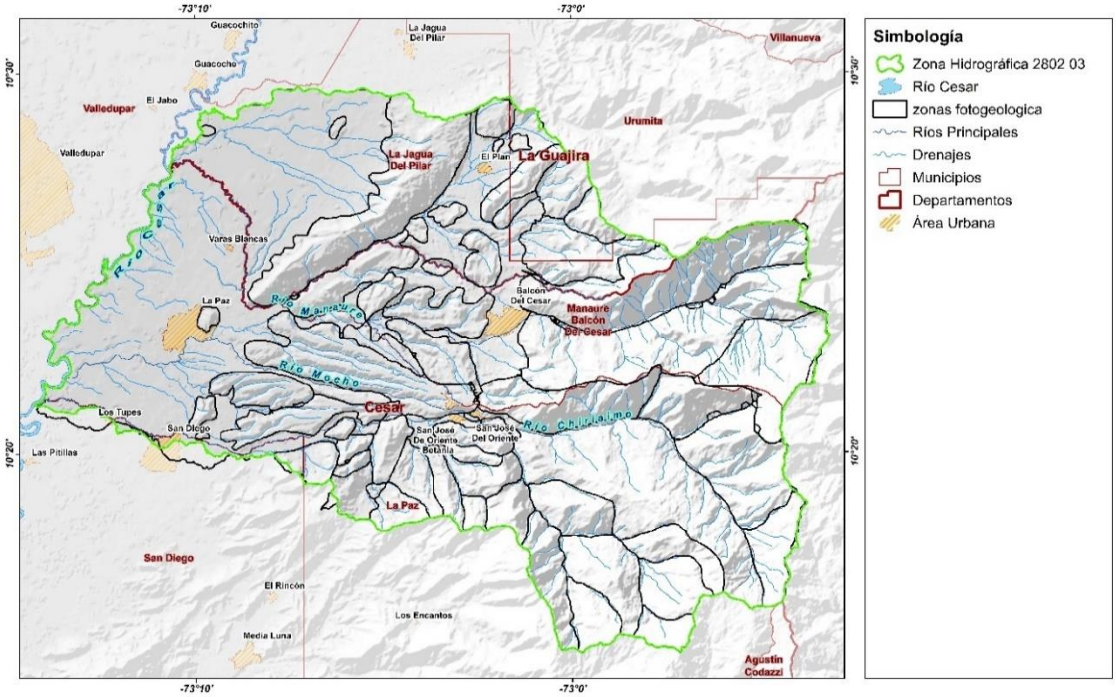
**Figura 2-49. Fotointerpretación de estructuras**




Fuente: Autores (2019).

Posteriormente se hace un análisis de cambios de pendiente y características topográficas, que permiten diferenciar zonas con posible cambio litológico como se observa en la Figura 2-50, la cual es diferenciada por ser zonas homogéneas en altura, forma y en algunos casos el tipo de drenaje, como sucede en la parte central de la cuenca donde un drenaje dicotómico permite intuir abanicos aluviales.

**Figura 2-50. Zonas fotogeologicas**




Fuente: Autores (2019).

Posterior a tener zonas marcadas se procede a identificar las posibles unidades de rocas por medio del patrón de drenaje, identificando rocas sedimentarias por red de drenaje paralela y sub paralela, las rocas ígneas se identificaron por su textura y patrón de drenaje dendrítico y sub dendríticos, las rocas metamórficas con un patrón de drenaje paralelo.

### 2.2.1.4. Control de campo

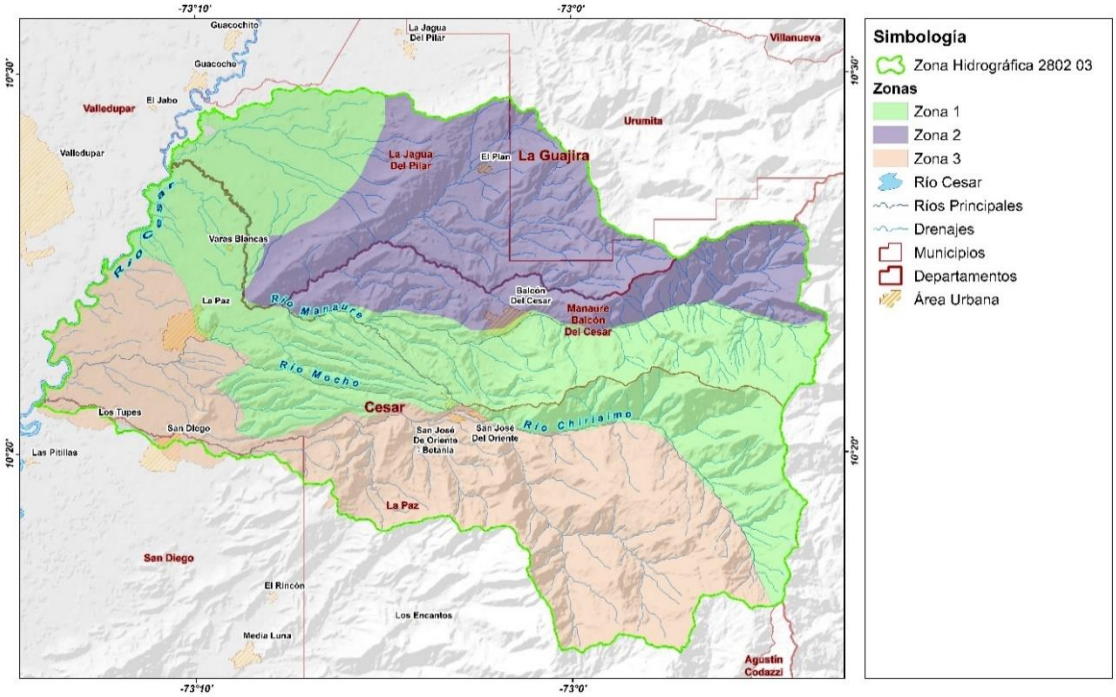
El trabajo de campo representa una fase fundamental dentro de la identificación, actualización y validación de la información, por lo que se planteó a través de los mapas ya existentes y las zonas fotointerpretadas cubrir la zona en tres zonas, tal como se observa en la Figura 2-51.

La zona 1 corresponde a la parte central de la cuenca que marca la geología entre los dos drenajes principales, El Chiriamo y El Manaure, además de la zona plana evidenciada en la zona este del área de estudio.

La zona 2 es la zona más norte, marcada del Manaure para arriba, que a su vez es quien tiene más vacíos en la definición de geología.

La zona 3 correspondiente al área del Chiriamo para el sur, siendo la zona con mayor déficit de acceso de vías.

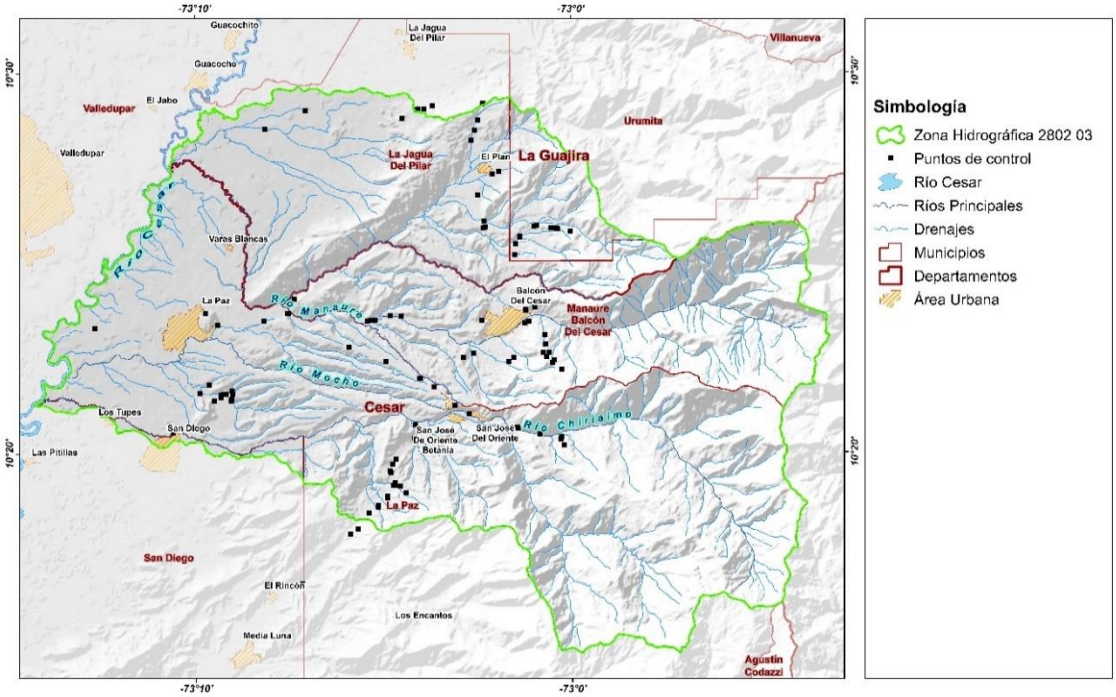
**Figura 2-51. Zonas de campo**




Fuente: Autores (2019).

En campo se realizó un control litológico para las formaciones enmarcadas en la zona; teniendo en cuenta las posibilidades de acceso al lugar, se identificaron y describieron las diferentes unidades, su relación estratigráfica, contactos litológicos, rasgos estructurales, junto con interpretaciones litoestratigráficas. En la Figura 2-52 se presentan las diferentes estaciones realizadas para el cubrimiento de la zona, teniendo dificultades de acceso para las partes altas de las mismas.

**Figura 2-52. Puntos de control geológico**




Fuente: Autores (2019).

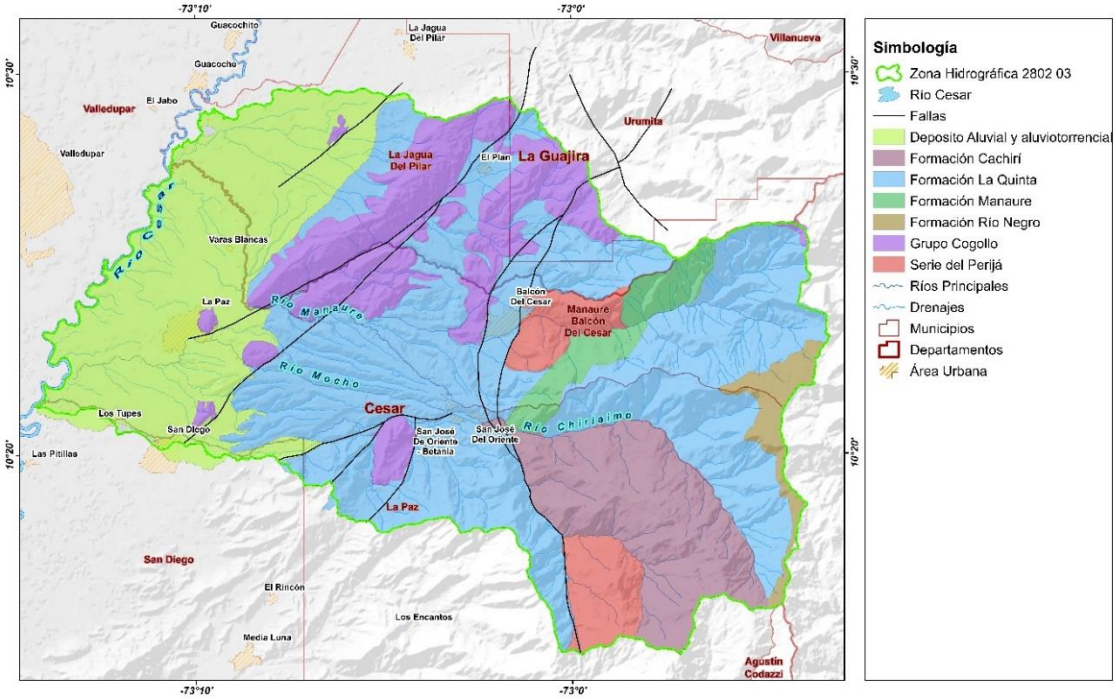
Dentro de la información levantada y procesada de campo se obtiene un total de siete unidades para el área de estudio, cada una de ellas presentan unas características que serán listadas con su descripcion y caracteristicas en siguiente ítem que hará las veces de memoria explicativa.

### 2.2.1.5. Generación del mapa de geología básica con fines de ordenación de cuencas hidrográficas

La Figura 2-53 es el resultado de la consolidación de las actividades desarrolladas pre-campo con la información obtenida en los controles litológicos y estratigráficos realizados en la visita de campo desarrollada en la zona, dando así el mapa final de geología para la zona de trabajo.

La zona cuenta con rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias de diferentes edades y grados de alteración, agrupadas en formaciones, series o grupos litológicos anteriormente definidos en la zona; también se evidencia presencia de elementos estructurales regionales tales como fallas y facetas triangulares, y locales en cuerpos marcados por familias de diaclasas.

**Figura 2-53. Mapa de geología básica con fines de ordenación de cuencas hidrográficas**




Fuente: Autores (2019).

A continuación, se presentan las características de cada unidad, tales como composición, perfiles estratigráficos definidos a partir de Deerman y fookes 1971 y en caso de presentar características adicionales como erosión, diaclasas, fracturas, entre otras, también se reportarán para dar mayor entendimiento a la zona.

- **Formación la Quinta**

La formación la Quinta es la unidad predominante en la zona con una edad perteneciente jurasico inferior a jurasico medio; (Hernández, 2003) indica que está compuesta por una sucesión de limolitas rojas silíceas, ocasionalmente arenosas, macizas con estratificación plano-paralela. Presentan laminación interna de plana paralela a ligeramente ondulada, algunas veces de arena fina, con venas de calcita y manifestaciones de malaquita. Están intercaladas con estratos medianos a gruesos de areniscas blancas, pardas y rojizas de grano fino a grueso, y niveles conglomeráticos con estratificación inclinada, cruzada y capas que se acuñan. En ocasiones, esta unidad es atravesada por ignimbritas oscuras con fragmentos volcánicos de 2 a 20cm; hacia el techo se encuentran localmente intercalaciones de tobas líticas. El espesor de esta unidad reportado en la cercanía del Municipio de Manure es de 2700m a 3000m.

En la visita de campo se presenta afloramientos de rocas ígneas tipo riolitas con fenocristales de plagioclasas y feldespatos de hasta 0.7 cm alargados inmersos en una matriz microcristalina de color rojizo, como se observa en la Figura 2-54. Se resalta que estos cuerpos son observados en la parte baja del rio Manaure lo cual confirma la abundancia en la zona.

**Figura 2-54. Afloramiento formación la quinta**



Fuente: Autores (2019).

Además, se realiza el levantamiento de dos perfiles de meteorizacion, el perfil uno presenta coordenadas Magna Colombia Bogotá correspondientes a X:1117684 Y:1645258 Z: 1057 msnm y el perfil dos a: X:1117356 Y:1645294 Z: 1010 msnm.

*Perfil 1* (Figura 2-55) corresponde a un perfil de meteorización con altura de 3 m, presenta dos horizontes, el primero corresponde a un IV con un espesor de 50 cm, muestra tonalidades de marrón oscuro a negras; producto al alto contenido de materia orgánica y vegetación, este horizonte tiene un proceso de lixiviación donde las partículas que tiene el suelo son descompuestas y removidas por las aguas que se infiltran en el suelo, se considera eluvial y muy poroso. El segundo estrato corresponde a un V con un espesor de 2,50 m, Muestra tonalidades amarillo pardo; presenta un límite de plasticidad de baja a media y se logra ver cementado por el contenido de hierro y aluminio que se encuentra en estado de solución o suspensión desde la parte superior.

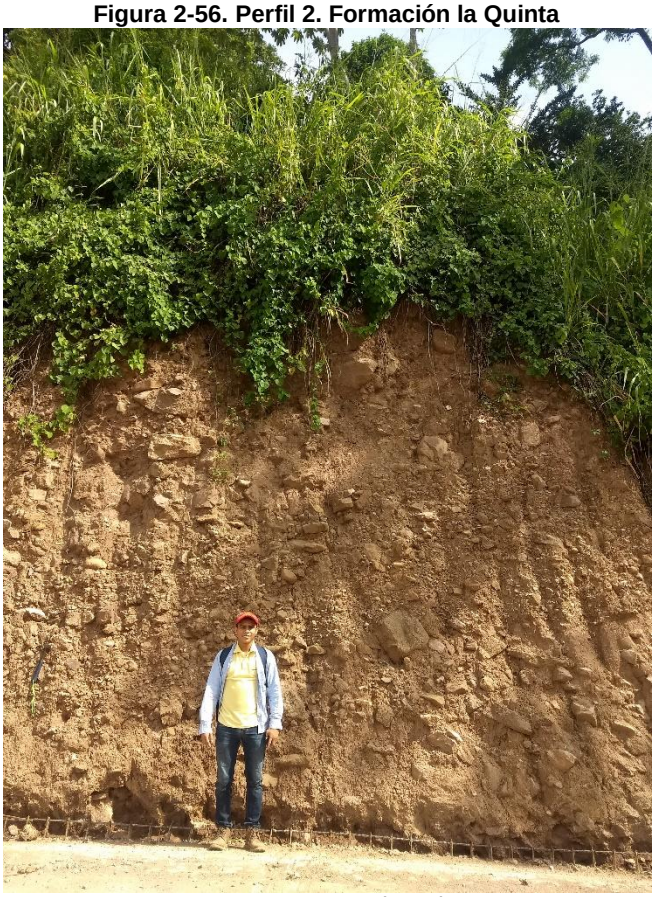
**Figura 2-55. Perfil 1. Formación la Quinta**



Fuente: Autores (2019).

*Perfil 2 (*Figura 2-56*):* Se encuentra un perfil de depósito típico en la parte central de la formación la quinta dado a procesos alivio torrenciales de la alta montaña; generando con la formación la quinta una discordancia con estos depósitos; que dado su gran espesor y su estado de consolidación se puede considerar un nuevo estrato superio de la formación. El perfil presenta una altura de 5 m con tonalidad rojo pardo o marron, se encuentra dividido en dos grandes estratos; un primer horizonte VI tiene un espesor de 0.2 m, muestra tonalidades café negruzco con alto contenido de vegetación, el segundo perfil corresponde a un horizonte V tiene un espesor de 4.8 m en tonalidadad rojiza parda, este estrato presenta tres divisiones marcadas por el porcentaje de clastos y matriz, iniciando con una relación 20/80, seguido de un material clasto soportado de clastos irregulares con relación 65/35 y finalmente una textura matriz soportada en una relación 20/80.

**Figura 2-56. Perfil 2. Formación la Quinta**



Fuente: Autores (2019).

- **Formación Cogollo**

La formación Cogollo está constituida por calizas grises azulosas y gris oscuro con intercalaciones de lutitas carbonosas y abundante contenido de fósiles; en su parte basal de la formación se puede encontrar formada por calizas, calizas arenosas y areniscas calcáreas y en su parte superior de la formación tiene una composición caliza, arenisca y arcillolitas. Esta formación presenta desarrollo de cavernas con procesos de estalactitas y estalagmitas. Este cuerpo se define del periodo cretácico y se encuentra principalmente en la zona norte central del área de trabajo.

En campo se encuentran diferentes formaciones con forma escarpada como se observa en la Figura 2-57 la cual corresponde a calizas que por erosión química generan esa visual de textura carrasposa, además de presentar fracturas de diferente tamaño, generando paisajes Karsticos.

**Figura 2-57. Calizas formación Cogollo**



Fuente: Autores (2019).

En la Figura 2-58 se observa una muestra de mano de roca sedimentaria, compuesta por carbonato de calcio, con aspecto petro (duro) y con presencia de fosiles marinos, tal como vertebras de peces, conchas, entre otros.

**Figura 2-58. Caliza fosilifera**



Fuente: Autores (2019).

Además, se realiza el levantamiento de un perfiles de meteorización, el cual esta referenciado en coordenadas Magna Colombia Bogotá correspondientes a X:1099970 Y:1635595 Z:715 msnm y se observa en la Figura 2-59 el cual tiene una altura aproximada de 1.9 m con dos horizontes; el primero corresponde a un horizonte VI con 0.7 m de coloración café con presencia de raíces y baja humedad, el siguiente horizonte es II el cual presenta una familia de diaclasas definida, coloración amarillo pardo a blancuzco y corresponde a caliza.

**Figura 2-59. Perfil grupo Cogollo**



Fuente: Autores (2019).

- **Formación Cachiri**

La formación Cachiri esta compuestas hacia la base por un conglomerado basal, sobre el cual se presentan arenitas ferruginosas, micáceas y shales arenosos calcáreos; al tope, interestratificaciones de conglomerados y arcillolitas, seguidos por calizas, lutitas arenosas calcáreas de grano fino y caliza negra fosilífera. La edad aproximada de esta formación es del Devónicas-Carboníferas.

Dentro de las características relevantes es la evidencia en las laderas de la estratificación basculada con la diferencia de dureza en cada uno de esos cuerpos, en la mayoría de las laderas de la formacion, como se observa en la Figura 2-60.

**Figura 2-60. Estatificación formación Cachiri**



Fuente: Autores (2019).

Dentro de esta formación se encuentra pequeñas acumulaciones debido a movimientos en masa, generando depósitos matriz soportado con clastos angulares y los afloramientos más típicos son como el representado en las coordenadas Magna Colombia Bogota con un X: -73,004587 Y: 10,340286 en el cual se encuentra un afloramiento rocoso con una tonalidad grisácea clara con abundante presencia de algas y vegetación.

En la Figura 2-61 se evidencia un afloramiento de 5,5 m de altura con un basculamiento que se evidencia en las fracturas, el material litológico es compacto y presenta componente calcáreo y con arenisca.

**Figura 2-61. Formación cachiri**



Fuente: Autores (2019).

- **Serie Perijá**

La seria de Perijá está conformada por filitas, cuarcitas, metaconglomerados y metarenitas feldespáticas y calcáreas, las cuales datan del cámbrico – Ordovicico.

En la Figura 2-62 se evidencia una muestra de mano de composición silícea, presenta cristales visibles a simple vista, coloración grisácea de brillo tendiente a graso. Esta muestra es definida como cuarcita.

**Figura 2-62. Cuarcita Serie Perijá**




Fuente: Autores (2019).

Además, se realiza el levantamiento de un perfil de meteorización, el cual se localiza en las coordenadas Magna Colombia Bogotá correspondientes a: X: -73,01898 Y: 10,390866 Z: 808 msnm, este afloramiento tiene una altura de 6,0 m con tonalidad de gris claro a oscuro, su material parental es metamórfico, presentando una meteorización de medio a alta, dentro de una de las litologías diferenciadas se encuentra una franja de cuarcitas y arenitas, en la Figura 2-63 se evidencia dos horizontes, el horizonte VI corresponde a 0.4 m caracterizado por alto contenido de raíces y bajo desarrollo de suelo orgánico, posteriormente está el horizonte V el cual se encuentra en alto grado de meteorización el cual tiene una plasticidad media a baja, con alto grado de meteorización.

**Figura 2-63. Perfil serie Perijá**



Fuente: Autores (2019).

- **Formación Manaure**

La formación Manaure es la una de la unidad poco predominante en la zona, con una edad perteneciente al pérmico; (INGEOMINAS, 2010) Indica que esta formación presenta una sucesión de interposiciones de arenitas, margas y paquetes de calizas packestone, grainstone macizas y limolitas silíceas. Las arenitas en general son de grano fino, localmente de grano medio, color gris claro a gris medio. Se encuentran en capas tabulares macizas con contactos netos planos, localmente ondulosos. Es frecuente encontrar las arenitas y margas laminadas en láminas medianas y delgadas, con laminación ondulosa no paralela, ondulosa paralela, y localmente plana paralela.

En el reconocimiento en campo se presenta un afloramiento de rocas sedimentarias tipo areniscas rojas con presencia de un cemento sílice, cuarzo y feldespatos poco visibles por el alto proceso de meteorización que presentaba el afloramiento, se observan estos cuerpos en la parte alta del municipio de Manaure.

Se realiza el levantamiento de un perfil el cual se localiza en el sistema de coordenadas Magna Colombia Bogotá que corresponde a X: 73 00 18.3 Y: 10 22 02.5 Y Z: 1375 msnm. En la Figura 2-64 se observa el pequeño afloramiento de 2 m el cual se encuentra en alto grado de meteorización, su material presenta una plasticidad baja y textura arenosa, el cual mantiene evidencia diaclasas parentales.

**Figura 2-64. Formación Manaure**



Fuente: Autores (2019).

- **Formación Rionegro**

La formación Rio negro está conformada por areniscas blancas a rosadas, generalmente de grano grueso, conglomerados heterogéneos tamaño hasta guijos gruesos; lodolitas y arenitas muy finas, típicamente en tonos, rojo y morado. con una edad perteneciente al Barremiano.

Esta unidad indica que las arenitas blancas son dadas por su contenido de feldespáto de grano grueso con algunas capas de conglomerados, arenitas de grano fino y lodolitas interestratificadas (Etayo-Serna et al., 1983), se han logrado observar capas gruesas de conglomerados clasto-soportados, de guijos y guijarros redondeados, de cuarzo lechoso. Estas capas afloran en el flanco E de una estructura anticlinal, con eje con dirección N24°E.

La Formación Río Negro es localmente transicional con las capas rojas infrayacentes de la Formación La Quinta en la pendiente oriental de la Serranía de Perijá. El contacto es a veces discordante y a veces aparentemente concordante.

- **Depósitos Cuaternarios**

Dentro de los depósitos cuaternarios se encuentran asociados los depósitos aluviales, los abanicos aluviales, y los depósitos dados por los movimientos en masa, los cuales contienen litológicamente de todas las formaciones y presentan una gran parte de la zona, que vuelve evidente los procesos erosiónales en la zona de estudio.

  - Deposito aluvial

Corresponde a los materiales transportados por el sistema de drenaje, donde la sedimentación dio lugar a la acumulación de materiales que configuran relieves, tales como las terrazas aluviales que son observables en los rio Manaure y Chiriaimo en la parte media de la cuenca. Por razones de escala en el mapa no se delimito la totalidad de los tipos de relieve observado.

En la Figura 2-65, se presentan los dos perfiles típicos de los depósitos aluviales los cuales priman por ser clasto soportados, con una relación matriz – clastos variable de 65/35 a 85/15, al igual que las características particulares se observaron según el nivel del drenaje; donde los drenajes principales se marca por litología variable con clastos redondeados y de tamaño variable de centimetrito a métrico; mientras que los drenajes secundarios presentan clastos de subangulosos a sub redondeado, con tamaño que no superan los 0.35 m.

**Figura 2-65. Deposito aluvial**



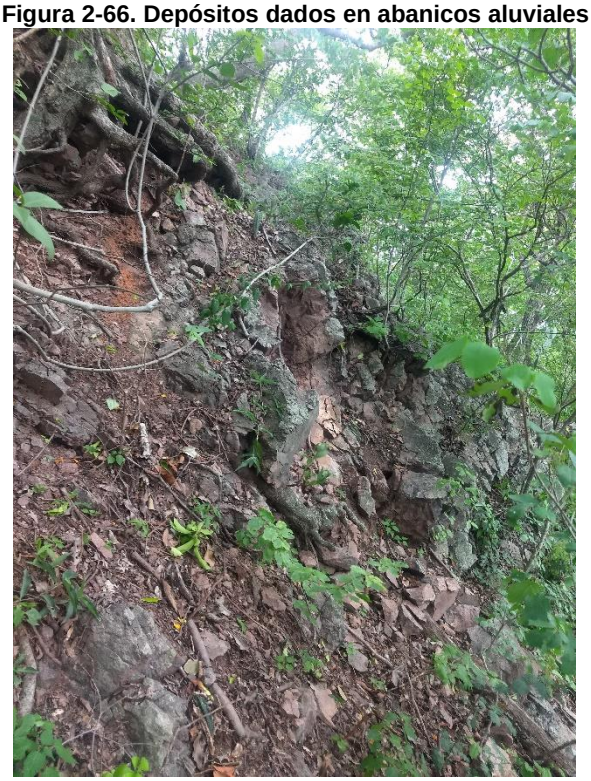
Fuente: Autores (2019).

- Depósitos de abanico aluvial

Los Depósitos de abanico aluvial son materiales asociados a eventos torrenciales, provenientes de las zonas montañosas donde la inestabilidad genera procesos erosivos que aportan grandes cantidades de materiales al drenaje, que serán acumulados en la zona de transición entre la montaña y la zona palana.

Los materiales que componen esta unidad con bloques subanguales con tamaño variable, material arenono a arenolimoso, el cual suele presentarse en manera errática y es fácilmente distinguible desde la geoforma observado en plano. Dentro de los depósitos de este tipo se presenta la Figura 2-66.

**Figura 2-66. Depósitos dados en abanicos aluviales**



Fuente: Autores (2019).

- Depósitos de movimientos en masa

Estos fenómenos morfodinámicos se encuentra asociados a la alta montaña generando pequeños desplazamientos de material que al caer en los ríos se va perdiendo su depósito, pero en algunas zonas se logra verificar el predominio de matriz que suele ser suelo de plasticidad media y textura limo-arenosos.

En la Figura 2-67 se presenta una zona donde gracias a la plantaciones de plátano muestran una inclinación, evidenciando pequeños movimientos del suelo, al igual que se observa el material sin presencia o de escasa presencia de componentes líticos. Los movimientos lentos de este tipo suelen evidencias materiales predominantemente suelo, como se observa en la figura, dado en especial en pendientes moderadas de laderas medias a largas, mientras la pendiente alta y de longitud corta suelen ser en material predominantemente arenoso.

**Figura 2-67. Depósitos de movimientos en masa**



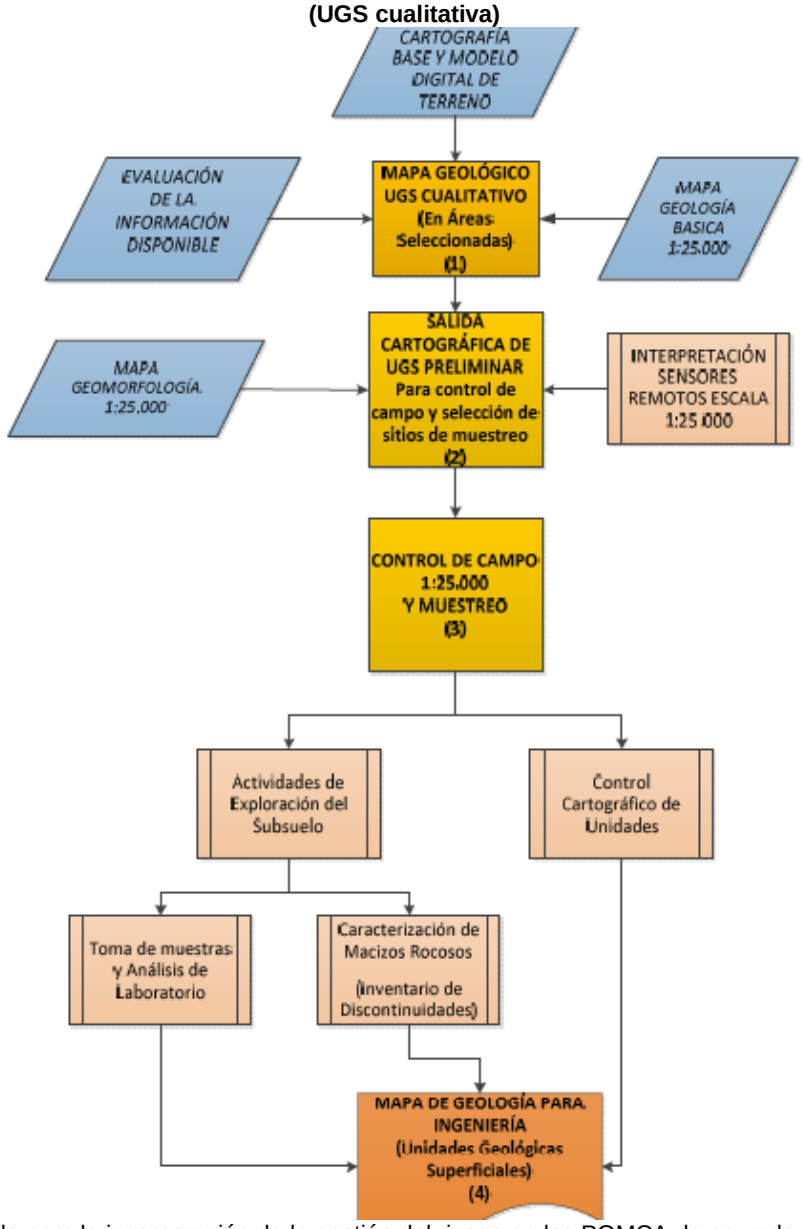
Fuente: Autores (2019).

### 2.2.2. Mapa de geología para Ingeniería

De acuerdo al Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los POMCAs, el propósito de elaborar un mapa de geología para ingeniería a escala 1:25.000 o Geológicas Superficiales (UGS) es definir el conjunto de materiales superficiales (rocas y suelos (depósitos)) junto con sus rasgos estructurales y caracterizar su comportamiento geomecánico mediante estimaciones de propiedades índices o a través de correlaciones de parámetros comparativos, la toma de muestras y los respectivos análisis de laboratorio. Parámetros requeridos para la evaluación de la amenaza en la Gestión del Riesgo de la cuenca.

La Figura 2-68 sintetiza el diagrama del proceso metodológico en cuatro pasos para la obtención del producto. El primer paso elaboró del mapa de geología para Ingeniería (UGS-Cualitativo), el segundo paso consolidó el mapa preliminar de UGS y seleccionó los sitios de muestreo para control de campo; el tercer paso desarrolló las actividades de campo, y el cuarto paso generó el mapa de geología para Ingeniería (UGS Cuantitativo). El color azul referencia información secundaria, el amarillo, procesamiento de información en oficina y el verde las actividades de campo.

**Figura 2-68. Diagrama del proceso para la obtención del producto mapa de geología para Ingeniería (UGS cualitativa)**




Fuente: Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto, (2014).

Seguidamente se presentan los resultados de cada uno de esos pasos.

### 2.2.2.1. Elaboración del mapa de geología para Ingeniería (UGS-Cualitativo)

El objeto de la geología para ingeniería es definir el conjunto de materiales superficiales (rocas y suelos (depósitos) junto con sus rasgos estructurales y caracterizar su comportamiento geomecánica mediante estimaciones de propiedades índices o a través de correlaciones de parámetros comparativos.

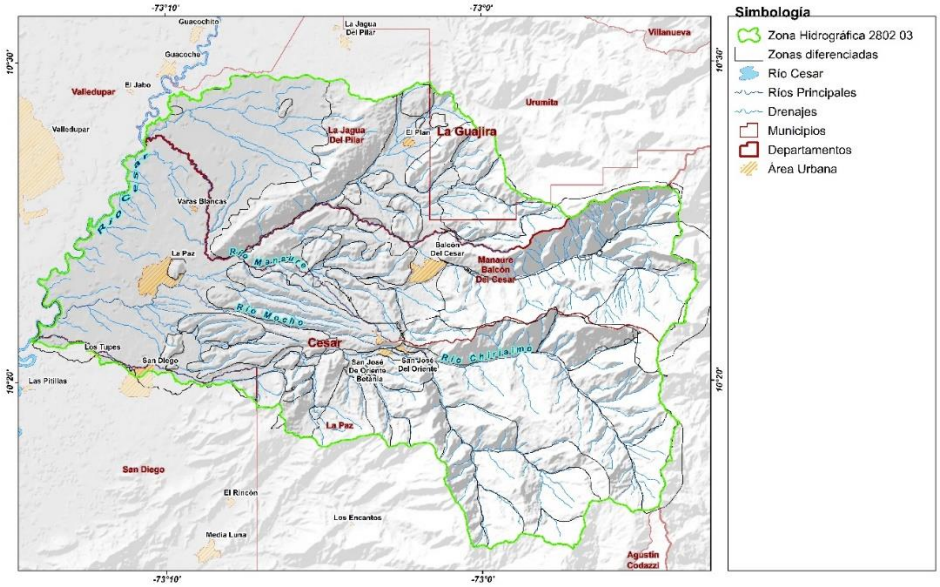
La caracterización geológica de los macizos rocosos y de los materiales superficiales del área de estudio corresponde con los análisis básicos para el estudio del comportamiento geomecánica de los terrenos, útiles para definir condiciones del suelo. La información temática se obtiene del procesamiento de la información existente de la geología en escala regional de 1:100000 dada por el Servicio Geológico Colombiano y algunas zonas se presentan en escala 1:25000 dado estudios específicos realizados en la cuenca Manaure. La geomorfología se parte de las grandes zonas encontradas en los estudios anteriores de las cuencas asociadas al rio Chiriaimo y Manuar tal como se evidencia en el documento de aprestamiento del presente estudio. Finalmente se acogen los mapas finales presentados para cada una de estas temáticas para la zona de estudio, junto a los estudios de suelos, sondeos eléctricos verticales y estudios de laboratorio hechos en la zona de influencia del actual proyecto.

### 2.2.2.2. Consolidación del Mapa preliminar de UGS y selección de sitios de muestreo para control de campo

El comportamiento geomecánica de las rocas y suelos está determinado principalmente por propiedades físicas como origen, litología, composición mineralógica, textura, dureza, condición estructural, grado de fracturamiento y de meteorización, granulometría, humedad y consistencia, entre otras variables que se podrán ir evaluando siguiendo las características geológicas evolutivas, ligadado especialmente a la información de la geología regional tanto, de la parte litológica y estructural como de la estratigráfica.

Mediante la fotointerpretación se definen zonas que evidencien drenajes, textura y resistencia de material, tal como se observa en la Figura 2-69, las cuales se vuelve base junto a el mapa geológico que evidencia el predominio de rocas de origen sedimentario y metamórfico y el mapa geomorfológico presentados en este informe que muestra una variedad de paisajes entre los cuales se resalta: el estructural, kárstico y depositacional.

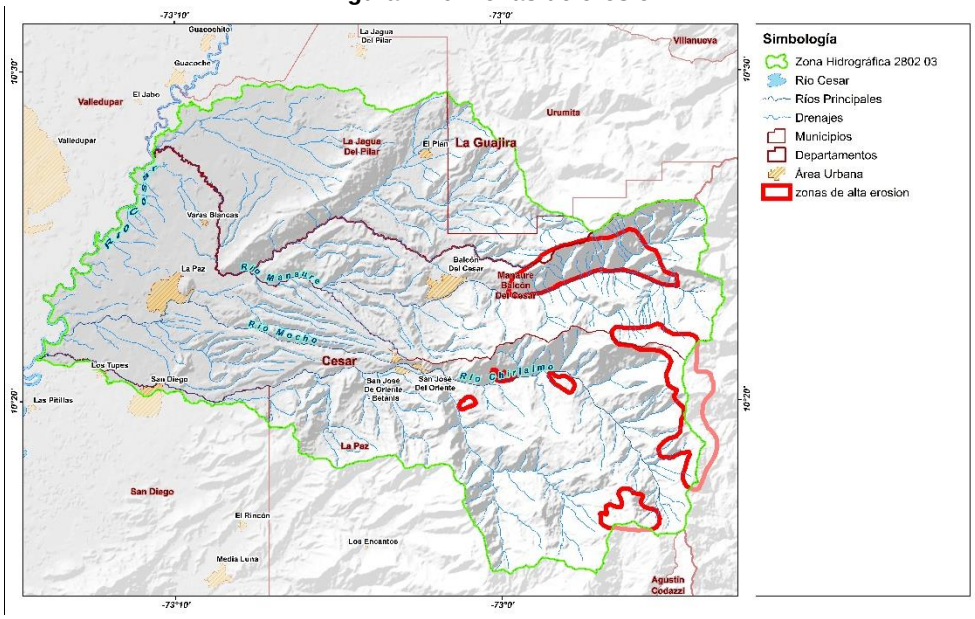
**Figura 2-69. Zonas diferenciadas bajo fotointerpretación**




Fuente: Autores (2019).

Además, la Figura 2-70 consiste en un trabajo previo de evidencia de erosión de suelos que puede marcar procesos diferenciales en estas zonas de estudio que permite orientar los trabajos de reconocimiento de campo.

**Figura 2-70. Zonas de erosión**




Fuente: Autores (2019).

Adicional a estas actividades pre-campo se establece la evaluación de estudios geomecánicas realizados en la zona, se plantea realizar 30 puntos de evaluación geofísica y evaluación de muestras de suelo, que complementaran el control de campo.

### 2.2.2.3. Actividades de Campo

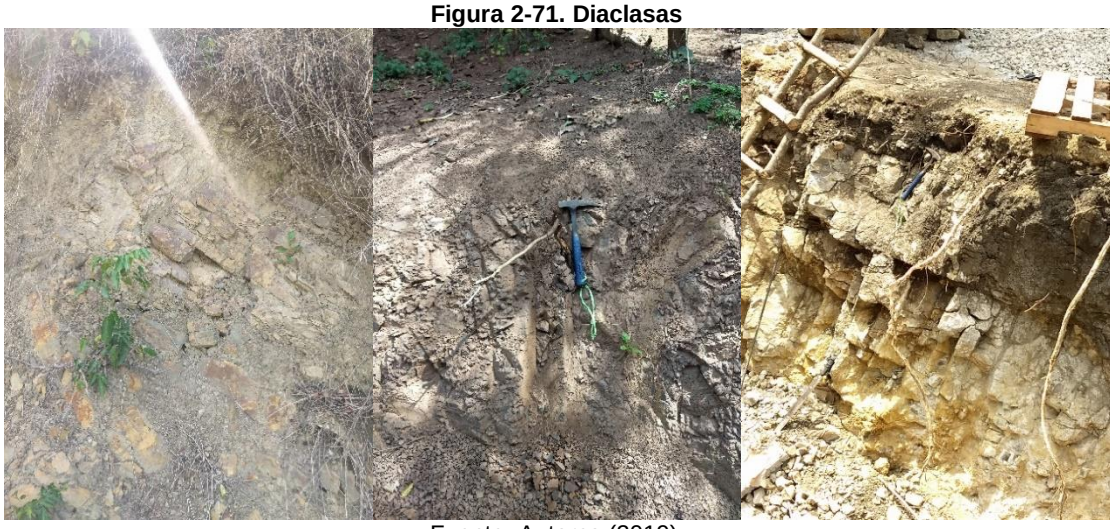
Las actividades de campo son divididas en dos grandes momentos, uno de visitas de campo por medio de una comisión de geólogos e ingenieros geólogos que según fuera el caso completaban los formularios recomendados por el protocolo recomendado para el alcance técnico del POMCA, tal como el formato 3 y 4 del anexo A y las tablas 1-1, 1-2, 1-3, 1-6, 1-7,1-9., entre otras. Además, hay un segundo momento es dado por la toma de ensayos y muestras de laboratorio.

En la salida de campo busca la caracterización del comportamiento de los materiales que componen la zona de trabajo desde la descripción geomecánica y litológico por características que cada uno de los afloramientos o trincheras realizadas. Loa recorridos elegidos están orientada hacer un cubrimiento de toda la zona donde se presenta una representación general que permite evidenciar características principales para hacer la división de cada área, partiendo de las formaciones geológicas existentes.

A continuación, se presentarán algunas imágenes y datos relevante de la información obtenido en la comisión de campo, donde se puede resaltar por afloramientos, perfiles de suelo y muestras de roca.

La Figura 2-71 evidencia macizos rocosos perteneciente a diferente litología y formaciones geológicas que evidencia deformaciones y estructuras de diaclasas.

**Figura 2-71. Diaclasas**



Fuente: Autores (2019).

Estas deformaciones y estructuras están asociadas a los datos presentados en la Tabla 2-43, que dan muestra de un tipo de unidad caracterizada por esfuerzos, meteorización media a alta, con dureza de moderadamente dura a dura.

**Tabla 2-43. Litologías y formaciones geológicas que evidencian deformaciones y estructuras de diaclasas**

| Unidad | Medida Estructural | |
|---|---|---|
| *Formación Cogollo* | N20°W/51°NE | 62°E/87°NW |
| | N50° /60° SE | N38°E/66°NW |
| | N15°W/55°SW | 62°E/87°NW |
| | N28°W/53°NE | N23°W/47°NE |
| *Formación la Quinta* | N45°E/63°SE | N55°W/ 60°SW |
| *Serie Perija* | N21°E/69°NW | N21°E/73°NW |
| | N57°W/59°NE | N33°E/63°NW |
| | N38°E/55°SE | N51°W/ 50°NE |
| *Formación Manaure* | N30°W/8°NE | F1 N3°W/78°NE |

Fuente: Autores (2019).

La Figura 2-72 son afloramientos tipicos de caliza donde se presenta meteorisacion fisica y quimica evidenciada en las fracturas que van desde centimientricas a metricas; la evidencia de disolucion que genera unas texturas variadas en la roca es muestra de procesos quimicos en la roca. Estas rocas presentavan una dureza moderadamente alta, mientras que las calizas fosiliferas presentaban una dureza de tipo dura.

**Figura 2-72. Disolución y fracturamiento**



Fuente: Autores (2019).

En la Figura 2-73 se presentan tres perfiles diferentes que corresponden a depósitos asociados a movimientos en masa, con una resistencia muy baja, una matriz de plasticidad media, con clastos en forma errática y de diferente litología, tamaño y forma. La matriz es suelta con consistencia areno-arcillosa.

**Figura 2-73. Depósitos de ladera**



Fuente: Autores (2019).

En la Figura 2-74 se representa el perfil y material encontrado en los suelos, la cual siempre presenta una capa organica que puede tener espesores maximos de hasta 0.7 m con presencia de raices. El suelo no presenta estructura eredada, permite ser penetrada facilmente por la navaja, plasticidad variable, donde en los suelos rojizos suele ser mas alta; finelamente en genral se describe su humedad principalmente humedo pasando a seco.

**Figura 2-74. Perfiles de suelo**



Fuente: Autores (2019).

Adicional a los perfiles y afloramientos anteriormente evidenciados se desea resaltar tres cuerpos litológicos que son predominantes en la zona y marcan diferencias en la delimitación de zonas dado su comportamiento geomecánico.

En la zona de estudio se presenta dos tipos principales de calizas, diferenciadas principalmente por el contenido de fósiles. La que se observa en la Figura 2-75 correspondiente a una caliza cristaliza gris azuloso con una consistencia muy dura y sin fósiles. La caliza es una roca compuesta por carbonato de calcio principalmente.

**Figura 2-75. Caliza**



Fuente: Autores (2019).

La Figura 2-76 evidencia una cuarcita, roca predominante mente de sílice con muy baja alteración, puede confundirse a simple vista con la caliza, pero se debe realizar la prueba con ácido para verificar su efervescencia, su dureza es de categoría muy dura.

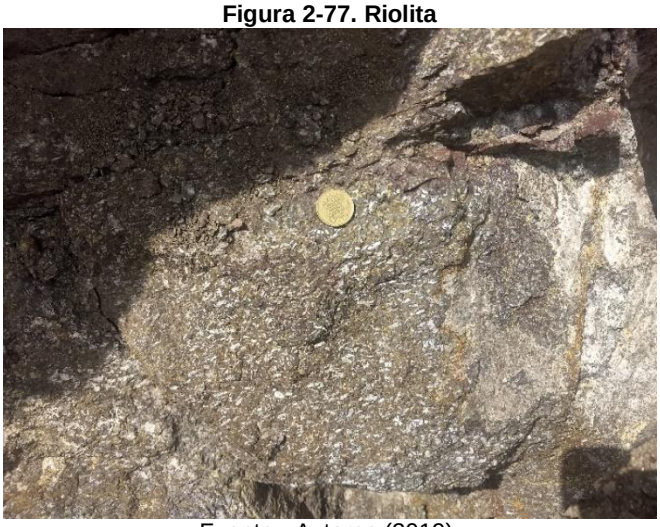
**Figura 2-76. Cuarcita**



Fuente: Autores (2019).

La Figura 2-77 corresponde a una roca ígnea de matriz rojiza y fenocristales de feldespato y plagioclasa, con presencia de algunos minerales accesorios como biotita, dado esto es caracterizada como una riolita. Su afloramiento en partes alta de la cuenca no evidencia afectación estructural, contrario a como se presenta en la parte baja donde presenta uno a dos planos de diaclasas. Se presenta en un par de zonas altamente meteorizada la cual se logra identificar por la diferencia de coloración en la zona que se encontraban los fenocristales.

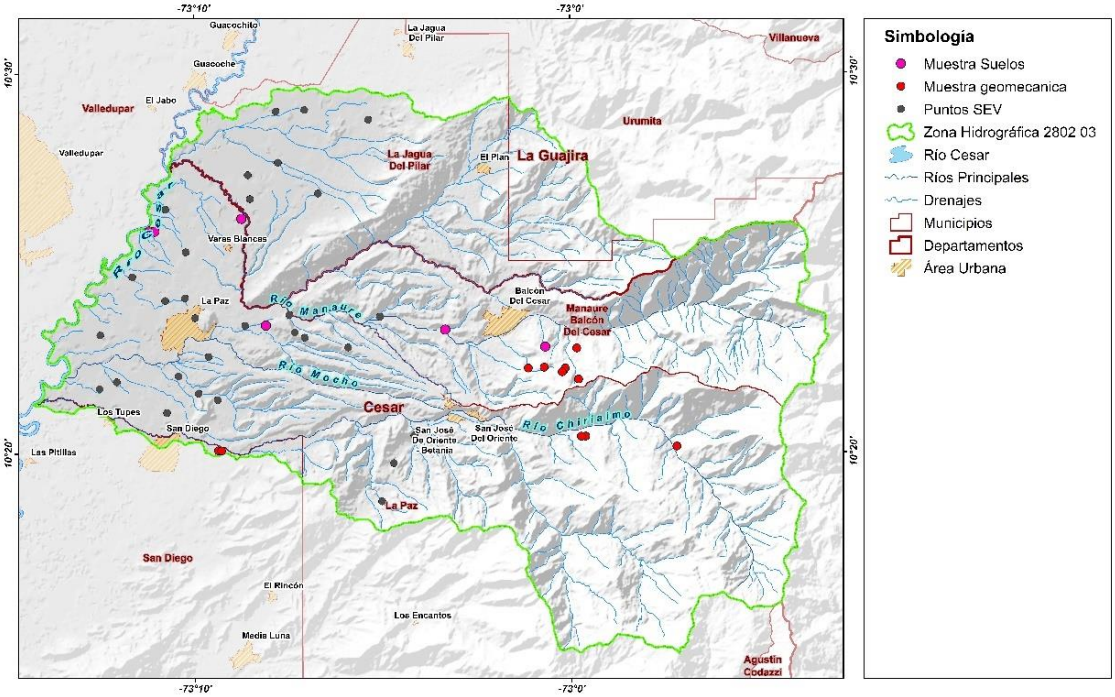
**Figura 2-77. Riolita**



Fuente: Autores (2019).

En la segunda fase de levantamiento de campo se presenta la realización de los muestreos geofísicos como es el sonde eléctrico vertical, toma de muestras de suelos para evidenciar granulometría y límites de atterberg y resultados de esfuerzo geomecanicos. La Figura 2-78. Ubicación de los sondeos evidencia la posición de cada uno de estos estudios que serán evaluados para complementar y definir las UGS.

**Figura 2-78. Ubicación de los sondeos**

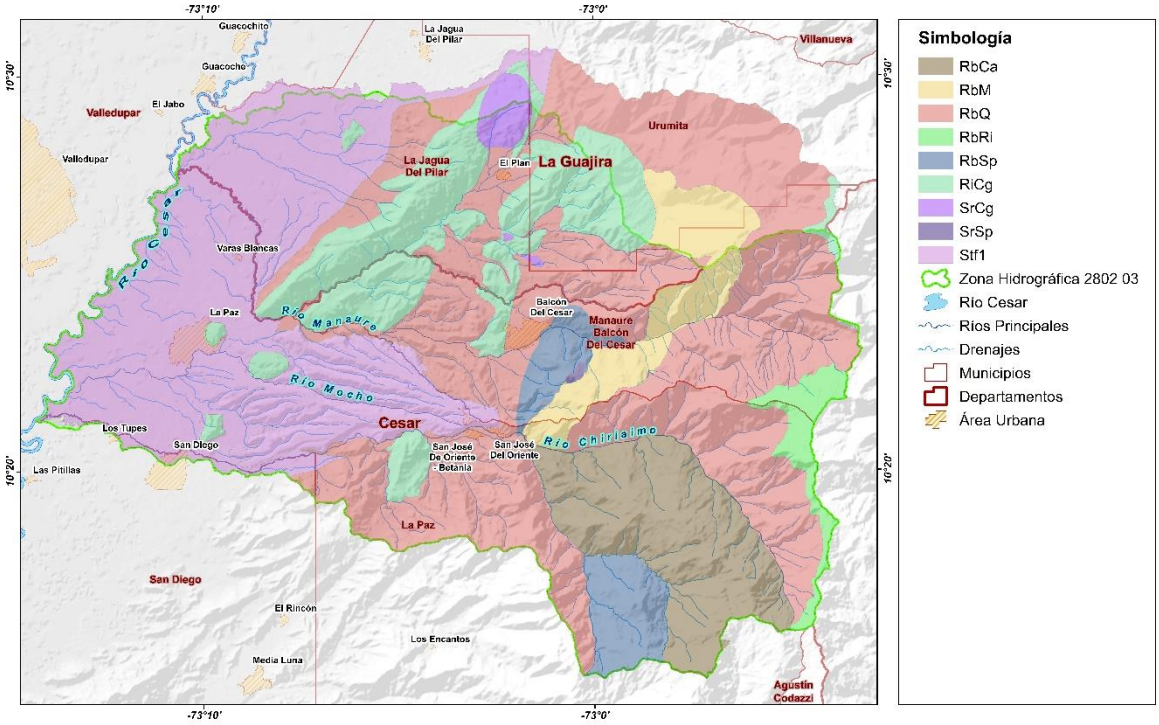



Fuente: Autores (2019).

### 2.2.2.4. Mapa de geología para Ingeniería (UGS Cuantitativo)

Las Unidades Geológicas Superficiales (UGS) corresponden a un conjunto (homogéneo) de materiales geológicos que afloran en la superficie, que provienen del mismo origen y conservan en general las mismas características físicas y de comportamiento geomecánico, hasta algunas decenas de metros por debajo de la superficie del terreno (Tomado y adaptado de Hermelín, 1985 e INGEOMINAS, 2004b). En la Figura 2-79 se representa las unidades finales para la zona de estudio, la cual son la compilación de un trabajo de fotointerpreteacion, análisis SIG, jornadas de campo y ensayos de laboratorio que estaban enfocados en definir una Genesis que indica el origen del material, una litología que habla de composición, unas propiedades geomecánicas que expresan el estado de resistencia del macizo.

**Figura 2-79. Mapa de geología para ingeniería**




Fuente: Autores (2019).

Las unidades representadas en la anterior imagen vienen complementadas bajo características y composición tal como lo recomienda la guía metodológica propuesta por la IAEG (1981) y se evidencia en la Tabla 2-44.

**Tabla 2-44. Resumen UGS**

| Tipo | Origen | Tipo | Nomenclatura | Características | Composición |
|---|---|---|---|---|---|
| Suelo | Transportado | Suelo Transportado Fluviales | Stf1 | Materiales transportados y redepositados por acción de quebradas, arroyos y ríos, o por lavado asociado a escorrentías superficiales, presentes en cauces fluviales activos o abandonados y en planicies de inundación. | Conformados por depósitos recientes, los cuales han sido transportados y acumulados a lo largo de los cauces. Estos depósitos son heterogéneos y varían desde arenas, gravas, cantos y en algunos sectores bloques de composición variada, que incluyen arenis |
| Roca | Sedimentaria Intermedia | Roca intermedia de la Formación Cogollo | RiCg | Rocas sedimentarias bien litificadas, con alto grado de consolidación, débilmente | Se constituye de calizas fosilíferas tipo Packstone de color gris claro. |

| Tipo | Origen | Tipo | Nomenclatura | Características | Composición |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | descompuesta y moderados índices de fracturamiento. | |
| Roca | Sedimentaria Blanda | Roca blanda de la Formación Manaure | RbM | Rocas sedimentarias con resistencia media | Se compone de conglomerados basales, arenitas rojas, calizas y cuarcitas |
| Roca | Sedimentaria Blanda | Roca Blanda de la Formación Cachirí | RbCa | Rocas de origen sedimentario de baja consolidación. | Se compone de areniscas ricas en cuarzo y plagioclasa de grano fino, calizas tipo wackestone de color gris oscuro a pardo rojizo, compactas, masivas. |
| Roca | Metamorfica Blanda | Roca blanda de la Serie del Perijá | RbSp | Rocas de origen metamórfico, de baja consolidación. | se compone de cuarcitas, filitas, metaconglomerados y metarenitas feldespáticas y calcáreas |
| Roca | Sedimentaria Blanda | Roca blanda de la Formación Río Negro | RbRi | | Se compone de areniscas de grano fino a medio, alto grado de oxidación y estratificación tabular. |
| Roca | Sedimentaria Blanda | Roca blanda de la Formación La Quinta | RbQ | Rocas de origen volcanosedimentario de baja consolidación. | Compuesta por areniscas cuarzo-feldespáticas de color pardo a violeta. |
| Suelo | Derivado de roca Insitu | Suelo Residual Formacón Cogollo | SrCg | Rocas con presencia de fósiles | Suelo blanco calcáreo |
| Suelo | Derivado de roca Insitu | Residual Serie Perijá | SrSp | | Suelo de tonalidad rojiza |
| Suelo | Transportado | Suelo Transportado evento morfodinamico | Stf1 | Rocas de origen volcanosedimentario de baja consolidación. | Compuesta por areniscas cuarzo-feldespáticas de color pardo a violeta. |

Fuente: Autores (2019).

## 2.3. HIDROGEOLOGÍA

Este capítulo se refiere a las características hidrogeológicas de la cuenca y el mismo presenta inicialmente una evaluación preliminar sobre la existencia de acuíferos, luego identifica las unidades geológicas que puedan conformar acuíferos de acuerdo con su características, posteriormente hace una estimación de los usos actuales y potenciales del recurso hídrico subterráneo, seguidamente estima la oferta hídrica subterránea, después determina la calidad de las aguas subterráneas, luego evalúa la vulnerabilidad a la contaminación, y finalmente identifica y especializa las zonas que deben ser objeto de protección o de medidas de manejo especial, por ser importante para conservación de los acuíferos.

La información utilizada para el desarrollo de estos análisis fue obtenida, respecto al departamento del Cesar, del documento denominado “Formulación del Plan de Manejo Ambiental del Acuífero Cesar” que fue elaborado en el marco del Convenio Interadministrativo No. 19-7-0007-0-2017 entre CORPOCESAR, la Universidad Tecnología de Pereira y el grupo de investigación de agua y saneamiento, y los POMCA de los ríos Chiriaimo y Manaure formulados en el Marco del Decreto 1729 de 2002 por la Universidad del Magdalena; y respecto a la porción del territorio de la cuenca sobre el departamento de La Guajira, la información utilizada fue obtenida de los Mapas de Hidrogeología contenidos en el Modelo Hidrogeológico del Departamento de La Guajira del año 2016, que fue elaborado por el Servicio Geológico Colombiano (SGC).

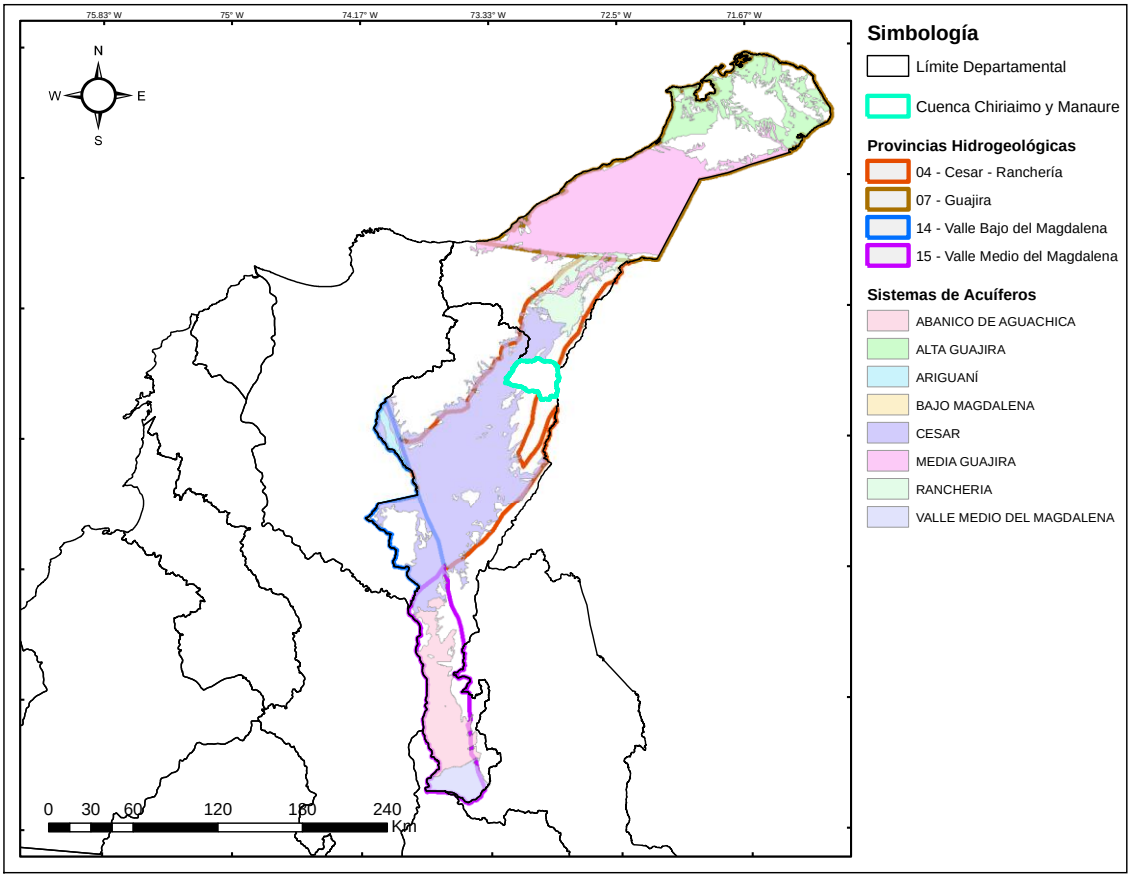
También se desarrollaron sondeos eléctricos verticales –SEV que ayudaron a complementar ciertos aspectos de las características hidrogeológicas de la cuenca. Los SEV son técnicas geofísicas directos, que consiste en determinar el parámetro de resistividad a profundidad, mediante la inyección de corriente eléctrica en el subsuelo y la medición potencial resultante a través de un arreglo electrónico. Esta técnica permite tener información a profundidad y sensibilidad en variaciones verticales y horizontales según los materiales in sito.

### 2.3.1. Evaluación preliminar sobre la existencia de acuíferos

Entre los departamentos del Cesar y La Guajira se encuentran cuatro provincias hidrogeológicas, teniendo en cuenta el tipo de porosidad de sus unidades geológicas, su importancia hidrogeológica como almacenadoras de aguas subterráneas y sus posibilidades de explotación, según la clasificación establecida por el IDEAM (2013, 2014). Estas provincias agrupan ocho sistemas de acuíferos, y de ellos el que tiene jurisdicción sobre la cuenca del río los ríos Chiriaimo y Manaure corresponde al sistema acuífero Cesar, el cual pertenece a la provincia hidrogeológica Cesar-Ranchería PC4 y tiene una extensión de 8593 km$^2$. (ver Figura 2-80).

En el departamento del Cesar, el sistema acuífero Cesar abarca los municipios de Valledupar, Manaure, La Paz, San Diego, Agustín Codazzi, Becerril, La Jagua de Ibiríco, Chiriguaná, Curumaní, El Paso y Bosconia y geográficamente corresponde al valle o planicie del Río Cesar. En tanto, en el departamento de La Guajira, el sistema acuífero Cesar abarca los municipios de La Jagua del Pilar, Urumita; Villanueva, El Molino y San Juan del Cesar.

**Figura 2-80. Provincias Hidrogeológicas y Sistemas de Acuíferos entre los departamentos de Cesar y La Guajira**



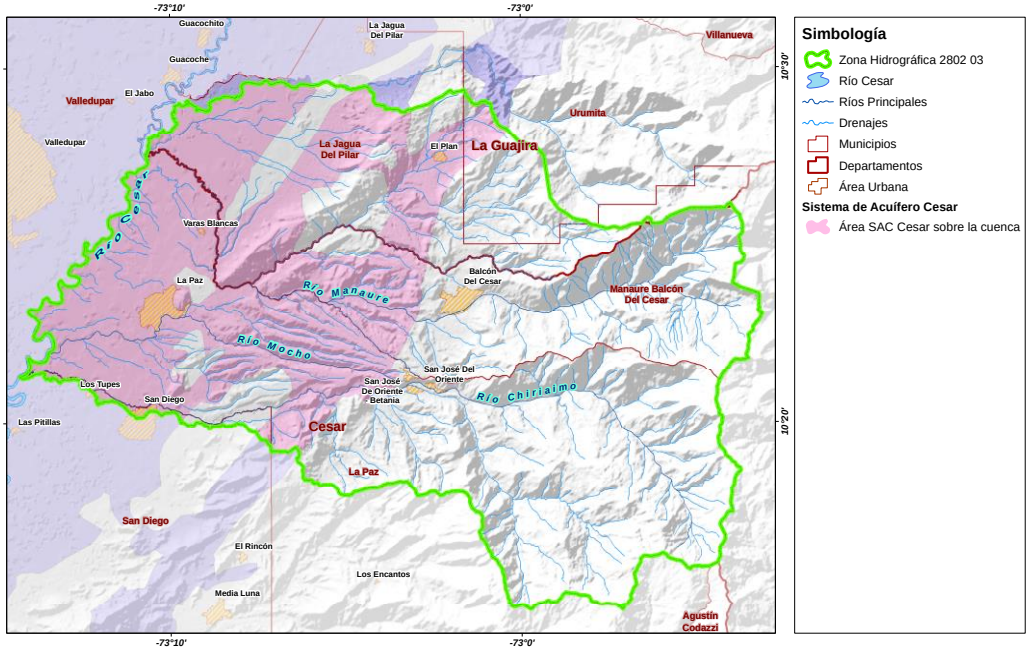

Fuente: Autores (2019), con información disponible en el Estudio Nacional del Agua: Zonificación Hidrogeológica (2010) y Sistemas de Acuíferos (2014).

De acuerdo con (INGEOMINAS, 2002), actual Servicio Geológico Colombiano, el sistema de acuífero del Cesar está conformado por gruesas intercalaciones de arenas y gravas con cantos de rocas ígneas y volcánicas, contiene aguas generalmente bajo condiciones semiconfinadas, pero las frecuentes intercalaciones arcillosas crean localmente condiciones confinantes, es explotado por cerca de 320 aljibes con profundidades de 3.0 a 10 m con rendimientos desde 0.1 hasta 5.0 l/s y por alrededor de 30 pozos con profundidades que varían desde 60 hasta 300 m., con niveles estáticos "…entre 4.0 a 8.0 m., produciendo caudales desde 5.0 hasta 120 l/s. La transmisividad del acuífero es variable con valores generalmente menores a 300 m2/día, con excepción del suroriente de Valledupar y la parte central del Río Cesar donde el acuífero alcanza su mayor espesor y la transmisividad llega a tener valores de 1300 m2/día. El coeficiente de almacenamiento es del orden de 1.0 E-03 y las capacidades específicas muy altas, mayores de 5 l/s/m". 2). A continuación, se resumen algunas especificaciones de este acuífero.

Provincia Hidrogeológica: PC4 Cesar-Ranchería.
Código: SAC4.1.
Sistema Acuífero: Cesar
Unidades Hidrogeológicas: Acuífero de Llanura Aluvial (Qlla), Acuífero Abanico Aluvial de Valledupar (Qcal), Acuífero Cuaternario Aluvial Reciente (Qal) reconocido como Acuífero Cesar, Acuífero de Terrazas (Qt), depósitos coluviales Sierra Nevada de Santa Marta y Serranía del Perijá, Acuífero Sedimentitas de Arjona, Acuífero de la Formación Cuesta, Acuífero de la Formación Cogollo (K1c) y Acuífero de la Formación La Luna y Aguas Blancas.
Tipos de Acuíferos: Libres, semiconfinados a confinados y kársticos.
Parámetros hidráulicos: B=190 a >1280 m.
K=0.2 a 144 m/d.
T=30 a 1300 m2/d.
S=1.5 x 10-3 a 1.0 x 10-3
Ss=0.05 a >5.0 l/s/
Área Superficial: 8593 Km2.

Sobre el área de la cuenca hidrográfica de los ríos Chiriaimo y Manaure aquí estudiada, este acuífero abarca la zona de 24’085.45 Hectáreas aproximadamente, tal como se muestra en el mapa de la Figura 2-81.

**Figura 2-81. Ubicación del sistema acuífero del Cesar Vs la cuenca hidrográfica de los ríos Chiriaimo y Manaure**




Fuente: Autores (2019), con información disponible en el Plan de Manejo Ambiental del Acuífero Cesar.

Según la subdivisión del sistema de acuífero del Cesar realizada por (CORPOCESAR e IDEAM, 2006), y que fue realizada teniendo en cuenta la productividad hídrica de cada subdivisión, se consideran de manera general la presencia de cuatro (4) subprovincias hidrogeológicas como son: 1) Provincia Sierra Nevada de Santa Marta, 2) Serranía de Perijá, 3) Norte de la Cordillera Oriental y 4) Planicie del Cesar. De estas subregiones, la de la Serranía del Perijá y la de la Planicie del Cesar, son las que tienen jurisdicción en la cuenca de estudio.

Con respecto a la Serranía de Perijá se tiene que se encuentra formada por metasedimentos, por rocas volcanoclásticas y sedimentarias de grano fino hasta Conglomerático y algo de caliza. La mitad norte de la subprovincia está marcada por una región árida extendida sobre rocas esencialmente no sedimentarias y en menor cantidad sobre calizas, con algún desarrollo de fracturas y karst, que ocupan el borde noroccidental, donde seguramente la recarga solo ocurre en periodos cortos de alta precipitación. La mitad sur de esta subprovincia está cubierta por una región húmeda, abarcando mayormente unidades sedimentarias de areniscas y calizas que afloran por encima de los 500 m.s.n.m.

Por su parte, la subregión Planicie del Cesar, litológicamente en su mayor parte está constituida por sedimentos aluviales con granulometría predominantemente gruesa, pertenecientes al cuaternario. En menor proporción se encuentran rocas sedimentarias de grano fino a grueso del terciario y rocas volcanoclásticas y flujos volcánicos del TriásicoJurásico, conformando estas últimas pequeños cerros aislados. Los Depósitos Cuaternarios y las rocas terciarias con buena porosidad y permeabilidad, hacen que esta provincia sea la más importante como reservorio potencialmente explotable de aguas subterráneas. En esta región se identifican una región húmeda y una árida, ambas sobre rocas sedimentarias. La primera se extiende desde el extremo sur del departamento hasta la Ciénaga de Zapatosa y desde allí hacia el nororiente, bordeando a la región montañosa hasta la altura de Manaure.

### 2.3.2. Identificación de las unidades geológicas que puedan conformar acuíferos de acuerdo con sus características

El Sistema Acuífero Abanicos Aluviales (Qcal) se encuentra representado por una serie de abanicos aluviales de origen aluvial, con sus ápices situados en las subprovincias hidrogeológicas Sierra Nevada de Santa Marta, Serranía del Perijá y Cordillera Oriental, de donde provienen, pero morfológicamente hacen parte de la Subprovincia Planicie del Cesar, sobre la que se encuentran depositados casi en su totalidad.

Los Abanicos que a continuación se relacionan se encuentran aislados unos de otros; presentan diferente importancia hidrogeológica.

- *Abanico de Codazzi*
- *Abanico de Manaure.*
- *Abanico de la Jagua de Ibirico*

Para el abanico de la subcuenca del rio Manaure se estableció las siguientes características presentadas entre la Tabla 2-45 y Tabla 2-49.

**Tabla 2-45. Importancia hidrogeológica y ubicación del Abanico Aluvial**

| Sistema Acuífero | Abanico | Importancia Hidrogeológica | Ubicación-Extensión ( km2) |
|---|---|---|---|
| ***Abanicos Aluviales (Qcal)*** | Manaure | Poca Importancia | Se origina en la Serranía del Perijá, extendiéndose hacia el occidente y Suroccidente, cubriendo un área de 30 Km2 aproximadamente. |

Fuente: POMCA de los ríos Chiriaimo y Manaure.

**Tabla 2-46. Litología, espesor y resistividad del Abanico Aluvial**

| Sistema Acuífero | Litología | Espesor | Resistividad ( Ohm-m) |
|---|---|---|---|
| ***Abanicos Manaure*** | Intercalaciones de arenas, limos y arcillas con algunos niveles de gravas y cantos donde abundan los fragmentos de calizas y areniscas. | <20 | 10 a 150 |

Fuente: POMCA de los ríos Chiriaimo y Manaure.

**Tabla 2-47. Tipo de acuífero, espesor, nivel estático, y caudal del Abanico Aluvial**

| Sistema Acuífero | Tipo de Acuífero | Espesor (promedio) | NE (m) | Caudales: lps |
|---|---|---|---|---|
| ***Abanicos Manaure*** | **Libre** | <20 | 6 a 8 | **Aljibes** ; 0.5 a 1 |

Fuente: POMCA de los ríos Chiriaimo y Manaure.

**Tabla 2-48 Calidad del agua, conductividad y aptitud para uso del Abanico Aluvial.**

| Sistema Acuífero | Calidad del agua | Conductividad Agua | Características Físico Químicas |
|---|---|---|---|
| ***Abanicos Manaure*** | Dulce, de tipo bicarbonatada cálcico magnésica | 200 mhos/cms | Aptas para el consumo humano y para riego. |

Fuente: POMCA de los ríos Chiriaimo y Manaure.

**Tabla 2-49 Conductividad hidráulica del Abanico Aluvial.**

| Sistema Acuífero | Conductividad Hidráulica (m/día) |
|---|---|
| ***Abanicos Manaure*** | ***5*** |

Fuente: POMCA de los ríos Chiriaimo y Manaure.

- Grupo de Rocas Fracturadas y Porosas con Importancia Hidrogeológica Relativa Grande a Pequeña (A3). Este grupo está conformado por dos sistemas de acuíferos que se describe a continuación:

### 2.3.2.1. Sistema Acuífero Grupo Cogollo (K1c)

El sistema Acuífero Grupo Cogollo aflora en las cuatro subprovincias hidrogeológicas del Departamento; sus afloramientos aparecen en la esquina suroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta y en la Serranía del Perijá, en las cuencas del río Manaure y Chiriaimo aparece en la parte media de ambas cuencas. Presenta un alto grado de fracturamiento y karstificación que presenta el Grupo Cogollo en superficie, así como también el rendimiento de los pozos que los captan en algunos sectores, definen a este sistema acuífero como de tipo confinado a semiconfinado, de carácter local y discontinuo, con importancia hidrogeológica variando de grande a pequeña. De la Tabla 2-50 a la Tabla 2-54 se evidencian características del sistema Grupo Cogollo.

**Tabla 2-50. Importancia Hidrogeológica del Sistema Acuífero Grupo Cogollo (K1c)**

| Sistema Acuífero | Importancia Hidrogeológica | Ubicación-Extensión ( km2) |
|---|---|---|
| ***Grupo Cogollo (K1c)*** | Grande a Pequeña debido a su alto grado de fracturamiento y karstificación y rendimiento de los pozos | Aflora en un área de 580 Km2; en la esquina suroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, en La Serranía del Perijá y en el Subsuelo de la Planicie del Cesar. |

Fuente: POMCA de los ríos Chiriaimo y Manaure.

**Tabla 2-51. Tipo de Acuífero, Espesor promedio, nivel estático, y caudales del Sistema Acuífero Grupo Cogollo (K1c)**

| Sistema Acuífero | *Sector* | *Sector* Tipo de Acuífero | Espesor | NE ( m) | Caudales : lps |
|---|---|---|---|---|---|
| ***Grupo Cogollo (K1c)*** | Sector Bloque Tectónico Codazzi-Sicarare y Becerril-La loma y Rincón Hondo | Confinado a semiconfinado, de carácter local y discontinuo | 1200 a 3000 | No reportado | Pozos: 50 a 100 lps. |

Fuente: POMCA de los ríos Chiriaimo y Manaure.

**Tabla 2-52. Litología, espesor y resistividad del Sistema Acuífero Grupo Cogollo (K1c)**

| Sistema Acuífero | Sector | Litología, Espesor y Resistividad ( Ohm-m) |
|---|---|---|
| ***Grupo Cogollo (K1c)*** | Sector Bloque Tectónico Codazzi-Sicarare | Gruesas intercalaciones de calizas, calizas arenosas y delgadas capas de limolitas calcáreas, afectadas por diaclasas y procesos de disolución (Grietas, dolinas, cavernas) especialmente en la Serranía del Perijá. Espesor reportado 1200 a 3000 m. En el sector nororiental de este bloque presenta valores de resistividad de 200 Ohm-m (Sinclinal al occidente de Codazzi) y al sur de la Estructura anterior presenta valores de 100 Ohm-m o menos hacia el flanco oriental. |

Fuente: POMCA de los ríos Chiriaimo y Manaure.

**Tabla 2-53. Tipo de acuífero, calidad y características físico química del Sistema Acuífero Grupo Cogollo (K1c)**

| Sistema Acuífero | Sector | Tipo de Acuífero | Calidad y Características Físico Químicas |
|---|---|---|---|
| ***Grupo Cogollo (K1c)*** | Sector Bloque Tectónico Codazzi-Sicarare y Becerril-La loma y Rincón Hondo | Confinado a semiconfinado, de carácter local y discontinuo | Dulces en su mayoría de tipo bicarbonatadas sódicas o magnésicas; para irrigación varia en su calidad desde adecuadas hasta de regular calidad |

Fuente: POMCA de los ríos Chiriaimo y Manaure

**Tabla 2-54. Tipo de acuífero y conductividad hidráulica del Sistema Acuífero Grupo Cogollo (K1c)**

| Sistema Acuífero | Sector | Tipo de Acuífero | Conductividad Hidráulica ( m/día) |
|---|---|---|---|
| ***Grupo Cogollo (K1c)*** | sector Bloque Tectónico Codazzi-Sicarare y Becerril-La loma y Rincón Hondo | Confinado a semiconfinado, de carácter local y discontinuo | 10-2 a 50 (Región Nororiental del Bloque Codazzi-Sicarare) |

Fuente: POMCA de los ríos Chiriaimo y Manaure

### 2.3.2.2. Sistema Acuífero Formación Río negro (Kir)

El sistema acuífero Formación Ríonegro (Kir) aflora en gran extensión en las subprovincias hidrogeológicas Serranía del Perijá y Región Norte de la Cordillera Oriental, aflorando en las cuencas de río Manaure y Chiriaimo en el sector de la Serranía del Perijá. Sus características litológicas le proporcionan un alto grado de almacenamiento de aguas subterráneas, sus áreas de recarga son restringidas por su extensión, formando acuíferos semiconfinados a confinados de carácter local, por estar supeditados a zonas fracturadas por los factores anteriores se considera de pequeña importancia hidrogeológico. De la Tabla 2-55 a la Tabla 2-59 se exponen características del sistema formación Rionegro.

**Tabla 2-55. Importancia Hidrogeológica del Sistema formación Rionegro (Kir)**

| Sistema Acuífero | Importancia Hidrogeológica | Ubicación-Extensión ($km^2$) |
|---|---|---|
| **Formación Rionegro (Kir)** | Pequeña | Aflora en gran extensión en las Subprovincia Hidrogeológicas Serranía de Perijá. |

Fuente: POMCA de los ríos Chiriaimo y Manaure.

**Tabla 2-56. Litología, espesor y resistividad del Sistema Acuífero Formación Rionegro (Kir).**

| Sistema Acuífero | Sector | Litología, Espesor y Resistividad (Ohm-m) |
|---|---|---|
| **Formación Rionegro (Kir)** | Pequeña | Secuencia constituida por areniscas de grano grueso, areniscas conglomeráticas y conglomerados con matriz arenosa, con intercalaciones de limolitas y arcillolitas, Espesor 80 a 400 m |

Fuente: POMCA de los ríos Chiriaimo y Manaure.

**Tabla 2-57. Tipo de Acuífero, Espesor promedio, nivel estático, y caudales del Sistema Acuífero Formación Rionegro (Kir)**

| Sistema Acuífero | Sector | Tipo de Acuífero | Espesor (m) | NE ( m) | Caudales : lps |
|---|---|---|---|---|---|
| **Formación Rionegro (Kir)** | Subprovincia Hidrogeológicas Serranía del Perijá | Semiconfinados a confinados de carácter local (zonas fracturadas) | 80 a 400 | 4.5 a 6 (sector sur de Rincón Hondo). | Pozos: 2 lps Promedio |

Fuente: POMCA de los ríos Chiriaimo y Manaure.

**Tabla 2-58. Calidad y características físico química del Sistema Formación Rionegro (Kir)**

| Sistema Acuífero | Sector | Características Físico Químicas |
|---|---|---|
| **Formación Rionegro (Kir)** | Subprovincia Hidrogeológicas Serranía del Perijá | Dulce, de tipo bicarbonatado cálcico-magnésico. El agua requiere ser tratada para reducir el contenido de manganeso para que sea apta para el consumo Humano. |

Fuente: POMCA de los ríos Chiriaimo y Manaure.

**Tabla 2-59 Calidad y características físico química del Sistema Formación Rionegro (Kir)**

| Sistema Acuífero | Sector | Tipo de Acuífero | Conductividad Hidráulica ( m/día) |
|---|---|---|---|
| **Formación Rionegro (Kir)** | Subprovincia Hidrogeológicas Serranía del Perijá | Semiconfinados a confinados de carácter local (zonas fracturadas) | 10-2 a 5 (Dependiendo de la densidad de fracturamiento al sur de Rincón Hondo) |

Fuente: POMCA de los ríos Chiriaimo y Manaure.

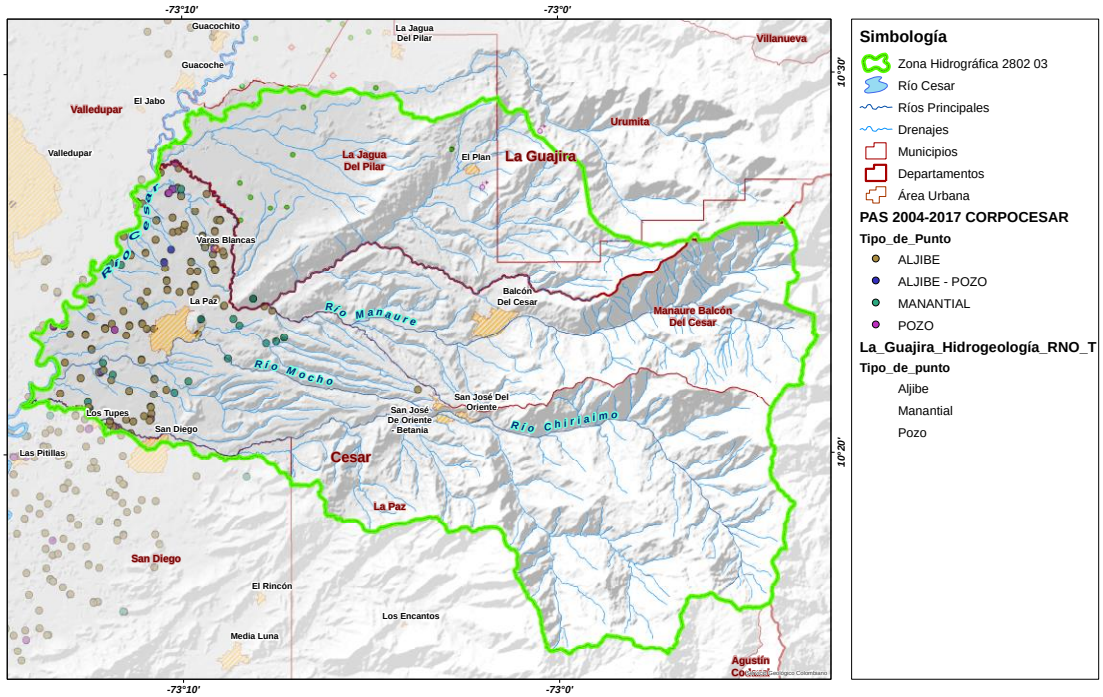
### 2.3.3. Estimación de los usos actuales y potenciales del recurso hídrico subterráneo

Los usos del sistema de acuífero del Cesar están representados principalmente por el consumo doméstico, agropecuario y la explotación del carbón a cielo abierto por la mediana y gran minería.

La Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR) ha venido realizando inventarios de PAS desde el año 2004 hasta el 2017, donde se logran identificar puntos tipo pozos, aljibes, aljibe – pozos, manantiales y piezómetros, a los que se les han practicado análisis fisicoquímicos y algunos han sido sometidos a pruebas de bombeo. En total se identificaron 4246 PAS en el sistema acuífero Cesar en los municipios de Valledupar, La Paz, San Diego, Codazzi, Chiriguaná, Curumaní, El Paso, Bosconia, La Jagua de Ibiríco y Becerril. No obstante, es importante aclarar que el inventario es cambiante, dado que para cada visita al mismo predio puede existir un mayor o menor número de puntos (PAS nuevos, cerrados o abandonados) y teniendo en cuenta que muchos de los puntos han sido visitados solamente una vez durante el período 2004-2017 es posible pensar que muchos de los puntos ya no existen o por el contrario existan unos nuevos que no han sido inventariados.

De los pozos identificados, lo que se localizan en la cuenca de los ríos Chiriaimo y Manaure son 153, los cuales se pueden visualizar en el mapa de la Figura 2-82 y están ubicados en los municipios de la Paz y Sandiego.

**Figura 2-82. Inventario de Pozos presentes en el área de la cuenca de los ríos Chiriaimo y Manaure**




Fuente: Autores (2019), con información disponible en el Plan de Manejo Ambiental del Acuífero Cesar y El Modelo Hidrogeológico del departamento de la Guajira.

De los pozos identificados, el POMCA del río Manaure y Chiriaimo formulado en el año 2010 en el marco del Decreto 1729 de 2002, caracterizó tres. Estos son Santa María, El Trabajo y Varas Blancas; los cuales están ubicados en los municipios de la Paz y Sandiego.

A continuación, son descritos:

- **Pozo Santa María:** Se encuentra Ubicado en el municipio de la Paz, Cesar, es un pozo con revestimiento en PVC, explotado con bomba eléctrica, que posee como construcciones complementarias dos albercas con capacidad de 11.3 y 5.7 $m^3$ y un tanque de almacenamiento con un volumen de 8.79 $m^3$, para un volumen total de almacenamiento de 25.8 $m^3$. Se encuentra en funcionamiento normal, es utilizado en galpones de porquerizas, uso doméstico y consumo para 8 personas, además del riego de plantaciones de plátano, papaya y pasto. (ver Figura 2-83).

**Figura 2-83. Estación de bombeo y tanque de almacenamiento del Pozo Santa María**



Fuente: POMCA Chiriaimo.

- **Pozo El Trabajo:** Se encuentra ubicado en el municipio de la Paz, Cesar. Pozo perforado con revestimiento en PVC, con diámetro exterior de 8.5 pulgadas y 0.39 metros de altura sobre el nivel del suelo. (ver Figura 2-84).

**Figura 2-84. Boca del pozo El Trabajo**



Fuente: POMCA Chiriaimo.

- **Pozo Varas Blancas:** Se encuentra Ubicado en el corregimiento de Varas Blancas en el municipio de la Paz. Pozo perforado con revestimiento en hierro, con explotación con bomba eléctrica, cuenta con tanque elevado. Se encuentra en normal funcionamiento, siendo utilizado para abastecimiento del corregimiento el cual cuenta con una población aproximada de 395 personas. (ver Figura 2-85).

**Figura 2-85. Estación de bombeo del Pozo Varas Blancas**



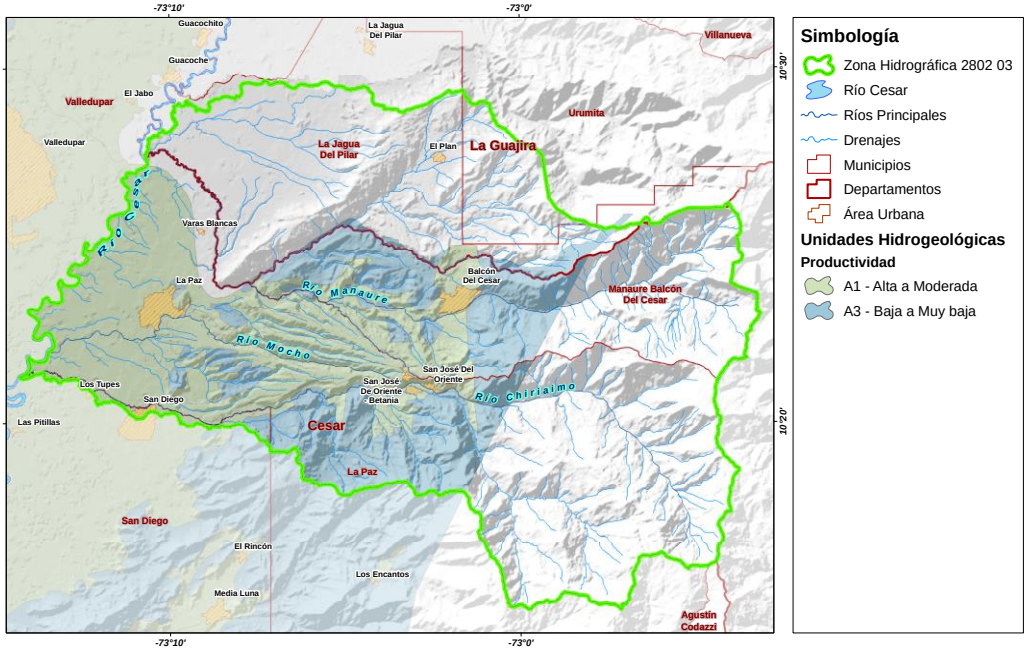
Fuente: POMCA Chiriaimo.

En general los usos a los que son sometidos actualmente son en uso agrícola, industrial y de servicio.

### 2.3.4. Estimación la oferta hídrica subterránea

Según los análisis realizados por el Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos del Cesar elaborado en el año 2017 se tiene, que las unidades hidrogeológicas que tiene lugar en la cuenca en estudio son de tipo A1 y A3, el primero que corresponde a acuíferos de alta y moderada productividad y el segundo que corresponde a acuíferos de baja y muy baja productividad tal como se puede notar en la Figura 2-86.

**Figura 2-86. Niveles de Productividad de las unidades Hidrogeológicas de los Acuíferos**




Fuente: Autores (2019), con información disponible en el Plan de Manejo Ambiental del Acuífero Cesar.

Esta condición hace que el acuífero de tipo A1 tenga un gran potencial de ser usado, mientras que acuífero de tipo A3 no tenga esa condición.

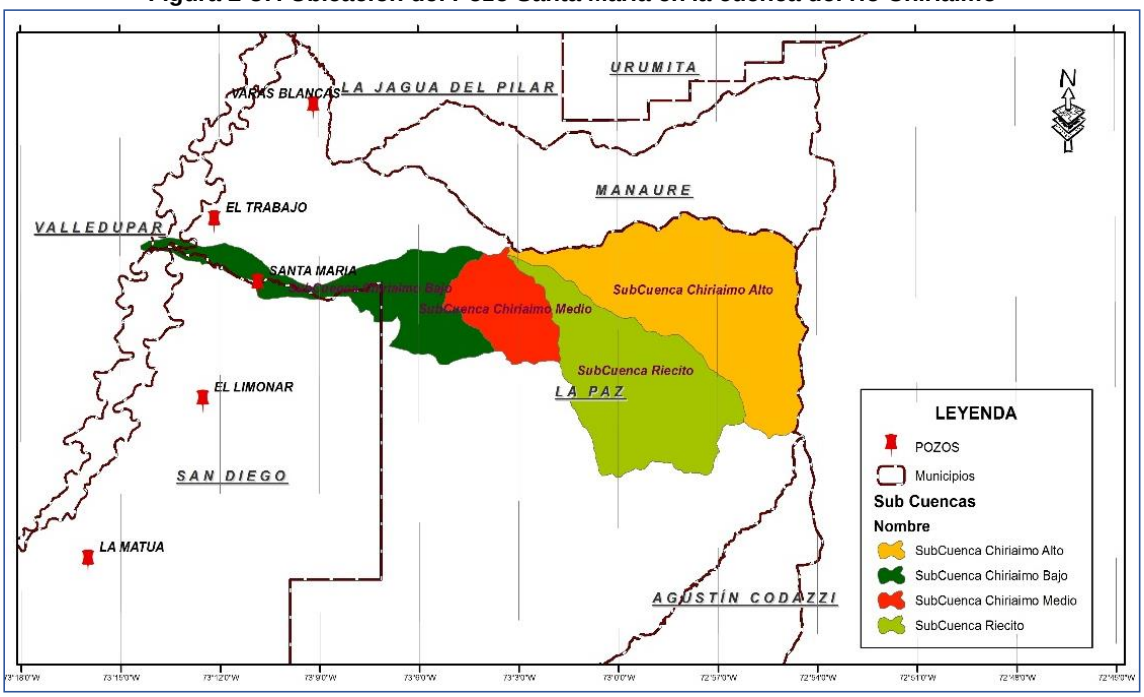
Los tipo A1 se encuentran ubicados en la de la Planicie del Cesar siendo de alta a moderada productividad en la unidad hidrogeológica se encuentran conformados por los depósitos de llanura aluvial (Qlla), depósitos aluviales recientes (Qal), abanicos o conos aluviales (Qcal) y terrazas aluviales (Qta) que en general, están conformados por intercalaciones de arenas, gravas y niveles de lodos que en algunos sectores le imprimen cierto grado de confinamiento, buenas permeabilidades y porosidades, baja compactación, generando acuíferos de porosos de tipo libre a semiconfinado.

El tipo A3 se encuentran ubicados en la Serranía del Perijá y son de muy baja productividad localizados en las partes marginales del Acuífero priorizado Cesar, los cuales presentan porosidades primarias a secundarias (fracturas, diaclasas y disolución) y permeabilidades variables de acuerdo con la litología. En el área están conformados por las unidades cretácicas, jurásicas y algunas paleozoicas, que hacen parte de los bloques tectónicos Rincón Hondo y Los Venados, generando acuíferos confinados a semiconfinados fracturados de apariencia continua a localmente discontinua (disolución), de extensión local y de muy pequeña importancia hidrogeológica. Niveles estáticos de las rocas cretácicas (K1c) presentan valores desde los 0.21 m a 2.84 m de profundidad, sugiriendo captaciones en acuíferos someros.

### 2.3.5. Calidad de las aguas subterráneas

En la propuesta de POMCA del río Chiriaimo formulada por la Universidad del Magdalena en el marco del Decreto 1729 de 2002, se hizo un análisis que buscó estimar la calidad del acuífero para su uso en la parte baja de la cuenca del río Chiriaimo. En ese sentido se tomaron los resultados del análisis de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua de las muestras tomadas en los pozos ubicados entre los municipios de La Paz y San Diego, entre los cuales se detectan tres ubicados en los límites de la cuenca de los ríos Chiriaimo y Manaure aquí estudiados. Estos son Vargas Blancas, el Trabajo, y Santa María. (ver Figura 2-87).

**Figura 2-87. Ubicación del Pozo Santa María en la cuenca del río Chiriaimo**




Fuente: Planes de Ordenamiento y Manejo de las Cuencas Hidrográficas de los Ríos Chiriaimo y Manaure formulados en el marco del Decreto 1729 de 2002.

Con base a los reportes de los pozos y las concesiones de aguas subterráneas se tuvieron en cuenta los parámetros fisicoquímicos para la determinación de la calidad del agua. Por consiguiente, la suma de los cationes y aniones presenta diferencias en cada uno de los pozos analizados, es decir, la suma de aniones es siempre mayor, lo cual se debe posiblemente a una retención de cationes por parte del suelo que posee una capacidad de permeabilidad selectividad de iones.

Los valores de pH en los pozos evaluados se encuentran dentro de los rangos establecidos por la normatividad colombiana (Decreto 1594 de 1984), categorizándolos en la mayoría de

los casos como pH neutros con tendencias a la basicidad (ver Tabla 2-60), lo cual permite el uso del recurso en fines agrícolas, domésticos, de recreación, preservación de fauna y flora.

**Tabla 2-60. Valores de parámetros fisicoquímicos**

| PARÁMETROS | Santa María | El Trabajo | Varas Blancas |
|---|---|---|---|
| **Alcalinidad mg/l** | 108 | 112 | 114 |
| **Conductividad µS/cm** | 400 | 495 | 519 |
| **Cloruros mg/l Cl-** | 44 | 38 | 27 |
| **Carbonatos mg/l CO3** | 59 | 58 | 61 |
| **Bicarbonatos mg/l CO3** | 50 | 52 | 53 |
| **Sólidos disueltos mg/l** | 375 | 441 | 485 |
| **Sólidos Suspendidos mg/l** | 29 | 21 | 32 |
| **Alcalinidad mg/l** | 150,3 | 169 | 200 |
| **Dureza Total mg/l** | 118 | 111 | 115 |
| **Turbiedad NTU** | 1.41 | 1.26 | 0.97 |
| **Hierro mg/l** | 0.57 | 0.35 | 0.37 |
| **Color Verdadero UPt/Co** | 10 | 10 | 10 |
| **Fosfatos mg/l** | 0.09 | 0.09 | 0.08 |
| **Calcio mg/l** | 69 | 68 | 58 |
| **Magnesio mg/l** | 0.31 | 0.15 | 0.11 |
| **Salinidad** | 0 | 0 | 0 |
| **Sodio mg/l** | 0.98 | 1.3 | 1.2 |
| **Sulfatos mg/l** | 90,4 | 58,3 | 250 |
| **pH** | 6.8 | 6.97 | 7.57 |
| **Temperatura °C** | 26.3 | 29 | 28.9 |

Fuente: POMCA Chiriaimo.

También se evalúaron algunos parámetros relacionados con la suma de Aniones y Cationes. (ver Tabla 2-61).

**Tabla 2-61. Suma de Aniones y Cationes**

| PARÁMETRO | SANTA MARÍA | | EL TRABAJO | | VARAS BLANCAS | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Anión | Catión | Anión | Catión | Anión | Catión |
| **Carbonatos** | 59 | | 58 | | 61 | |
| **Bicarbonatos** | 50 | | 52 | | 53 | |
| **Nitritos** | 0.34 | | 0.38 | | 0.58 | |
| **Fosfatos** | 0.45 | | 0.57 | | 0.69 | |
| **Nitratos** | 0.09 | | 0.09 | | 0.08 | |
| **Calcio** | | 69 | | 68 | | 58 |
| **Magnesio** | | 49 | | 43 | | 49 |
| **Potasio** | | 0.45 | | 0.41 | | 0.47 |
| **Sodio** | | 0.98 | | 1.3 | | 1.2 |
| **Cloruros** | 44 | | 38 | | 27 | |
| **Suma** | **153.8** | **119.4** | **149** | **112.7** | **142.3** | **108.6** |
| **Error (%)** | 22.37 | | 24.38 | | 23.68 | |

Fuente: POMCA Chiriaimo.

De acuerdo a los resultados obtenidos, las aguas de los pozos de Santa María, El trabajo y Varas Blancas se encuentran aptas para uso agrícola y labores domésticas sin inconvenientes, para el consumo humano es necesario realizar un proceso de remoción de metales como hierro, calcio, magnesio y manganeso. Los valores de coliformes están en todos los casos dentro de los niveles permisibles. En todos los casos no existen diferencias significativas en cuanto a los niveles de pH encontrados, por lo cual este parámetro no implica algún tipo de restricción.

Adicionalmente, en el estudio titulado *Caracterización Microbiológica y Fisicoquímica de Aguas Subterráneas de los Municipios de La Paz y San Diego* se presentan los resultados de los análisis a 93 aljibes, los cuales mostraron diferentes problemas asociados a la calidad de agua, representados por el elevado contenido de nitratos y nitritos; el exceso en el contenido de sales totales como cloruros, sodio, magnesio, asociados con alta salinidad y conductividad encontrados en algunas zonas, limitando el uso de esta agua para riego y para abrevadero de animales.

### 2.3.6. Prospección Geoeléctrica

#### 2.3.6.1. Generalidades del Método Geoeléctrico

La geofísica efectuada en los alrededores de la cuenca del cesar, está basada en el método de los Sondeos Eléctricos Verticales, con el cual se puede obtener información de modo rápido y económico algunas de las características geológicas y geotécnicas del subsuelo, siempre y cuando existan contrastes apreciables de resistividad entre los diferentes materiales presentes en el subsuelo. Ésta es una técnica geofísica propia de la Geología, permite la posibilidad de conocer en tiempo breve la organización lateral y vertical de los diferentes tipos de rocas y suelos, constituyentes de la litología de un sitio en particular deduciendo las condiciones de permeabilidad; además determina la profundidad y relieve del lecho rocoso sobre el cual están depositados sedimentos y suelos; y la presencia de capas saturadas con agua.

El método eléctrico de resistividad, también denominado Geoeléctrico, es el más utilizado en la exploración de aguas subterráneas. Con este método se obtiene una buena interpretación geológica del subsuelo, se localizan zonas saturadas con agua y se determina la calidad del agua presente.

En la naturaleza, el subsuelo no es homogéneo ni isotrópico, la resistividad calculada es una resistividad aparente del medio, y es función de las resistividades y espesores de las capas, de la intensidad de la corriente aplicada, del potencial generado, así como de la geometría o disposición de los electrodos. De las resistividades aparentes se deducen las resistividades verdaderas y el espesor de las capas haciendo uso de métodos físico-matemáticos. De la correlación de estos parámetros y los datos existentes se obtiene la información geológica e hidrológica del subsuelo.

El método geoeléctrico consiste básicamente en introducir una corriente desde la superficie a través del subsuelo, cuya profundidad de flujo aumentará al hacer cada vez mayor la separación entre los focos de corriente, su potencial se mide con métodos convencionales. La resistividad del medio atravesado por la corriente se calcula aplicando la Ley de Ohm, la cual relaciona el comportamiento físico de las rocas y el iónico de los fluidos contenidos en los poros. Esta Ley expresa que la diferencia de potencial entre dos puntos es igual a la intensidad de la corriente, multiplicada por la resistencia del conductor. La ecuación describa es la siguiente:

$$\Delta V = IR$$

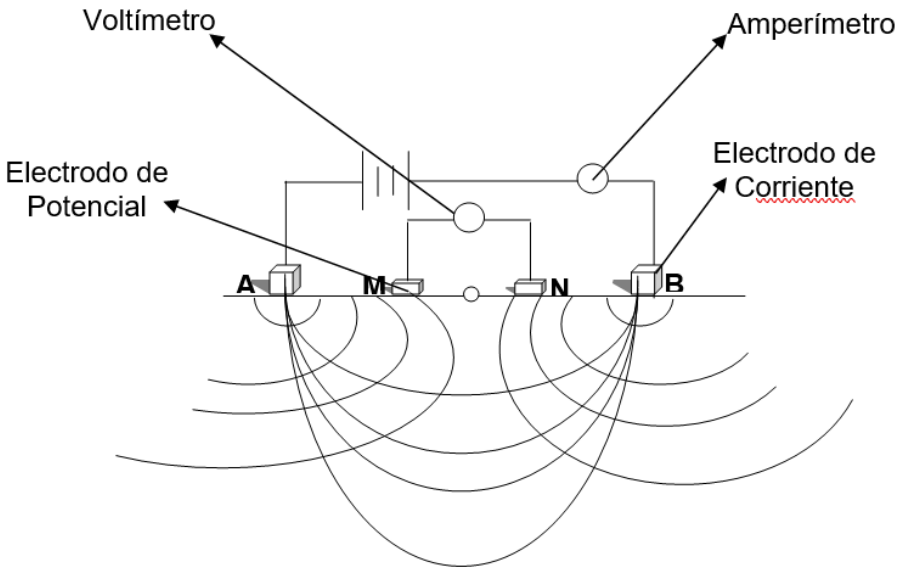
Donde, **Δ V**: es la diferencia de potencial

**I**: es la intensidad de la corriente

**R**: es la resistencia del conductor

Para investigar cambios en la resistividad con la profundidad, el tamaño de arreglo de los electrodos debe variar. Según los sistemas más utilizados, estas medidas se realizan colocando sobre la superficie cuatro electrodos en línea recta y dispuesta simétricamente respecto a un centro de medición llamado también centro de referencia. La resistividad aparente es afectada por el material a profundidades cada vez más grandes (mayores volúmenes) a medida que los electrodos se van distanciando. Para hallar las resistividades, se genera un campo de potenciales con dos electrodos de corriente, (A y B), induciendo una corriente I conocida a través de ellos. Se mide la diferencia de potencial ΔV entre dos electrodos de potencia, (M y N). Se calcula luego el coeficiente Geométrico (K) de acuerdo con la disposición usada para los electrodos. (ver Figura 2-88).

**Figura 2-88. Circuito de corriente con dos electrodos**




Fuente: Estudio hidrogeológico mediante Sev.

El conjunto de electrodos puede tener cualquier disposición geométrica sobre la superficie del terreno; estas disposiciones son llamadas configuraciones y reciben el nombre de su investigador. Se han adoptado varias configuraciones para la disposición de los electrodos en un sondeo geoeléctrico; para el presente estudio se utilizó el dispositivo o configuración conocido como Schlumberger, para este arreglo la separación de los electrodos de potencial es MN y la de los electrodos de corriente es AB, siendo AB mucho mayor que MN (en una relación 3 a 1), esta configuración mantiene la distancia de MN constante para cada medición a medida que aumenta la distancia de AB. Con esta configuración la resistividad, se expresa según la siguiente ecuación.

$$\rho_a = \frac{\left(\frac{AB}{2}\right)^2 - \left(\frac{MN}{2}\right)^2}{MN} \frac{\Delta V}{I} * \pi \quad \text{O,} \quad \rho_a = K \frac{\Delta V}{I}$$

Dónde:

$\rho_a$ = Resistividad aparente
K = Coeficiente geométrico
$\Delta V$ = Diferencia de potencia
$I$ = Intensidad de la corriente

### 2.3.6.2. Parámetros que caracterizan las resistividades del suelo

La resistividad eléctrica varía entre diferentes materiales geológicos dependiendo principalmente de las variaciones en contenido de agua y los iones disueltos en el agua, por ello, pueden usarse las investigaciones sobre la resistividad para identificar zonas con diferentes propiedades eléctricas, que pueden entonces hacer referencia a distintos estratos geológicos. La resistividad también llamada resistencia específica, que es la inversa de la conductividad o conductancia específica.

Los minerales más comunes que forman los suelos y las rocas tienen una resistividad más alta en condiciones secas, y la resistividad de suelos y rocas es por lo tanto función de la cantidad y calidad de agua en los poros y fracturas.

También es importante el grado de conexión entre las cavidades; en consecuencia, la resistividad de un determinado tipo de suelo o roca puede variar ampliamente, como lo muestra la Tabla 2-62. Sin embargo, la variación puede ser más limitada en un área geológica confinada, y las variaciones de la resistividad en cierto tipo de suelo o roca reflejarán las variaciones en las propiedades físicas, Por ejemplo: las resistividades más bajas encontradas para areniscas y calizas significan que los espacios debido a la porosidad y fracturación están saturados con agua, mientras que los valores más elevados representan rocas sedimentarias fuertemente consolidadas o rocas secas sobre la superficie del agua subterránea. Las rocas sedimentarias de arena y grava también pueden tener resistividades muy bajas, si los espacios intergranulares están saturados con aguas salinas.

**Tabla 2-62. Resistividades referenciales de suelos naturales genéricos**

| Tipo de Suelo | ρ (Ohm-m) |
|---|---|
| Limos, Arcillas, Suelo Vegetal y de Cultivo | 10 – 100 |
| Tierra Fina, Turbas, Concreto Húmedo (suelo) | 100 – 300 |
| Tierra Aluvial, Arenas firmes, suelo seco | 300 – 800 |
| Arena Eólica, Lecho de Río, Cascajo | 800 – 3000 |
| Rocas Estratificado, Fracturadas, Monolíticas | 3000 – 10000 |
| Suelos de Feldespatos, Micas, Cuarzos | 5000 – 30000 |

Fuente: Boletín Geológico. Volumen 29. P.1-127. Bogotá – Colombia. ISSN – 0120-1425, INGEOMINAS.

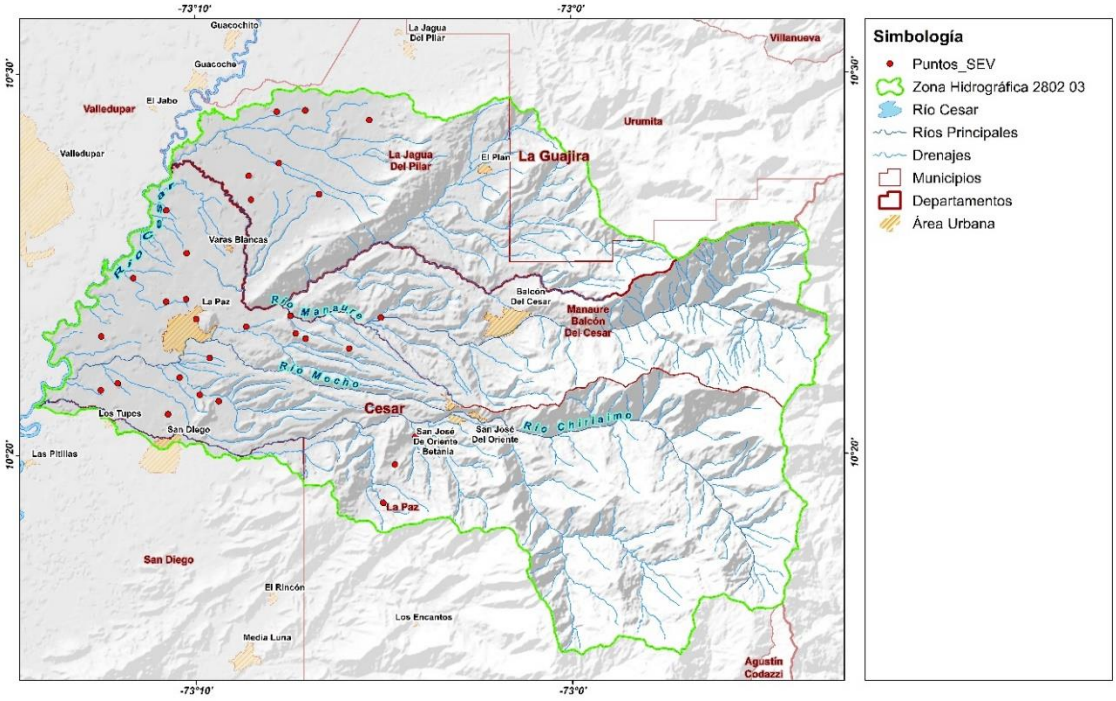
La cantidad de agua en un material depende de la porosidad, que puede ser dividida en una porosidad primaria y secundaria. La primaria consiste en los espacios de poros entre las partículas minerales, y tiene lugar en suelos y rocas sedimentarias. La porosidad secundaria consiste en fracturas y zonas meteorizadas, y es la porosidad más importante en rocas cristalinas tales como granitos y gneis. La porosidad secundaria también puede ser importante en ciertas rocas sedimentarias, tales como las calizas. Incluso si la porosidad es bastante baja, la conducción eléctrica tiene lugar por medio de los poros llenos de agua, que pueden reducir enormemente la resistividad del material.

### 2.3.6.3. Toma de datos mediante SEV

Se hizo necesario la realización de los SEV, ya que serán aplicados a la caracterización geofísica del subsuelo, estratigrafía, litología y la determinación de las características hidrogeológicas a partir de los rangos de resistividades que se encuentren en los puntos propuestos y como apoyo para la corroboración y realización de la zonificación de zonas objeto de protección y/o de manejo especial. Los métodos utilizados para esta actividad fueron.

Para el presente estudio se referenciaron 30 puntos donde se consideró de utilidad realizar los sondeos eléctricos, ya que la geología regional descrita en la fase de aprestamiento, la pendiente, su ubicación respecto al cauce más cercano y las características hidrogeológicas revelan que son puntos que son de interés. (ver Figura 2-89).

**Figura 2-89. Localización de puntos para SEV**




Fuente: Autores (2019).

En la Tabla 2-63 se listan las coordenadas con sistema magna Colombia Bogotá donde se realizaron los sondeos.

**Tabla 2-63. Coordenadas geográficas para el desarrollo de los SEV**

| Nombre | Latitud | Longitud |
|---|---|---|
| SEV 01 | 10,36175 | -73,208583 |
| SEV 02 | 10,385306 | -73,208278 |
| SEV 03 | 10,36475 | -73,201047 |
| SEV 04 | 10,35125 | -73,178806 |
| SEV 05 | 10,410778 | -73,194028 |
| SEV 06 | 10,400364 | -73,1795 |
| SEV 07 | 10,367258 | -73,173639 |
| SEV 08 | 10,359694 | -73,164722 |
| SEV 09 | 10,356861 | -73,156333 |
| SEV 10 | 10,440361 | -73,179361 |
| SEV 11 | 10,421639 | -73,170361 |
| SEV 12 | 10,401503 | -73,170694 |
| SEV 13 | 10,39275 | -73,16625 |
| SEV 14 | 10,375778 | -73,160361 |
| SEV 15 | 10,386389 | -73,122167 |
| SEV 16 | 10,312222 | -73,083653 |
| SEV 17 | 10,389389 | -73,144111 |
| SEV 18 | 10,3841 | -73,117764 |
| SEV 19 | 10,328972 | -73,078417 |
| SEV 20 | 10,394111 | -73,124528 |
| SEV 21 | 10,341028 | -73,069333 |
| SEV 22 | 10,379722 | -73,098528 |
| SEV 23 | 10,393222 | -73,084417 |
| SEV 24 | 10,455361 | -73,142806 |
| SEV 25 | 10,444889 | -73,141806 |
| SEV 26 | 10,483306 | -73,130306 |
| SEV 27 | 10,460861 | -73,129417 |
| SEV 28 | 10,44725 | -73,111667 |
| SEV 29 | 10,483881 | -73,117664 |
| SEV 30 | 10,479611 | -73,089333 |

Fuente: Autores (2019).

Debido a las características intrínsecas de estos sistemas de acuíferos, se priorizaron los sondeos en los sistemas de llanura aluvial y abanicos aluviales, los cuales se encuentran concentrados en la zona media y baja de la cuenca, estos sistemas se priorizan debido a que forman acuíferos continuos, de extensión regional, pueden ser de tipo libre a confinado y tienen una importancia hidrogeológica relativa que varía de grande a pequeña según el sector donde se encuentre; además según la característica hidrológicas de la cuenca Cesar-Rancheria se localizan producciones de agua de hasta $50^6$ $m^3$/año dada por el IDEAM.

En la elección de los puntos también se tuvo en cuenta que el departamento del Cesar está dividido por Angel (Ibidem) en tres grandes grupos hidrogeológicos, teniendo en cuenta el tipo de porosidad de sus unidades geológicas, su importancia hidrogeológica como almacenadoras de aguas subterráneas y sus posibilidades de explotación.

- Grupo de Sedimentos y Rocas Porosas con Importancia Hidrogeológica Relativa Grande a Muy pequeñas.
- Grupo de Rocas Fracturadas y Porosas con Importancia Hidrogeológica Relativa Grande a Pequeña.
- Grupo de Sedimentos y Rocas Porosas o Fracturadas con muy pequeña importancia Hidrogeológica o sin importancia.

La subcuenca del Manaure se localiza en sólo dos grupos. Grupo de Sedimentos y Rocas Porosas con Importancia Hidrogeológica Relativa Grande a Muy pequeñas, y Grupo de Rocas Fracturadas y Porosas con Importancia Hidrogeológica Relativa Grande a Pequeña; debido a estas características intrínsecas de estos sistemas de acuíferos, se priorizaron los sondeos en los sistemas de llanura aluvial y abanicos aluviales, los cuales se encuentran concentrados en la zona media y baja de la cuenca, estos sistemas se priorizan debido a que forman acuíferos continuos, de extensión regional, pueden ser de tipo libre a confinado y tienen una importancia hidrogeológica relativa que varía de grande a pequeña según el sector donde se encuentre.

### 2.3.6.4. Equipo utilizado

Se utilizó un equipo para prospecciones geoeléctricas en corriente continua, llamado Earth Resistivity Instruments, con formado por una unidad de potencia o transmisor para introducir corriente al terreno y una unidad de medida o receptora para medición de potenciales, ambos independientes.

Este equipo está equipado con un pack de baterías internas de 12 voltios, 14 amperios y una fuente externa que está constituida por una batería de 12 VDC tipo vehicular con voltajes de salida de 50 hasta 850 V, en VDC, corriente máxima de entrada 15 A DC con las siguientes condiciones de operación:

| Voltaje de Salida | Corriente |
|---|---|
| 50 V | 3000mA |
| 100 V | 1500 a 3000 mA |
| 200 V | 750 a 1600 mA |
| 500 V | 400 a 800 mA |
| 700 V | 200 a 400 mA |

En el circuito potencial o receptor que conforman la unidad de medida está instalado un voltímetro de precisión digital con impedancia de entrada: de 1 megaohm y escala de

lectura: 0.1 V – 1000 V. Para la eliminación de los voltajes parásitos, el equipo de medida está provisto de una unidad compensadora de SP, para compensar voltajes de 3 mV, 10 mV, 30 mV, 100 mV, y 300 mV. Cinco escalas positivas y cinco negativas, según el caso.

Como accesorios periféricos se utilizó un cable con las siguientes especificaciones: diámetro exterior de 3.25 mm, peso de 15 Kg/Km, resistencia eléctrica de 50 ohm-Km, resistencia eléctrica al aislamiento de 100 M ohm-m. Se utilizaron como electrodos de corriente varillas solidas de hierro con revestimiento de cobre de 50 cms de longitud 1 1/2" de diámetro; como electrodos de potencia varillas hierro con revestimiento de cobre de igual dimensión y longitud que las de corriente. La distancia de separación de los electrodos de corriente (AB/2) utilizados fue de 400 metros, suspendiendo la toma de las medidas cuando se presentaban lecturas de potencial menores a 1 mV. (ver Figura 2-90).

**Figura 2-90. Equipo para prospecciones geoeléctricas en corriente continua, Earth Resistivity Instruments**



Fuente: Autores (2019).

### 2.3.6.5. Interpretación de SEV y correlación hidrogeológica

Debido a que los SEV son un método indirecto (a partir de los resultados se infiere la causa), siempre es posible obtener más de una solución para un mismo conjunto de datos. De ahí la importancia de realizar sondeos paramétricos (sondeos ejecutados en sitios donde se conoce la estratigrafía del subsuelo y la calidad del agua allí contenida). Para este estudio no fue posible realizar un sondeo paramétrico ya que no existen en los alrededores pozos con columna litológica conocida. Entonces, para el análisis de los datos geofísicos obtenidos sólo han sido tenidos en cuenta la experiencia obtenida en exploraciones geoeléctricas en La Guajira. Esto ha permitido relacionar valores de resistividad aparente

con tipos de litología y agua subterránea. (ver Tabla 2-64). Estos resultados están acordes con conclusiones hechas por el Instituto de Geología y Minería (INGEOMINAS).

**Tabla 2-64. Interpretación de rangos de resistividad aparentes**

| RESISTIVIDAD Ohm-m | INTERPRETACIÓN |
|---|---|
| ρ ≤ 6 | Sedimentos con agua salada |
| 6 < ρ < 10 | Sedimentos con agua salobre |
| 10 < ρ < 20 | Arcillas con agua dulce o arenas con agua dulce a débilmente dulce |
| ρ ≥ 20 | Sedimentos con agua dulce o rocas masivas |

Fuente: Autores (2019).

**Treinta (30)** SEV fueron ejecutados en el presente estudio. La Figura 2-89 presentan información sobre la localización del sondeo. En la Tabla 2-63 están consignados algunos datos del sondeo como, coordenadas geográficas WGS 84, las coordenadas planas con origen central y la cota aproximada; y en la Tabla 2-65 están consignados algunos datos básicos de los sondeos. Para ubicar la posición de cada electrodo y asegurar la linealidad del arreglo fue empelado un nivel de precisión.

**Tabla 2-65. Datos generales de los sondeos eléctricos verticales**

| SEV | AZIMUT (grados) | AB/2 MÁXIMO (metros) | ERROR DE AJUSTE % |
|---|---|---|---|
| **SEV 01** | 332 | 300 | 3.6 |
| **SEV 02** | 75 | 300 | 3.79 |
| **SEV 03** | 350 | 300 | 3.27 |
| **SEV 04** | 188 | 300 | 3.69 |
| **SEV 05** | 80 | 300 | 4.18 |
| **SEV 06** | 10 | 300 | 3.68 |
| **SEV 07** | 122 | 300 | 2.38 |
| **SEV 08** | 126 | 300 | 4.72 |
| **SEV 09** | 254 | 300 | 3.67 |
| **SEV 10** | 110 | 300 | 1.95 |
| **SEV 11** | 25 | 300 | 3.14 |
| **SEV 12** | 330 | 300 | 7.51 |
| **SEV 13** | 206 | 300 | 5.17 |
| **SEV 14** | 30 | 300 | 2.23 |
| **SEV 15** | 160 | 300 | 3.31 |
| **SEV 16** | 340 | 300 | 5.43 |
| **SEV 17** | 257 | 300 | 3.97 |
| **SEV 18** | 100 | 300 | 4.14 |
| **SEV 19** | 100 | 300 | 3.18 |
| **SEV 20** | 297 | 300 | 3.03 |
| **SEV 21** | 219 | 300 | 5.16 |

| SEV | AZIMUT (grados) | AB/2 MÁXIMO (metros) | ERROR DE AJUSTE % |
|---|---|---|---|
| **SEV 22** | 188 | 300 | 4.91 |
| **SEV 23** | 61 | 300 | 2.64 |
| **SEV 24** | 280 | 300 | 4.03 |
| **SEV 25** | 118 | 300 | 3.45 |
| **SEV 26** | 30 | 300 | 5.28 |
| **SEV 27** | 235 | 300 | 7.34 |
| **SEV 28** | 212 | 300 | 9.45 |
| **SEV 29** | 208 | 300 | 6.26 |
| **SEV 30** | 210 | 300 | 9.16 |

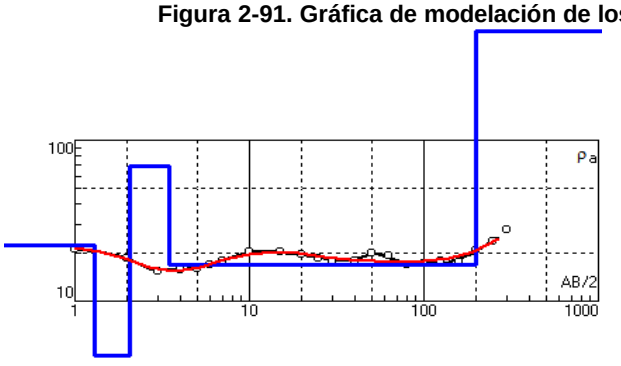
Fuente: Autores (2019).

Para poder interpretar los sondeos fue utilizado el programa IPI2Win. Este es un programa diseñado por la Universidad Estatal de Moscú para interpretar curvas de resistividades y polarización inducida, en una dimensión. Para resolver los problemas inversos, este programa utiliza el algoritmo de Newton del menor número de capas. La Figura 2-91 presenta la modelación hecha para cada sondeo.

En esta gráfica se muestra la curva teórica y su respectiva interpretación. Donde, **N** es el número de cada capa, **ρ** es el valor de resistividad promedio de cada capa (en ohm-m), **h** es el espesor de cada capa, y **d** es la profundidad del piso de cada capa.

Es importante recordar que la modelación de cada SEV da como resultado un número determinado de capas geoeléctricas que no necesariamente corresponde a capas litológicas. Sin embargo, desde el punto de vista hidrogeológico, dos capas con valores similares de resistividades pueden representar cualidades potenciales similares para ser acuíferos.

**Figura 2-91. Gráfica de modelación de los sondeos geoeléctricos**



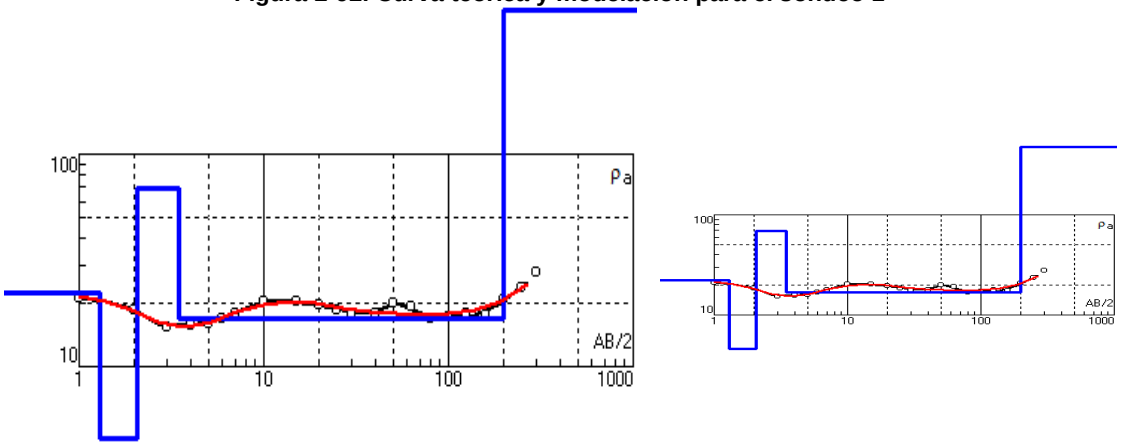

| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 22.3 | 1.29 | 1.29 | -1.287 |
| 2 | 4.59 | 0.781 | 2.07 | -2.068 |
| 3 | 68.7 | 1.43 | 3.5 | -3.499 |
| 4 | 17 | 195 | 198 | -198.5 |
| 5 | 800 | | | |

Fuente: Autores (2019).

### 2.3.6.6. Resultados Obtenidos

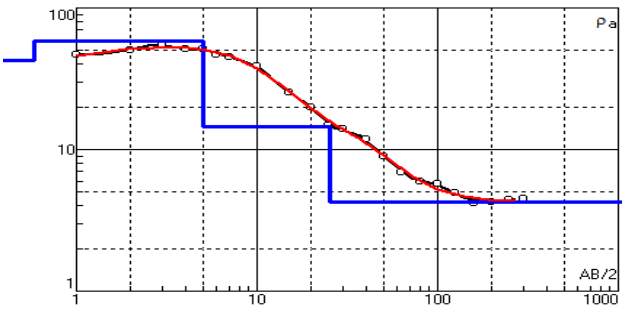
En base a los valores de resistividad aparentes obtenidos en la zona de estudio, se confeccionaron las curvas correspondientes y mediante el programa específico mencionado anteriormente, se obtuvieron los valores de resistividad real y los espesores de las capas. La interpretación de las gráficas de campo de resistividad aparente se muestra entre la Figura 2-92 y la Figura 2-121.

**Figura 2-92. Curva teórica y modelación para el sondeo 1**




Fuente: Autores (2019).

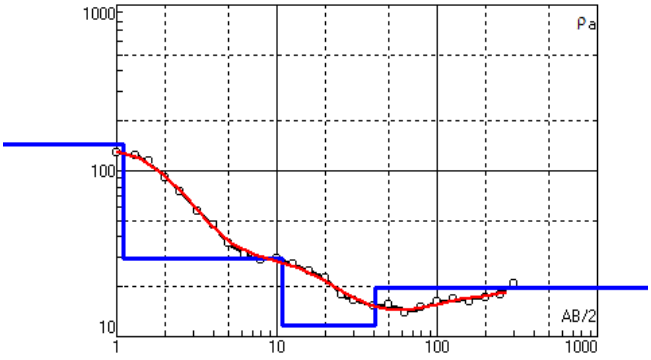
**Figura 2-93. Curva teórica y modelación para el sondeo 2**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 42.5 | 0.582 | 0.582 | -0.5822 |
| 2 | 57.9 | 4.48 | 5.06 | -5.059 |
| 3 | 14.6 | 20 | 25.1 | -25.07 |
| 4 | 4.25 | | | |

Fuente: Autores (2019).

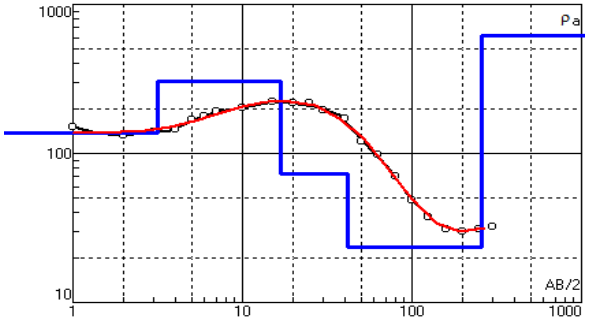
**Figura 2-94. Curva teórica y modelación para el sondeo 3**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 144 | 1.1 | 1.1 | -1.101 |
| 2 | 29.3 | 9.73 | 10.8 | -10.83 |
| 3 | 11.8 | 30.2 | 41 | -41.04 |
| 4 | 19.6 | | | |

Fuente: Autores (2019).

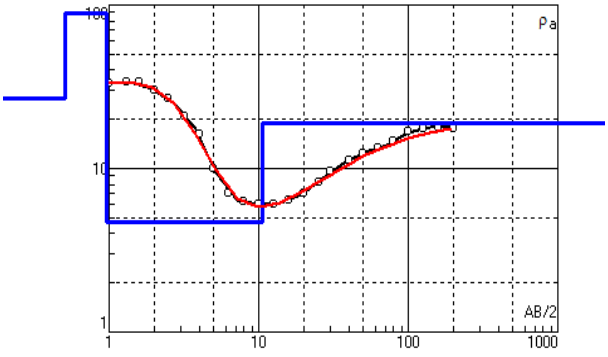
**Figura 2-95. Curva teórica y modelación para el sondeo 4**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 137 | 3.18 | 3.18 | -3.18 |
| 2 | 303 | 13.5 | 16.7 | -16.73 |
| 3 | 73.2 | 24.9 | 41.6 | -41.58 |
| 4 | 23.3 | 219 | 260 | -260.2 |
| 5 | 616 | | | |

Fuente: Autores (2019).

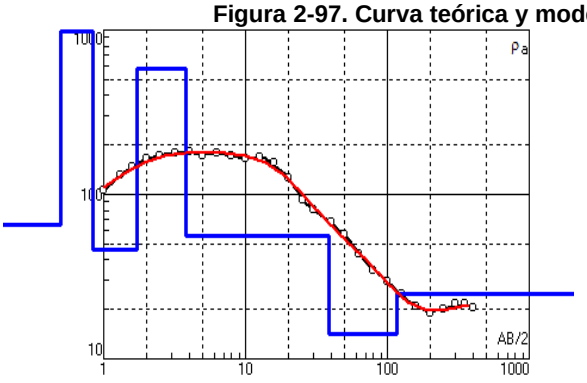
**Figura 2-96. Curva teórica y modelación para el sondeo 5**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 26.6 | 0.505 | 0.505 | -0.505 |
| 2 | 89.4 | 0.464 | 0.969 | -0.9688 |
| 3 | 4.73 | 9.64 | 10.6 | -10.61 |
| 4 | 18.9 | | | |

Fuente: Autores (2019).

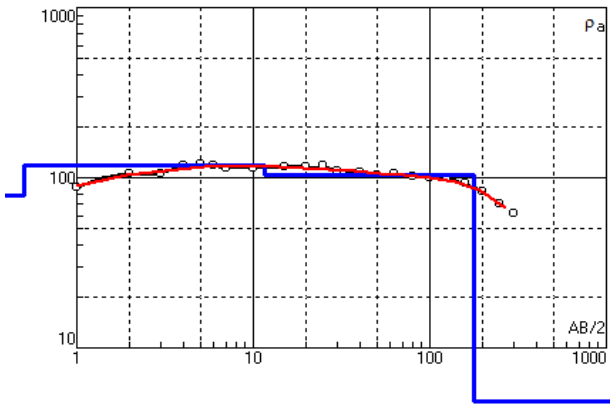
**Figura 2-97. Curva teórica y modelación para el sondeo 6**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 65.9 | 0.5 | 0.5 | -0.5 |
| 2 | 1088 | 0.338 | 0.838 | -0.8378 |
| 3 | 46.2 | 0.871 | 1.71 | -1.709 |
| 4 | 585 | 2.08 | 3.79 | -3.787 |
| 5 | 55.7 | 35.1 | 38.9 | -38.86 |
| 6 | 14 | 77 | 116 | -115.9 |
| 7 | 24.9 | | | |

Fuente: Autores (2019).

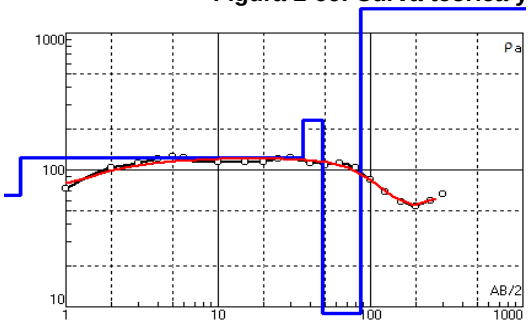
**Figura 2-98. Curva teórico y modelación para el sondeo 7**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 78.1 | 0.5 | 0.5 | -0.5 |
| 2 | 119 | 11 | 11.5 | -11.54 |
| 3 | 103 | 166 | 178 | -177.7 |
| 4 | 3.76 | | | |

Fuente: Autores (2019).

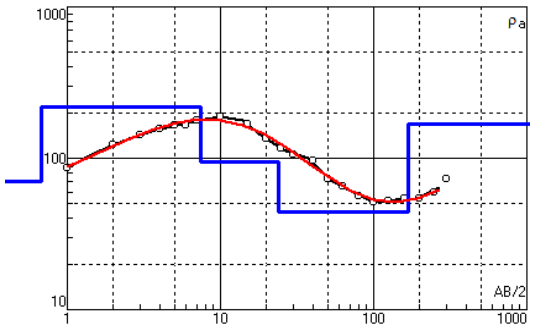
**Figura 2-99. Curva teórica y modelación para el sondeo 8**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 64.8 | 0.5 | 0.5 | -0.5 |
| 2 | 122 | 35.6 | 36.1 | -36.11 |
| 3 | 231 | 12.7 | 48.8 | -48.78 |
| 4 | 8.89 | 37.1 | 85.9 | -85.9 |
| 5 | 8495 | | | |

Fuente: Autores (2019).

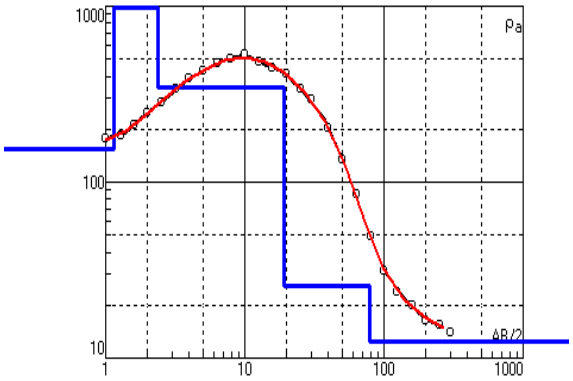
**Figura 2-100. Curva teórica y modelación para el sondeo 9**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 70.7 | 0.681 | 0.681 | -0.6811 |
| 2 | 218 | 6.73 | 7.41 | -7.414 |
| 3 | 94.7 | 16.4 | 23.8 | -23.8 |
| 4 | 44.3 | 144 | 168 | -168.2 |
| 5 | 168 | | | |

Fuente: Autores (2019).

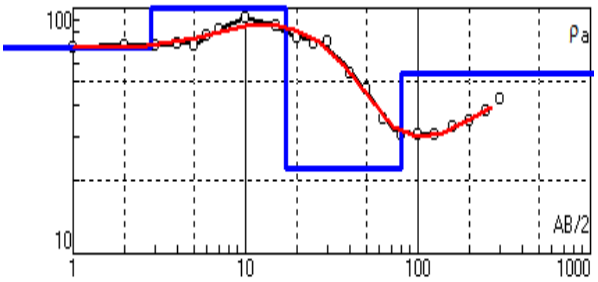
**Figura 2-101. Curva teórica y modelación para el sondeo 10**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 153.4 | 1.137 | 1.137 | -1.1367 |
| 2 | 2262 | 1.257 | 2.393 | -2.3932 |
| 3 | 343.2 | 16.66 | 19.05 | -19.049 |
| 4 | 25.71 | 59.17 | 78.22 | -78.216 |
| 5 | 12.47 | | | |

Fuente: Autores.

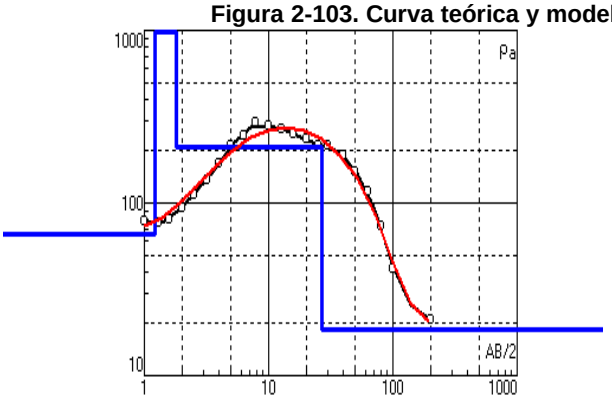
**Figura 2-102. Curva teórica y modelación para el sondeo 11**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 68.4 | 2.85 | 2.85 | -2.855 |
| 2 | 99.2 | 14.4 | 17.3 | -17.25 |
| 3 | 22.2 | 62.4 | 79.7 | -79.69 |
| 4 | 54 | | | |

Fuente: Autores (2019).

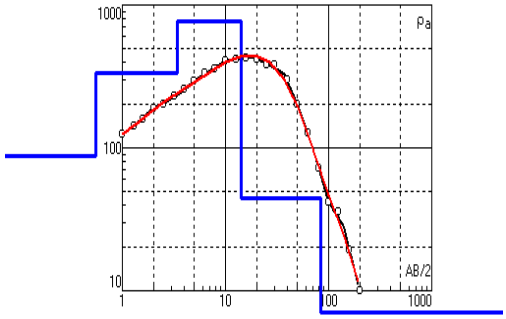
**Figura 2-103. Curva teórica y modelación para el sondeo 12**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 65.3 | 1.23 | 1.23 | -1.231 |
| 2 | 3031 | 0.589 | 1.82 | -1.82 |
| 3 | 210 | 24.7 | 26.5 | -26.55 |
| 4 | 18.5 | | | |

Fuente: Autores (2019).

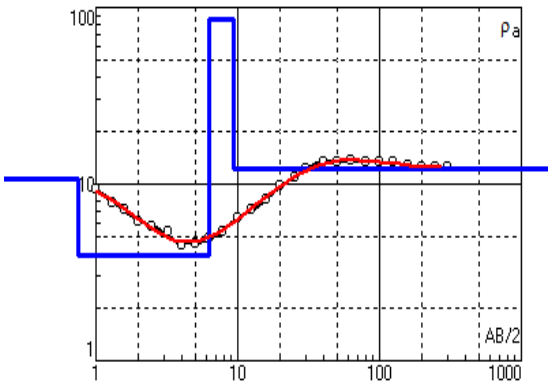
**Figura 2-104. Curva teórica y modelación para el sondeo 13**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 88.1 | 0.558 | 0.558 | -0.5581 |
| 2 | 331 | 2.87 | 3.43 | -3.426 |
| 3 | 766 | 10.7 | 14.1 | -14.13 |
| 4 | 44.4 | 69.6 | 83.7 | -83.73 |
| 5 | 0.177 | | | |

Fuente: Autores (2019).

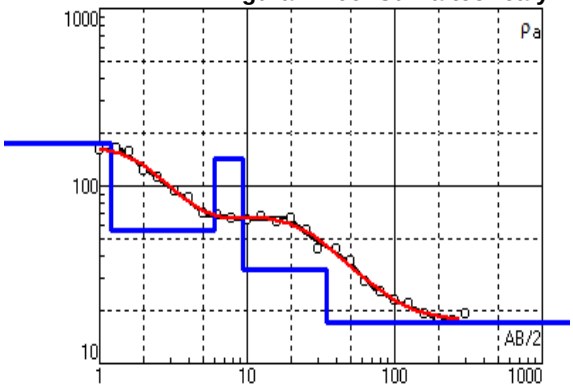
**Figura 2-105. Curva teórica y modelación para el sondeo 14**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 10.6 | 0.748 | 0.748 | -0.7478 |
| 2 | 3.96 | 5.53 | 6.28 | -6.278 |
| 3 | 84.9 | 3.15 | 9.43 | -9.43 |
| 4 | 12.1 | | | |

Fuente: Autores.

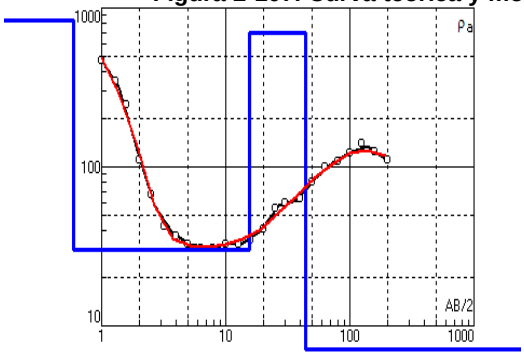
**Figura 2-106. Curva teórica y modelación para el sondeo 15**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 173 | 1.18 | 1.18 | -1.182 |
| 2 | 55.7 | 4.89 | 6.07 | -6.07 |
| 3 | 142 | 3.34 | 9.42 | -9.415 |
| 4 | 34.1 | 24.9 | 34.3 | -34.34 |
| 5 | 17.2 | | | |

Fuente: Autores (2019).

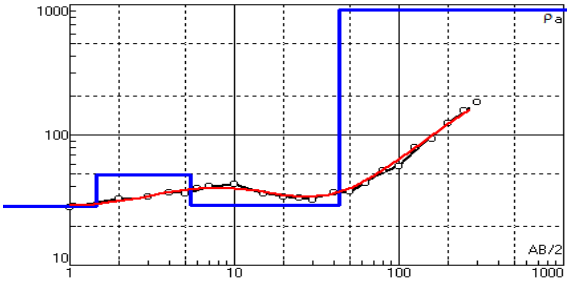
**Figura 2-107. Curva teórica y modelación para el sondeo 16**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 838 | 0.591 | 0.591 | -0.5911 |
| 2 | 30.1 | 14.8 | 15.4 | -15.4 |
| 3 | 694 | 29 | 44.4 | -44.36 |
| 4 | 1.53 | | | |

Fuente: Autores (2019).

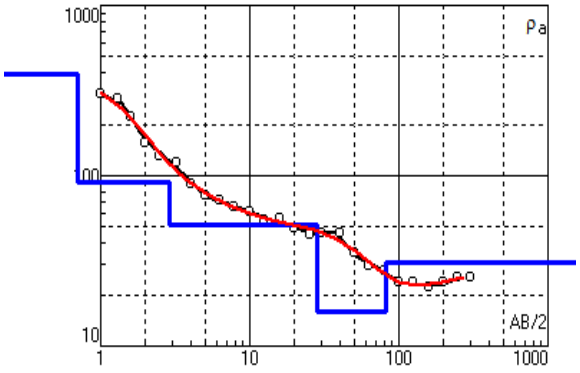
**Figura 2-108. Curva teórica y modelación para el sondeo 17**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 28.2 | 1.45 | 1.45 | -1.453 |
| 2 | 49.6 | 3.92 | 5.37 | -5.371 |
| 3 | 28.7 | 38 | 43.4 | -43.36 |
| 4 | 911 | | | |

Fuente: Autores (2019).

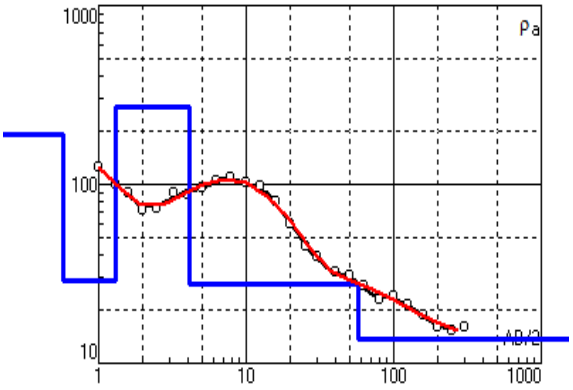
**Figura 2-109. Curva teórica y modelación para el sondeo 18**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 399 | 0.699 | 0.699 | -0.6993 |
| 2 | 91 | 2.22 | 2.92 | -2.921 |
| 3 | 51.6 | 25.1 | 28 | -28.03 |
| 4 | 15.9 | 54.3 | 82.3 | -82.29 |
| 5 | 30.7 | | | |

Fuente: Autores (2019).

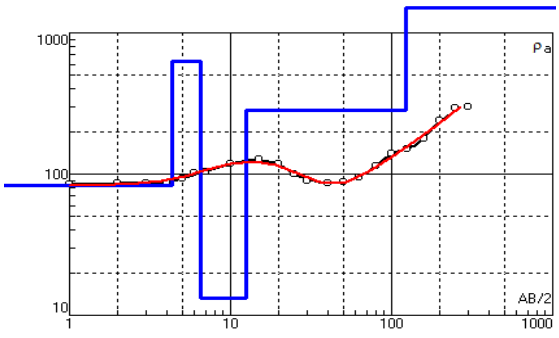
**Figura 2-110. Curva teórica y modelación para el sondeo 19**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 189 | 0.571 | 0.571 | -0.5708 |
| 2 | 29.1 | 0.732 | 1.3 | -1.303 |
| 3 | 270 | 2.82 | 4.13 | -4.128 |
| 4 | 27.8 | 53.4 | 57.5 | -57.49 |
| 5 | 13.5 | | | |

Fuente: Autores (2019).

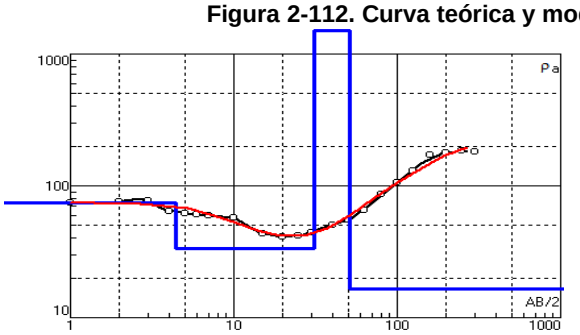
**Figura 2-111. Curva teórica y modelación para el sondeo 20**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 83 | 4.32 | 4.32 | -4.322 |
| 2 | 624 | 2.24 | 6.56 | -6.559 |
| 3 | 13.2 | 5.99 | 12.5 | -12.55 |
| 4 | 282 | 110 | 122 | -122.3 |
| 5 | 16060 | | | |

Fuente: Autores (2019).

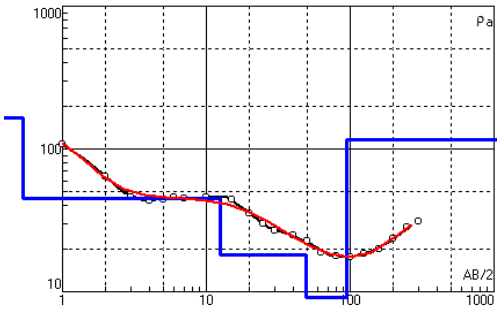
**Figura 2-112. Curva teórica y modelación para el sondeo 21**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 73.9 | 4.4 | 4.4 | -4.397 |
| 2 | 33.6 | 26.5 | 30.9 | -30.94 |
| 3 | 4363 | 20.3 | 51.2 | -51.24 |
| 4 | 16.5 | | | |

Fuente: Autores (2019).

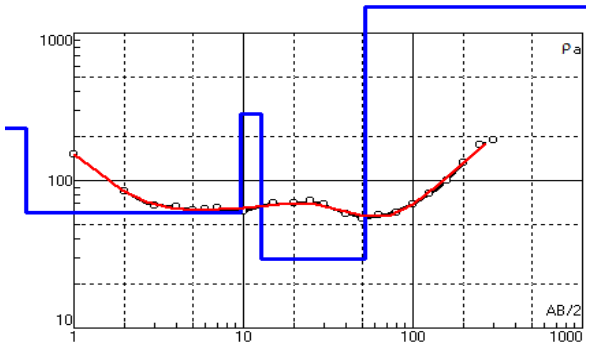
**Figura 2-113. Curva teórica y modelación para el sondeo 22**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 164 | 0.527 | 0.527 | -0.527 |
| 2 | 44.8 | 12 | 12.6 | -12.56 |
| 3 | 18.2 | 36.7 | 49.2 | -49.24 |
| 4 | 9.05 | 44.9 | 94.2 | -94.16 |
| 5 | 115 | | | |

Fuente: Autores (2019).

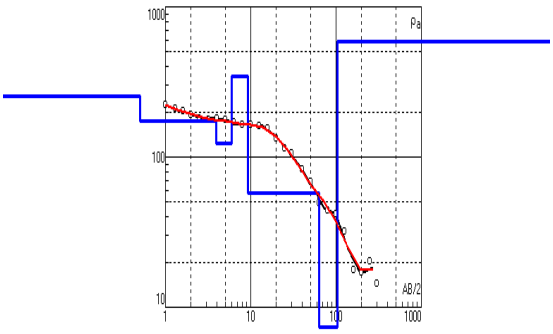
**Figura 2-114. Curva teórica y modelación para el sondeo 23**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 224 | 0.526 | 0.526 | -0.5264 |
| 2 | 60.6 | 9.15 | 9.68 | -9.68 |
| 3 | 282 | 2.96 | 12.6 | -12.64 |
| 4 | 29.4 | 39.7 | 52.3 | -52.32 |
| 5 | 41197 | | | |

Fuente: Autores (2019).

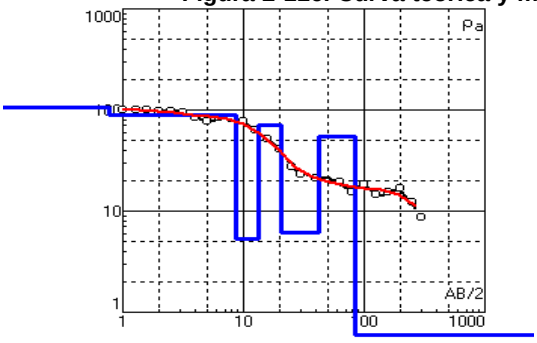
**Figura 2-115. Curva teórica y modelación para el sondeo 24**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 256 | 0.5 | 0.5 | -0.5 |
| 2 | 174 | 3.4 | 3.9 | -3.905 |
| 3 | 123 | 2.04 | 5.95 | -5.948 |
| 4 | 344 | 3.31 | 9.25 | -9.254 |
| 5 | 57.4 | 53.6 | 62.8 | -62.81 |
| 6 | 2.79 | 41.1 | 104 | -103.9 |
| 7 | 584 | | | |

Fuente: Autores (2019).

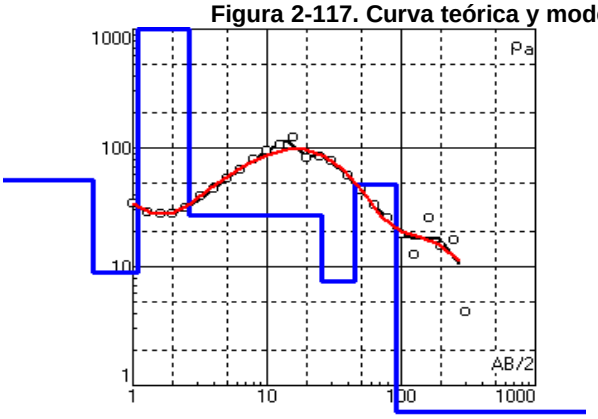
**Figura 2-116. Curva teórica y modelación para el sondeo 25**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 105 | 0.776 | 0.776 | -0.7761 |
| 2 | 88.5 | 7.86 | 8.64 | -8.637 |
| 3 | 5.28 | 4.53 | 13.2 | -13.17 |
| 4 | 71.6 | 7.18 | 20.4 | -20.35 |
| 5 | 6.22 | 21.4 | 41.8 | -41.78 |
| 6 | 54.6 | 41.2 | 83 | -82.98 |
| 7 | 0.223 | | | |
| | | | | |

Fuente: Autores (2019).

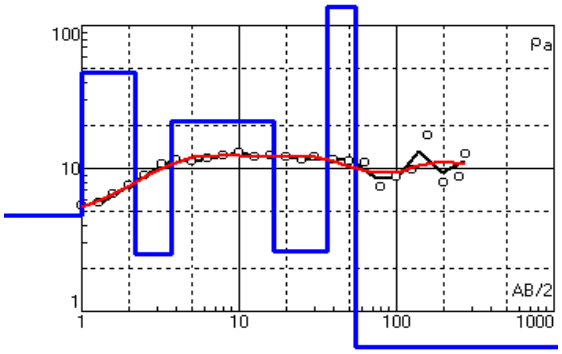
**Figura 2-117. Curva teórica y modelación para el sondeo 26**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 53.6 | 0.5 | 0.5 | -0.5 |
| 2 | 8.81 | 0.578 | 1.08 | -1.078 |
| 3 | 1012 | 1.52 | 2.6 | -2.598 |
| 4 | 27.2 | 22.7 | 25.3 | -25.29 |
| 5 | 7.51 | 20 | 45.2 | -45.25 |
| 6 | 48.5 | 46.8 | 92 | -92.05 |
| 7 | 0.396 | | | |

Fuente: Autores (2019).

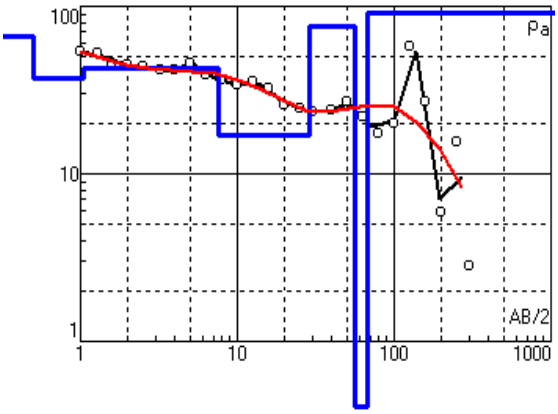
**Figura 2-118. Curva teórica y modelación para el sondeo 27**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 4.66 | 1 | 1 | -1.003 |
| 2 | 46.3 | 1.2 | 2.2 | -2.202 |
| 3 | 2.52 | 1.5 | 3.7 | -3.702 |
| 4 | 21.5 | 13.1 | 16.8 | -16.78 |
| 5 | 2.6 | 19.5 | 36.3 | -36.29 |
| 6 | 134 | 18.9 | 55.2 | -55.2 |
| 7 | 0.557 | | | |

Fuente: Autores (2019).

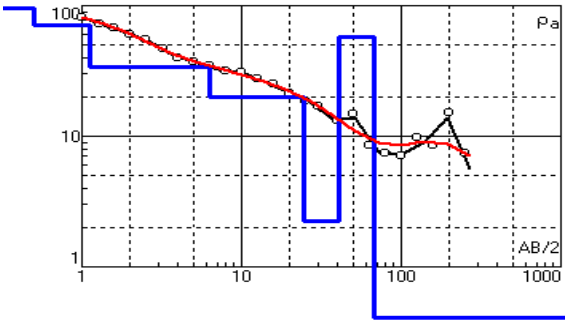
**Figura 2-119. Curva teórica y modelación para el sondeo 28**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 65.5 | 0.5 | 0.5 | -0.5 |
| 2 | 37.3 | 0.537 | 1.04 | -1.037 |
| 3 | 42.2 | 6.5 | 7.54 | -7.539 |
| 4 | 17.2 | 21.5 | 29.1 | -29.08 |
| 5 | 76.1 | 26.9 | 55.9 | -55.93 |
| 6 | 0.145 | 11.1 | 67 | -66.99 |
| 7 | 92.1 | | | |
| | | | | |

Fuente: Autores (2019).

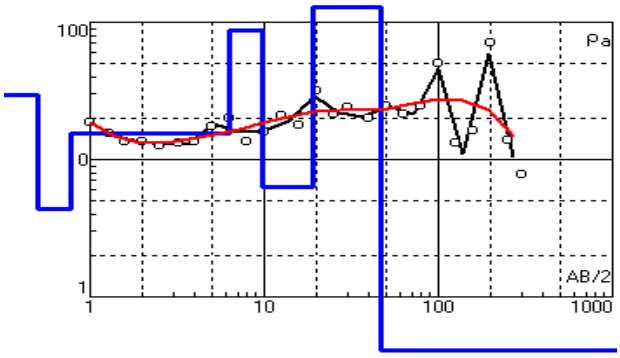
**Figura 2-120. Curva teórica y modelación para el sondeo 29**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 94.6 | 0.5 | 0.5 | -0.5 |
| 2 | 70 | 0.619 | 1.12 | -1.119 |
| 3 | 33.8 | 5.2 | 6.32 | -6.321 |
| 4 | 19.9 | 18.1 | 24.4 | -24.42 |
| 5 | 2.26 | 16.1 | 40.5 | -40.52 |
| 6 | 57.1 | 27.3 | 67.9 | -67.87 |
| 7 | 0.0453 | | | |

Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-121. Curva teórica y modelación para el sondeo 30**




| N | ρ | h | d | Alt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 29.8 | 0.5 | 0.5 | -0.5 |
| 2 | 4.4 | 0.27 | 0.77 | -0.7698 |
| 3 | 15.7 | 5.57 | 6.34 | -6.34 |
| 4 | 86.6 | 3.43 | 9.77 | -9.767 |
| 5 | 6.26 | 9.13 | 18.9 | -18.9 |
| 6 | 129 | 27.8 | 46.7 | -46.74 |
| 7 | 0.209 | | | |
| | | | | |

Fuente: Autores (2019).

Los valores de resistividad oscilan entre suelo arcilloso, limoso y rocas de basamento de composición cuarzosa, teniendo la capa a 50 metros un promedio de 217 Ohm/m, lo que corresponde a suelos finos, para la capa a 100 metros hay un promedio de 1718 Ohm/m a 200 metros 2264 Ohm/m y a 300 metros 2319 correspondiente a roca intemperizada, existen resistividades correspondientes a roca fresca las cuales oscilan los 16000 y os 40000 Ohm/m.

### 2.3.7. Modelación espacial a partir de la resistividad en las cuencas de los ríos Manaure y Chiriaimo

Teniendo en cuenta que las resistividades son las obstrucciones y dificultades del paso de la energía a través de los distintos materiales del suelo, en esta representación geo-física de las condiciones de resistividad del subsuelo en el departamento del cesar, se empleó información primaria levantada por el equipo técnico del ingeniero Wladimir Muñiz Rodríguez. Que consta de 30 sondeos en cuenca de estudio con los cuales, se procedió a unificar esta información de resistividades en una base de datos con el fin de reducir los errores en la modelación geo-física.

Esta modelación, se realiza a partir del criterio del análisis espacial basado en la tecnología SIG, como soporte en el geoprocesamiento de los datos de resistividad presente en esta modelación. Donde se realiza regresiones espaciales en cada uno de los puntos (sitios de sondeos) de resistividades, en el cual se propagan estas resistividades hasta toparse con las resistividades de igual valor hasta generar zonas con iguales resistividades.

Estas resistividades, corresponde a profundidades que van desde los 50 metros hasta los trecientos metros de profundidad. Exponiendo estos en cada capa tridimensional correspondiente a cada profundidad.

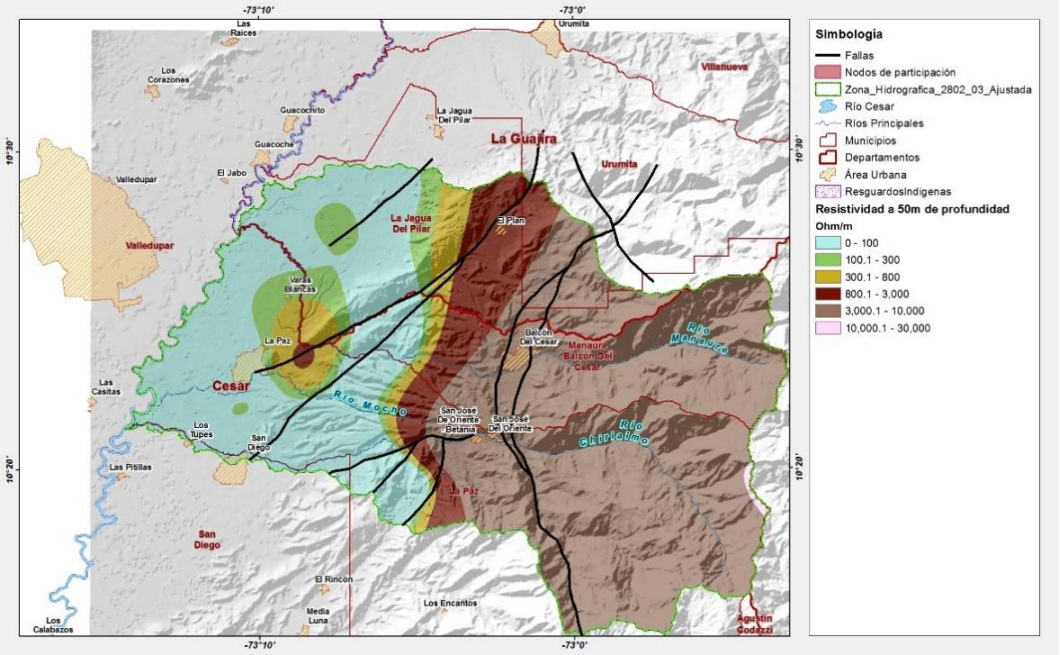
Además, también se presenta la capa de nivel estático, del departamento, construida a partir de los registros de pozos en la zona de estudio. La cual permite hacer inferencias sobre el nivel más superficial del agua subterránea.

Con el objeto de tener una visión más clara del comportamiento de los acuíferos, se realizan mapas de niveles estático en toda el área de estudio, lo cual nos brinda una percepción del nivel de los pozos en la zona, estos niveles varían entre 0 y 100 metros con respecto a la superficie del terreno, tal como lo muestra la Figura 2-122.

El conocimiento de la altura de la lámina de agua influye en la identificación de sectores donde es viable una perforación para la extracción de la misma. De acuerdo a los valores de resistividad obtenidos por sondeos geoeléctricos es posible interpretar la composición litológica a diferentes profundidades y la situación del agua subterránea.

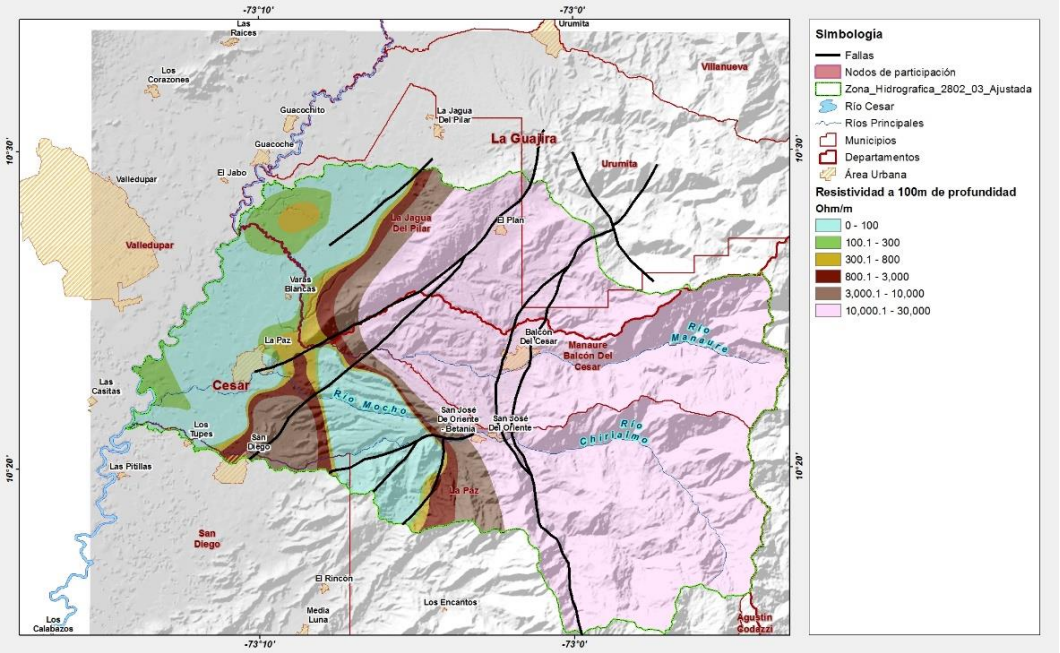
También se relizó un mapa para ver cómo es la resistividad a 100 metros. (ver Figura 2-123). Para una profudaidad de 200 metros también se realizó el mapa de resistividad, como se observa en la Figura 2-124.

**Figura 2-122. Resistividades a los 50 metros**



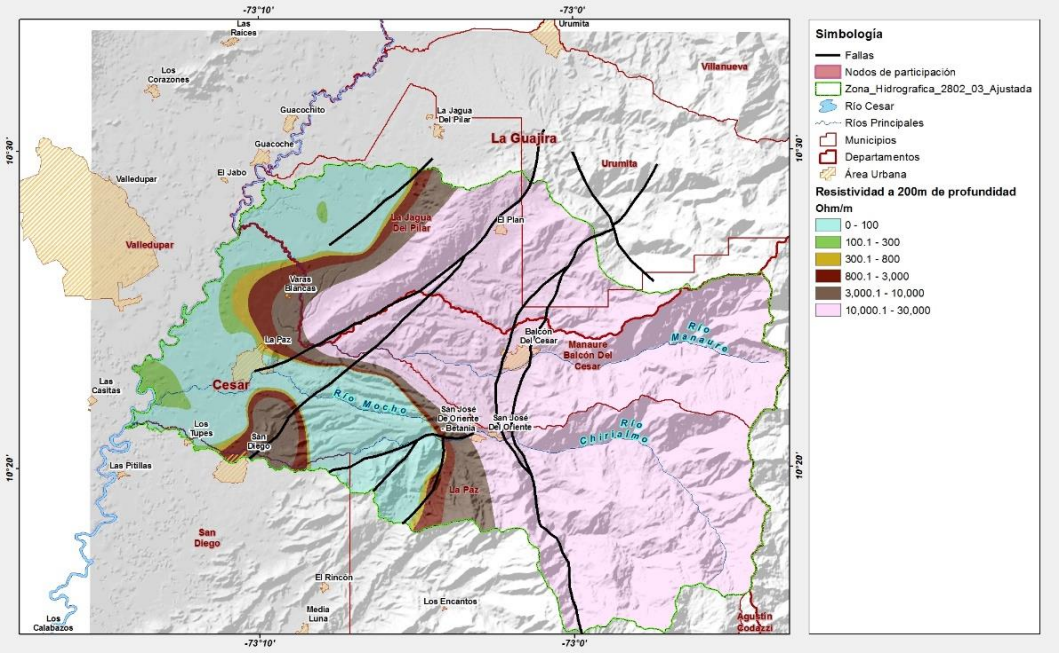

Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-123. Resistividades a los 100 metros**



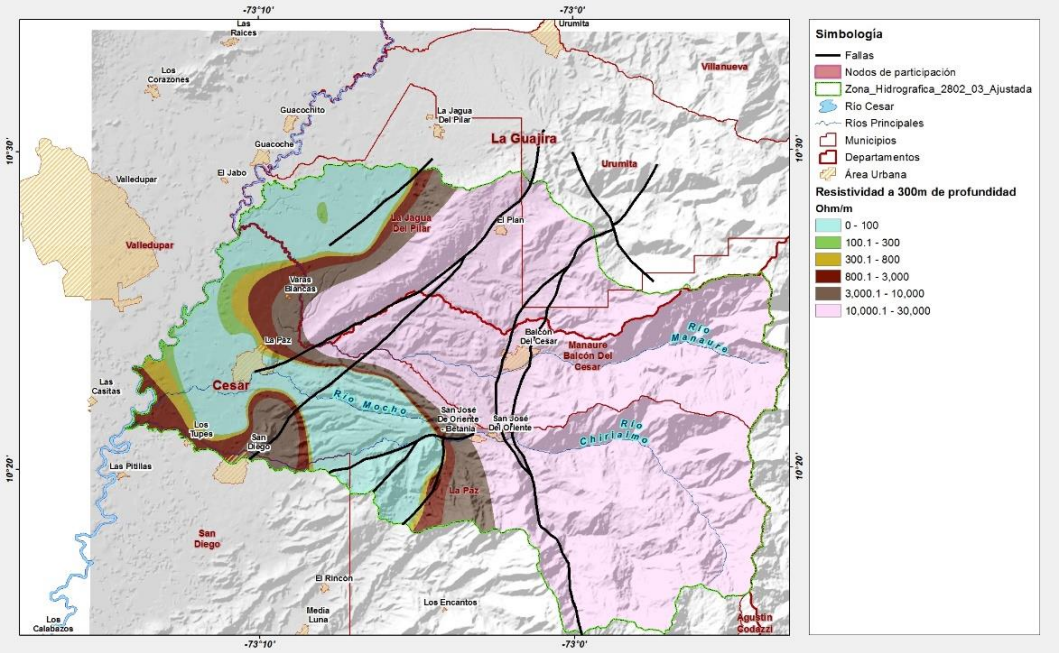

Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-124. Resistividades a los 200 metros**




Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-125. Resistividades a los 300 metros**




Fuente: Autores (2019).

Las zonas potenciales para la explotación del acuífero, radica en la superposición de capas en los modelos espaciales de la resistividad y capacidad específica, este último permite calificar la productividad del acuífero según en el volumen ofertado. De acuerdo a los mapas de resistividad, para conocer la probabilidad de encontrar agua subterránea partiendo de los valores de resistividad a 50, 100, 200 y 300 metros de profundidad, es necesario conocer e identificar los modelos, en la zona de estudio los resultados corresponden a resistividades que oscilan entre 0.2 a 41197 Ohmios, donde se pueden encontrar sedimentos con agua salada, sedimentos con agua salobre y arcillas o arenas con agua dulce. Aquellos valores que superan los 20 ohmios coinciden con sedimentos con agua dulce o rocas masivas. Lo anterior es confirmado por las exploraciones ya realizadas donde se obtienen caudales mayores a 100 lt/s, donde la recarga depende de las condiciones y la disposición del material que conforma el cajón del acuífero.

### 2.3.8. Evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación

La vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación está en función de las características de los estratos o capas que lo separan de la superficie, a la accesibilidad de la zona saturada del acuífero a la penetración de contaminantes y a la capacidad de atenuación de los estratos suprayacentes por la retención o reacción fisicoquímica de los contaminantes. Teóricamente, la vulnerabilidad de los acuíferos se puede clasificar de acuerdo a Tabla 2-66.

**Tabla 2-66. Clasificación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación**

| CLASE DE VULNERABILIDAD | DEFINICIÓN |
|---|---|
| EXTREMA | Vulnerabilidad a la mayoría de los contaminantes con impacto rápido en muchos escenarios de contaminación |
| ALTA | Vulnerable a muchos contaminantes (excepto a los que son fuertemente absorbidos o fácilmente transformados) en muchos escenarios de contaminación |
| MODERADA | Vulnerable a algunos contaminantes solo cuando son continuamente descargados o lixiviados |
| BAJA | Solo vulnerable a contaminantes conservativos cuando son descargados o lixiviados en forma amplia y continua durante largos periodos de tiempo |
| DESPRECIABLE | Presencia de capas confinantes en las que el flujo vertical (percolación) es insignificante |

Fuente: Foster e Hirata (1988).

Dentro de los métodos paramétricos (de superposición e índices) se distinguen las siguientes metodologías: (1) los métodos de matriz, que utilizan parámetros muy seleccionados y sólo tienen aplicabilidad local. (2) Los métodos de puntuación (RS), en los que cada parámetro está dividido en clases a las que se atribuye una puntuación. La metodología más destacada es el GOD. (3) Los métodos de puntuación y ponderación (PCSM), en los que además de asignar una puntuación cada parámetro es multiplicado por un factor ponderador. Las metodologías más destacadas son DRASTIC, SINTACS, EPIK y GALDIT. (4) Los métodos de relaciones analógicas (AR), como el AVI (MAVDT 2010).

Algunas de las causas que ocasionan la contaminación de los acuíferos, son el uso indiscriminado de productos agrícolas tales como fertilizantes, pesticidas y plaguicidas, así como el vertido de desechos industriales, los lixiviados provenientes de los botaderos de basuras, los materiales producidos durante las labores mineras y los desechos de la actividad ganadera son fuentes de contaminación de las aguas subterráneas. La Tabla 2-67 muestra una clasificación general de las actividades potencialmente contaminantes de los acuíferos y los contaminantes derivados de cada actividad.

**Tabla 2-67. Fuentes de contaminación de las aguas subterráneas y los contaminantes derivados de cada actividad**

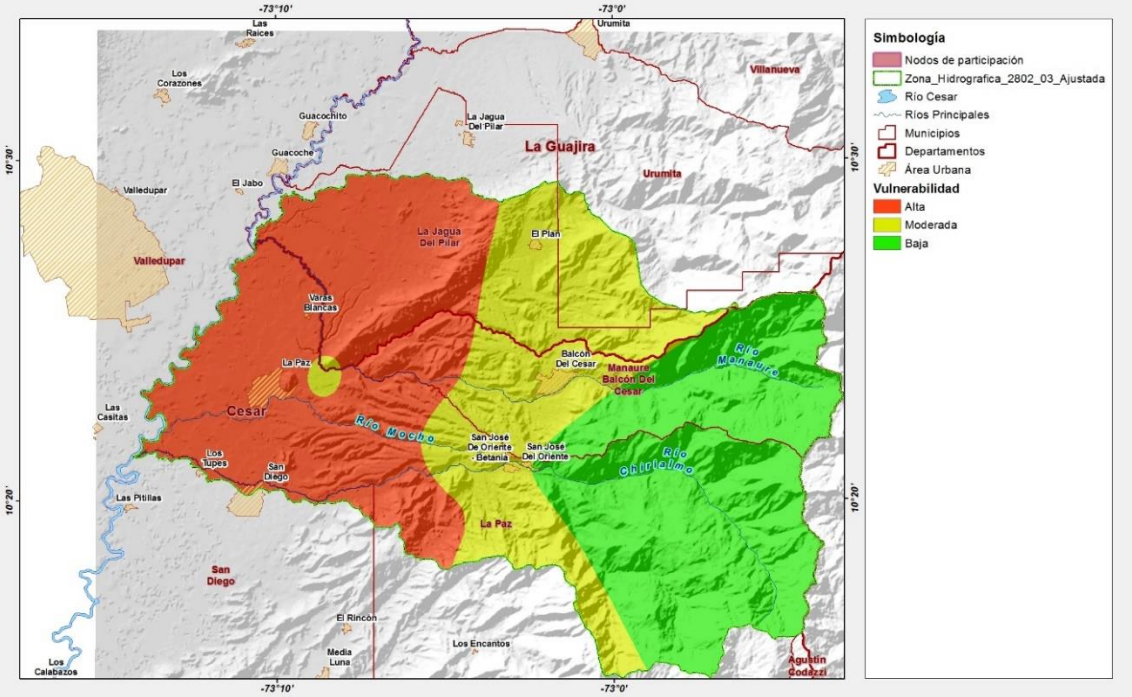
| FUENTE DE CONTAMINACIÓN | TIPO DE CONTAMINANTE | CAUSAS |
|---|---|---|
| Actividad agrícola | Nitratos, amonios, pesticidas, organismos fecales | -Aplicación incontrolada de agroquímicos |
| Actividad pecuaria | Nitrógeno, fosforo, organismos fecales | -Manejo inadecuado de los residuos sólidos y líquidos provenientes de la actividad pecuaria.<br>-Uso de residuos sólidos y líquidos de la actividad como abono |

| FUENTE DE CONTAMINACIÓN | TIPO DE CONTAMINANTE | CAUSAS |
|---|---|---|
| Saneamiento *in situ* (lagunas de oxidación, alcantarillado, descargas de aguas residuales al suelo, pozos sépticos, letrinas) | Nitratos, hidrocarburos, halógenos, microorganismos | -Mal funcionamiento y poco mantenimiento<br>-Baja cobertura del sistema de alcantarillado<br>-Inexistencia de STAR<br>-Construcción deficiente (ej. Falta de impermeabilización) |
| Sitios con almacenamiento subterráneo de hidrocarburos (EDS) | Hidrocarburos aromáticos, benceno, fenoles, hidrocarburos halogenados | -Fugas de tanques de almacenamiento<br>-Derrames accidentales |
| Disposición de residuos sólidos y disposición de lodos residuales domésticos | Amonio, salinidad, hidrocarburos halogenados, metales pesados, nitratos | -Mala disposición y almacenamiento de residuos sólidos y líquidos |
| Industria (metalúrgica, pintura y esmalte, madera, tintorerías, pesticidas, curtidurías) | Tricloroetileno, tetracloroetileno, hidrocarburos halogenados, fenoles, metales pesados, cianuro, alcalobenceno, hidrocarburos aromáticos, pentaclorofenol | -Mala disposición y almacenamiento de residuos sólidos y líquidos |
| Exploración/Extracción de gas y petróleo | Salinidad (cloruro de sodio), hidrocarburos aromáticos | -Derrames accidentales por mal estado y falta de mantenimiento de tuberías |
| Minas de carbón y metales | Acidez, metales pesados, hierro, sulfatos | -Existencia de minería ilegal<br>-Uso indiscriminado de metales |
| Cementerios | Putrescina, cadaverina, microorganismos patógenos, metales pesados, isotopos radiactivos, dioxinas | -Lixiviación de la descomposición cadaverica |

Fuente: Adaptado de Banco Mundial (2002), FAO (2006b), Betancur (2008), Velasco y Minota (2012).

El Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos del Cesar elaborado en el año 2017 realizó un análisis mediante la algebra de mapas en ArcGIS, para generar el mapa de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del sistema acuífero Cesar, obteniendo el mapa que se muestra en la Figura 2-126, donde se puede observar que en el área correspondiente a la cuenca de los ríos Chiriaimo y Manaure, la vulnerabilidad a la contaminación es muy baja en la parte alta de la cuenca, baja en la parte media de la cuenca, y entre moderada y muy alta en la parte Baja.

**Figura 2-126. Mapa de Vulnerabilidad Intrínseca a la contaminación del acuífero**




Fuente: Autores (2019).

Adicionalmente, en la propuesta de POMCA del río Chiriaimo formulada por la Universidad del Magdalena en el marco del Decreto 1729 de 2002, se realizaron unos análisis microbianos en los pozos Santa María, El Trabajo y el pozo Varas Blancas. Donde se recurrió a la normativa colombiana, más concretamente el Decreto 1594 de 1984, el cual establece valores permisibles de acuerdo al uso que se va a dar al recurso hídrico y de esta manera establecer la viabilidad de cada uno de estos pozos para cada una de las actividades en el que este es usado. (ver Tabla 2-68 y Tabla 2-69).

**Tabla 2-68. Resultado análisis microbiológico para cada uno de los pozos evaluados**

| PARÁMETRO | SITIO MUESTREADO | | |
|---|---|---|---|
| | Santa María | El Trabajo | Pozo Varas Blancas |
| Coliformes totales NMP/100ml | 18 | 10 | 6 |
| Coliformes fecales NMP/100 | 5 | 4 | 0 |

Fuente: POMCA Chiriaimo.

**Tabla 2-69. Normatividad Colombiana: criterios de calidad para la destinación del recurso dec1594/84 (agua fría, agua cálida, agua marina, dulce y estuarina)**

| ARTICULO | CRITERIO | VALOR PERMISIBLE CT Y CF |
|---|---|---|
| 38 | Destinación del recurso para consumo humano y doméstico. | CT= 20.000 NMP/100ml |
| | | CF= 2.000 NMP/100ml |
| 39 | Destinación del recurso para **consumo humano y doméstico (Para su potabilización requiere desinfección)** | CT=1.000 NMP/100ml |
| | | CF= - |
| 40 | Destinación del recurso para **uso Agrícola.** | CT= 5.000 NMP/100ml |
| | | CF= 1.000 NMP/100ml |
| 41 | Destinación del recurso para **uso Pecuario.** | CT= - |
| | | CF= - |
| 42 | Destinación del recurso para **fines recreativos mediante contacto primario**. | CT= 1.000 NMP/100ml |
| | | CF= 200 NMP/100ml |
| 43 | Destinación del recurso para **fines recreativos mediante contacto secundario.** | CT= 5.000 NMP/100ml |
| | | CF= - |
| 44 | Destinación del recurso para **uso estético.** | CT= - |
| | | CF= - |
| 45 | Destinación del recurso para la **preservación de Fauna y Flora.** | CT= 5.000 NMP/100ml |
| | | CF= - |

Fuente: POMCA Chiriaimo.

Los resultados de los análisis microbiológicos de las aguas subterráneas, sitios muestreados, evidencian una baja contaminación microbiológica, registrando valores menores a 20UFC/100ml para el caso de coliformes totales y a 5UFC/100ml para coliformes fecales. Por lo que se puede determinar que las aguas subterráneas se encuentran aptas para realizar labores de riego de cultivos, preservación de fauna y flora y labores domésticas según lo dispuesto en el decreto 1594 de 1984. La presencia de este tipo de bacterias está condicionada o se atribuye principalmente a las actividades de ganadería que se desarrollan en el área de influencia de los pozos y el encontrarse cercanos a asentamientos humanos.

Como punto de referencia se acogió los niveles máximos permisibles registrados en la legislación Chilena, según decreto 11 de 1984 del Ministerio de salud, la cual se puede apreciar en la Tabla 2-70.

**Tabla 2-70. Clasificación de aguas según niveles de Coliformes presentes (Decreto 11 de 1984 de Min. De Salud de Chile)**

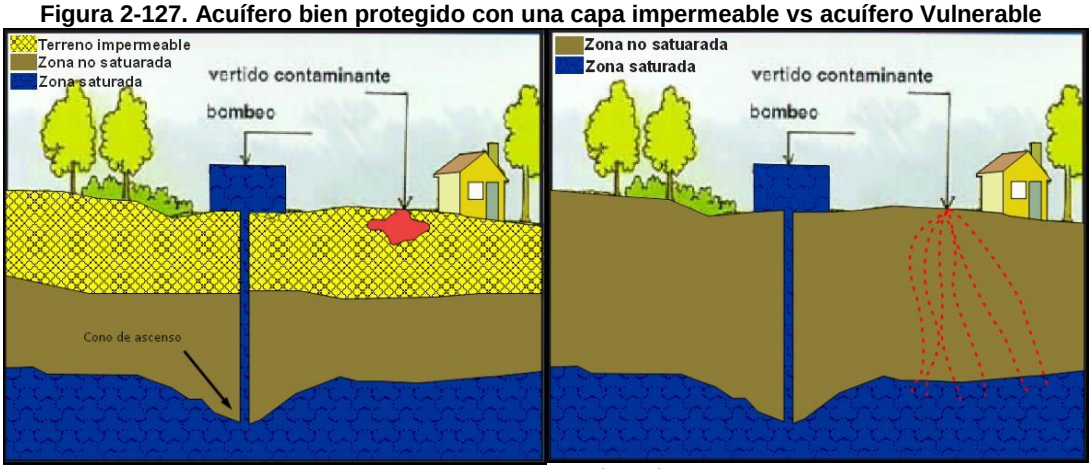
| GRUPO DE ELEMENTOS O COMPUESTOS | UNIDAD | CLASE DE EXCEPCIÓN | CLASE 1 | CLASE 2 | CLASE 3 |
|---|---|---|---|---|---|
| Coliformes Fecales (NMP) | NMP/100ml | <10 | 1 | 2 | 5 |
| Coliformes Totales (NMP) | NMP/100ml | <200 | 2 | 5 | 10 |

Fuente: POMCA Chiriaimo.

Se encontró entonces que los niveles de coliformes de las aguas subterráneas muestreadas superan los estándares establecidos, por la legislación colombiana y la legislación extranjera consultada, razón por la cual no se considera apta para el consumo humano, sin previo tratamiento de desinfección, sin embargo, puede usarse en labores domésticas, riego, recreación y para usos relacionados con preservación de fauna y flora.

Uno de los problemas más resaltables a la hora de hablar de contaminación de acuíferos es la falta de su total protección en las zonas donde se aprovecha el líquido para consumo humano. En la Figura 2-127 se observa en la parte izquierda, un ejemplo de un pozo protegido, con un área impermeable y en donde cualquiera gente contaminante no filtra directamente hacia el acuífero. En la parte derecha se observa cómo se filtra por la falta de dicha capa.

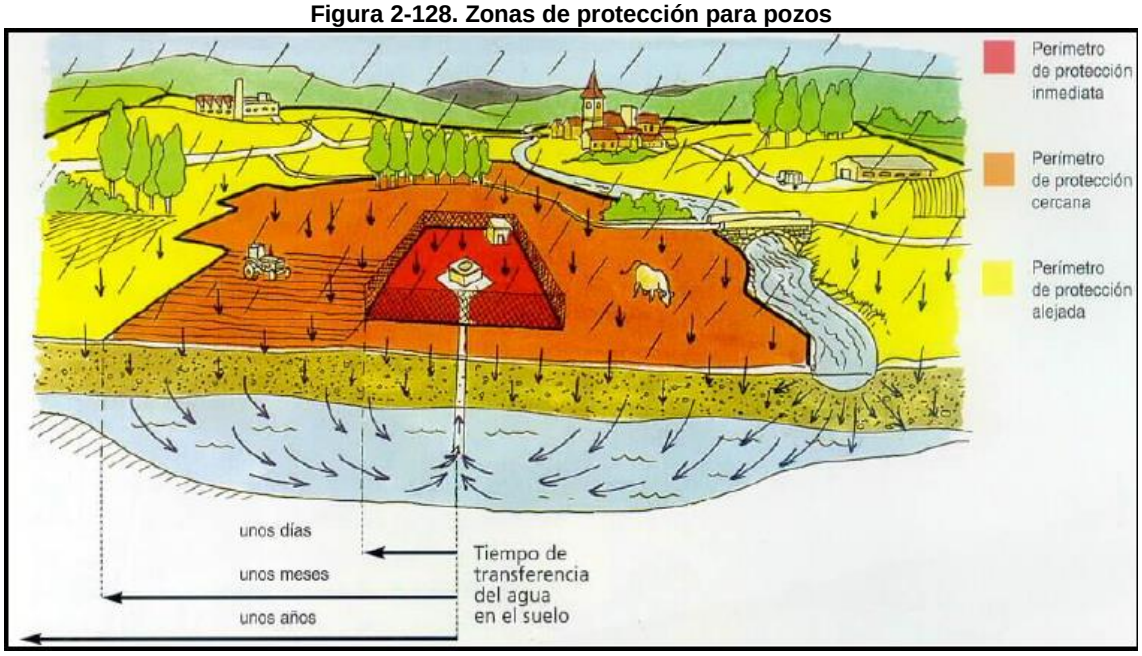
**Figura 2-127. Acuífero bien protegido con una capa impermeable vs acuífero Vulnerable**




Fuente: Autores (2019)

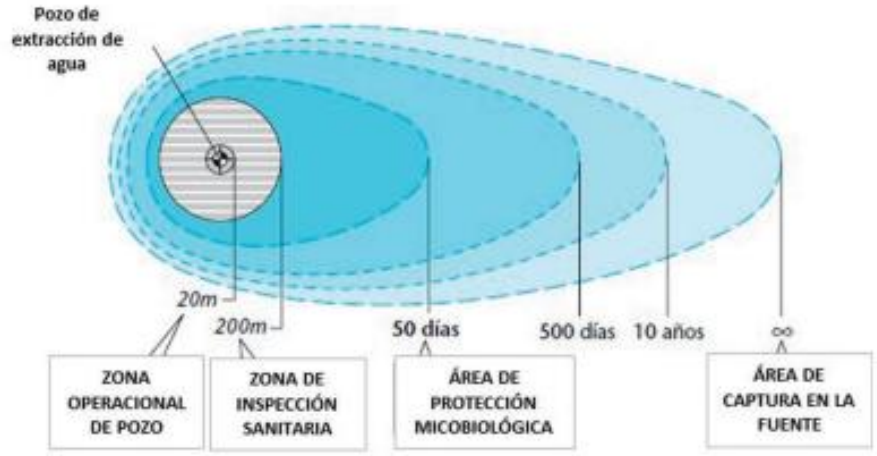
Para reducir la contaminación en estas zonas puntuales se propone una zonificación en áreas próximas a estos puntos de extracción de agua para consumo en la Figura 2-128 y Figura 2-129.

**Figura 2-128. Zonas de protección para pozos**




Fuente: editado de Cimpar (2018). Visto en: (http://www.cimpar.org.ar/wp-content/uploads/2018/05/Charlas-ASSA.pdf)

**Figura 2-129. Perímetros de protección de pozos en un acuífero libre**




Fuente: Propuestas Metodológicas para la Protección del Agua Subterránea, Guía técnica parte B. Banco Mundial (2007).

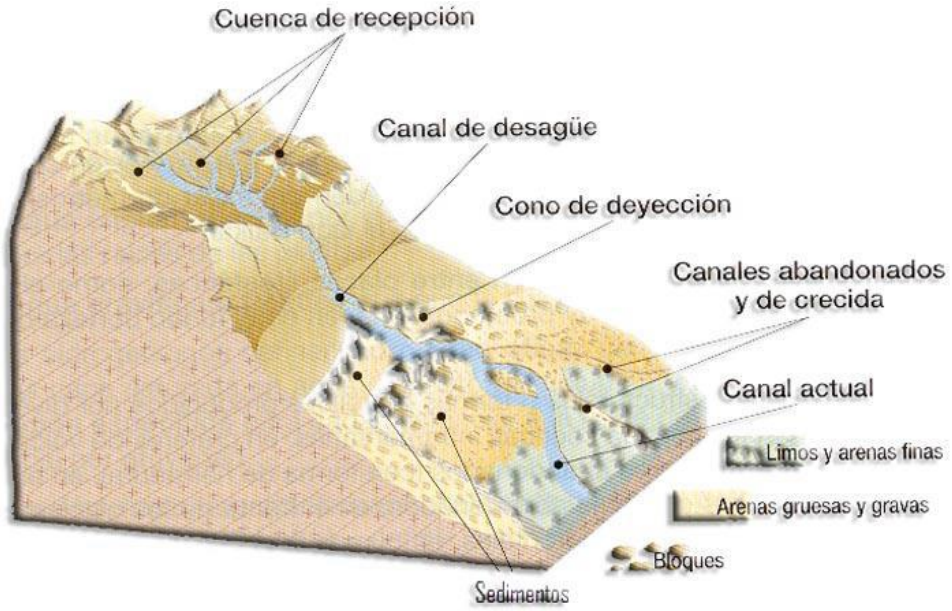
### 2.3.9. Modelo conceptual

Los Acuíferos de la cuenca del río Manaure y Chiriaimo son de edad Cuaternaria (Depósitos Aluviales, Abanico Aluvial y Coluviales), desarrollan una porosidad intergranular o primaria. Son considerados de gran importancia hidrogeológica en cuanto a su almacenamiento de agua de buena calidad para diversos fines, consumo humano, doméstico, agrícolas, pecuario e industrial, recargados principalmente por las corrientes superficiales y en menor proporción por la precipitación.

Hidrogeológicamente estos acuíferos se consideran de tipo multicapa, la dirección general del flujo subterráneo desciende desde los piedemontes hacia los Ríos Manaure y Chiriaimo (drenajes principales); sin embargo, sobre los depósitos del río y en sus proximidades el flujo se torna paralelo a esta corriente dirigiéndose hacia el río Cesar con un gradiente casi horizontal.

El escenario de partida del modelo en época húmeda nos muestra una alta recarga especialmente en el punto de cambio de pendiente (piedemonte), esta es lograda en forma natural, luego se entiende que la medida más importante para mantener el acuífero en condiciones óptimas es cuidar la cuenca, limpiando y escarificando sus cauces y permitiendo que el agua fluya libremente. (ver Figura 2-130).

**Figura 2-130. Esquema de sedimentación**




Fuente: Hernández, E. (2012).

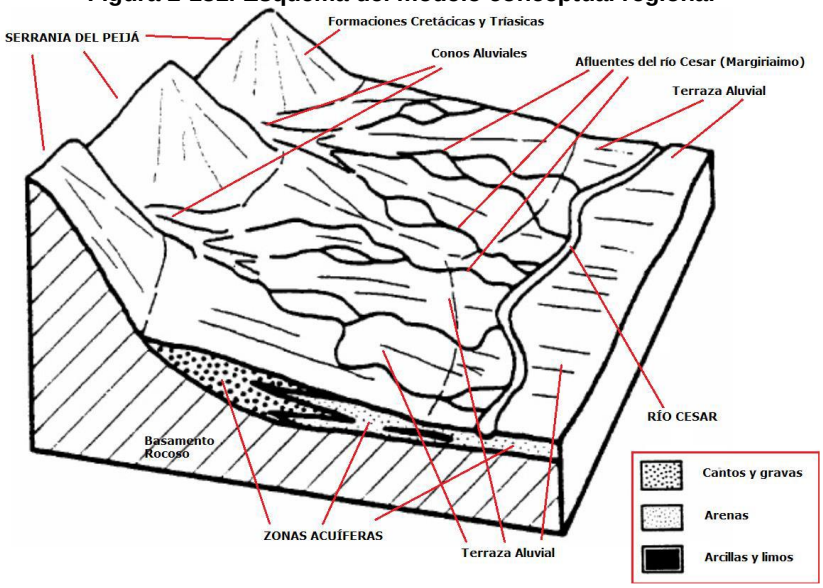
### 2.3.9.1. Periodo seco

El primer periodo corresponde un periodo seco entre diciembre a abril, en donde el caudal de las escorrentías es bajo especialmente en periodos del Niño. Es importante en este punto aclarar que el comportamiento del clima de los últimos tiempos difiere de la tendencia histórica, razón por la cual es más seguro emplear información reciente que información pasada.

### 2.3.9.2. Periodo húmedo

El segundo periodo del año corresponde a los meses de mayo a noviembre en estos meses se presentan los picos de caudal en los ríos y la recarga tiene lugar. Observando las series de caudales es posible asignar una altura de flujo de 1.5 metros por encima del nivel del fondo a los ríos. (ver Figura 2-131).

**Figura 2-131. Esquema del modelo conceptual regional**




Fuente: Plan de Manejo Ambiental del Acuífero Cesar.

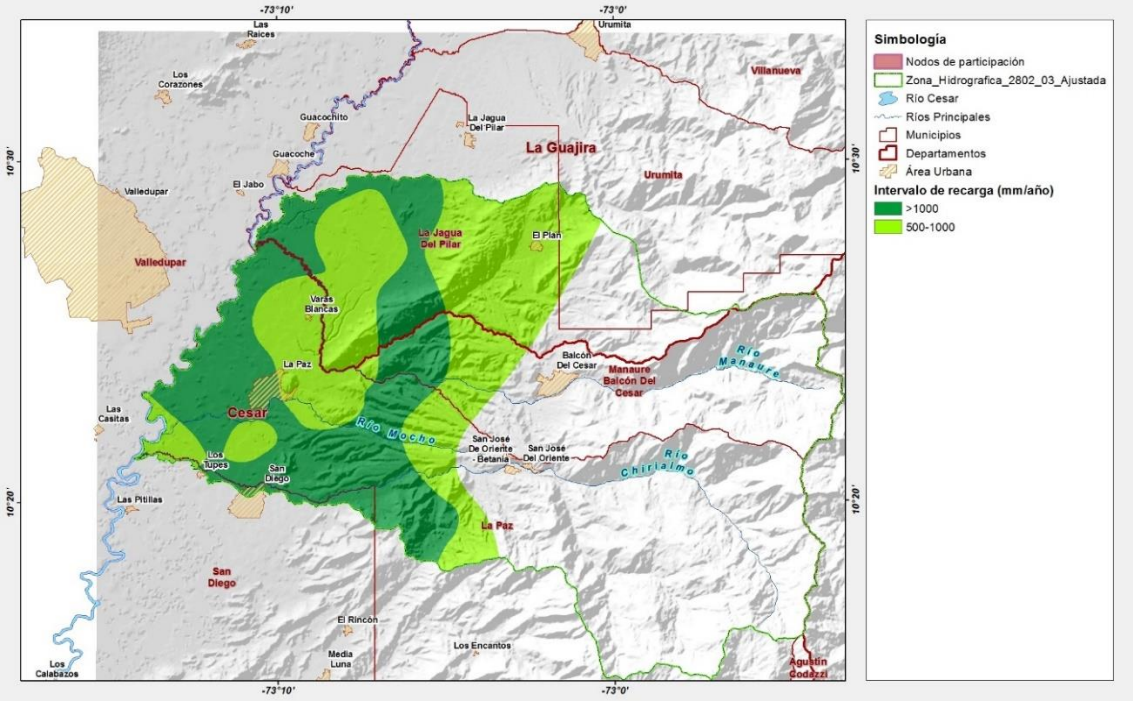
### 2.3.10. Identificación y especialización de las zonas que deben ser objeto de protección o de medidas de manejo especial

Inicialmente se creó un área de influencia con la herramienta de geoprocesamiento *"buffer"* del software de Sistemas de Información Geográfica (SIG) utilizado, la cual se estableció a 500 $m^2$ de los puntos de sondeos eléctricos verticales y pozos. Posteriormente para el área de influencia de los sondeos eléctricos, se tuvieron en cuenta únicamente las zonas que están en rango de suelos saturados y con eso se termina el ajuste de la zona de área de influencia.

Luego para la generación de las zonas de recargas se utilizó un cruce cartográfico de las capas temáticas, en donde se manejaron las capas de suelos, geología, geomorfología y resistividades; dichas capas se pasaron a formato raster y se le dio un valor a cada uno de los campos. Luego con la herramienta *"raster calculator"* del software de SIG utilizado se cruzaron dichas capas dando como resultado un raster con las zonas de recargas, la que posteriormente se pasó a formato SHP.

Para la Cuenca del río Manaure y Chiriaimo se definieron zonas objeto de protección y priorización desde el componente hidrogeológico aquellas que presentan valores de recarga potencial superiores a los 500 mm/año con base en el material, textura, pendiente, precipitaciones, clima, permeabilidad y porosidad de estas áreas (ver Figura 2-132). Así mismo son incluidos los pozos de agua subterránea que encontrados en la base de datos de Corpocesar.

**Figura 2-132. Zonas de protección y manejo especial**




Fuente: Autores (2019).

Si bien los conceptos sobre el comportamiento del acuífero del río Manaure y Chiriaimo, descritas se basan en información primaria y secundaria. Se considera necesario recomendar a la Autoridades Ambientales Competentes el profundizar con estudios científicos especializados, utilizando modelos geofísicos (Tomografías eléctricas (Res2Dinv y Res3Dinv)), hidrogeoquímicos (Netpath y Phreeqc) y de simulación de flujo subterráneo (Modflow). Para de esta manera poder conocer el comportamiento más acertado que

poseen estas aguas subterráneas y así poder mejorar el modelo conceptual. Sin embargo, con la información aportada se cumple plenamente con el objetivo de brindar información suficiente y necesaria para la fase de diagnóstico del Plan de Ordenamiento de la Cuenca, que sirva para las etapas posteriores.

### 2.3.11. Consideraciones, Conclusiones y Recomendaciones

#### 2.3.11.1. Consideraciones

El modelo geoeléctrico refleja cualitativamente, la variación de la resistividad con la profundidad, dando una idea aproximada acerca de la ubicación, forma y estructuras del cuerpo de agua en el subsuelo. La ejecución e interpretación de SEV es uno de los métodos de exploración de aguas subterráneas más utilizado en Colombia. Aunque este método no siempre da 100% de certeza en la interpretación de los resultados, la experiencia sugiere que en muchos casos es una buena técnica para detectar agua dulce subterránea.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio, en esta área se encontraron depósitos de agua, porque los valores de resistividad, indican unos sedimentos saturados con agua dulce o roca masiva.

#### 2.3.11.2. Conclusiones y Recomendaciones

El modelo Geoeléctrico Simplificado, que se presenta en base a los valores eléctricos obtenidos en esta área, y que se interpreta según el esquema realizado, presenta una zona de interés hidrogeológico, debido a que los valores de resistividad encontrados son mayores a 20 ohm-m, correlacionándose estos valores con sedimentos saturados con agua dulce o roca masiva.

En tal sentido, se justificaría en este sector, la realización de una perforación de carácter exploratorio de unos 100 metros e ir un poco más allá del sondeo, con toma de muestras de los sedimentos y la realización de un electroperfilaje que permita definir el potencial hidráulico de las zonas porosas a captar en los alrededores de la cuenca pueden ser construidos en el sitio donde fueron ubicado el centro del sondeo 1 realizado.

Se recomienda perforar un pozo profundo hasta una profundidad del orden de 150 m en los alrededores del SEV-1,3,4,5,6,9,10,12,14,15,16,19 y 21 en donde la resistividad de las capas de Cuaternario es de 10 a 20 Ohmm.

La perforación deberá realizarse hasta encontrar la interface con la roca metamórfica del sustrato (Neiss). El objetivo de este pozo será el de explotar los niveles de arenas y gravas saturados del Depósito Cuaternario Aluvial (Qcp).

Por la profundidad a explorar puede hacerse una obra tipo aljibe o en su defecto puede perforarse en diámetro de 12 ¼” y revestido en 6” con tubería de PVC.

## 2.4. HIDROGRAFÍA

### 2.4.1. Identificando, describiendo y espacializando la red hidrográfica de la cuenca en general y de las subcuencas

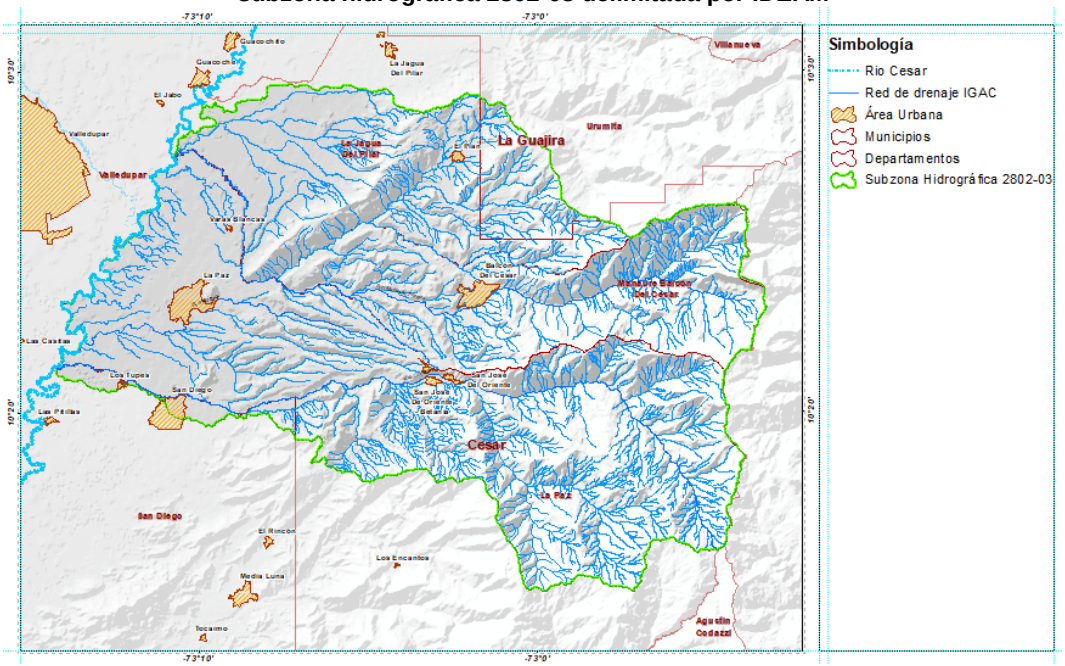
Partiendo de los resultados y conclusiones presentadas en el capítulo 1, PASO 1 – VERIFICACION Y DEFINICION DEL LIMITE DE LA SUBZONA HIDROGRAFICA 2802-03 y el PASO 2 del mismo capítulo, en los que mediante los modelos de elevación digital del terreno previamente ajustados se realizó el proceso de verificación de los límites de la subzona hidrográfica. Se llegó a la conclusión de que esta delimitación (IDEAM) debía ser ajustada mediante la red de drenajes a escala 1:25000 del IGAC debido a que los límites de la subzona hidrográfica no representaban la realidad de la misma.

A su vez, se reconoce una serie de inconsistencias entre planchas de la red de drenajes a escala 1:25000 del IGAC a los cuales se procede a la corrección mediante ortofotografias de mayor resolución a la escala de trabajo. El proceso de corrección y acople se realizó aumentando el detalle de algunos tramos de la red de drenajes del IGAC con redes de drenajes visibles en dicha imagen satélite, posterior a este proceso, los campos de información contenidas en la capa del IGAC fueron transcritos a la capa generada y ajustada mediante el uso herramientas en SIG.

Durante el proceso de revisión, verificación y corrección de la red de drenajes del IGAC, se identificaron los principales cuerpos de agua que se originan en la subzona hidrográfica delimitada por IDEAM (ver Figura 2-133). La identificación de estos drenajes permite el trazado o seguimiento aguas abajo hasta su desembocadura y la delimitación de la nueva subzona hidrográfica partiendo de estos puntos de descarga y de ajustes al modelo de elevación.

Dicho lo anterior, fueron identificados 3 cauces principales que conforman la red hidrográfica de la subzona en mención. Se identifican los ríos Manaure – Pereira, rio El Mocho y rio Chiriaimo; y una zona de aferencia menor sin cauces de mayor orden que drena directo al Rio Cesar y a la cual se le asigna el nombre como ZONA TRIBUTARIA DEL RIO CESAR.

**Figura 2-133. Identificación los principales cuerpos de agua que se originan en los límites de la subzona hidrográfica 2802-03 delimitada por IDEAM**




Fuente: Autores (2019).

Partiendo de la red de drenajes del IGAC, se identifican los principales cauces de la zona junto con sus longitudes. (ver Tabla 2-71).

**Tabla 2-71. Principales cauces identificados dentro del drenaje 1:25000 del IGAC**

| Subzona Hidrográfica 2802-03 | Longitudes de la red de drenaje |
|---|---|
| **Rio Manaure-Pereira** | **Total = 756.31 Km** |
| *Red sin nombre* | 587.39 Km |
| Arroyo Ceibatico | 0.55 Km |
| Arroyo Doria | 0.41 Km |
| Arroyo El Totumito | 0.85 Km |
| Arroyo Lameador | 3.83 Km |
| Arroyo las Mercedes | 7.97 Km |
| Arroyo Vira Vira | 3.13 Km |
| Arroyos los Magueves | 2.81 Km |
| Arrollo el Cinco | 6.46 Km |
| Arrollo la Cueva | 2.09 Km |
| Arrollo los Tormentos | 3.26 Km |
| Arrollo Pompilio | 1.51 Km |
| Arroyo Ceibatico | 10.44 Km |
| Arroyo Doria | 2.95 Km |
| Arroyo El Astillero | 5.04 Km |
| Arroyo El Ceibotico | 2.46 Km |
| Arroyo El Cibotico | 3.23 Km |
| Arroyo el Pilon | 6.92 Km |

| Subzona Hidrográfica 2802-03 | Longitudes de la red de drenaje |
|---|---|
| Arroyo el Totumito | 9.68 Km |
| Arroyo La Campiña | 2.10 Km |
| Arroyo la Cueva | 0.83 Km |
| Arroyo la Florida | 1.97 Km |
| Arroyo La Gran Colombia | 2.29 Km |
| Arroyo Lameador | 1.92 Km |
| Arroyo las Mercedes | 3.09 Km |
| Arroyo las Pulidas | 2.09 Km |
| Arroyo Los Boleritos | 2.63 Km |
| Arroyo Mi Ranchito | 2.65 Km |
| Arroyo Monte de La Rosa | 1.56 Km |
| Arroyo Pompilio | 2.47 Km |
| Arroyo Tequendama | 1.71 Km |
| Arroyo Vira Vira | 10.49 Km |
| Rio Manaure | 30.42 Km |
| Rio Pereira | 12.58 Km |
| Rio Riecito | 18.20 Km |
| **Microcuenca Rio Mocho** | **Total = 112.08 Km** |
| *Red sin nombre* | 66.65 Km |
| Arroyo Seco | 2.27 Km |
| Arrollo Seco | 2.23 Km |
| Arroyo el Chorro o El Canal | 12.92 Km |
| Arroyo Seco | 5.02 Km |
| Arroyo Tamaquito | 0.61 Km |
| Rio Mocho | 22.39 Km |
| **SubCuenca Rio Chiriaimo** | **Total = 690.94 Km** |
| *Red sin nombre* | 552.48 Km |
| Arrollo Filo del Avion | 7.01 Km |
| Arrollo Grande | 4.00 Km |
| Arrollo La Picota | 3.82 Km |
| Arrollo las palomas | 4.12 Km |
| Arrollo Machin | 5.75 Km |
| Arroyo El Espejo | 4.57 Km |
| Arroyo Fresco | 3.38 Km |
| Arroyo La Batea | 7.06 Km |
| Arroyo La Danta | 2.63 Km |
| Arroyo La Leona | 4.93 Km |
| Arroyo los Tomaquistas | 5.51 Km |
| Arroyo Pailona | 2.55 Km |
| Arroyo Principal | 3.39 Km |
| Arroyo Seco | 4.05 Km |
| Quebrada El Jordan | 1.72 Km |
| Quebrada La Cabaña | 1.35 Km |
| Quebrada La Montaña | 1.17 Km |

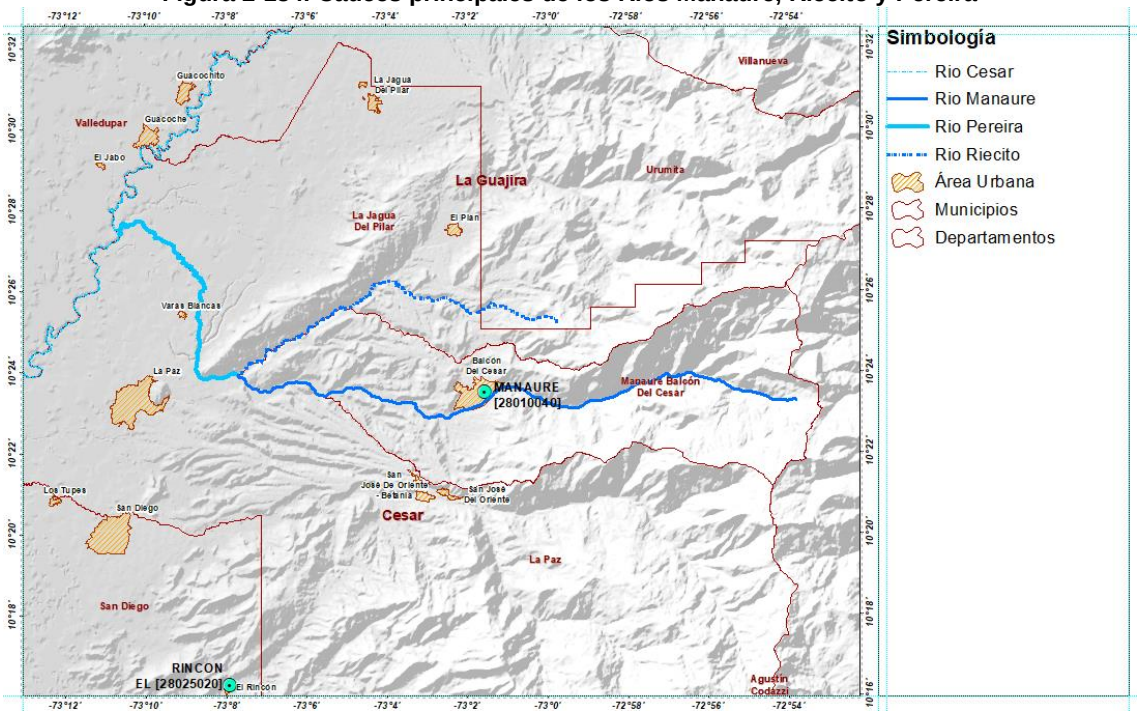
| Subzona Hidrográfica 2802-03 | Longitudes de la red de drenaje |
|---|---|
| Quebrada Monserrate | 5.21 Km |
| Quebrada Seca | 4.40 Km |
| Rio Chiriaimo | 46.93 Km |
| Rio Riecito | 14.93 Km |
| **Tributarios Rio Cesar** | **Total = 64.28 Km** |
| *Red sin nombre* | 64.28 Km |
| **Total general** | **1623.61 Km** |

Fuente: Autores (2019), con información de la red de drenajes del IGAC 1:25000.

### 2.4.1.1. Rio Manaure – Pereira

El Rio Manaure – Pereira está compuesto por sus cauces principales, este último inicia a partir de la confluencia de los Rios Riecito y el Rio Manaure. El Rio Manaure nace en la Sabana Rubia a más de 3400 msnm aproximadamente y luego de un recorrido de más de 30 kilómetros, desemboca en el Río Pereira a una cota de aproximadamente 238 msnm; por otro lado, el Rio Riecito nace a una cota de aproximadamente 1500 msnm con una longitud de cauce principal hasta el punto de desembocadura de más de 18 kilometros. (ver Figura 2-134).

**Figura 2-134. Cauces principales de los Ríos Manaure, Riecito y Pereira**

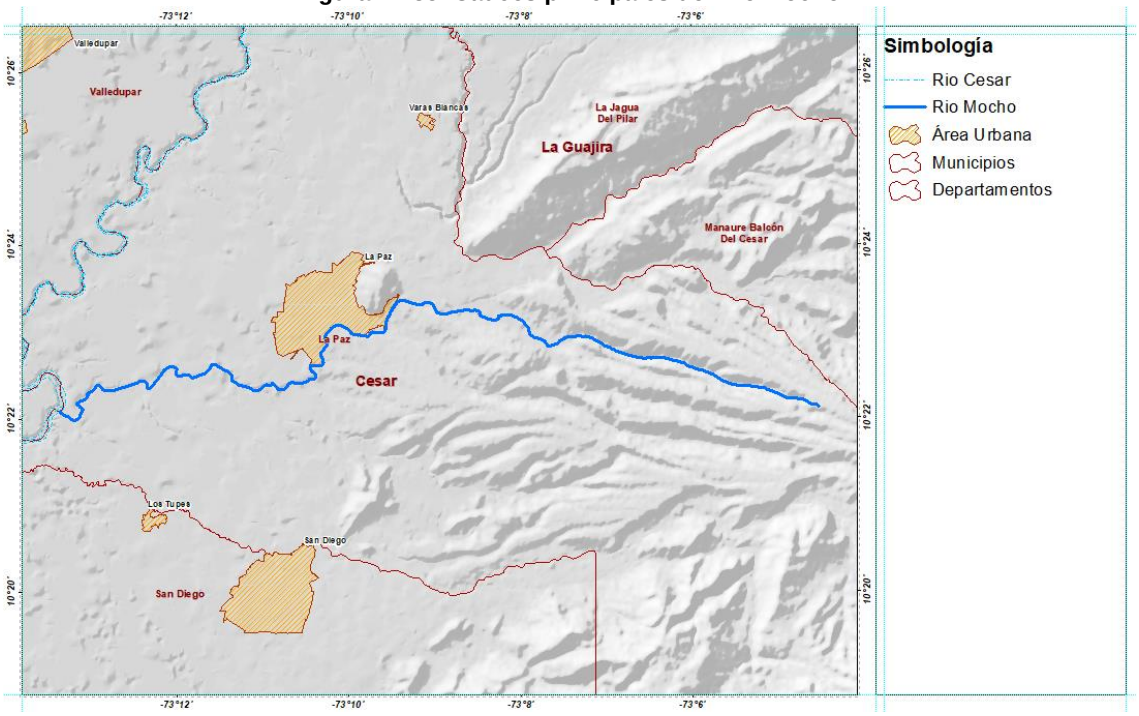



Fuente: Autores (2019).

### 2.4.1.2. Rio Mocho

El Rio Mocho ubicado entre los Rios Manaure – Pereira y el Rio Chiriamo, cuenta con una longitud de aproximadamente 20.8 kilometros desembocando en el Rio Cesar a una cota de 102 msnm y una cota de nacimiento de aproximadamente 632 msnm. Su cauce principal bordea el extremo Sur del casco urbano del municipio La Paz confluyendo aguas arriba con uno de sus principales tributarios denominado Arroyo El Chorro sobre el cual se ubica una obra de control de crecidas denominada Represa El Chorro. (ver Figura 2-135).

**Figura 2-135. Cauces principales del Rio Mocho**

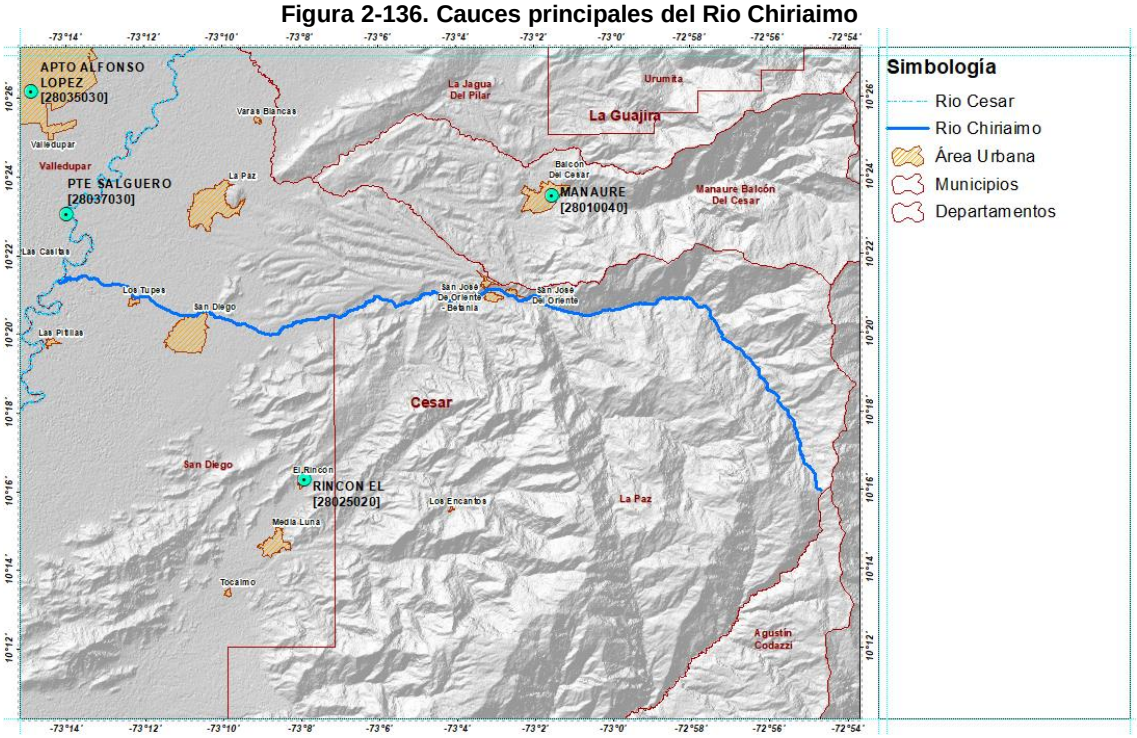



Fuente: Autores (2019).

### 2.4.1.3. Rio Chiriaimo

El Rio Chiriaimo nace en el Cerro el Avión sobre la serranía del Perijá a más de 3280 msnm recorriendo aproximadamente 47 kilometros aguas abajo desembocando en el Rio Cesar a una cota de aproximadamente 100 msnm. En su recorrido el Rio Chiriaimo atraviesa los corregimientos de San Jose de Oriente – Betania, San Jose Del Oriente, el casco urbano del municipio de San Diego y el corregimiento los topes. (ver Figura 2-136).

**Figura 2-136. Cauces principales del Rio Chiriaimo**

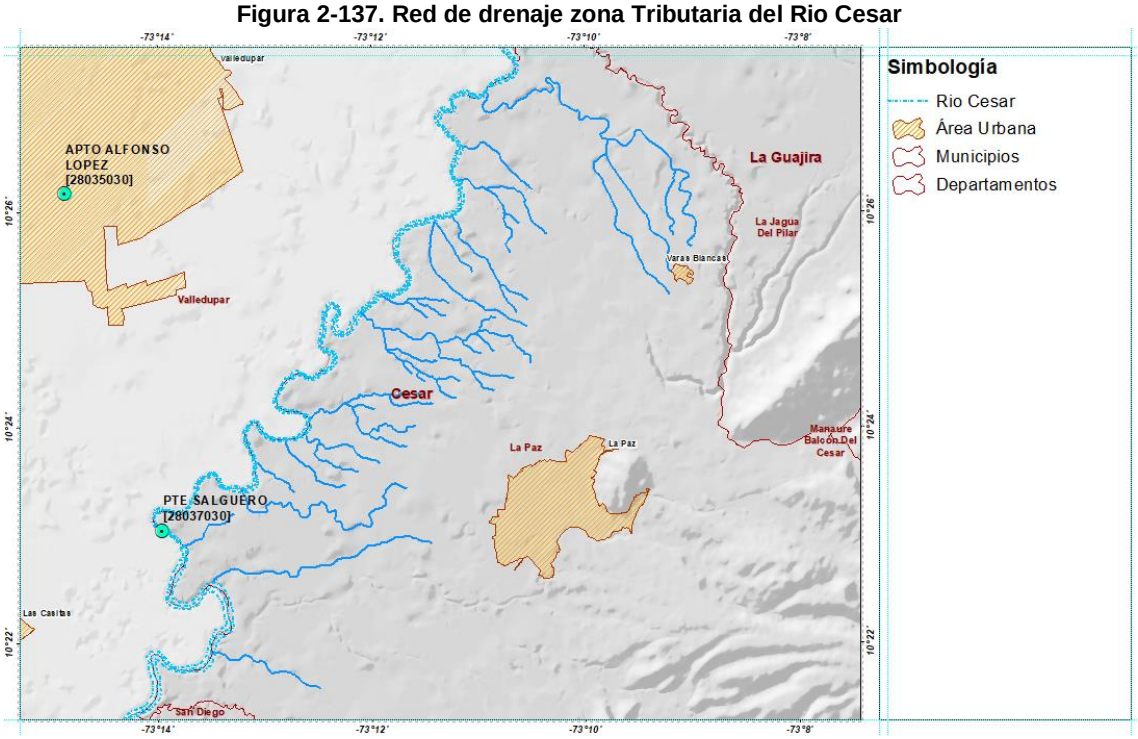



Fuente: Autores (2019).

### 2.4.1.4. Zona Tributaria del Rio Cesar

Existe una red de cauces de menor orden que se encuentran dentro de los límites de la subzona hidrográfica 2802-03 y que drenan directamente al Rio Cesar, estos cauces de poca longitud y área aferente no cuentan con nomenclatura o nombres definidos por el IGAC y en muchos de los casos tampoco cuentan con carcavamientos significativos que permitan identificar el Talweg; si no que discurren a lo largo de la cuenca según su pendiente y sin generar gran acumulación de agua. Estas zonas suelen ser mal drenadas y tienen a inundarse por encharcamiento. (ver Figura 2-137).

**Figura 2-137. Red de drenaje zona Tributaria del Rio Cesar**




Fuente: Autores (2019).

### 2.4.1.5. Delimitación de las unidades hidrográficas de menor jerarquía ubicadas dentro del límite de la subzona hidrografica 2802-03

Partiendo de la subzona hidrográfica 2803-02 objeto de análisis del presente POMCA y con base en lo propuesto por la Guía de Zonificación y Codificación De Cuencas Hidrográficas del IDEAM, la cual se basa en Jiménez E.H (1986), se divide este sistema hidrográfico en Cuencas, Subcuencas, Microcuencas, Sector hidrográfico y unidades hidrográficas clasificándolas según su área. (ver Tabla 2-72).

**Tabla 2-72. Clasificación de Cuencas Hidrográficas según su área**

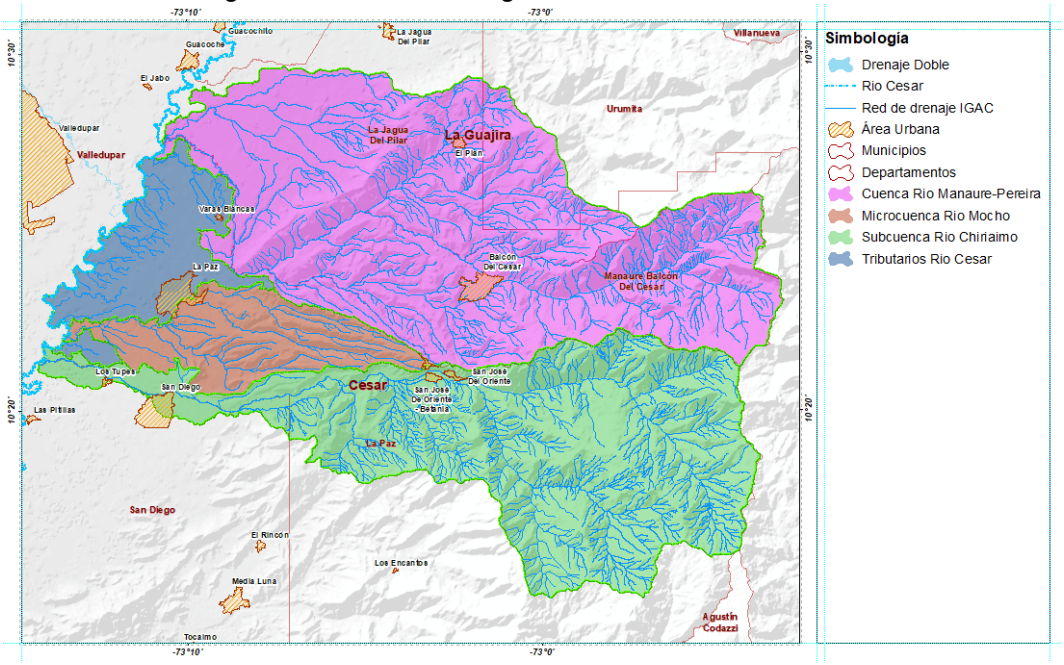
| Área (Km2) | Clasificación |
|---|---|
| < 5 | Unidad Hidrográfica |
| 5 - 20 | Sector Hidrográfico |
| 20 - 100 | Microcuenca |
| 100 - 300 | Subcuenca |
| > 300 | Cuenca |

Fuente: Hidrología Básica (Jiménez E. H, 1986).

Esta clasificación permite generar un criterio para determinar zonas aferentes de menor orden o jerarquía contenidas dentro de sistemas hidrográficos de mayor área, con el fin de no generar confusión a la hora de hacer referencia al tributario que se evalúa.

La subzona hidrográfica se subdivide principalmente en 4 sistemas hidrográficos de menor jerarquía identificados por los cauces principales descritos previamente. De esta manera e implementando herramientas en SIG, se delimita los sistemas hidrográficos de los Rios Manaure – Pereira, Rio Mocho, Rio Chiriaimo y la zona tributaria del Rio Cesar. (ver Figura 2-138).

**Figura 2-138. Subdivisión general de la cuenca de estudio**




Fuente: Autores (2019).

- **Cuenca Rio Manaure – Pereira**

Este Rio, que posee un área aferente de aproximadamente 306 km$^2$ entrando dentro de la clasificación de CUENCA según Jiménez E. H. extendiéndose por un área que comprende los departamentos de la Guajira y El Cesar. Se origina en la serranía del Perijá y en toda su extensión abarca los municipios de Urumita - Guajira, La Jagua del Pilar - Guajira, El municipio de Manaure Balcón del Cesar - Cesar y una pequeña extensión del municipio de la Paz - Cesar. Los centros poblados que más destacan dentro de la cuenca del rio Manaure – Pereira son; el centro poblado del municipio de Manaure Balcón del Cesar y el corregimiento El Plan ubicado en el municipio de La Jagua Del Pilar.

- **Subcuenca Rio Chiriaimo**

El Rio Chiriaimo, posee un área aferente de aproximadamente 225 km$^2$ entrando dentro de la clasificación de SUBCUENCA según Jiménez E. H. La subcuenca del Rio Chiriaimo se extiende desde la serranía del Perijá hasta desembocar en el Rio Cesar, dentro de sus

límites comprende los corregimientos de Los tupes en el municipio de San Diego y el casco urbano del mismo municipio y los corregimientos de San Jose de Oriente – Betania y San Jose del Oriente.

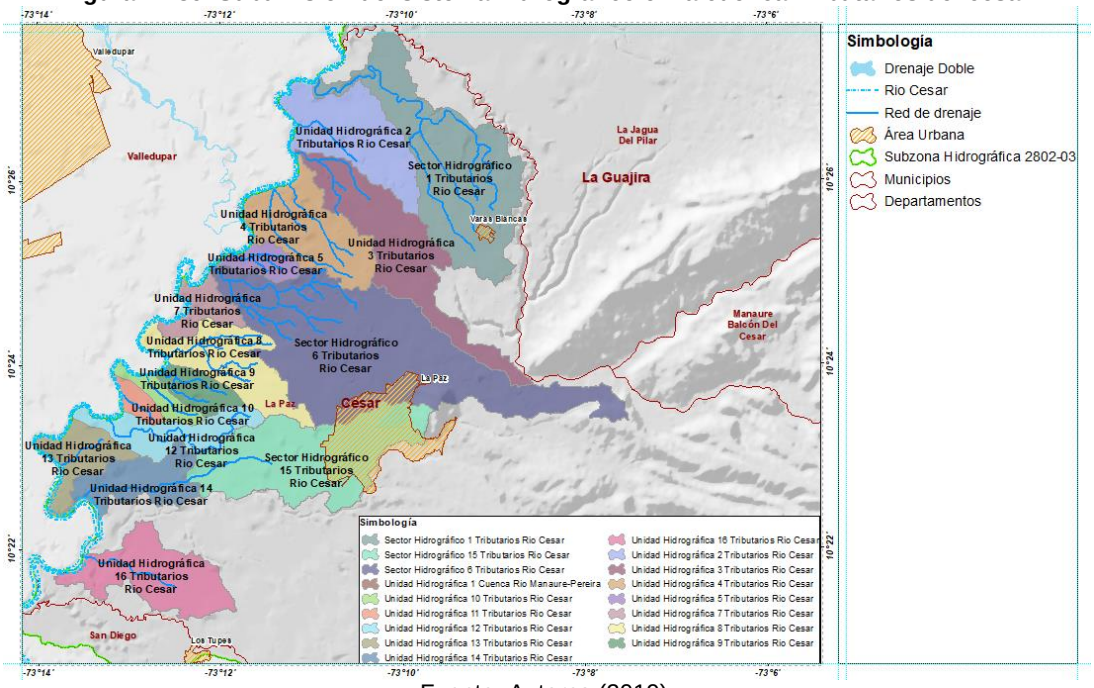
- **Microcuenca Rio Mocho**

El Rio Mocho cuenta con un área aferente de aproximadamente 54.5 $km^2$ lo que la ubica dentro de la clasificación por áreas de Jimenez E. H. como MICROCUENCA. La microcuenca del Rio Mocho limita al Noreste con la cuenca del Rio Manaure – Pereira, al Noroeste con la zona tributaria del Rio Cesar y al sur con los límites de la subcuenca del Rio Chiriaimo. Dentro de las extensiones geográficas de la microcuenca Rio Mocho, se encuentra parte del centro poblado del municipio de la Paz, exactamente una porción de su zona sur por donde colinda el cauce principal del Rio Mocho.

- **Zona tributaria del Rio Cesar**

Esta zona ubicada sobre el margen izquierdo dirección aguas abajo del Rio Cesar, cuenta con la presencia de múltiples cauces de menor orden en su totalidad efímeras (Drenaje sencillo 1:25000. IGAC) a los cuales no se les considerada como unidad hidrográfica de nivel II (IDEAM, 2013) por lo que el área aferente, aunque pueda unificarse y categorizarse como MICROCUENCA según Jiménez E. H., no cuenta con un cauce principal propio que permita ser analizado de manera independiente junto con su área aferente como los otros cauces de mayor jerarquía dentro de la subzona hidrográfica 2802-03 (Rio Chiriaimo, Mocho y Manaure – Pereira). Dicho esto, esta zona se evalúa subdividiendo la misma según la aferencia de su red de drenaje entrando en la categoría de Jiménez E. H. como Sector y Unidad Hidrografica siendo esta última de nivel III. (ver Figura 2-139).

**Figura 2-139. Subdivisión del sistema hidrográfico en la cuenca Tributarios del cesar**

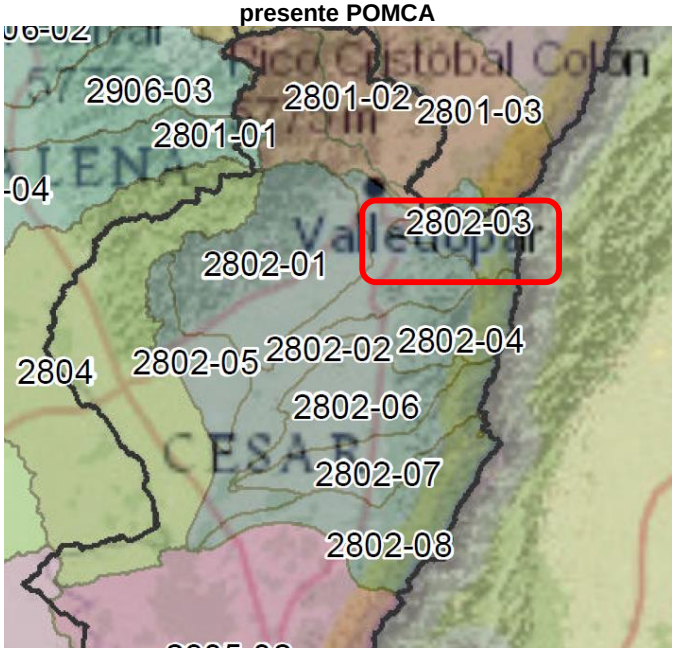



Fuente: Autores (2019).

- **Subdivisión de los principales sistemas hidrográficos contenidos por la subzona hidrográfica 2802-03**

La evaluación de las cuencas hidrográficas a gran escala resulta en muchas ocasiones un tema complejo debido a la no homogenización de las variables y parámetros hidroclimaticos que interactúan en su extensión. Las grandes extensiones geográficas y las irregularidades de relieve de estos sistemas hidrográficos generan que la respuesta hidrológica varié respecto a la ubicación en la cuenca resultando muchas veces compleja e incierta la estimación de variables como la oferta, caudales máximos para distintos periodos de retorno, caudales ecológicos, etc., para áreas de menor aferencia delimitadas dentro del mismo sistema hidrográfico (subdivisión). (ver Figura 2-140).

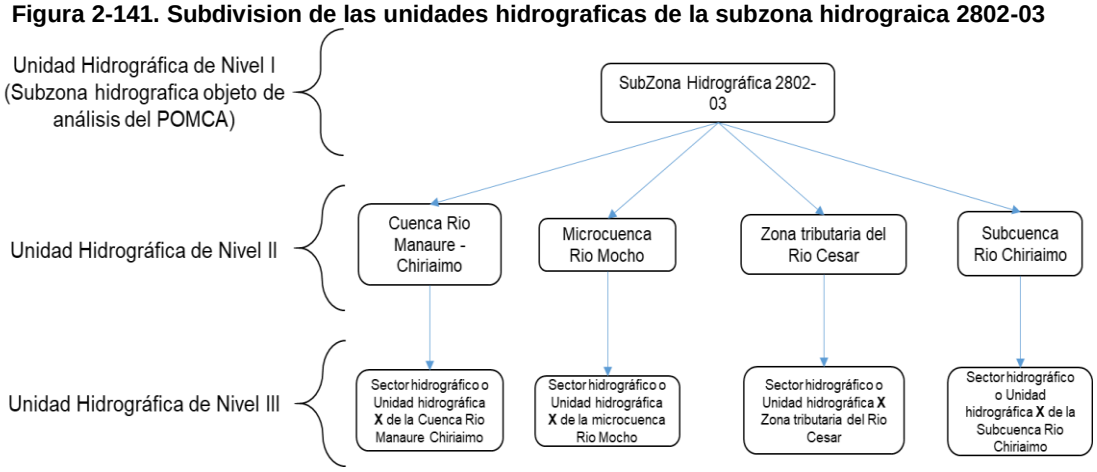
**Figura 2-140. Subzona Hidrográfica y la unidad hidrográfica de nivel I como objeto de análisis del presente POMCA**




Fuente: Mapa de Sub Zonas Hidrográficas de Colombia.

Por tal motivo, se hace indispensable la subdivisión de los sistemas hidrográficos que conforman la subzona hidrográfica 2802-03 y su relación con la clasificación propuesta por IDEAM en el Manual De Zonificación Y Codificación De Cuencas Hidrográficas. El IDEAM determina partiendo de la subzona hidrográfica, 3 niveles de unidades hidrográficas que permiten la subdivisión de las principales cuencas en unidades de menor jerarquía, estos niveles representan la desagregación del nivel anterior siendo así; el nivel I corresponde a la subdivisión de la subzona hidrográfica, el nivel II corresponde a la subdivisión del nivel I y finalmente el nivel III que continua la secuencia. (ver Figura 2-141).

**Figura 2-141. Subdivision de las unidades hidrograficas de la subzona hidrograica 2802-03**

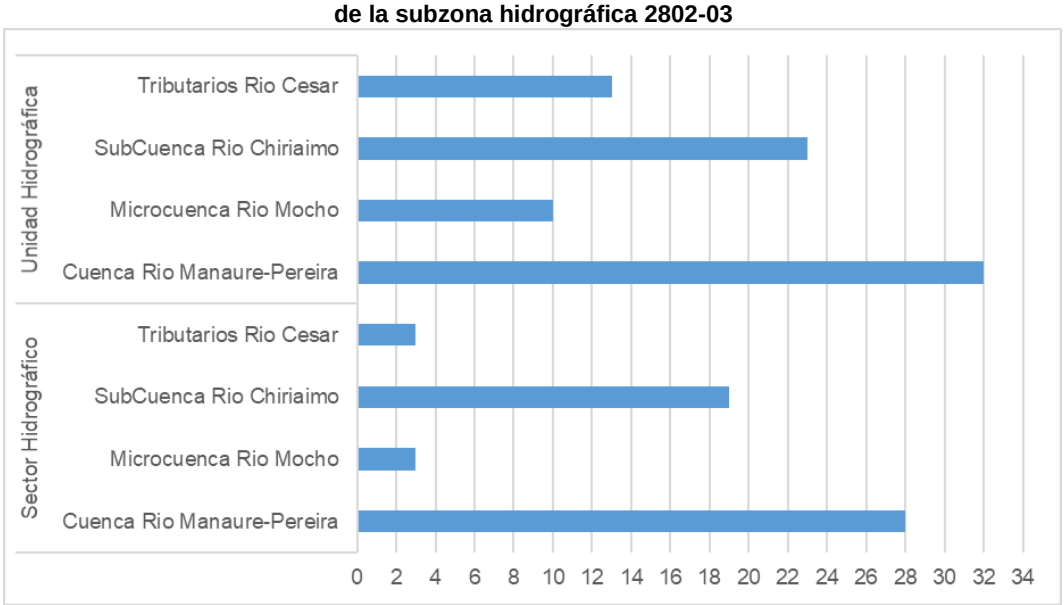



Fuente: Autores (2019). Hidrología Básica, modificado de IDEAM (2013) y Jiménez E. H (1986).

Partiendo de lo dicho anteriormente, se procede a la subdivisión de las unidades hidrográficas de nivel II según la Figura 2-141 teniendo en cuenta que las unidades de nivel III deben contar con un área inferior a 20 $km^2$ donde, además, su delimitación está condicionada por la red de drenajes de la subzona hidrográfica.

Como resultado, se subdividen las unidades hidrográficas de nivel II en 131 unidades de nivel III. (ver Figura 2-142).

**Figura 2-142. Clasificación de sectores y unidades hidrográficas de la unidad hidrográfica de nivel III de la subzona hidrográfica 2802-03**

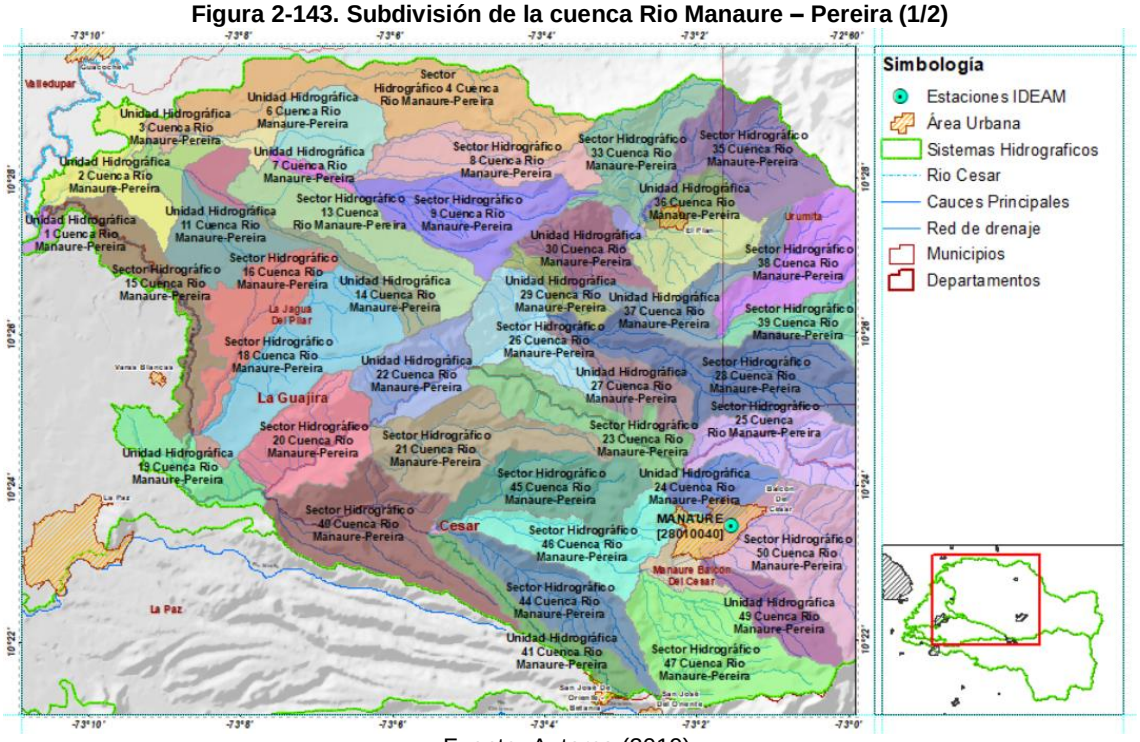



Fuente: Autores (2019).

- Subdivisión de la cuenca Rio Manaure – Pereira

A continuación, se muestra la subdivisión de la cuenca Rio Manaure-Pereina (parte 1/2), del sector hidrográfico. (ver Figura 2-144).

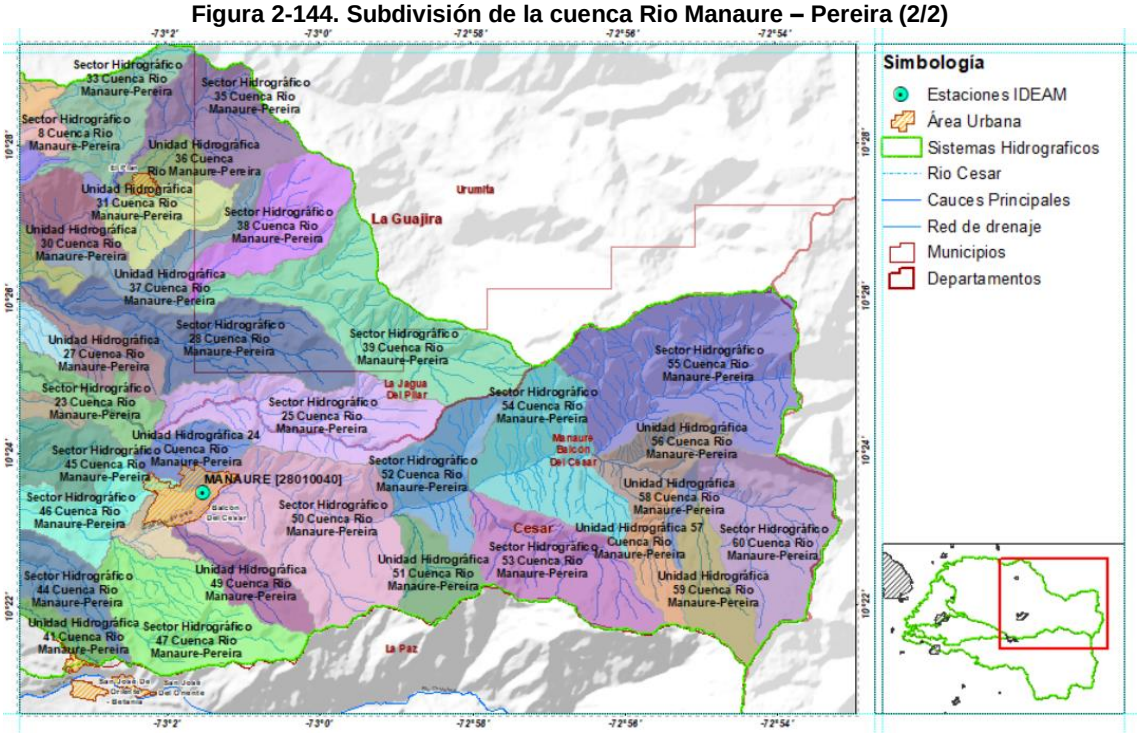
**Figura 2-143. Subdivisión de la cuenca Rio Manaure – Pereira (1/2)**




Fuente: Autores (2019).

También se puede apreciar la subdivisión de la cuenca Río Manuere Pereira (2/2), en la Figura 2-144.

**Figura 2-144. Subdivisión de la cuenca Rio Manaure – Pereira (2/2)**

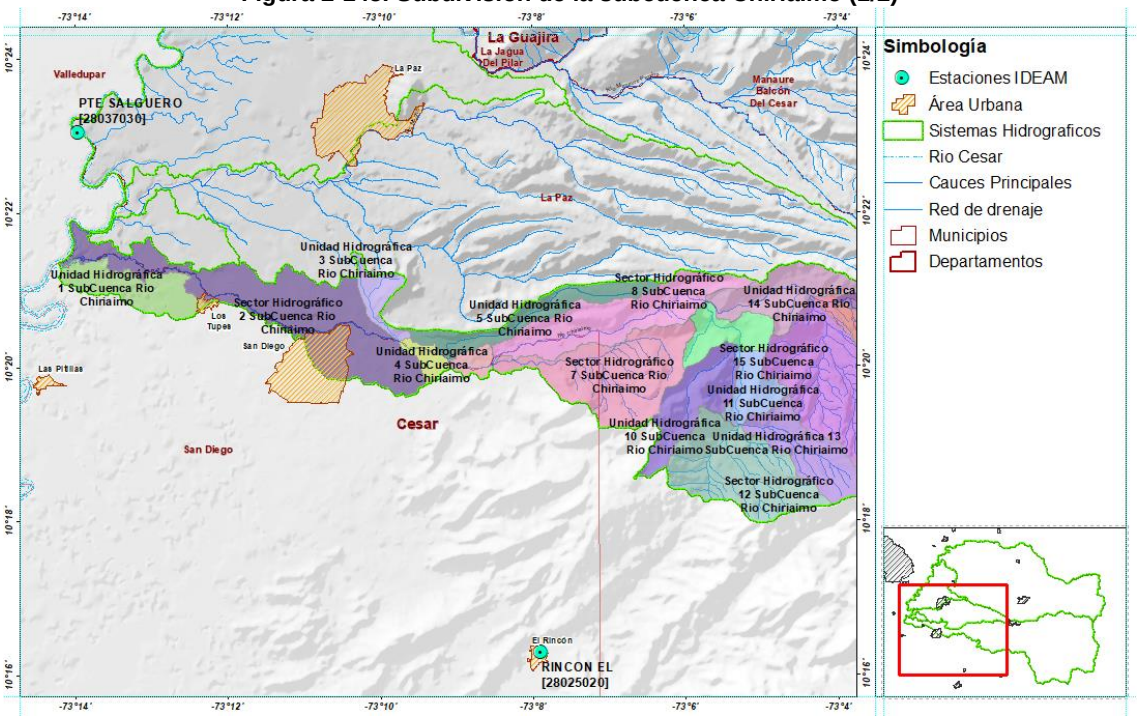



Fuente: Autores (2019).

Además, se puede observar la subdivisión de la subcuenca Chiriaimo (1/2). (ver Figura 2-145).

- Subdivisión de la subcuenca Chiriaimo

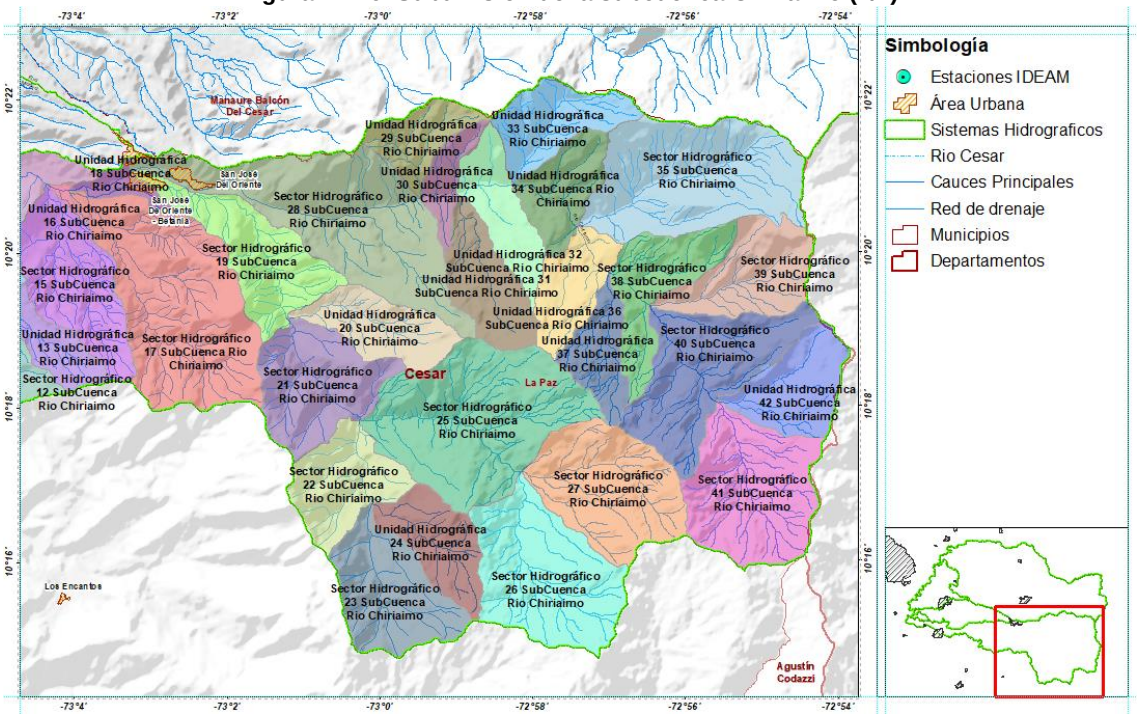
**Figura 2-145. Subdivisión de la subcuenca Chiriaimo (1/2)**




Fuente: Autores (2019).

También, se puede apreciar la subdivisión de la subcuenca Chiriaimo (2/2). (ver Figura 2-146).

**Figura 2-146. Subdivisión de la subcuenca Chiriaimo (2/2)**

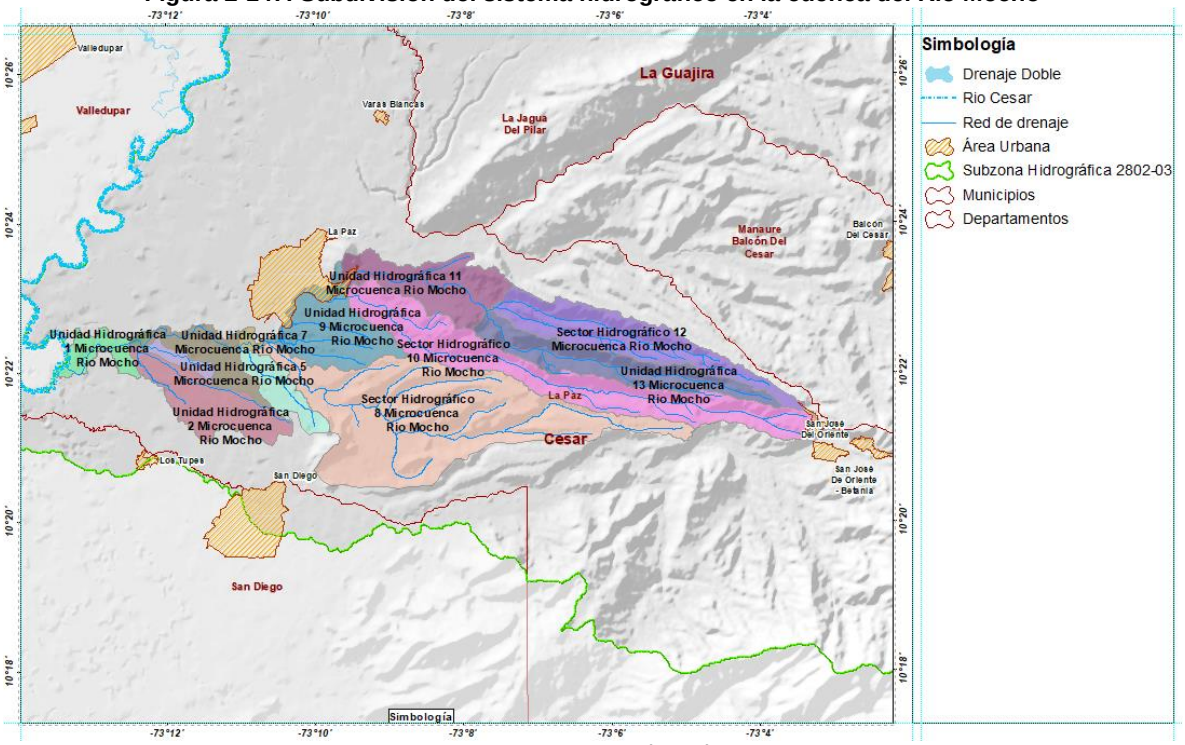



Fuente: Autores (2019).

Por último, se realizó la subdisivisión de la microcuenca del Río Mocho. (ver Figura 2-147).

- Subdivisión de la microcuenca Rio Mocho

**Figura 2-147. Subdivisión del sistema hidrográfico en la cuenca del Rio Mocho**




Fuente: Autores (2019).

- Subdivisión de la zona tributaria del Rio Cesar

La subdivisión de la zona tributaria del Rio Cesar puede apreciarse en la Figura 2-139**.**

- Unidades hidrográficas abastecedoras de centros urbanos y poblaciones

Las unidades hidrográficas abastecedoras son aquellas cuencas cuya delimitación parte desde un punto de captación o abastecimiento de una población normalmente un acueducto. Estas cuencas son formadas a partir de la identificación de los puntos de abastecimiento de las poblaciones y de la unión de las unidades hidrográficas de nivel III previamente delimitadas.

### 2.4.2. Codificación de los sistemas hidrográficos pertenecientes a la subzona hidrográfica 2802-03

La zonificación de unidades hidrográficas en Colombia parte de una división mayor de áreas hidrográficas que se asocian a grandes vertientes deparando la cuenca magdalena cauce de la vertiente caribe por su importancia política y socioeconómica. Estas a su vez, se dividen en unidades de menor jerarquía, zonas y subzonas que permiten implementar las directrices de gestión y planificación ambiental del territorio. (ver Figura 2-148).

**Figura 2-148. Estructura básica para la codificación de cuencas**




Fuente: IDEAM (2013).

El sistema de codificación propuesto por el IDEAM, esta codificado principalmente por 4 códigos que representan la zonificación hidrográfica nacional donde el primer digito corresponde al área hidrográfica principal, en este caso Magdalena-Cauca. El segundo digito corresponde al representativo de la zona hidrográfica en este caso zona 8 perteneciente a la zona hidrográfica del Cesar. El tercer y cuarto digito corresponden a las subzonas hidrográficas que en total son 311, El quinto y sexto digito corresponden a el número de la unidad hidrográfica en el nivel I de desagregación de las subzonas. Según el Mapa de Subzonas Hidrográficas de Colombia, hasta este punto de codificación la subzona hidrográfica se encuentra codificada con la estructura **2802-03**. El séptimo y octavo digito indica el número de unidades hidrográficas de nivel II producto de la desagregación de las unidades hidrográficas de nivel I y finalmente, el noveno y décimo digito que indican la unidad hidrográfica de nivel III producto de la desagregación de la unidad de nivel II (Zonificación y codificación de cuencas hidrográficas, IDEAM).

Partiendo de la metodología establecida por IDEAM, se clasifican las unidades hidrográficas de nivel II. (ver Tabla 2-73).

**Tabla 2-73. Codificacion de las unidades hidrograficas de nivel II**

| Concepto | Sistemas Hidrográficos | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Rio Manaure-Pereira | Rio Chiriaimo | Rio Mocho | Zona Tributaria Rio Cesar |
| Clasificación de la unidad hidrográfica de nivel II | Cuenca | Subcuenca | Microcuenca | Microcuenca |
| Área | 306.20 Km2 | 224.82 Km2 | 54.52 Km2 | 52.66 Km2 |
| Perímetro | 132.71 Km | 136.89 Km | 64.23 Km | 83.01 Km |
| Código de la UH | 2802-03-01 | 2802-03-02 | 2802-03-03 | 2802-03-04 |

Fuente: Autores (2019).

La subdivisión de las unidades hidrográficas de nivel II permite a su vez completar los dos últimos digites de la codificación mediante la subdivisión de esta en unidades hidrográficas de nivel III. (ver Tabla 2-74).

**Tabla 2-74. Codificación de las unidades hidrográficas de nivel III**

| N° | Cuenca | N° Subdivisión | Clasificación | Nombre Geo | Código de la UH de nivel III | Área | Perímetro |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 01 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 1 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-01 | 0.57 Km2 | 5.24 Km |
| 2 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 02 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 2 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-02 | 4.12 Km2 | 21.75 Km |
| 3 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 03 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 3 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-03 | 0.60 Km2 | 6.25 Km |
| 4 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 04 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 4 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-04 | 11.99 Km2 | 32.08 Km |
| 5 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 05 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 5 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-05 | 1.02 Km2 | 9.85 Km |
| 6 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 06 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 6 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-06 | 4.21 Km2 | 11.85 Km |

| N° | Cuenca | N° Subdivisión | Clasificación | Nombre Geo | Código de la UH de nivel III | Área | Perímetro |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 07 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 7 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-07 | 0.62 Km2 | 6.49 Km |
| 8 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 08 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 8 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-08 | 5.31 Km2 | 18.53 Km |
| 9 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 09 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 9 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-09 | 7.32 Km2 | 18.43 Km |
| 10 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 10 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 10 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-10 | 1.61 Km2 | 9.87 Km |
| 11 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 11 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 11 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-11 | 4.41 Km2 | 13.84 Km |
| 12 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 12 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 12 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-12 | 1.31 Km2 | 6.42 Km |
| 13 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 13 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 13 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-13 | 7.79 Km2 | 21.58 Km |
| 14 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 14 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 14 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-14 | 2.28 Km2 | 15.67 Km |
| 15 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 15 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 15 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-15 | 5.56 Km2 | 28.68 Km |
| 16 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 16 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 16 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-16 | 5.62 Km2 | 22.39 Km |

| N° | Cuenca | N° Subdivisión | Clasificación | Nombre Geo | Código de la UH de nivel III | Área | Perímetro |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 17 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 17 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-17 | 0.34 Km2 | 3.95 Km |
| 18 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 18 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 18 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-18 | 8.96 Km2 | 20.53 Km |
| 19 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 19 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 19 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-19 | 3.88 Km2 | 15.82 Km |
| 20 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 20 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 20 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-20 | 6.13 Km2 | 15.20 Km |
| 21 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 21 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 21 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-21 | 7.38 Km2 | 20.63 Km |
| 22 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 22 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 22 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-22 | 4.73 Km2 | 12.70 Km |
| 23 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 23 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 23 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-23 | 5.59 Km2 | 21.01 Km |
| 24 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 24 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 24 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-24 | 2.89 Km2 | 9.55 Km |
| 25 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 25 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 25 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-25 | 9.63 Km2 | 22.60 Km |
| 26 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 26 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 26 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-26 | 5.10 Km2 | 14.93 Km |

| N° | Cuenca | N° Subdivisión | Clasificación | Nombre Geo | Código de la UH de nivel III | Área | Perímetro |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 27 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 27 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-27 | 3.16 Km2 | 14.96 Km |
| 28 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 28 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 28 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-28 | 10.33 Km2 | 27.27 Km |
| 29 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 29 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 29 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-29 | 1.66 Km2 | 10.23 Km |
| 30 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 30 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 30 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-30 | 3.83 Km2 | 12.19 Km |
| 31 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 31 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 31 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-31 | 4.14 Km2 | 13.27 Km |
| 32 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 32 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 32 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-32 | 0.37 Km2 | 3.11 Km |
| 33 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 33 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 33 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-33 | 5.57 Km2 | 17.59 Km |
| 34 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 34 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 34 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-34 | 0.02 Km2 | 0.65 Km |
| 35 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 35 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 35 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-35 | 7.09 Km2 | 19.30 Km |
| 36 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 36 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 36 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-36 | 1.86 Km2 | 8.08 Km |

| N° | Cuenca | N° Subdivisión | Clasificación | Nombre Geo | Código de la UH de nivel III | Área | Perímetro |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 37 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 37 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 37 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-37 | 4.24 Km2 | 20.56 Km |
| 38 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 38 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 38 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-38 | 6.40 Km2 | 16.41 Km |
| 39 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 39 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 39 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-39 | 13.21 Km2 | 29.15 Km |
| 40 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 40 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 40 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-40 | 9.43 Km2 | 24.88 Km |
| 41 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 41 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 41 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-41 | 3.18 Km2 | 19.32 Km |
| 42 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 42 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 42 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-42 | 0.06 Km2 | 2.13 Km |
| 43 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 43 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 43 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-43 | 0.01 Km2 | 0.70 Km |
| 44 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 44 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 44 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-44 | 5.83 Km2 | 20.23 Km |
| 45 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 45 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 45 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-45 | 6.38 Km2 | 17.70 Km |
| 46 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 46 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 46 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-46 | 6.25 Km2 | 21.93 Km |

| N° | Cuenca | N° Subdivisión | Clasificación | Nombre Geo | Código de la UH de nivel III | Área | Perímetro |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 47 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 47 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 47 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-47 | 9.30 Km2 | 18.67 Km |
| 48 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 48 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 48 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-48 | 2.02 Km2 | 10.82 Km |
| 49 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 49 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 49 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-49 | 3.27 Km2 | 12.95 Km |
| 50 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 50 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 50 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-50 | 14.57 Km2 | 22.02 Km |
| 51 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 51 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 51 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-51 | 3.35 Km2 | 10.60 Km |
| 52 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 52 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 52 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-52 | 5.76 Km2 | 16.73 Km |
| 53 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 53 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 53 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-53 | 8.45 Km2 | 17.75 Km |
| 54 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 54 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 54 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-54 | 9.33 Km2 | 18.20 Km |
| 55 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 55 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 55 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-55 | 16.25 Km2 | 23.98 Km |
| 56 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 56 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 56 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-56 | 3.94 Km2 | 12.32 Km |

| N° | Cuenca | N° Subdivisión | Clasificación | Nombre Geo | Código de la UH de nivel III | Área | Perímetro |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 57 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 57 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 57 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-57 | 2.80 Km2 | 10.83 Km |
| 58 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 58 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 58 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-58 | 0.88 Km2 | 6.66 Km |
| 59 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 59 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 59 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-59 | 4.01 Km2 | 13.58 Km |
| 60 | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 60 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 60 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2802-03-01-60 | 10.29 Km2 | 17.55 Km |
| 61 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 01 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 1 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-01 | 2.61 Km2 | 12.67 Km |
| 62 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 02 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 2 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-02 | 9.43 Km2 | 36.04 Km |
| 63 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 03 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 3 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-03 | 1.08 Km2 | 6.92 Km |
| 64 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 04 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 4 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-04 | 0.62 Km2 | 4.56 Km |
| 65 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 05 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 5 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-05 | 2.70 Km2 | 16.90 Km |
| 66 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 06 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 6 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-06 | 0.59 Km2 | 4.40 Km |
| 67 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 07 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 7 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-07 | 6.07 Km2 | 17.52 Km |

| N° | Cuenca | N° Subdivisión | Clasificación | Nombre Geo | Código de la UH de nivel III | Área | Perímetro |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 68 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 08 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 8 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-08 | 5.01 Km2 | 19.62 Km |
| 69 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 09 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 9 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-09 | 1.80 Km2 | 9.22 Km |
| 70 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 10 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 10 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-10 | 3.05 Km2 | 13.15 Km |
| 71 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 11 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 11 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-11 | 1.54 Km2 | 8.07 Km |
| 72 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 12 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 12 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-12 | 5.71 Km2 | 14.35 Km |
| 73 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 13 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 13 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-13 | 3.09 Km2 | 12.35 Km |
| 74 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 14 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 14 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-14 | 3.00 Km2 | 12.71 Km |
| 75 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 15 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 15 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-15 | 7.43 Km2 | 16.91 Km |
| 76 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 16 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 16 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-16 | 0.27 Km2 | 3.67 Km |
| 77 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 17 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 17 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-17 | 14.26 Km2 | 22.23 Km |
| 78 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 18 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 18 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-18 | 1.16 Km2 | 7.99 Km |
| 79 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 19 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 19 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-19 | 6.54 Km2 | 19.90 Km |

| N° | Cuenca | N° Subdivisión | Clasificación | Nombre Geo | Código de la UH de nivel III | Área | Perímetro |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 80 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 20 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 20 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-20 | 4.42 Km2 | 13.47 Km |
| 81 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 21 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 21 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-21 | 6.98 Km2 | 15.60 Km |
| 82 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 22 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 22 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-22 | 5.19 Km2 | 13.42 Km |
| 83 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 23 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 23 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-23 | 6.76 Km2 | 15.15 Km |
| 84 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 24 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 24 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-24 | 4.30 Km2 | 12.70 Km |
| 85 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 25 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 25 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-25 | 14.09 Km2 | 21.90 Km |
| 86 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 26 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 26 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-26 | 10.03 Km2 | 18.10 Km |
| 87 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 27 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 27 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-27 | 8.80 Km2 | 15.75 Km |
| 88 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 28 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 28 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-28 | 13.92 Km2 | 29.25 Km |
| 89 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 29 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 29 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-29 | 3.02 Km2 | 11.28 Km |
| 90 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 30 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 30 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-30 | 1.86 Km2 | 10.33 Km |
| 91 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 31 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 31 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-31 | 4.58 Km2 | 12.89 Km |

| N° | Cuenca | N° Subdivisión | Clasificación | Nombre Geo | Código de la UH de nivel III | Área | Perímetro |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 92 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 32 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 32 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-32 | 3.93 Km2 | 13.79 Km |
| 93 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 33 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 33 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-33 | 4.38 Km2 | 13.32 Km |
| 94 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 34 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 34 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-34 | 3.81 Km2 | 11.53 Km |
| 95 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 35 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 35 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-35 | 12.17 Km2 | 20.68 Km |
| 96 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 36 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 36 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-36 | 3.71 Km2 | 11.53 Km |
| 97 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 37 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 37 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-37 | 3.12 Km2 | 11.53 Km |
| 98 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 38 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 38 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-38 | 5.14 Km2 | 16.28 Km |
| 99 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 39 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 39 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-39 | 5.60 Km2 | 14.20 Km |
| 100 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 40 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 40 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-40 | 9.00 Km2 | 20.60 Km |
| 101 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 41 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 41 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-41 | 9.45 Km2 | 16.67 Km |
| 102 | SubCuenca Rio Chiriaimo | 42 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 42 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-42 | 4.81 Km2 | 12.55 Km |
| 103 | Microcuenca Rio Mocho | 01 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 1 Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-01 | 1.30 Km2 | 9.36 Km |
| 104 | Microcuenca Rio Mocho | 02 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 2 | 2802-03-03-02 | 3.84 Km2 | 13.74 Km |

| N° | Cuenca | N° Subdivisión | Clasificación | Nombre Geo | Código de la UH de nivel III | Área | Perímetro |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Microcuenca Rio Mocho | | | |
| 105 | Microcuenca Rio Mocho | 03 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 3 Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-03 | 0.13 Km2 | 1.88 Km |
| 106 | Microcuenca Rio Mocho | 04 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 4 Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-04 | 0.56 Km2 | 5.12 Km |
| 107 | Microcuenca Rio Mocho | 05 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 5 Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-05 | 2.14 Km2 | 11.65 Km |
| 108 | Microcuenca Rio Mocho | 06 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 6 Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-06 | 1.75 Km2 | 9.06 Km |
| 109 | Microcuenca Rio Mocho | 07 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 7 Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-07 | 0.22 Km2 | 3.04 Km |
| 110 | Microcuenca Rio Mocho | 08 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 8 Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-08 | 16.48 Km2 | 32.27 Km |
| 111 | Microcuenca Rio Mocho | 09 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 9 Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-09 | 4.24 Km2 | 14.47 Km |
| 112 | Microcuenca Rio Mocho | 10 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 10 Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-10 | 9.52 Km2 | 35.62 Km |
| 113 | Microcuenca Rio Mocho | 11 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 11 Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-11 | 4.18 Km2 | 16.21 Km |
| 114 | Microcuenca Rio Mocho | 12 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 12 Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-12 | 5.53 Km2 | 24.05 Km |
| 115 | Microcuenca Rio Mocho | 13 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 13 Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-13 | 4.64 Km2 | 22.52 Km |
| 116 | Tributarios Rio Cesar | 01 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 1 Tributarios Rio Cesar | 2802-03-04-01 | 7.38 Km2 | 23.73 Km |

| N° | Cuenca | N° Subdivisión | Clasificación | Nombre Geo | Código de la UH de nivel III | Área | Perímetro |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 117 | Tributarios Rio Cesar | 02 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 2 Tributarios Rio Cesar | 2802-03-04-02 | 3.68 Km2 | 14.24 Km |
| 118 | Tributarios Rio Cesar | 03 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 3 Tributarios Rio Cesar | 2802-03-04-03 | 4.55 Km2 | 22.77 Km |
| 119 | Tributarios Rio Cesar | 04 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 4 Tributarios Rio Cesar | 2802-03-04-04 | 3.44 Km2 | 13.03 Km |
| 120 | Tributarios Rio Cesar | 05 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 5 Tributarios Rio Cesar | 2802-03-04-05 | 0.76 Km2 | 6.43 Km |
| 121 | Tributarios Rio Cesar | 06 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 6 Tributarios Rio Cesar | 2802-03-04-06 | 11.75 Km2 | 32.09 Km |
| 122 | Tributarios Rio Cesar | 07 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 7 Tributarios Rio Cesar | 2802-03-04-07 | 1.04 Km2 | 8.30 Km |
| 123 | Tributarios Rio Cesar | 08 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 8 Tributarios Rio Cesar | 2802-03-04-08 | 2.99 Km2 | 14.13 Km |
| 124 | Tributarios Rio Cesar | 09 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 9 Tributarios Rio Cesar | 2802-03-04-09 | 0.99 Km2 | 4.54 Km |
| 125 | Tributarios Rio Cesar | 10 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 10 Tributarios Rio Cesar | 2802-03-04-10 | 0.71 Km2 | 5.93 Km |
| 126 | Tributarios Rio Cesar | 11 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 11 Tributarios Rio Cesar | 2802-03-04-11 | 0.48 Km2 | 3.32 Km |
| 127 | Tributarios Rio Cesar | 12 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 12 Tributarios Rio Cesar | 2802-03-04-12 | 1.97 Km2 | 11.18 Km |
| 128 | Tributarios Rio Cesar | 13 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 13 Tributarios Rio Cesar | 2802-03-04-13 | 1.62 Km2 | 9.43 Km |
| 129 | Tributarios Rio Cesar | 14 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 14 | 2802-03-04-14 | 2.07 Km2 | 12.67 Km |

| N° | Cuenca | N° Subdivisión | Clasificación | Nombre Geo | Código de la UH de nivel III | Área | Perímetro |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Tributarios Rio Cesar | | | |
| 130 | Tributarios Rio Cesar | 15 | Sector Hidrográfico | Sector Hidrográfico 15 Tributarios Rio Cesar | 2802-03-04-15 | 5.95 Km2 | 19.01 Km |
| 131 | Tributarios Rio Cesar | 16 | Unidad Hidrográfica | Unidad Hidrográfica 16 Tributarios Rio Cesar | 2802-03-04-16 | 3.27 Km2 | 14.49 Km |

Fuente: Autores (2019).

### 2.4.3. Caracterización del sistema de drenaje

Si bien la formación de las avenidas está condicionada en parte por las condiciones físicas de la cuenca hidrográfica, el tamaño y la disposición de la red de drenajes, es aún más importante en la formación y propagación de las avenidas (Instituto Minero y Geologico de España, 2008). La forma del drenaje condiciona la velocidad y grado de incorporación de las precipitaciones o aportes de las vertientes a la red de drenaje.

Para los sistemas de drenaje se han establecido una serie de medidas o indicadores que facilitan la evaluación de la repercusión de las formas de drenaje sobre la respuesta hidrológica de la cuenca, la forma y formación o evolución de la misma. Los siguientes son los principales parámetros morfométricos de la red de drenaje.

- **Longitud del cauce principal (L),** corresponde a la longitud del cauce que entrega en el punto de delimitación de la cuenca o desembocadura hasta el punto más alejado de la cuenca siguiendo el recorrido aguas arriba.
- **Longitud de la recta del cauce (Lrc),** corresponde a la longitud desde el punto final o de salida del cauce en una recta aguas arriba hasta su inicio.
- **Longitud total de drenaje (Ld),** corresponde a la sumatoria de longitudes de todos los drenajes contenidos por una cuenca.
- **Longitud de la corriente de un orden dado,** Es la longitud del segmento de drenaje de la red de drenaje.
- **Cota mínima del cauce,** Corresponde a la cota mínima o de desembocadura del cauce.
- **Cota máxima del cauce,** Corresponde a la cota de inicio del cauce.
- **Cota media del cauce,** Corresponde a la cota ubicada a la mitad de su longitud total del cauce.

Los siguientes son los índices o indicadores que relacionan las redes de drenajes de una cuenca.

### 2.4.3.1. Sinuosidad del cauce

Este indicador representa que tan meandrico es el rio relacionando la longitud de este con la longitud de la recta del mismo. Su expresión matemática es la siguiente:

$$S = \frac{L}{Lrc}$$

Los valores de sinuosidad cercanos o iguales a 1 representan un cauce recto normalmente de altas velocidades y pendientes erosivas, valores menores a 1.5 representan cauces relativamente sinuosos, y finalmente cuando estos valores sobrepasan 1.5 corresponden a ríos o cauces meándricos.

### 2.4.3.2. Densidad de drenaje (Dd)

La cantidad de ríos y quebradas que llegan o tributan al río principal dentro del área de la cuenca se conoce como densidad de drenaje. Este es un parámetro revelador del régimen y de la morfología de la cuenca, porque relaciona la longitud de los cursos de agua con el área total. De esta manera, los valores altos reflejan un fuerte escurrimiento. La longitud total de los cauces dentro de una cuenca hidrográfica (L), dividida por la superficie total de la Cuenca (A), define la densidad de drenaje o longitud de cauces por unidad de área. Este parámetro se expresa en Km/Km².

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

Este es un índice importante, puesto que refleja la influencia de la geología, topografía, suelos y vegetación, en la cuenca hidrográfica, y está relacionado con el tiempo de salida del escurrimiento superficial de la cuenca.

Una densidad de drenaje alta, refleja una cuenca muy bien drenada que debería responder, relativamente rápido, al influjo de la precipitación. Una cuenca con baja densidad de drenaje refleja un área pobremente drenada, con respuesta hidrológica muy lenta. (CORTOLIMA, 2008). (ver Tabla 2-75).

**Tabla 2-75. Clases de densidad de drenaje**

| Rangos de Densidad | Clases |
|---|---|
| 0.1 – 1.8 | Baja |
| 1.9 – 3.6 | Moderada |
| 3.7 – 5.6 | Alta |

Fuente: CORTOLIMA (2008).

### 2.4.3.3. Longitud del Cauce principal (L)

Es la medida del escurrimiento principal de la cuenca, desde la parte más alta hasta la desembocadura; generalmente, este parámetro influye en la mayoría de los índices morfométricos. Es así como los caudales medios, máximos y mínimos, crecen con la longitud de los cauces. Según Londoño 2001, esto se debe a la normal relación que existe entre las longitudes de los cauces y las áreas de las cuencas hidrográficas correspondientes, de tal manera, que el área crece con la longitud. (ver Tabla 2-76).

Igualmente, los tiempos promedios de subida y las duraciones promedias totales de las crecientes torrenciales tendrán siempre una evidente relación con la longitud de los cauces. Una longitud mayor supone mayores tiempos de desplazamiento de las crecidas y como consecuencia de esto, mayor atenuación de los mismos, por lo que los tiempos d.e subida y las duraciones totales de estas serán evidentemente mayores (CORTOLIMA, 2008).

**Tabla 2-76. Clase de valores de longitud del cauce principal**

| Rangos de longitud (Km) | Clases de longitud del cauce |
|---|---|
| 1,69 – 4,17 | Corto |
| 4,18 – 6,65 | Mediano |
| 6,66 – 9,13 | Largo |

Fuente: CORTOLIMA (2008).

### 2.4.3.4. Pendiente Media de los Cauces (Pm)

Es la relación entre la altura total del cauce principal (cota máxima menos cota mínima) y la longitud del mismo. Este parámetro es de importancia pues da un índice de la velocidad media de la escorrentía y su poder de arrastre y de la erosión sobre la cuenca (CORTOLIMA, 2008). (ver Tabla 2-77).

**Tabla 2-77. Clase de valores de pendiente del cauce (grados)**

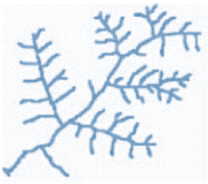
| Rangos de Pendiente (%) | Clases |
|---|---|
| 1 – 5 | Suave |
| 6 – 11 | Moderado |
| 12 – 17 | Fuerte |

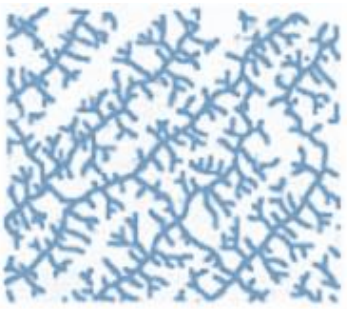
Fuente: CORTOLIMA (2008).

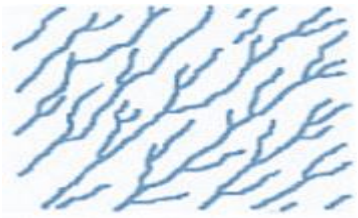
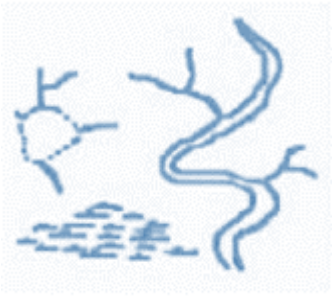
### 2.4.3.5. Tipo o patrones de red de drenaje

Cuando la escorrentía se concentre, la superficie terrestre se erosiona creando canales de drenaje. El clima, el relieve y la estructura geológica subyacente influyen en el patrón de la red, siendo el ultimo más relevante. A continuación, se presentan los diferentes tipos de redes de drenaje, así como sus principales características y la determinación de las características geomorfológicas que les dan su formación. (ver Tabla 2-78).

**Tabla 2-78. Patrones típicos de drenaje**

| Patrones típicos de drenaje | Representación grafica |
|---|---|
| **Dendrítico:**<br><br>Es el patrón que más frecuentemente se presenta y se caracteriza por mostrar una ramificación arborescente en la que los tributarios se unen a la corriente principal formando ángulos agudos. Su presencia indica suelos homogéneos, generalmente se presenta en áreas de rocas sedimentarias blandas, capas volcánicas, depósitos glaciales y antiguas llanuras costeras (CEOTMA, 1981). Debido a la relativa uniformidad del sustrato y similar resistencia a la erosión, la forma del patrón dendrítico está determinada básicamente por la dirección de la pendiente del terreno (Tarbuck y Lutgens, 1997). |  |
| **Rectangular:**<br><br>Es una variante del drenaje dendrítico. Los tributarios suelen juntarse con las corrientes principales en ángulos casi rectos y dan lugar a formas rectangulares controladas por las fracturas y las junturas de las rocas. Cuanto más claro es el patrón rectangular, más fina será la cubierta del suelo. Suelen presentarse sobre pizarras metamórficas, esquistos y gneis (CEOTMA, 1981). Tanto la corriente superficial curvaturas en ángulo recto. Refleja el control ejercido por sistemas de grietas o fallas (Seco, 2000). |  |
| **Angulado:**<br><br>Es otra variante del drenaje dendrítico en la que las fallas, fracturas y sistemas de unión han modificado su forma clásica. Aguas arriba son comunes las curvas fuertes formando ángulos grandes, dado que los tributarios suelen estar muy controlados por las rocas. El tipo y la dirección de los ángulos pueden reflejar un tipo específico de roca. Por ejemplo, las areniscas tienen tendencia a formar canales paralelos, mientras que las calizas dan lugar canales muy agudos (CEOTMA, 1981). |  |
| **Pinnado:**<br><br>Son cuencas dendríticas modificadas e indican un elevado contenido de limo en el suelo. Son típicas de llanuras aluviales de textura fina. El drenaje tiene la forma de nervación de ciertas hojas, en el que los tributarios se juntan formando ángulos casi rectos que se van agudizando aguas arriba (CEOTMA, 1981). |  |

| Patrones típicos de drenaje | Representación grafica |
|---|---|
| **Radial**:<br><br>Esta forma de drenaje canales paralelos procedentes de un punto central elevado (radial centrífugo) o que terminan en un centro común bajo (radial centrípeta), principal que circula alrededor de la base de la elevación topográfica y suele presentarse en los volcanes y cerros aislados; en cambio las formas radiales centrípetas se forman cuando el agua corre hacia el interior de una cuenca cerrada y son comunes en las regiones áridas o en depresiones formadas por rocas solubles (CEOTMA, 1981). |  |
| **Anular:**<br><br>Es similar uniones de la roca madre o las fracturas hacen que los tributarios sean paralelos. Se presentan estos tipos de red en cerros graníticos o sedimentarios (CEOTMA, 1981). Aparece desarrollado sobre estructuras de domos fuertemente denudados que presentan alternancia de estratos resistentes. Las radial pero no es tan denso, pero en este caso las corrientes se establecen sobre las capas menos resistentes (subsecuentes) con cursos circulares y paralelos entre sí, ajustadas a la estructura de domo (Seco, 2000). |  |
| **Centripeto:**<br><br>Es una variante del drenaje radial en la que el drenaje se dirige hacia un punto central. Suele reflejar una depresión o el fin de un anticlinal o sinclinal (CEOTMA, 1981). Está constituido por corrientes que convergen en una general a zonas de subsidencia por la tectónica reciente, cráteres o depresiones cársicas (Seco, 2000) |  |
| **Trellis o enrrejado:**<br><br>Presenta tributarios paralelos y pequeños arroyos también paralelos que se unen en ángulos rectos. Refleja más la estructura de la roca madre que el tipo de roca, y usualmente los tributarios juntan formando ángulos casi rectos que se van agudizando aguas arriba (CEOTMA, 1981). Representa un sistema de corrientes sub-paralelas, generalmente alineadas a través de contactos litológicos o entre formas del relieve paralelas o casi paralelas. Es típico de regiones fuertemente plegadas, donde el río principal (subsecuente) corre sobre estratos blandos, y los tributarios son obsecuentes o resecuentes. Los tributarios se unen al río principal casi en recto, a su vez aquellos presentan confluencias con sus tributarios con ángulos similares, por lo que estos últimos serán paralelos al río principal. Este tipo de red refleja un marcado control estructural sobre las corrientes superficiales (Seco, 2000). |  |

| Patrones típicos de drenaje | Representación grafica |
|---|---|
| **Paralelo:**<br><br>Son canales paralelos que tienen una dirección definida por la pendiente regional del terreno. Cuanto mayor sea la pendiente en una dirección, mayores y más paralelos serán los canales; por el contrario, cuando la pendiente es casi plana el paralelismo será visible con una cobertura fotográfica regional. Los tributarios suelen unirse formando ángulos generalmente iguales. Son típicas de llanuras costeras y de grandes afloramientos basálticos (CEOTMA, 1981). |  |
| **Desordenado:**<br><br>Son sistemas no integrados, resultantes de formas del suelo relativamente jóvenes, con topografía llana o suave y elevada capa freática. En las depresiones existen zonas pantanosas, lagunas; suelen presentarse en llanuras jóvenes, y en llanuras aluviales (CEOTMA, 1981). Característico de regiones directamente afectadas por las glaciaciones, donde el drenaje pre-glacial fue borrado y el nuevo drenaje no ha tenido tiempo de desarrollar un grado de integración significativo. Muestra corrientes irregulares, cuyos cursos corren hacia y a partir de pantanos y presentan sólo escasos y cortos tributarios. Los interfluvios son pantanos y las corrientes son meros hilos de agua a través de áreas pantanosas (Seco, 2000). |  |

Fuente: Autores, modificado de Diaz, G.M (2004).

### 2.4.3.6. Jerarquización de drenajes o número de orden de la corriente

El número de orden es una clasificación que se les da a los diferentes cauces y que toman un determinado valor de acuerdo con el grado de bifurcación.

A continuación, se presentan las características principales que se deben tener en cuenta para determinar el orden de las corrientes que hacen parte de la red de drenaje según el método de Horton – Strahler, que fue el utilizado para efecto del presente análisis.

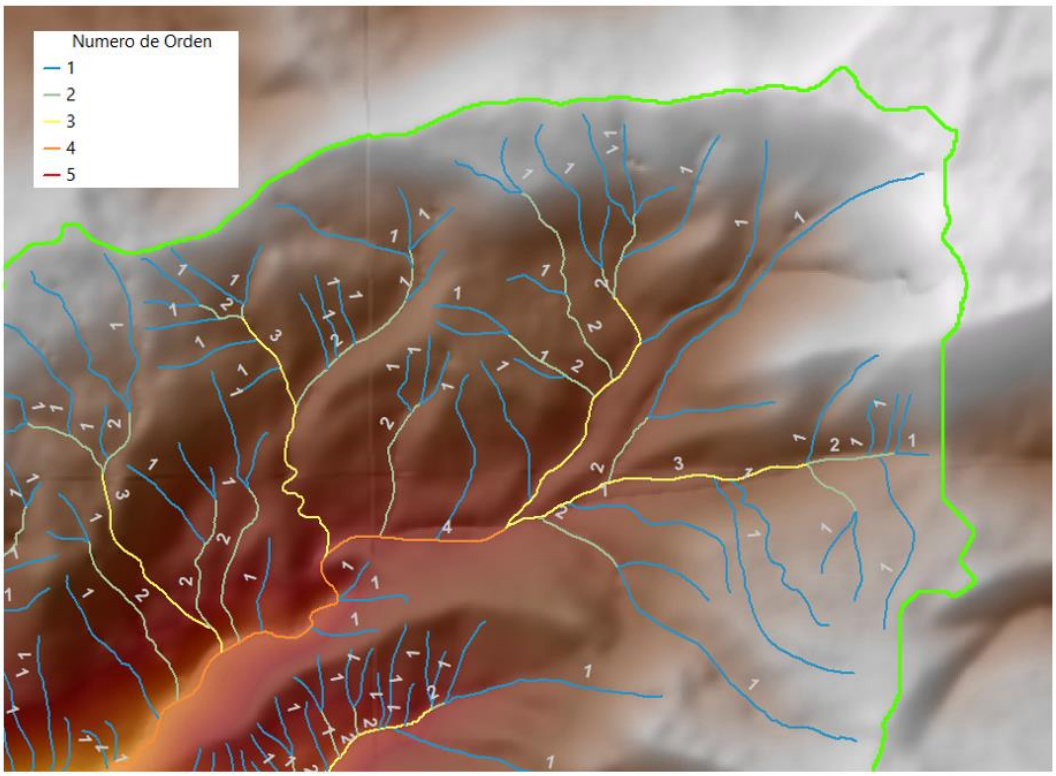
El estudio cuantitativo de redes de drenaje fue iniciado hace cinco décadas por R. E. Horton 1945), quien propuso un esquema de ordenamiento para la red de drenaje. Este esquema fue revisado posteriormente por Strahler (1952, 1957), quien lo perfeccionó resolviendo algunas ambigüedades.

Este sistema de ordenamiento conocido como el esquema de Horton – Strahler es el más usado en hidrología actualmente. Las reglas básicas de proceso de ordenamiento son los siguientes:

- Los segmentos que están unidos a una fuente y los que no tienen tributarios, son definidos como de primer orden.
- Cuando se unen dos corrientes de orden n, crean una corriente de orden n+1.
- Cuando dos corrientes de orden diferente se unen, el orden de la corriente aguas abajo es el máximo orden de las corrientes que la preceden.

Teniendo en cuenta lo anterior, en la siguiente figura, se muestra el orden de las corrientes según Hortón- Strahler. (ver Figura 2-149).

**Figura 2-149. Orden de las corrientes según Horton – Strahler**




Fuente: Autores (2019).

### 2.4.3.7. Relación de bifurcación (Rb)

Es la relación entre el número total de cauces de cierto orden con el número total de cauces de orden inmediatamente superior. Permite comprender algunas variaciones geo ecológicas que se producen en una cuenca hidrográfica, fundamentalmente cambios importantes en el sustrato rocoso y de los grupos de suelos dominantes. Este indicador se estima mediante la siguiente ecuación.

$$R_b = \frac{n_i}{n_i - i}$$

Donde:
Rb, es la relación de bifurcación (adimensional).
Ni, es el número total de cauces de orden i.
i, indica el orden de la corriente

Generalmente tiene un valor entre 3 y 5 en cuencas con variaciones considerables en sus características geo ecológicas, también cuentan con presencia de zonas de montaña y fuertes dependencias estructurales caracterizadas por cuencas estrechas y alargadas. Se puede decir que los valores de Rb para cuencas de una misma zona son muy similares.

Normalmente valores muy altos de Rb indican regiones muy montañosas y rocosas con fuertes pendientes o cuencas alargadas en dirección del rio de mayor orden, además se presenta una rápida concentración de la escorrentía, pero con picos de crecidas poco importantes. Una cuenca redondeada y con Rb bajo tiende a producir hidrogramas con picos altos y presenta altos riesgo de inundación por la súbita concentración de escorrentía.

### 2.4.3.8. Relación de longitud (Rl)

Es la relación entre la longitud promedio de cierto orden con la longitud promedio de los cauces de orden inmediatamente inferior.

$$R_l = \frac{L_i}{L_{i-1}}$$

Donde:
Rl, es la relación de longitudes (adimensional).
Li, es la longitud promedio de todos los cauces de orden i (metros).
Li-1, es la longitud promedio de todos los cauces de orden i-1 (metros).

La relación de longitud de la cuenca es el promedio de todas las relaciones de longitudes parciales. Es un indicador de la capacidad de almacenamiento momentáneo de agua e influye en la cantidad instantánea de la componente de escorrentía directa conocida como máxima avenida o caudal pico. Los valores medios oscilan entre 3 a 5 en cuencas que se incrementa poco la longitud de los cauces.

### 2.4.3.9. Índice de torrencialidad (Ct)

Este índice relaciona el número de corrientes de primer orden (Según el método de Horton) y el área total de la cuenca. Este índice es utilizado para definir el carácter de torrencialidad de una cuenca y se estima mediante la siguiente expresión matemática.

$$C_t = \frac{n_1}{A}$$

Donde:
Ct, es el índice de torrencialidad (Km-2).
N1, es el número de corrientes de primer orden según el método de Horton.
A, es el área de la cuenca hidrográfica estudiada (Km2).

A mayor magnitud del índice mayor grado de torrencialidad presentara la cuenca. Normalmente los valores muy altos representan cuencas con pendientes relativamente fuertes (por lo general cuencas montañosas) con alta capacidad de erosión.

### 2.4.3.10. Resultado del análisis de parámetros e indicadores de caracterización de la red de drenaje

Los indicadores y parámetros físicos de la red de drenaje que permiten relacionar, comprender y asociar la dinámica fluvial con la formación y modificación de la cuenca, fueron desarrollados a partir de la red de drenajes definida para la subzona hidrográfica 2802-03 con el apoyo herramientas en SIG. A continuación, se recopila el resultado de parámetros e indicadores tomando como partida las unidades hidrográficas asociadas a los cauces de mayor jerarquía (Rio Manaure – Pereira, Rio Mocho y Rio Chiriaimo). (ver Tabla 2-79)

**Tabla 2-79. Parámetros e indicadores de las unidades hidrograficas de nivel II**

| Concepto | Sistemas Hidrográficos | | |
|---|---|---|---|
| | Rio Manaure-Pereira | Rio Chiriaimo | Rio Mocho |
| Clasificación de la unidad hidrográfica de nivel II | Cuenca | Subcuenca | Microcuenca |
| Área | 306.20 Km2 | 224.82 Km2 | 54.52 Km2 |
| Perímetro | 132.71 Km | 136.89 Km | 64.23 Km |
| Código de la UH | 2802-03-01 | 2802-03-02 | 2802-03-03 |
| Longitud axial | 34.28 Km | 37.59 Km | 19.10 Km |
| Longitud del cauce principal | 43.00 Km | 46.93 Km | 20.87 Km |
| Longitud de la recta del cauce | 31.75 Km | 37.06 Km | 16.15 Km |
| Longitud total de drenajes | 879.11 Km | 780.47 Km | 231.35 Km |
| Sinuosidad del cauce principal | 1.35 | 1.27 | 1.29 |
| Densidad de drenaje | 2.87 | 3.47 | 4.24 |
| Cota mínima del cauce | 116.70 m.s.n.m | 100.26 m.s.n.m | 102.15 m.s.n.m |
| Cota máxima del cauce | 2528.13 m.s.n.m | 3281.30 m.s.n.m | 632.26 m.s.n.m |
| Elevación media del cauce (Perfil Longitudinal) | 477.18 m.s.n.m | 631.57 m.s.n.m | 174.85 m.s.n.m |
| Pendiente del cauce | 5.61% | 6.78% | 2.54% |

Fuente: Autores (2019).

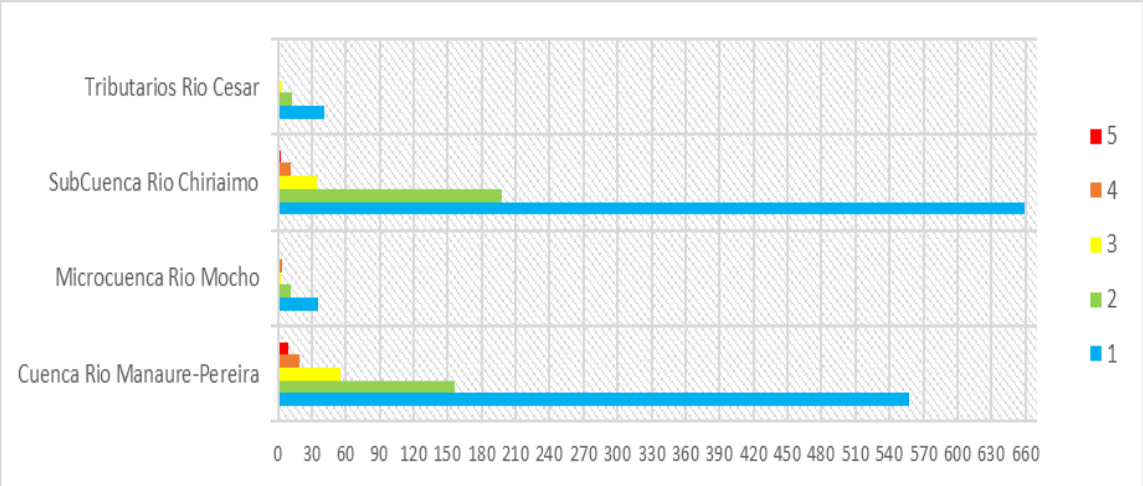
Para llevar a cabo el orden o jerarquización de la red de drenajes, según el método de Horton - Strahler se tuvo en cuenta, las reglas básicas de proceso de ordenamiento, que dicen que los cauces que no poseen tributarios son de orden uno, así que se seleccionaron todos los cauces sin tributarios y se le fue asignado un valor de uno manualmente, luego se asignaron los cauces de orden dos, correspondiente a las corrientes donde se unen dos corrientes de orden uno, y así sucesivamente con los órdenes superiores, hasta llegar a un orden mayor de cinco (IDEAM, 2013); cabe mencionar que todo este proceso se realizó manualmente para tener un resultado más exacto y que se pudieran cumplir las reglas de este método a cabalidad. El número de cauces o corrientes en cada nivel de orden son los siguientes, que se muestran en la Tabla 2-80, Figura 2-150 y Figura 2-151.

**Tabla 2-80. Clasificación de los cauces según el método de Horton- Strahler para la subzona hidrográfica 2802-03**

| Sistemas Hidrográficos | Orden de las corrientes | | | | | Total general |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Cuenca Rio Manaure-Pereira | 557 | 156 | 55 | 19 | 9 | 796 |
| Microcuenca Rio Mocho | 36 | 12 | 3 | 4 | 0 | 55 |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 659 | 198 | 35 | 12 | 3 | 907 |
| Tributarios Rio Cesar | 41 | 13 | 4 | 0 | 0 | 58 |
| Total general | 1293 | 379 | 97 | 35 | 12 | 1816 |

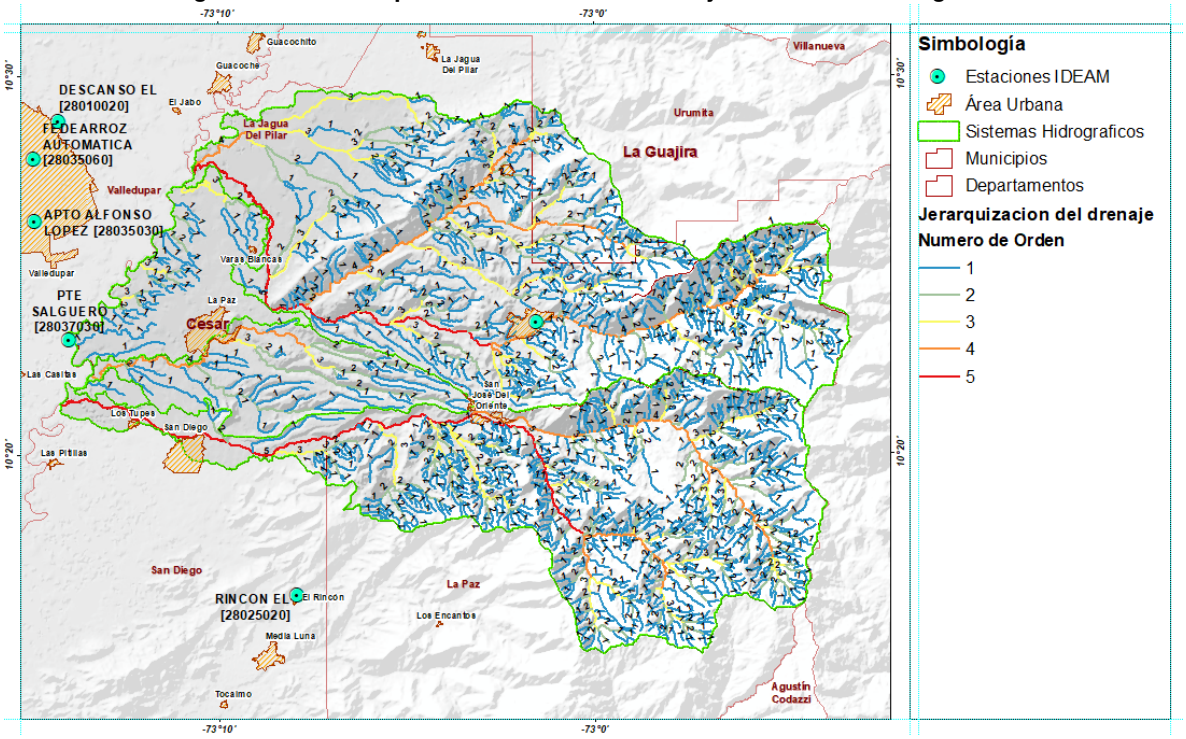
Fuente: Autores 2019.

**Figura 2-150. Clasificación de los cauces según el método de Horton – Strahler**




Fuente: Autores 2019.

**Figura 2-151. Jerarquizacion de la red de drenaje del sistema hidrografico**




Fuente: Autores (2019).

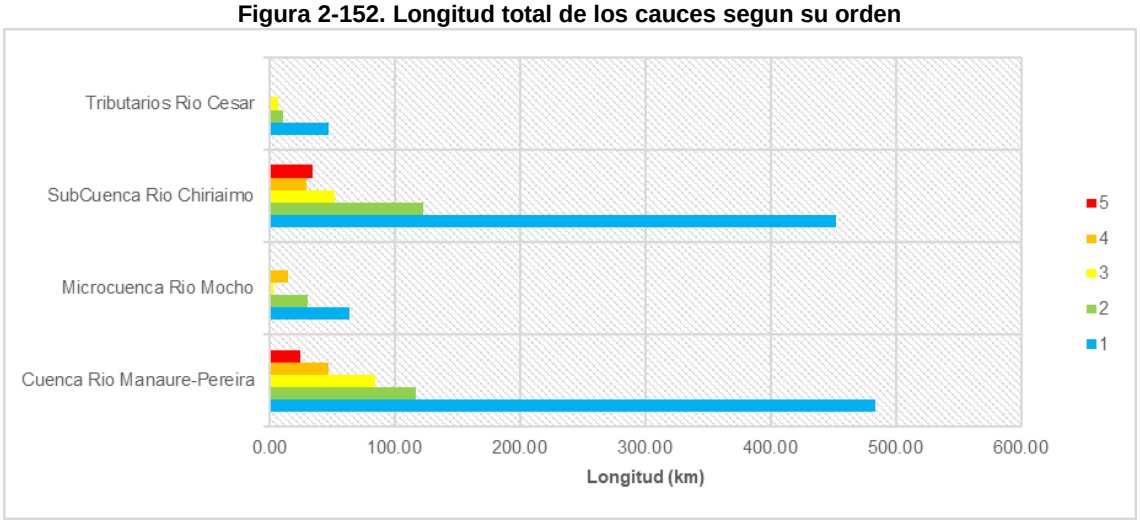
SeguidO se muestran los resultados de longitud total acumuladas de los cauces y su jerarquización, los resultados del índice de bifurcación, relación de longitud e índice de torrencialidad. (ver Tabla 2-81, Figura 2-152 y Tabla 2-82).

**Tabla 2-81. Longitud total de los cauces segun su orden**

| Orden de las corrientes | Longitud total de las corrientes | | | | | Total general |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Cuenca Rio Manaure-Pereira | 557.00 | 116.48 | 84.29 | 47.48 | 24.66 | 756.31 |
| Microcuenca Rio Mocho | 63.66 | 30.29 | 3.48 | 14.64 | - | 112.08 |
| SubCuenca Rio Chiriaimo | 452.20 | 122.99 | 51.81 | 29.74 | 34.20 | 690.94 |
| Tributarios Rio Cesar | 46.86 | 10.69 | 6.73 | - | - | 64.28 |
| **Total general** | **1046.12** | **280.45** | **146.31** | **91.87** | **58.86** | **1623.61** |

Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-152. Longitud total de los cauces segun su orden**




Fuente: Autores (2019).

**Tabla 2-82. Resultados de índices de relación de bifurcación, relación de longitudes e índice de torrencialidad**

| Índices | Cuenca Rio Manaure-Pereira | Subcuenca Rio Chiriaimo | Microcuenca Rio Mocho |
|---|---|---|---|
| Relación de bifurcación 1 | 3.57 | 3.33 | 3.00 |
| Relación de bifurcación 2 | 2.84 | 5.66 | 4.00 |
| Relación de bifurcación 3 | 2.89 | 2.92 | 0.75 |
| Relación de bifurcación 4 | 2.11 | 4.00 | - |
| Rb media de la cuenca | 2.85 | 3.98 | 2.58 |
| Relación de longitudes 1 | 0.13 | 0.04 | 0.26 |
| Relación de longitudes 2 | 7.10 | 14.89 | 4.06 |
| Relación de longitudes 3 | 0.10 | 0.13 | 0.09 |
| Relación de longitudes 4 | 22.32 | 21.75 | - |
| Rl media de la cuenca | 7.42 | 9.20 | 1.47 |
| Índice de torrencialidad | 1.82 | 2.93 | 0.66 |

Fuente: Autores (2019).

- **Red de drenaje de la cuenca del Rio Manaure – Pereira**

Los parámetros característicos de la red de drenaje de esta cuenca, nos indican que se tiene un cauce principal largo y relativamente sinuoso, asociado a una pendiente del cauce moderada, lo cual indica que se presenta un mediano peligro de sometimiento a grandes velocidades en el desplazamiento del agua. Así mismo, tiene una densidad de drenaje moderada, la cual puede estar asociada al relieve medianamente montañoso de la zona, y que nos sugiere que esta presenta una respuesta hidrológica media al influjo de la precipitación y que posee suficiente drenaje para cuando se presentan las tormentas.

La red de drenaje puede clasificarse de tipo dendrítico - angulado, ya que en su zona alta, los patrones de drenaje son parecidos a una ramificación arborescente, característicos de zonas montañosas; en cambio en su parte media y baja presentan una red angular que es una variante de la dendrítica en la que las fallas, fracturas y sistemas de unión han modificado su forma clásica, los patrones característicos de esta red de drenaje se relacionan con el índice de relación de bifurcación ya que el valor resultante corresponde a zonas de montaña con fuertes dependencias estructurales caracterizadas de cuencas estrechas y alargadas, lo cual indica una rápida concentración de la escorrentía, pero con picos de crecidas poco importantes. Y con el índice de torrencialidad el cual es relativamente alto, debido a la gran cantidad de corrientes de orden uno (1), que son características de las redes de drenaje dendríticas y cuencas con pendientes fuertes y potencialmente erosivas.

- **Red de drenaje de la subcuenca del Rio Chiriaimo**

Los parámetros característicos de la red de drenaje de esta subcuenca, en cuanto al cauce principal y la densidad de drenaje se clasifican igual que la cuenca anterior, pero a pesar de esto tienen un comportamiento ligeramente diferente, ya que la densidad de drenaje, la pendiente y la longitud del cauce son mayores, se tiene un mayor grado de peligro de sometimiento a grandes velocidades en el desplazamiento del agua en su zona alta, y al tener una mayor pendiente, la sinuosidad es menor, tendiendo a ser más rectilíneo el cauce principal.

Por último, se clasifica la red de drenaje como dendrítica ya que muestra una ramificación arborescente en la que los tributarios se unen a la corriente principal formando ángulos agudos. Los patrones de este tipo de drenaje están directamente relacionado al índice de relación de bifurcación, que en este caso dio un resultado mayor que en la cuenca anterior, reflejándose en el relieve que presenta, tanto una zona más montañosa, como pendientes más pronunciadas, por lo cual hay una mayor cantidad de corrientes de primer orden, lo cual se refleja también en un índice de torrencialidad mucho mayor.

- **Red de drenaje de la microcuenca del Rio Mocho**

Los parámetros característicos de la red de drenaje de esta microcuenca, nos indican que se tiene un cauce principal largo, relativamente sinuoso y con una pendiente del cauce suave, este valor de pendiente disminuye la susceptibilidad a que se presente peligro de sometimiento a grandes velocidades en el desplazamiento del agua. Por su parte la densidad de drenaje se clasifica como alta, lo que nos indica que presenta una respuesta hidrológica rápida al flujo de la precipitación y que posee suficiente drenaje para cuando se presentan tormentas.

Por último, se clasifica la red de drenaje como paralela, ya que los canales tienen una dirección definida debido a la pendiente regional del terreno y los tributarios se unen formando ángulos generalmente iguales.

Los patrones de este tipo de drenaje se relacionan con el índice de relación de bifurcación, que en este caso tiene un valor menor que las cuencas anteriores lo que indica una zona menos montañosa y con menos pendiente, al igual que el índice de torrencialidad que también arrojo un valor menor indicando una menor cantidad de corrientes de primer orden y por lo tanto un bajo grado de torrencialidad en la cuenca.

## 2.5. MORFOMETRÍA

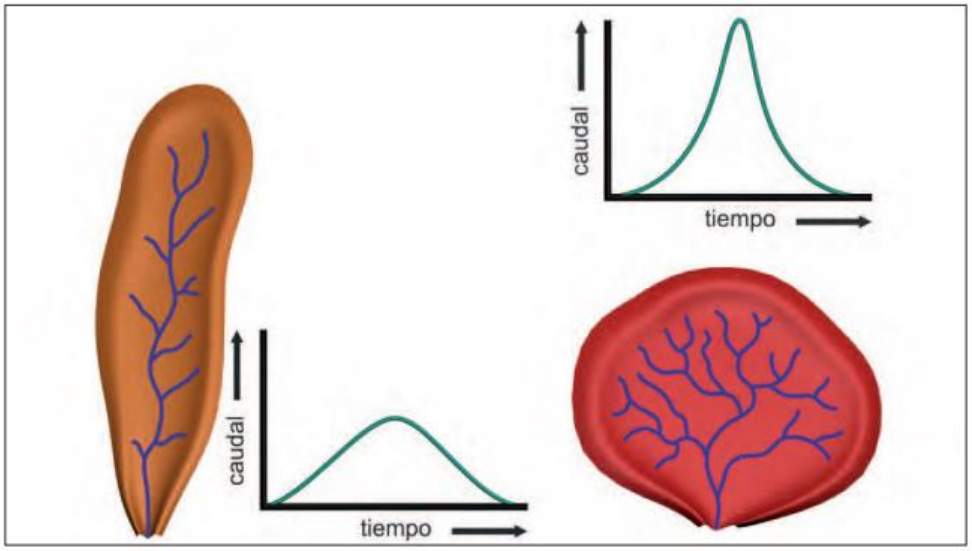
La morfometría es de gran importancia en el estudio de una cuenca hidrográfica, ya que ofrece un parámetro de comparación y/o interpretación de los fenómenos que ocurren en ésta, así dos cuencas con la misma área, pero con formas diferentes (pendientes, longitudes de cauces, densidad de drenajes) van a tener comportamientos diversos ante un mismo fenómeno de precipitación. (CORTOLIMA, 2008).

### 2.5.1. Características de la Cuenca receptora

Las principales variables físicas de una cuenca hidrográfica como el Relieve (altitud y posición), condicionan la formación y características de sus crecientes. Estas condiciones están ligadas al comportamiento meteorológico de la zona como es el caso de las cuencas bordeadas por alineaciones montañosas que suponen barreras a la circulación atmosférica que contribuyen a la formación de distintos tipos de lluvia (orográficas o conectivas) y que a su vez dan forma a la red de drenajes.

Por otro lado, la configuración geomorfología de la misma cuenca (pendiente, elongación, circularidad, compacidad, ETC.) influye directamente sobre la capacidad de retención e infiltración de agua en la cuenca y en la respuesta hidrológica de la misma afectando los tiempos de movimiento de las masas de agua evidenciando dichas variaciones en las relaciones hietograma - hidrograma ya que son variables que definen los tiempos de concentración de la cuenca. (ver Figura 2-153).

**Figura 2-153. Relación cualitativa entre la forma de la cuenca drenante y la respuesta hidrológica**




Fuente: Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones Guía metodológica para su elaboración (INSTITUTO MINERO Y GEOLÓGICO DE ESPAÑA, 2008). Adaptado de Strahler (1964).

La guía técnica para la formulación de los POMCAS en su anexo A. establece algunas medidas básicas, que pueden obtenerse de la observación directa sobre la cartografía de una cuenca hidrográfica útiles para su caracterización morfométrica, estas medidas fueron complementadas según su importancia:

- **Área (A),** Área aferente al punto de delimitación de la cuenca.
- **Perímetro (P),** longitud del contorno de la cuenca (divisoria).
- **Cota media (h),** altura media de los puntos de la cuenca respecto al nivel del mar.
- **Cota máxima (hmax),** Altura máxima de la cuenca.
- **Cota mínima (hmin),** altura mínima de la cuenca o en el punto de salida.
- **Longitud axial (La),** distancia máxima desde el punto de salida hasta el punto más lejano.

Además, se han diseñado diferentes índices morfométricos (Gardiner, 1974) útiles para describir cuantitativamente los factores morfológicos de las Cuencas que intervienen en la respuesta hidrológica de la misma.

### 2.5.1.1. Factor de forma de Horton (Hf)

El factor de forma según Horton expresa la relación existente entre el área de la cuenca, y un cuadrado de la longitud máxima o longitud axial de la misma.

$$\mathrm{Hf} = \frac{A}{La^2}$$

Donde:
Hf: Factor de forma de Horton
A: Área de la cuenca en km2.
La: Longitud axial en km.

A medida que el área aumenta, la relación A/L2 disminuye, lo cual indica una tendencia al alargamiento en cuencas grandes. La forma de la cuenca afecta los hidrogramas de caudales máximos.

#### 2.5.1.2. Ancho promedio de la cuenca (Ap)

Es la relación entre el área de la cuenca y la longitud del cauce principal, cuya expresión es la siguiente:

$$\mathrm{Ap} = \frac{A}{L}$$

Donde:
$Ap$ = Ancho promedio de la cuenca (km)
$A$ = Área de la cuenca (km2)
$L$ = Longitud del cauce principal (km)

#### 2.5.1.3. Coeficiente de compacidad de Gravelius (Kc)

Este valor adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de 1 para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Los valores de Kc nunca serán inferiores a 1. El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano sea a la unidad, lo cual quiere decir que entre más bajo sea Kc, mayor será la concentración de agua.

Este coeficiente define la forma de la cuenca, respecto a la similaridad con formas redondas, dentro de rangos que se muestran a continuación (FAO, 1985):

**Clase Kc1:** Rango entre 1 y 1.25. Corresponde a forma redonda a oval redonda.
**Clase Kc2:** Rango entre 1.25 y 1.5. Corresponde a forma oval redonda a oval oblonga.
**Clase Kc3:** Rango entre 1.5 y 1.75. Corresponde a forma oval oblonga a rectangular oblonga.
**Clase Kc4:** Rango mayor a 1.75. Corresponde a forma rectangular oblonga.

Este se obtiene al relacionar el perímetro de la cuenca, con el perímetro de un círculo, que tiene la misma área de la cuenca.

$$\mathrm{Kc} = \frac{0.28 * \mathrm{P}}{\sqrt{A}}$$

Donde:
Kc: Coeficiente de compacidad de Gravelius
P: Perímetro de la cuenca en km.
A: Área de la Cuenca en km$^2$.

### 2.5.1.4. Índice de Alargamiento (Ia)

Este índice, propuesto por Horton, relaciona la longitud máxima de la cuenca con su ancho máximo medido perpendicularmente a la dimensión anterior. Cuando el Ia toma valores mayores a la unidad, se trata seguramente de cuencas alargadas, mientras que para valores cercanos a 1, se trata de una cuenca cuya red de drenaje presenta la forma de abanico y puede tenerse un río principal corto. (CORTOLIMA, 2008).

$$\mathrm{Ia} = \frac{\mathrm{La}}{a}$$

Donde:
Ia: Índice de alargamiento
La: Longitud axial.
a: Ancho máximo de la cuenca.

Si se presenta un Índice de alargamiento (Ia) menor a 1.4, la cuenca es poco alargada; si se presenta entre 1.5 a 2.8, la cuenca es moderadamente alargada y si la cuenca presenta de 2.9 a 4.2 o mayor, la cuenca es muy alargada.

### 2.5.1.5. Radio de circularidad (Rc)

Relaciona el área de la cuenca y la del círculo que posee una circunferencia de longitud igual al perímetro de la cuenca. Su valor es 1 para una cuenca circular y 0.785 para una cuenca cuadrada. (Llerena, 2016).

$$\mathrm{Rc} = 4\pi\frac{\mathrm{A}}{P^2}$$

Donde:
$Rc$ = Radio de circularidad
$P$ = Perímetro de la cuenca (km)
$A$ = Área de la cuenca (km2)

### 2.5.1.6. Índice de asimetría de las cuencas hidrográficas (“AF”)

Las cuencas de drenaje son sensibles a la deformación tectónica y el patrón de sus cauces se verá afectado en mayor o en menor medida según la intensidad de la deformación y la capacidad que posee la cuenca para absorberla. La capacidad para absorber o amplificar la deformación tectónica depende de la competencia plástica de las litologías. El índice de

asimetría de la cuenca de drenaje intenta cuantificar este comportamiento el cual sintetiza la ausencia o existencia de basculamiento a escala de la cuenca de drenaje, mediante una relación porcentual entre las áreas ocupadas por las dos márgenes del cauce principal, (Keller y Pinter, 1996). (QUIJANO COSSÍO, 2014) La relación adimensional es:

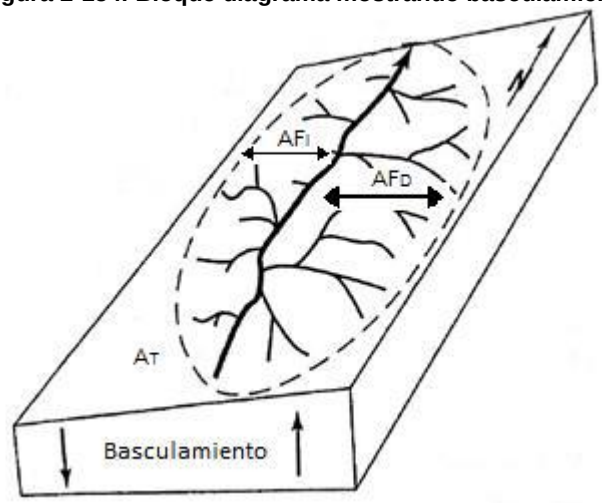
$$AF_D = \left(\frac{A_D}{A_T}\right) * 100$$

Donde "AFD" es el valor del índice (porcentaje) calculado para la margen derecha del cauce principal, "AD" es el área correspondiente a la margen derecha, y "AT" el área total de la cuenca de drenaje. Para calcular la margen izquierda "AFI" la relación es la siguiente:

$$AF_I = 100 - AF_D$$

Cuando el valor se aproxima al 50% menor será la influencia de la actividad tectónica en la cuenca; cuanto más se diferencie del 50% mayor influencia tuvo o tiene la incidencia de tectónica deformacional: mayor intensidad de basculamiento (Keller y Pinter, 1996). (ver Figura 2-154).

**Figura 2-154. Bloque diagrama mostrando basculamiento**




Fuente: Keller y Pinter (1996).

### 2.5.1.7. Relación de elongación (Re)

Es la relación entre el diámetro de un círculo con igual área que la de la cuenca y la longitud máxima de la misma. La fórmula propuesta por SCHUMM (1956) es la siguiente:

$$R_e = \left(\frac{\sqrt{A}}{La}\right) * 1.129$$

Donde:
A: es el área de la cuenca.
La: es la longitud axial de la cuenca.

Es la fórmula más extendida para calcular la razón de elongación, debido a que es la que mejor correlación guarda con la hidrología de la cuenca (LÓPEZ BERMÚDEZ et al., 1988). Así valores de Re inferiores a 1 implicarán formas alargadas, cuanto menor sea Re más alargada será la forma de la cuenca (JARDÍ, 1985).

### 2.5.1.8. Coeficiente de masividad (Cm)

Es la relación entre la cota media de la cuenca y la superficie de la misma.

$$Cm = \frac{Hm}{A}$$

Donde Hm corresponde a la cota media de la cuenca expresada en m.s.n.m y A corresponde al área de a la cuenca en $Km^2$. Este coeficiente crece mientras que la altura media aumenta y la superficie disminuye. Por lo que toma valores bastante grandes en cuencas pequeñas y montañosas y disminuye en cuencas grandes de baja pendiente. (ver Tabla 2-83).

**Tabla 2-83. Clases de valores de coeficiente de masividad**

| Rango | Descripción |
|---|---|
| 0 - 35 | Moderadamente montañosa |
| 35 - 70 | Montañosa |
| 70 - 105 | Muy montañosa |

Fuente: Análisis morfométrico de cuencas: caso de estudio del parque nacional pico de Tancítaro, (2004).

### 2.5.1.9. Coeficiente Orográfico (Co)

Es la relación entre el cuadro de la altitud media del relieve y la superficie o área de la cuenca. Este parámetro expresa el potencial de degradación de la cuenca. Para valores < 6 se representa un relieve poco accidentado propio de cuencas extensas y de baja pendiente mientras que si los valores son > 6 será un relieve accidentado (Quintero, 2003).

El coeficiente orográfico se calcula empleando la siguiente expresión matemática.

$$Cm = \frac{Hm^2}{Cm}$$

Donde la altura media de la cuenca se expresa en Km y el área de la misma en $km^2$.

### 2.5.1.10. Pendiente media de la cuenca

En este punto se presenta el mapa de pendiente de la cuenca generado a partir del modelo digital del terreno adquirido para el presente POMCA. Dicho mapa fue generado de tal forma que se pudieran apreciar los rangos de pendientes propuestos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC que se describen en la Tabla 2-84.

**Tabla 2-84. Rangos de pendientes**

| SÍMBOLO | GRADIENTE % | DESCRIPCIÓN |
|---|---|---|
| a | 0-3 | Plano |
| b | 3-7 | Ligeramente inclinado |
| c | 7-12 | Moderadamente inclinado |
| d | 12-25 | Fuertemente inclinado |
| e | 25-50 | Ligeramente escarpado |
| f | 50-75 | Moderadamente escarpado |
| g | >75 | Fuertemente escarpado |

Fuente: IGAC (2013).

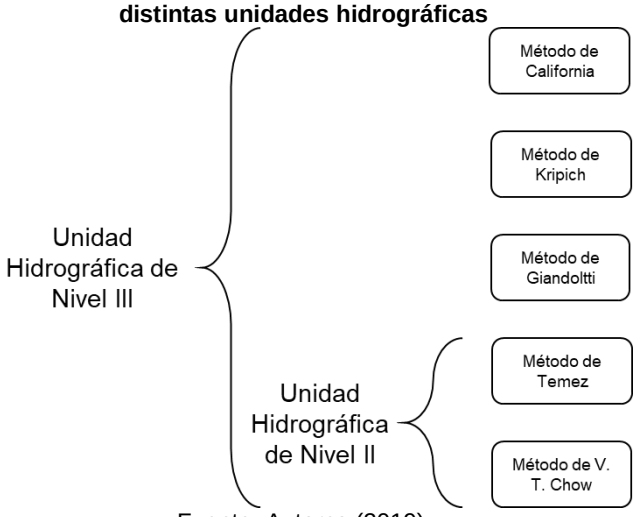
### 2.5.1.11. Tiempos de concentración

El tiempo de concentración Tc se definido en la literatura como el tiempo en el que la cuenca llega a su nivel de estabilidad o en el cual la escorrentía superficial del punto más alejado de la cuenca alcanza el punto de desagüe o salida y comienza a aportar uniformemente en la formación de la creciente bajo la condición de presencia de una lluvia uniforme que cubre toda la cuenca.

Para cuencas muy grandes en donde no es posible cumplir la hipótesis de uniformidad en la lluvia, se considera al tiempo de concentración como el tiempo representativo del flujo en laderas más alejada más el tiempo de viaje e su cauce principal (Velez, Jorge & A, Botero. 2011). Para su cálculo se pueden emplear diferentes fórmulas que se relacionan con otros parámetros propios de la cuenca. Para la estimación del tiempo de concentración usualmente se recomienda emplear el valor medio obtenido de varias ecuaciones empíricas disponibles en la literatura científica.

A continuación, se exponen las expresiones matemáticas utilizadas para la estimación del Tc tanto para las unidades hidrográficas de nivel II las cuales se estimarán a partir de fórmulas cuyos criterios permitan la aplicación a cuencas grandes, como para las Unidades hidrográficas de nivel III. (ver Figura 2-155).

**Figura 2-155. Aplicación de métodos para la estimación de los tiempos de concentración para las distintas unidades hidrográficas**




Fuente: Autores (2019).

- **Método de Kirpich**

Utilizable en cuencas de tamaño medio, pendiente considerable y diseñada para suelos dedicados al cultivo. Se basa en la siguiente fórmula:

$$T_C = 0.06628 * \frac{l^{0.77}}{i^{0.385}}$$

Donde:
L: longitud del cauce más largo en Km.
i: pendiente media de la cuenca.
tc: tiempo de concentración expresado en horas.

- **Método de California**

Fórmula utilizada para cuencas pequeñas y situadas en zonas agrícolas. Es muy utilizada en la aplicación del Método Racional.

$$T_C = \left(\frac{0.871 * l^3}{H}\right)^{0.385}$$

Donde:
L: longitud del cauce más largo en Km.
H: desnivel máximo de la cuenca en m.
tc: tiempo de concentración expresado en horas.

- **Método de Giandotti**

Válido para un rango de longitudes de cauce principal igual a L/3.600 ≥ tc ≥ (L/3.600 +1,5). Se basa en la siguiente fórmula:

$$T_C = \frac{4 * \sqrt{S} * 1.5 * L}{0.8 * \sqrt{H}}$$

Donde:
L: longitud del cauce más largo en Km.
H: desnivel máximo de la cuenca en m.
S: superficie de la cuenca en Km2.
tc: tiempo de concentración expresado en horas.

- **Método de Temez**

Se trata de un método utilizado en cuencas de tamaño muy variable, ampliamente utilizado en la península Ibérica. Válido para cuencas de 1 km2 hasta 3.000 km2 y con tiempos de concentración desde los 15 minutos hasta las 24 horas.

$$T_C = 0.3 * \left(\frac{L}{i^{0.25}}\right)^{0.76}$$

Donde:
L: longitud del cauce más largo en Km.
i: la pendiente media de la cuenca.
tc: tiempo de concentración expresado en horas.

- **Método de V.T. Chow**

Se usa para estimar el tc de cuencas naturales de áreas cuya extensión no sobrepase los 3 000 km2. Se utiliza la expresión:

$$T_C = 0.273 * \left(\frac{L}{i^{0.5}}\right)^{0.64}$$

Donde:
Tc Tiempo de concentración, en horas (h).
L Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).
S Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/m).

### 2.5.1.12. Resultado del análisis morfométrico de las principales unidades hidrográficas de nivel II

A continuación, se presenta una tabla resumen de los resultados de los indicadores morfométricos de las principales unidades hidrográficas de nivel II y su red de drenajes. (ver Tabla 2-85).

**Tabla 2-85. Resumen del analisis morfometrico de las principales unidades hidrograficas de nivel II y su red de drenaje**

| Concepto | Sistemas Hidrográficos | | |
|---|---|---|---|
| | Rio Manaure-Pereira | Rio Chiriaimo | Rio Mocho |
| Clasificación de la unidad hidrográfica de nivel II | Cuenca | Subcuenca | Microcuenca |
| Área | 306.20 Km2 | 224.82 Km2 | 54.52 Km2 |
| Perímetro | 132.71 Km | 136.89 Km | 64.23 Km |
| Código de la UH | 2802-03-01 | 2802-03-02 | 2802-03-03 |
| Longitud axial | 34.28 Km | 37.59 Km | 19.10 Km |
| Factor de forma | 0.26 | 0.16 | 0.15 |
| Ancho medio de la cuenca | 8.93 | 5.98 | 2.85 |
| Coeficiente de compacidad | 2.12 | 2.56 | 2.44 |
| Índice de alargamiento | 3.84 | 6.28 | 6.69 |
| Circularidad | 0.22 | 0.15 | 0.17 |
| Índice de asimetría | 25.64 % | 6907 % | 88.17 % |
| Relación de elongación | 0.58 | 0.45 | 0.44 |
| Cota mínima de la cuenca | 116.16 m.s.n.m | 99.76 m.s.n.m | 101.80 m.s.n.m |
| Cota máxima de la cuenca | 3441.83 m.s.n.m | 3634.66 m.s.n.m | 810.78 m.s.n.m |
| Cota media de la cuenca | 1009.19 m.s.n.m | 1745.95 m.s.n.m | 298.23 m.s.n.m |
| Coeficiente de Masividad | 3.30 m.s.n.m/km² | 7.77 m.s.n.m/km² | 5.47 m.s.n.m/km² |
| Coeficiente Orográfico | 3.33E-03 | 1.36E-02 | 1.63E-03 |
| Pendiente de la cuenca | 31.98% | 43.56% | 16.77% |
| Longitud del cauce principal | 43.00 Km | 46.93 Km | 20.87 Km |
| Longitud de la recta del cauce | 31.75 Km | 37.06 Km | 16.15 Km |
| Longitud total de drenajes | 879.11 Km | 780.47 Km | 231.35 Km |
| Sinuosidad del cauce principal | 1.35 | 1.27 | 1.29 |
| Densidad de drenaje | 2.87 | 3.47 | 4.24 |

| Concepto | Sistemas Hidrográficos | | |
|---|---|---|---|
| | Rio Manaure-Pereira | Rio Chiriaimo | Rio Mocho |
| Clasificación de la unidad hidrográfica de nivel II | Cuenca | Subcuenca | Microcuenca |
| Cota mínima del cauce | 116.70 m.s.n.m | 100.26 m.s.n.m | 102.15 m.s.n.m |
| Cota máxima del cauce | 2528.13 m.s.n.m | 3281.30 m.s.n.m | 632.26 m.s.n.m |
| Elevación media del cauce (Perfil Longitudinal) | 477.18 m.s.n.m | 631.57 m.s.n.m | 174.85 m.s.n.m |
| Pendiente del cauce | 5.61% | 6.78% | 2.54% |
| Tc - metodo de Temez | 9.04 Hr | 9.32 Hr | 6.07 Hr |
| Tc - metodo de V,T, Chow | 7.62 Hr | 7.58 Hr | 6.18 Hr |
| Tc promedio para las unidades hidrográficas de nivel II | 8.33 Hr | 8.45 Hr | 6.13 Hr |

Fuente: Autores (2019).

La cuenca del Rio Manaure-Pereira, es una cuenca según los parámetros de forma (Hf, Kc, Ia, Rc y Re) ligeramente achatada, Rectangular oblonga, cuadrada y alargada a muy alargada. Estas características nos indican que es una cuenca con drenajes de baja tendencia a las crecidas y que tiene un gran potencial de escurrir rápidamente grandes volúmenes de agua, ya que al ser una cuenca muy alargada y con una geometría con grandes rasgo y parecido a un rectángulo, el tiempo de recorrido del agua es más largo, contribuyendo a que los picos de crecidas sean menos súbitos en caso de lluvias concentradas o tormentas. Los parámetros de relieve (AF, Cm, Co y Pc), nos indican una cuenca que presenta basculamiento hacia la zona izquierda provocando así sensibilidad a la deformación tectónica, lo que puede estar influenciando directamente en el relieve presentado, el cual es moderadamente montañoso y con pendientes fuertemente accidentadas, tendiendo así a generar procesos erosivos y por ende arrastre y deposición de sedimento en zonas más bajas, aunque los procesos erosivos son moderados ya que el resultado del coeficiente orográfico arrojo un valor menor a 6, esto indica que el potencial de degradación de la cuenca es relativamente bajo a moderado.

En segundo lugar, tenemos a la Subcuenca del Rio Chiriaimo, la cual presenta las mismas características de forma que la cuenca anterior, con una ligera variación del factor de forma el cual indica que es muy poco achatada, esto quiere decir que la cuenca tiene tendencia a ser más alargada que la anterior, pero que sigue teniendo el mismo comportamiento de ser una cuenca con drenajes de baja tendencia a las crecidas y que tiene un gran potencial de escurrir rápido de grandes volúmenes de agua. Los parámetros de relieve (AF, Cm, Co y Pc), nos indican una cuenca que presenta basculamiento hacia la zona derecha provocando igualmente sensibilidad a la deformación tectónica, el relieve es moderadamente montañoso y con pendientes muy fuertemente accidentadas, lo que es tendiente a generar procesos erosivos un poco más fuerte que en la cuenca anterior y debido a las pendientes más pronunciadas podría clasificarse como una cuenca torrencial; con respecto al

coeficiente orográfico el potencial de degradación de la subcuenca es relativamente bajo a moderado, al igual que en la anterior lo cual puede estar influenciado por el material litológico de la zona y su origen en la cúspides de la serranía del Perijá.

En tercer y último lugar, se tiene a la Microcuenca Rio Mocho, la cual presenta parámetros de forma, igual a la subcuenca Rio Chiriaimo, por ende, esta se caracteriza por presentar drenajes de baja tendencia a las crecidas y por tener un gran potencial de escurrir rápido a grandes volúmenes de agua, el índice de alargamiento, aunque se clasifica de la misma manera, tiene un valor más alto por lo que la cuenca es aún más alargada que la anterior, lo que se refleja en un tiempo de recorrido del agua más largo, contribuyendo a que los picos de crecidas sean menos súbitos en caso de lluvias concentradas o tormentas. Los parámetros de relieve (AF, Cm, Co y Pc), al igualmente que la subcuenca chiriaimo, muestran presencia basculamiento hacia la zona derecha, pero con un mayor porcentaje, provocando así una mayor sensibilidad a la deformación tectónica. El relieve es moderadamente montañoso y con pendientes accidentadas, lo que significa que presenta para este caso es el sistema hidrográfico con pendientes más suaves dentro de la unidad evaluada en el presente POMCA, por lo que se pueden generar problemas de drenaje y sedimentación. con respecto al coeficiente orográfico el potencial de degradación de la cuenca es relativamente bajo asociado directamente a su pendiente media.

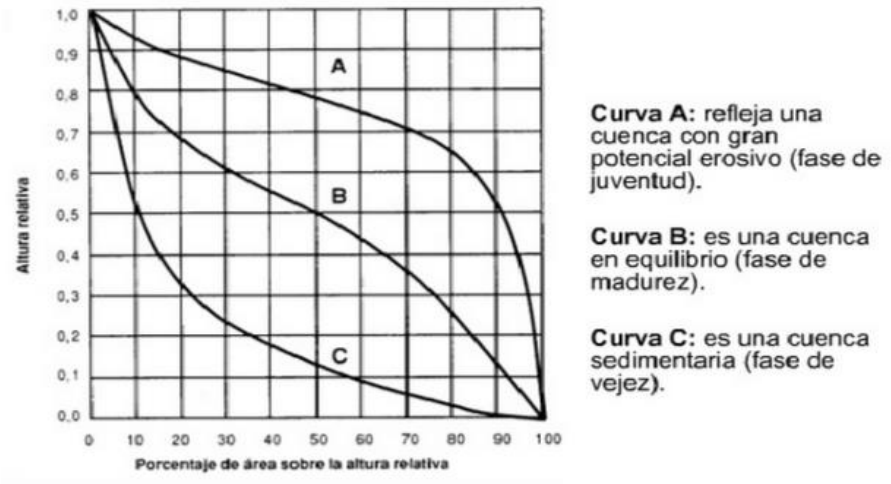
La zona tributaria del Rio Cesar, por su presencia de cauces no tributarios a un cauce de mayor jerarquía evaluado en el POMCA, será evaluada como una unidad hidrográfica de nivel III partiendo de la delimitación de su área aferente desde la desembocadura de los cauces de menor nivel presentes en la zona según la capa de drenajes del IGAC 1:25000.

- **Curvas hipsométricas**

La curva hipsométrica representa el área drenada variando con la altura de la superficie del sistema hidrográfico. Se construye llevando al eje de las abscisas los valores de la superficie drenada proyectada en km2 o en porcentaje, obtenida hasta un determinado nivel, el cual se lleva al eje de las ordenadas, generalmente en metros o de manera porcentual.

Normalmente se puede decir que los dos extremos de la curva tienen variaciones abruptas (Ibáñez Asensio, Sara, Moreno Ramón, Héctor, & Gisbert Blanquer, Juan M, S.f), por lo que se presentan tres tipos o comportamiento de las curvas. (ver Figura 2-156).

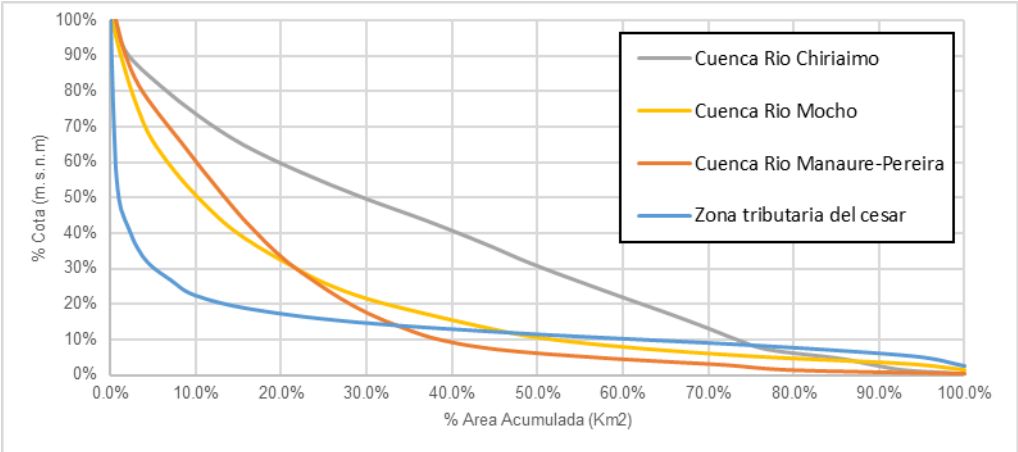
**Figura 2-156. Curvas hipsométricas características del ciclo de erosión, según STRAHLER**




Fuente: Guerra & González (2002).

Las curvas hipsométricas para las unidades hidrográficas de nivel II se pueden evidenciar a continuación. (ver Figura 2-157).

**Figura 2-157. Curvas Hipsométricas de las diferentes unidades hidrográficas de nivel II analizadas**




Fuente: Autores (2019).

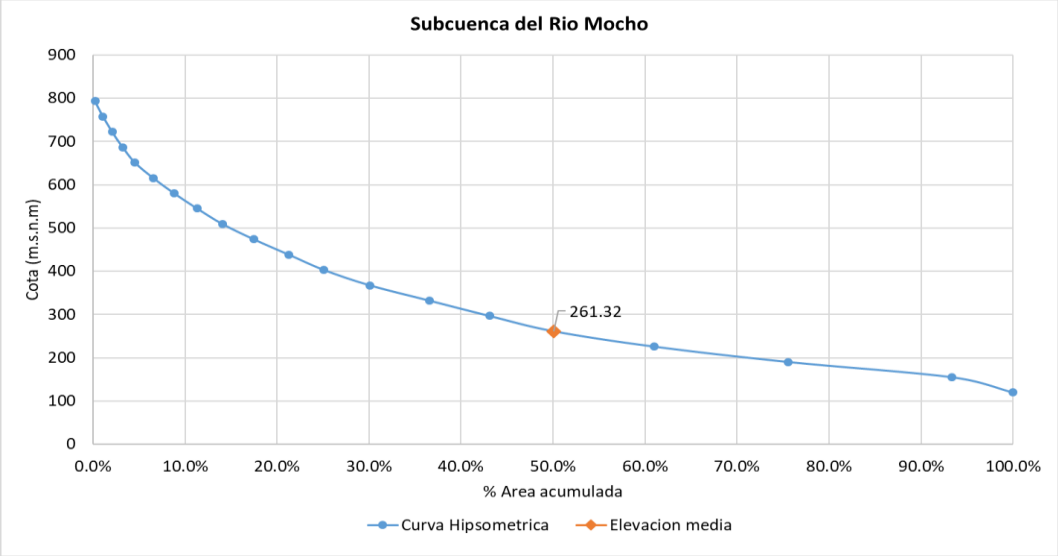
De la Figura 2-157 se puede observar que las curvas de las cuencas Rio mocho, Rio Manaure-Pereira y zona tributaria del cesar, presentan un tipo de curva C o cóncavas, lo que nos indica que son cuencas sedimentarias en fase de vejez o envejecidas, la mayor parte del área se concentra en partes bajas, correspondientes generalmente a valles profundos y sabanas planas, se caracterizan por procesos geomorfológicos fluviales y aluvionales, y por dinámicas fluviales de drenaje concentrado y baja capacidad de carga.

Por otro lado, la curva hipsométrica de la cuenca del Rio Chiriaimo, presenta un tipo de curva B o aplanada, lo que nos indica que es una cuenca en equilibrio o en fase de madurez, la mayor parte del área se encuentra en partes de sistemas montañosos en equilibrio, abanicos aluviales y valles de piedemonte, se caracterizan por procesos geomorfológicos agradativos y degradativos balanceados, y por dinámicas fluviales de drenaje concentrado, erosión basal y alta capacidad de carga.

Para efecto de realizar un análisis más detallado de cada una de las subdivisiones, se realiza una gráfica para cada una de ellas, esta vez teniendo en cuenta la elevación en el eje de las ordenadas.

La microcuenca del Rio Mocho tiene una elevación media de 261.32 m.s.n.m., presenta en su zona alta, un gran potencial erosivo, haciendo referencia a las pendientes pronunciadas, más específicamente en las cotas 500 a 800 m.s.n.m., y un perfil longitudinal que nos indica una zona de valles no muy profundos, con pendientes moderadas. (ver Figura 2-158).

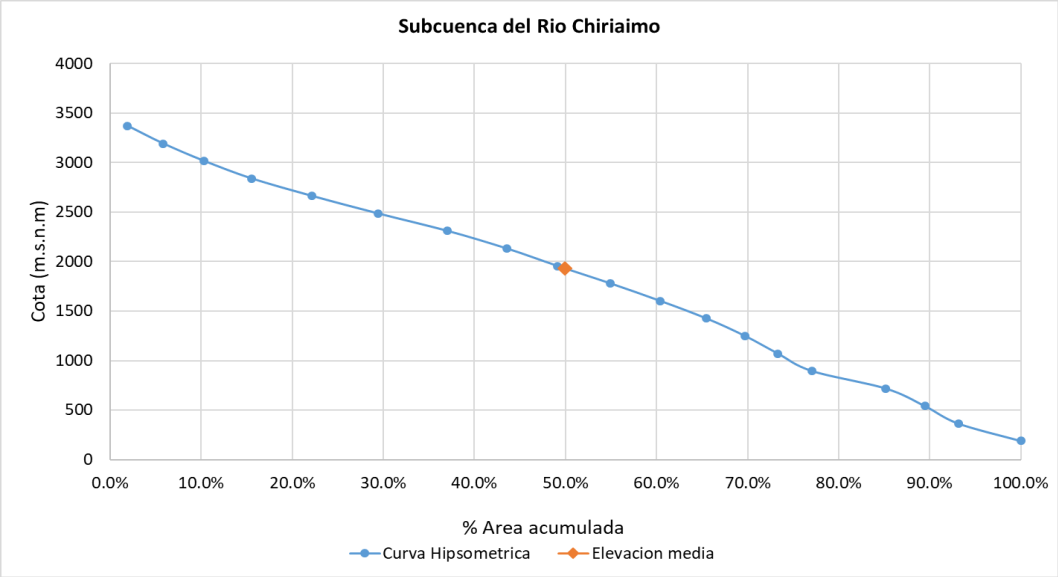
**Figura 2-158. Curva Hipsométrica de la microcuenca de Rio Mocho**




Fuente: Autores (2019).

La subcuenca del Rio Chiriaimo, como ya se había dicho anteriormente presenta una curva en equilibrio, tiene una elevación media aproximadamente de 1930 m.s.n.m., presenta pocas variaciones en su perfil longitudinal, con excepción de su zona baja donde presenta unos pequeños accidentes, específicamente entre la cota 900 a 188 m.s.n.m. (ver Figura 2-159).

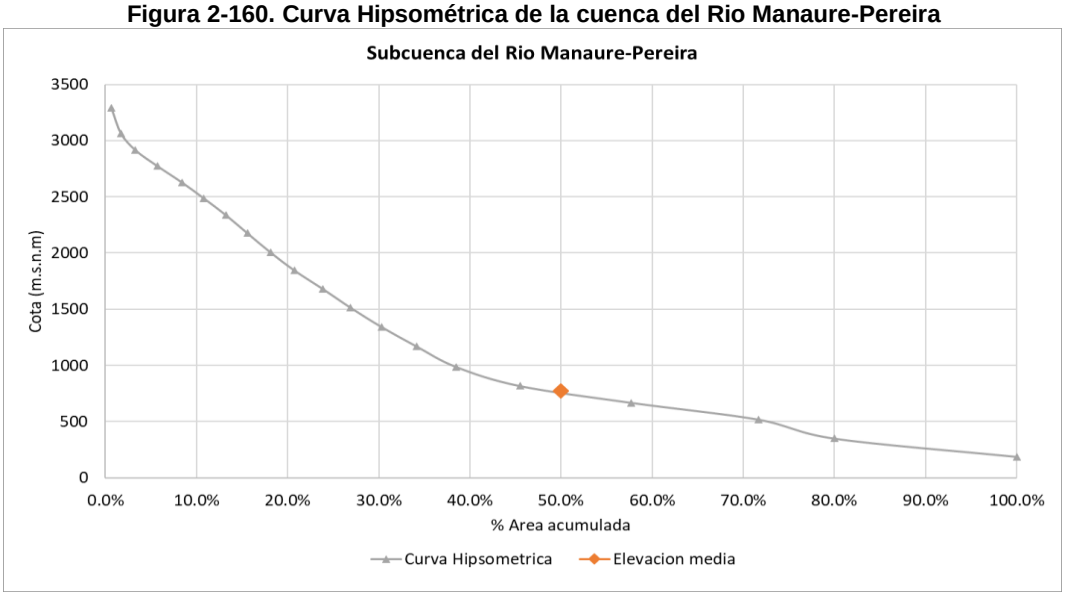
**Figura 2-159. Curva Hipsométrica de la Subcuenca del Rio Chiriaimo**




Fuente: Autores (2019).

La cuenca del Rio Manaure-Pereira, tiene una elevación media aproximada de 770 m.s.n.m., presenta pendientes bastante pronunciadas en su parte alta, y con un cambio abrupto en la zona más alta, correspondiente a la zona ubicada en las cotas 2772.80 a 3292.44 m.s.n.m., el perfil longitudinal nos indica que el relieve es representativo de valles profundos y sabanas planas. (ver Figura 2-160).

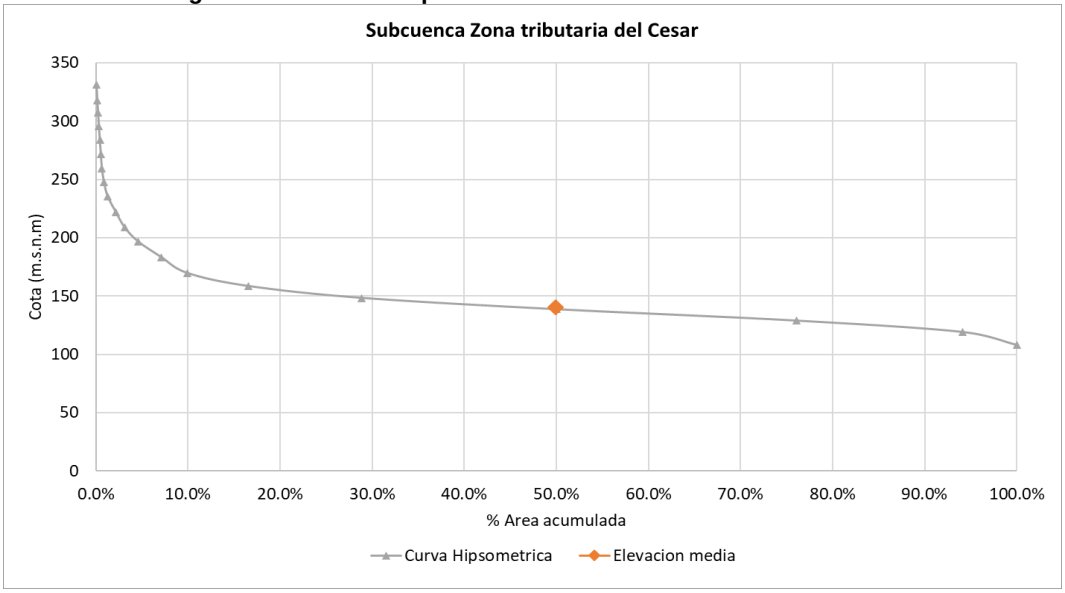
**Figura 2-160. Curva Hipsométrica de la cuenca del Rio Manaure-Pereira**




Fuente: Autores, (2019).

La zona tributaria del cesar presenta una curva hipsométrica que describe una zona de deposición de sedimentos e identificando una cuenca con características fisiográficas de valles extensos y cumbres escarpadas que se pueden evidenciar en las cotas 169.70 a 331.32 y presenta una pendiente media aproximada de 140 m.s.n.m., este tipo de comportamientos suelen apreciarse en cuencas pequeñas ubicadas en las llanuras de inundación de cauces de gran jerarquía. (ver Figura 2-161).

**Figura 2-161. Curva Hipsométrica de la Zona tributaria del Cesar**




Fuente: Autores (2019).

- **Resultado del análisis morfométrico para las unidades hidrográficas de nivel III**

En la Tabla 2-86 se muestran los resultados obtenidos del análisis morfométrico para las unidades hidrográficas de nivel II.

**Tabla 2-86. Resultado del análisis morfométrico para las unidades hidrográficas de nivel II**

| N° | NombreGeo - UH NIII | Unidad hidrografica de Nivel II | N° Subdivision | Clasificacion | Código de la UH | Area | Perimetro | X Centroid | Y Centroid |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Unidad Hidrográfica 1 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 01 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-01 | 0.57 Km2 | 5.24 Km | 1098671.38 | 1648128.25 |
| 2 | Unidad Hidrográfica 2 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 02 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-02 | 4.12 Km2 | 21.75 Km | 1100425.75 | 1649517.13 |
| 3 | Unidad Hidrográfica 3 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 03 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-03 | 0.60 Km2 | 6.25 Km | 1101563.00 | 1650587.63 |
| 4 | Sector Hidrográfico 4 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 04 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-04 | 11.99 Km2 | 32.08 Km | 1107010.75 | 1651292.25 |
| 5 | Unidad Hidrográfica 5 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 05 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-05 | 1.02 Km2 | 9.85 Km | 1103584.63 | 1650359.75 |
| 6 | Unidad Hidrográfica 6 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 06 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-06 | 4.21 Km2 | 11.85 Km | 1105587.50 | 1650596.88 |
| 7 | Unidad Hidrográfica 7 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 07 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-07 | 0.62 Km2 | 6.49 Km | 1105068.88 | 1649624.38 |

| N° | NombreGeo - UH NIII | Unidad hidrografica de Nivel II | N° Subdivision | Clasificacion | Código de la UH | Area | Perimetro | X Centroid | Y Centroid |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Sector Hidrográfico 8 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 08 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-08 | 5.31 Km2 | 18.53 Km | 1109019.25 | 1649896.13 |
| 9 | Sector Hidrográfico 9 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 09 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-09 | 7.32 Km2 | 18.43 Km | 1108911.25 | 1648626.63 |
| 10 | Unidad Hidrográfica 10 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 10 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-10 | 1.61 Km2 | 9.87 Km | 1101713.50 | 1649746.25 |
| 11 | Unidad Hidrográfica 11 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 11 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-11 | 4.41 Km2 | 13.84 Km | 1102908.75 | 1647988.13 |
| 12 | Unidad Hidrográfica 12 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 12 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-12 | 1.31 Km2 | 6.42 Km | 1102899.13 | 1649561.75 |
| 13 | Sector Hidrográfico 13 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 13 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-13 | 7.79 Km2 | 21.58 Km | 1106281.00 | 1648110.38 |
| 14 | Unidad Hidrográfica 14 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 14 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-14 | 2.28 Km2 | 15.67 Km | 1106439.88 | 1647065.75 |
| 15 | Sector Hidrográfico 15 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 15 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-15 | 5.56 Km2 | 28.68 Km | 1113043.63 | 1650200.38 |
| 16 | Sector Hidrográfico 16 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 16 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-16 | 5.62 Km2 | 22.39 Km | 1103684.63 | 1646124.13 |
| 17 | Unidad Hidrográfica 17 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 17 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-17 | 0.34 Km2 | 3.95 Km | 1102649.00 | 1642950.75 |
| 18 | Sector Hidrográfico 18 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 18 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-18 | 8.96 Km2 | 20.53 Km | 1104968.25 | 1645208.75 |
| 19 | Unidad Hidrográfica 19 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 19 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-19 | 3.88 Km2 | 15.82 Km | 1102074.25 | 1642638.88 |
| 20 | Sector Hidrográfico 20 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 20 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-20 | 6.13 Km2 | 15.20 Km | 1105120.75 | 1643170.88 |
| 21 | Sector Hidrográfico 21 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 21 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-21 | 7.38 Km2 | 20.63 Km | 1108812.38 | 1643100.50 |
| 22 | Unidad Hidrográfica 22 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 22 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-22 | 4.73 Km2 | 12.70 Km | 1107640.38 | 1644788.63 |
| 23 | Sector Hidrográfico 23 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 23 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-23 | 5.59 Km2 | 21.01 Km | 1101277.63 | 1646785.88 |
| 24 | Unidad Hidrográfica 24 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 24 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-24 | 2.89 Km2 | 9.55 Km | 1114981.50 | 1642038.50 |
| 25 | Sector Hidrográfico 25 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 25 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-25 | 9.63 Km2 | 22.60 Km | 1117694.13 | 1642944.25 |
| 26 | Sector Hidrográfico 26 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 26 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-26 | 5.10 Km2 | 14.93 Km | 1110219.25 | 1645738.13 |
| 27 | Unidad Hidrográfica 27 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 27 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-27 | 3.16 Km2 | 14.96 Km | 1110603.38 | 1638776.13 |
| 28 | Sector Hidrográfico 28 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 28 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-28 | 10.33 Km2 | 27.27 Km | 1115425.75 | 1644832.75 |
| 29 | Unidad Hidrográfica 29 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 29 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-29 | 1.66 Km2 | 10.23 Km | 1111044.88 | 1646797.63 |
| 30 | Unidad Hidrográfica 30 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 30 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-30 | 3.83 Km2 | 12.19 Km | 1111719.13 | 1647766.63 |
| 31 | Unidad Hidrográfica 31 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 31 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-31 | 4.14 Km2 | 13.27 Km | 1114302.63 | 1647708.25 |
| 32 | Unidad Hidrográfica 32 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 32 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-32 | 0.37 Km2 | 3.11 Km | 1112677.38 | 1648343.38 |
| 33 | Sector Hidrográfico 33 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 33 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-33 | 5.57 Km2 | 17.59 Km | 1111700.38 | 1643693.25 |
| 34 | Unidad Hidrográfica 34 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 34 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-34 | 0.02 Km2 | 0.65 Km | 1113063.13 | 1648334.00 |
| 35 | Sector Hidrográfico 35 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 35 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-35 | 7.09 Km2 | 19.30 Km | 1115559.00 | 1649978.50 |
| 36 | Unidad Hidrográfica 36 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 36 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-36 | 1.86 Km2 | 8.08 Km | 1114320.88 | 1648912.38 |
| 37 | Unidad Hidrográfica 37 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 37 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-37 | 4.24 Km2 | 20.56 Km | 1114275.00 | 1646701.00 |
| 38 | Sector Hidrográfico 38 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 38 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-38 | 6.40 Km2 | 16.41 Km | 1117050.38 | 1647596.13 |
| 39 | Sector Hidrográfico 39 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 39 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-39 | 13.21 Km2 | 29.15 Km | 1119415.63 | 1645209.63 |
| 40 | Sector Hidrográfico 40 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 40 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-40 | 9.43 Km2 | 24.88 Km | 1106644.88 | 1640912.88 |
| 41 | Unidad Hidrográfica 41 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 41 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-41 | 3.18 Km2 | 19.32 Km | 1112876.13 | 1644448.38 |
| 42 | Unidad Hidrográfica 42 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 42 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-42 | 0.06 Km2 | 2.13 Km | 1108081.63 | 1641038.63 |

| N° | NombreGeo - UH NIII | Unidad hidrografica de Nivel II | N° Subdivision | Clasificacion | Código de la UH | Area | Perimetro | X Centroid | Y Centroid |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 43 | Unidad Hidrográfica 43 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 43 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-43 | 0.01 Km2 | 0.70 Km | 1108132.50 | 1641117.75 |
| 44 | Sector Hidrográfico 44 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 44 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-44 | 5.83 Km2 | 20.23 Km | 1111132.63 | 1639321.50 |
| 45 | Sector Hidrográfico 45 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 45 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-45 | 6.38 Km2 | 17.70 Km | 1110951.25 | 1642012.13 |
| 46 | Sector Hidrográfico 46 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 46 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-46 | 6.25 Km2 | 21.93 Km | 1111799.63 | 1640799.75 |
| 47 | Sector Hidrográfico 47 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 47 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-47 | 9.30 Km2 | 18.67 Km | 1114770.25 | 1638163.38 |
| 48 | Unidad Hidrográfica 48 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 48 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-48 | 2.02 Km2 | 10.82 Km | 1114130.88 | 1640308.50 |
| 49 | Unidad Hidrográfica 49 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 49 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-49 | 3.27 Km2 | 12.95 Km | 1116382.38 | 1638950.38 |
| 50 | Sector Hidrográfico 50 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 50 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-50 | 14.57 Km2 | 22.02 Km | 1117751.25 | 1640241.63 |
| 51 | Unidad Hidrográfica 51 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 51 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-51 | 3.35 Km2 | 10.60 Km | 1120738.25 | 1639199.88 |
| 52 | Sector Hidrográfico 52 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 52 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-52 | 5.76 Km2 | 16.73 Km | 1120970.00 | 1641640.25 |
| 53 | Sector Hidrográfico 53 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 53 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-53 | 8.45 Km2 | 17.75 Km | 1123732.25 | 1639339.50 |
| 54 | Sector Hidrográfico 54 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 54 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-54 | 9.33 Km2 | 18.20 Km | 1123505.38 | 1641928.50 |
| 55 | Sector Hidrográfico 55 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 55 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-55 | 16.25 Km2 | 23.98 Km | 1126906.25 | 1644067.88 |
| 56 | Unidad Hidrográfica 56 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 56 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-56 | 3.94 Km2 | 12.32 Km | 1126122.38 | 1641965.50 |
| 57 | Unidad Hidrográfica 57 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 57 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-57 | 2.80 Km2 | 10.83 Km | 1126062.75 | 1639567.13 |
| 58 | Unidad Hidrográfica 58 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 58 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-58 | 0.88 Km2 | 6.66 Km | 1126671.13 | 1640661.88 |
| 59 | Unidad Hidrográfica 59 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 59 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-01-59 | 4.01 Km2 | 13.58 Km | 1127433.88 | 1638788.50 |
| 60 | Sector Hidrográfico 60 Cuenca Rio Manaure-Pereira | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 60 | Sector Hidrográfico | 2802-03-01-60 | 10.29 Km2 | 17.55 Km | 1128768.63 | 1640252.13 |
| 61 | Unidad Hidrográfica 1 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 01 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-01 | 2.61 Km2 | 12.67 Km | 1093887.88 | 1636506.50 |
| 62 | Sector Hidrográfico 2 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 02 | Sector Hidrográfico | 2802-03-02-02 | 9.43 Km2 | 36.04 Km | 1097444.50 | 1635959.75 |
| 63 | Unidad Hidrográfica 3 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 03 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-03 | 1.08 Km2 | 6.92 Km | 1099728.63 | 1636348.13 |
| 64 | Unidad Hidrográfica 4 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 04 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-04 | 0.62 Km2 | 4.56 Km | 1100882.50 | 1634809.25 |
| 65 | Unidad Hidrográfica 5 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 05 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-05 | 2.70 Km2 | 16.90 Km | 1103386.00 | 1635871.38 |
| 66 | Unidad Hidrográfica 6 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 06 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-06 | 0.59 Km2 | 4.40 Km | 1102010.88 | 1634733.75 |
| 67 | Sector Hidrográfico 7 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 07 | Sector Hidrográfico | 2802-03-02-07 | 6.07 Km2 | 17.52 Km | 1105403.00 | 1634462.13 |
| 68 | Sector Hidrográfico 8 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 08 | Sector Hidrográfico | 2802-03-02-08 | 5.01 Km2 | 19.62 Km | 1105439.50 | 1635826.63 |
| 69 | Unidad Hidrográfica 9 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 09 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-09 | 1.80 Km2 | 9.22 Km | 1108063.88 | 1635429.13 |
| 70 | Unidad Hidrográfica 10 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 10 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-10 | 3.05 Km2 | 13.15 Km | 1107248.38 | 1633781.75 |
| 71 | Unidad Hidrográfica 11 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 11 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-11 | 1.54 Km2 | 8.07 Km | 1108689.38 | 1634085.00 |
| 72 | Sector Hidrográfico 12 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 12 | Sector Hidrográfico | 2802-03-02-12 | 5.71 Km2 | 14.35 Km | 1108367.38 | 1632141.13 |
| 73 | Unidad Hidrográfica 13 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 13 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-13 | 3.09 Km2 | 12.35 Km | 1110071.88 | 1632556.63 |
| 74 | Unidad Hidrográfica 14 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 14 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-14 | 3.00 Km2 | 12.71 Km | 1109389.75 | 1636371.63 |
| 75 | Sector Hidrográfico 15 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 15 | Sector Hidrográfico | 2802-03-02-15 | 7.43 Km2 | 16.91 Km | 1110654.50 | 1634028.50 |
| 76 | Unidad Hidrográfica 16 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 16 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-16 | 0.27 Km2 | 3.67 Km | 1110574.13 | 1636009.13 |
| 77 | Sector Hidrográfico 17 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 17 | Sector Hidrográfico | 2802-03-02-17 | 14.26 Km2 | 22.23 Km | 1113211.00 | 1633431.88 |

| N° | NombreGeo - UH NIII | Unidad hidrografica de Nivel II | N° Subdivision | Clasificacion | Código de la UH | Area | Perimetro | X Centroid | Y Centroid |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 78 | Unidad Hidrográfica 18 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 18 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-18 | 1.16 Km2 | 7.99 Km | 1111936.63 | 1636238.13 |
| 79 | Sector Hidrográfico 19 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 19 | Sector Hidrográfico | 2802-03-02-19 | 6.54 Km2 | 19.90 Km | 1115081.38 | 1634664.63 |
| 80 | Unidad Hidrográfica 20 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 20 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-20 | 4.42 Km2 | 13.47 Km | 1118121.38 | 1632912.75 |
| 81 | Sector Hidrográfico 21 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 21 | Sector Hidrográfico | 2802-03-02-21 | 6.98 Km2 | 15.60 Km | 1116529.63 | 1631543.13 |
| 82 | Sector Hidrográfico 22 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 22 | Sector Hidrográfico | 2802-03-02-22 | 5.19 Km2 | 13.42 Km | 1117194.13 | 1629182.13 |
| 83 | Sector Hidrográfico 23 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 23 | Sector Hidrográfico | 2802-03-02-23 | 6.76 Km2 | 15.15 Km | 1118309.00 | 1626555.50 |
| 84 | Unidad Hidrográfica 24 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 24 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-24 | 4.30 Km2 | 12.70 Km | 1119441.13 | 1627740.25 |
| 85 | Sector Hidrográfico 25 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 25 | Sector Hidrográfico | 2802-03-02-25 | 14.09 Km2 | 21.90 Km | 1120357.00 | 1630716.13 |
| 86 | Sector Hidrográfico 26 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 26 | Sector Hidrográfico | 2802-03-02-26 | 10.03 Km2 | 18.10 Km | 1122013.75 | 1626992.50 |
| 87 | Sector Hidrográfico 27 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 27 | Sector Hidrográfico | 2802-03-02-27 | 8.80 Km2 | 15.75 Km | 1123537.63 | 1629054.00 |
| 88 | Sector Hidrográfico 28 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 28 | Sector Hidrográfico | 2802-03-02-28 | 13.92 Km2 | 29.25 Km | 1117091.75 | 1635498.38 |
| 89 | Unidad Hidrográfica 29 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 29 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-29 | 3.02 Km2 | 11.28 Km | 1119009.38 | 1637453.13 |
| 90 | Unidad Hidrográfica 30 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 30 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-30 | 1.86 Km2 | 10.33 Km | 1119692.25 | 1636446.25 |
| 91 | Unidad Hidrográfica 31 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 31 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-31 | 4.58 Km2 | 12.89 Km | 1120611.00 | 1633928.63 |
| 92 | Unidad Hidrográfica 32 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 32 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-32 | 3.93 Km2 | 13.79 Km | 1120970.50 | 1635722.50 |
| 93 | Unidad Hidrográfica 33 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 33 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-33 | 4.38 Km2 | 13.32 Km | 1122250.25 | 1637830.63 |
| 94 | Unidad Hidrográfica 34 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 34 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-34 | 3.81 Km2 | 11.53 Km | 1122446.38 | 1636226.25 |
| 95 | Sector Hidrográfico 35 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 35 | Sector Hidrográfico | 2802-03-02-35 | 12.17 Km2 | 20.68 Km | 1125561.38 | 1636472.75 |
| 96 | Unidad Hidrográfica 36 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 36 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-36 | 3.71 Km2 | 11.53 Km | 1122661.13 | 1633880.25 |
| 97 | Unidad Hidrográfica 37 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 37 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-37 | 3.12 Km2 | 11.53 Km | 1123329.75 | 1632235.63 |
| 98 | Sector Hidrográfico 38 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 38 | Sector Hidrográfico | 2802-03-02-38 | 5.14 Km2 | 16.28 Km | 1124736.38 | 1633866.75 |
| 99 | Sector Hidrográfico 39 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 39 | Sector Hidrográfico | 2802-03-02-39 | 5.60 Km2 | 14.20 Km | 1126932.38 | 1634189.88 |
| 100 | Sector Hidrográfico 40 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 40 | Sector Hidrográfico | 2802-03-02-40 | 9.00 Km2 | 20.60 Km | 1125806.75 | 1631792.50 |
| 101 | Sector Hidrográfico 41 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 41 | Sector Hidrográfico | 2802-03-02-41 | 9.45 Km2 | 16.67 Km | 1126950.50 | 1628984.75 |
| 102 | Unidad Hidrográfica 42 SubCuenca Rio Chiriaimo | SubCuenca Rio Chiriaimo | 42 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-02-42 | 4.81 Km2 | 12.55 Km | 1128030.75 | 1631492.13 |
| 103 | Unidad Hidrográfica 1 Microcuenca Rio Mocho | Microcuenca Rio Mocho | 01 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-03-01 | 1.30 Km2 | 9.36 Km | 1097182.13 | 1637594.25 |
| 104 | Unidad Hidrográfica 2 Microcuenca Rio Mocho | Microcuenca Rio Mocho | 02 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-03-02 | 3.84 Km2 | 13.74 Km | 1102724.50 | 1637211.50 |
| 105 | Unidad Hidrográfica 3 Microcuenca Rio Mocho | Microcuenca Rio Mocho | 03 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-03-03 | 0.13 Km2 | 1.88 Km | 1094437.75 | 1638791.75 |
| 106 | Unidad Hidrográfica 4 Microcuenca Rio Mocho | Microcuenca Rio Mocho | 04 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-03-04 | 0.56 Km2 | 5.12 Km | 1096464.00 | 1638645.25 |
| 107 | Unidad Hidrográfica 5 Microcuenca Rio Mocho | Microcuenca Rio Mocho | 05 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-03-05 | 2.14 Km2 | 11.65 Km | 1098947.25 | 1637871.88 |
| 108 | Unidad Hidrográfica 6 Microcuenca Rio Mocho | Microcuenca Rio Mocho | 06 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-03-06 | 1.75 Km2 | 9.06 Km | 1098169.25 | 1639130.88 |
| 109 | Unidad Hidrográfica 7 Microcuenca Rio Mocho | Microcuenca Rio Mocho | 07 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-03-07 | 0.22 Km2 | 3.04 Km | 1095479.13 | 1639154.63 |
| 110 | Sector Hidrográfico 8 Microcuenca Rio Mocho | Microcuenca Rio Mocho | 08 | Sector Hidrográfico | 2802-03-03-08 | 16.48 Km2 | 32.27 Km | 1102696.13 | 1640489.38 |
| 111 | Unidad Hidrográfica 9 Microcuenca Rio Mocho | Microcuenca Rio Mocho | 09 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-03-09 | 4.24 Km2 | 14.47 Km | 1107053.25 | 1638542.88 |
| 112 | Sector Hidrográfico 10 Microcuenca Rio Mocho | Microcuenca Rio Mocho | 10 | Sector Hidrográfico | 2802-03-03-10 | 9.52 Km2 | 35.62 Km | 1100198.75 | 1639346.88 |

| N° | NombreGeo - UH NIII | Unidad hidrografica de Nivel II | N° Subdivision | Clasificacion | Código de la UH | Area | Perimetro | X Centroid | Y Centroid |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 113 | Unidad Hidrográfica 11 Microcuenca Rio Mocho | Microcuenca Rio Mocho | 11 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-03-11 | 4.18 Km2 | 16.21 Km | 1097218.25 | 1638734.13 |
| 114 | Sector Hidrográfico 12 Microcuenca Rio Mocho | Microcuenca Rio Mocho | 12 | Sector Hidrográfico | 2802-03-03-12 | 5.53 Km2 | 24.05 Km | 1105847.75 | 1638346.00 |
| 115 | Unidad Hidrográfica 13 Microcuenca Rio Mocho | Microcuenca Rio Mocho | 13 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-03-13 | 4.64 Km2 | 22.52 Km | 1107295.50 | 1639205.00 |
| 116 | Sector Hidrográfico 1 Tributarios Rio Cesar | Tributarios Rio Cesar | 01 | Sector Hidrográfico | 2802-03-04-01 | 7.38 Km2 | 23.73 Km | 1100640.87 | 1646011.09 |
| 117 | Unidad Hidrográfica 2 Tributarios Rio Cesar | Tributarios Rio Cesar | 02 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-04-02 | 3.68 Km2 | 14.24 Km | 1098779.37 | 1646557.98 |
| 118 | Unidad Hidrográfica 3 Tributarios Rio Cesar | Tributarios Rio Cesar | 03 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-04-03 | 4.55 Km2 | 22.77 Km | 1099669.92 | 1644290.53 |
| 119 | Unidad Hidrográfica 4 Tributarios Rio Cesar | Tributarios Rio Cesar | 04 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-04-04 | 3.44 Km2 | 13.03 Km | 1097912.42 | 1644675.97 |
| 120 | Unidad Hidrográfica 5 Tributarios Rio Cesar | Tributarios Rio Cesar | 05 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-04-05 | 0.76 Km2 | 6.43 Km | 1096966.84 | 1644051.70 |
| 121 | Sector Hidrográfico 6 Tributarios Rio Cesar | Tributarios Rio Cesar | 06 | Sector Hidrográfico | 2802-03-04-06 | 11.75 Km2 | 32.09 Km | 1099230.51 | 1642245.41 |
| 122 | Unidad Hidrográfica 7 Tributarios Rio Cesar | Tributarios Rio Cesar | 07 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-04-07 | 1.04 Km2 | 8.30 Km | 1095693.51 | 1643098.39 |
| 123 | Unidad Hidrográfica 8 Tributarios Rio Cesar | Tributarios Rio Cesar | 08 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-04-08 | 2.99 Km2 | 14.13 Km | 1096278.92 | 1642011.47 |
| 124 | Unidad Hidrográfica 9 Tributarios Rio Cesar | Tributarios Rio Cesar | 09 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-04-09 | 0.99 Km2 | 4.54 Km | 1095644.94 | 1641499.54 |
| 125 | Unidad Hidrográfica 10 Tributarios Rio Cesar | Tributarios Rio Cesar | 10 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-04-10 | 0.71 Km2 | 5.93 Km | 1094894.40 | 1641359.88 |
| 126 | Unidad Hidrográfica 11 Tributarios Rio Cesar | Tributarios Rio Cesar | 11 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-04-11 | 0.48 Km2 | 3.32 Km | 1094437.26 | 1641252.93 |
| 127 | Unidad Hidrográfica 12 Tributarios Rio Cesar | Tributarios Rio Cesar | 12 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-04-12 | 1.97 Km2 | 11.18 Km | 1095154.16 | 1640671.06 |
| 128 | Unidad Hidrográfica 13 Tributarios Rio Cesar | Tributarios Rio Cesar | 13 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-04-13 | 1.62 Km2 | 9.43 Km | 1093248.48 | 1640090.75 |
| 129 | Unidad Hidrográfica 14 Tributarios Rio Cesar | Tributarios Rio Cesar | 14 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-04-14 | 2.07 Km2 | 12.67 Km | 1094471.59 | 1639667.97 |
| 130 | Sector Hidrográfico 15 Tributarios Rio Cesar | Tributarios Rio Cesar | 15 | Sector Hidrográfico | 2802-03-04-15 | 5.95 Km2 | 19.01 Km | 1097861.73 | 1640178.01 |
| 131 | Unidad Hidrográfica 16 Tributarios Rio Cesar | Tributarios Rio Cesar | 16 | Unidad Hidrográfica | 2802-03-04-16 | 3.27 Km2 | 14.49 Km | 1094781.13 | 1637779.35 |

Fuente: Autores (2019).

En la Tabla 2-87 se puede evidenciar la continuación de los resultados obtenidos del análisis morfométrico para las unidades hidrográficas de nivel II.

**Tabla 2-87. Resultado del análisis morfométrico para las unidades hidrográficas de nivel II (continuación)**

| N° | NombreGeo - UH NIII | Longitud Axial | Cota Max | Cota Min | Cota media | Pendiente media de la cuenca (%) | Factor de forma | Ancho medio de la cuenca | Coeficiente de compacidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Unidad Hidrográfica 1 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 1.19 Km | 131.97 m.s.n.m | 116.16 m.s.n.m | 123.60 m.s.n.m | 5.40% | 0.40 | 0.48 | 1.95 |
| 2 | Unidad Hidrográfica 2 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 3.24 Km | 140.79 m.s.n.m | 117.18 m.s.n.m | 128.59 m.s.n.m | 3.20% | 0.39 | 1.27 | 3.00 |
| 3 | Unidad Hidrográfica 3 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 1.29 Km | 140.61 m.s.n.m | 119.87 m.s.n.m | 129.68 m.s.n.m | 3.10% | 0.36 | 0.46 | 2.26 |
| 4 | Sector Hidrográfico 4 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 10.05 Km | 716.47 m.s.n.m | 124.74 m.s.n.m | 225.20 m.s.n.m | 9.00% | 0.12 | 1.19 | 2.59 |
| 5 | Unidad Hidrográfica 5 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2.55 Km | 150.50 m.s.n.m | 124.78 m.s.n.m | 137.44 m.s.n.m | 2.20% | 0.16 | 0.40 | 2.73 |
| 6 | Unidad Hidrográfica 6 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2.85 Km | 200.78 m.s.n.m | 136.02 m.s.n.m | 150.50 m.s.n.m | 3.10% | 0.52 | 1.48 | 1.62 |
| 7 | Unidad Hidrográfica 7 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2.24 Km | 154.24 m.s.n.m | 135.96 m.s.n.m | 221.05 m.s.n.m | 2.60% | 0.12 | 0.28 | 2.31 |
| 8 | Sector Hidrográfico 8 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 5.93 Km | 731.89 m.s.n.m | 150.00 m.s.n.m | 334.34 m.s.n.m | 15.70% | 0.15 | 0.89 | 2.25 |

| N° | NombreGeo - UH NIII | Longitud Axial | Cota Max | Cota Min | Cota media | Pendiente media de la cuenca (%) | Factor de forma | Ancho medio de la cuenca | Coeficiente de compacidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | Sector Hidrográfico 9 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 5.99 Km | 793.44 m.s.n.m | 150.00 m.s.n.m | 402.86 m.s.n.m | 25.40% | 0.20 | 1.22 | 1.91 |
| 10 | Unidad Hidrográfica 10 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 1.88 Km | 140.80 m.s.n.m | 119.72 m.s.n.m | 129.21 m.s.n.m | 2.50% | 0.45 | 0.85 | 2.18 |
| 11 | Unidad Hidrográfica 11 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 3.07 Km | 150.31 m.s.n.m | 122.87 m.s.n.m | 135.83 m.s.n.m | 1.70% | 0.47 | 1.44 | 1.85 |
| 12 | Unidad Hidrográfica 12 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 1.70 Km | 140.46 m.s.n.m | 122.93 m.s.n.m | 130.88 m.s.n.m | 2.30% | 0.45 | 0.77 | 1.57 |
| 13 | Sector Hidrográfico 13 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 6.58 Km | 791.07 m.s.n.m | 129.59 m.s.n.m | 226.47 m.s.n.m | 11.80% | 0.18 | 1.18 | 2.17 |
| 14 | Unidad Hidrográfica 14 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 5.47 Km | 673.17 m.s.n.m | 129.49 m.s.n.m | 256.32 m.s.n.m | 19.20% | 0.08 | 0.42 | 2.91 |
| 15 | Sector Hidrográfico 15 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 6.33 Km | 185.86 m.s.n.m | 117.86 m.s.n.m | 140.81 m.s.n.m | 7.40% | 0.14 | 0.88 | 3.40 |
| 16 | Sector Hidrográfico 16 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 5.22 Km | 185.71 m.s.n.m | 133.20 m.s.n.m | 146.98 m.s.n.m | 4.90% | 0.21 | 1.08 | 2.65 |
| 17 | Unidad Hidrográfica 17 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 1.17 Km | 442.53 m.s.n.m | 132.88 m.s.n.m | 245.81 m.s.n.m | 27.60% | 0.25 | 0.29 | 1.90 |
| 18 | Sector Hidrográfico 18 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 5.35 Km | 666.45 m.s.n.m | 133.97 m.s.n.m | 267.32 m.s.n.m | 26.00% | 0.31 | 1.68 | 1.92 |
| 19 | Unidad Hidrográfica 19 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 4.15 Km | 442.57 m.s.n.m | 134.35 m.s.n.m | 225.60 m.s.n.m | 17.40% | 0.23 | 0.94 | 2.25 |
| 20 | Sector Hidrográfico 20 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 3.34 Km | 572.90 m.s.n.m | 238.83 m.s.n.m | 391.02 m.s.n.m | 24.50% | 0.55 | 1.83 | 1.72 |
| 21 | Sector Hidrográfico 21 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 5.80 Km | 655.53 m.s.n.m | 299.56 m.s.n.m | 485.65 m.s.n.m | 24.30% | 0.22 | 1.27 | 2.13 |
| 22 | Unidad Hidrográfica 22 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 3.54 Km | 704.98 m.s.n.m | 300.06 m.s.n.m | 482.56 m.s.n.m | 28.20% | 0.38 | 1.34 | 1.63 |
| 23 | Sector Hidrográfico 23 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 5.66 Km | 812.29 m.s.n.m | 367.14 m.s.n.m | 573.02 m.s.n.m | 25.90% | 0.17 | 0.99 | 2.49 |
| 24 | Unidad Hidrográfica 24 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2.32 Km | 1148.31 m.s.n.m | 655.76 m.s.n.m | 785.75 m.s.n.m | 21.30% | 0.54 | 1.25 | 1.57 |
| 25 | Sector Hidrográfico 25 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 7.09 Km | 2244.93 m.s.n.m | 655.35 m.s.n.m | 1304.59 m.s.n.m | 40.60% | 0.19 | 1.36 | 2.04 |
| 26 | Sector Hidrográfico 26 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 3.96 Km | 793.52 m.s.n.m | 367.26 m.s.n.m | 553.25 m.s.n.m | 25.00% | 0.33 | 1.29 | 1.85 |
| 27 | Unidad Hidrográfica 27 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 4.28 Km | 813.98 m.s.n.m | 432.74 m.s.n.m | 625.69 m.s.n.m | 23.50% | 0.17 | 0.74 | 2.35 |
| 28 | Sector Hidrográfico 28 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 8.39 Km | 1772.56 m.s.n.m | 433.80 m.s.n.m | 881.27 m.s.n.m | 29.90% | 0.15 | 1.23 | 2.38 |
| 29 | Unidad Hidrográfica 29 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2.91 Km | 784.57 m.s.n.m | 432.31 m.s.n.m | 591.80 m.s.n.m | 22.20% | 0.20 | 0.57 | 2.22 |
| 30 | Unidad Hidrográfica 30 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 3.55 Km | 792.40 m.s.n.m | 471.20 m.s.n.m | 624.76 m.s.n.m | 16.80% | 0.30 | 1.08 | 1.74 |
| 31 | Unidad Hidrográfica 31 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 3.44 Km | 1181.32 m.s.n.m | 529.73 m.s.n.m | 690.10 m.s.n.m | 27.60% | 0.35 | 1.20 | 1.83 |
| 32 | Unidad Hidrográfica 32 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 1.06 Km | 689.05 m.s.n.m | 529.95 m.s.n.m | 569.56 m.s.n.m | 17.60% | 0.33 | 0.35 | 1.44 |
| 33 | Sector Hidrográfico 33 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 4.62 Km | 892.06 m.s.n.m | 537.47 m.s.n.m | 647.90 m.s.n.m | 15.20% | 0.26 | 1.21 | 2.09 |
| 34 | Unidad Hidrográfica 34 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 0.20 Km | 542.24 m.s.n.m | 534.88 m.s.n.m | 538.22 m.s.n.m | 7.60% | 0.53 | 0.11 | 1.25 |
| 35 | Sector Hidrográfico 35 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 4.66 Km | 1384.76 m.s.n.m | 536.30 m.s.n.m | 789.18 m.s.n.m | 33.00% | 0.33 | 1.52 | 2.03 |
| 36 | Unidad Hidrográfica 36 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2.18 Km | 791.36 m.s.n.m | 537.30 m.s.n.m | 590.08 m.s.n.m | 12.20% | 0.39 | 0.85 | 1.66 |
| 37 | Unidad Hidrográfica 37 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 5.54 Km | 1266.84 m.s.n.m | 471.06 m.s.n.m | 764.56 m.s.n.m | 24.20% | 0.14 | 0.77 | 2.80 |
| 38 | Sector Hidrográfico 38 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 5.04 Km | 1640.49 m.s.n.m | 727.98 m.s.n.m | 1124.39 m.s.n.m | 30.10% | 0.25 | 1.27 | 1.82 |
| 39 | Sector Hidrográfico 39 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 8.35 Km | 2960.89 m.s.n.m | 727.55 m.s.n.m | 1562.10 m.s.n.m | 51.70% | 0.19 | 1.58 | 2.25 |
| 40 | Sector Hidrográfico 40 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 7.08 Km | 661.82 m.s.n.m | 238.99 m.s.n.m | 409.53 m.s.n.m | 22.10% | 0.19 | 1.33 | 2.27 |
| 41 | Unidad Hidrográfica 41 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 6.43 Km | 860.37 m.s.n.m | 381.18 m.s.n.m | 638.01 m.s.n.m | 26.10% | 0.08 | 0.49 | 3.04 |
| 42 | Unidad Hidrográfica 42 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 0.48 Km | 514.83 m.s.n.m | 380.57 m.s.n.m | 403.01 m.s.n.m | 14.80% | 0.25 | 0.12 | 2.49 |
| 43 | Unidad Hidrográfica 43 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 0.20 Km | 455.65 m.s.n.m | 387.26 m.s.n.m | 403.72 m.s.n.m | 25.60% | 0.35 | 0.07 | 1.66 |

| N° | NombreGeo - UH NIII | Longitud Axial | Cota Max | Cota Min | Cota media | Pendiente media de la cuenca (%) | Factor de forma | Ancho medio de la cuenca | Coeficiente de compacidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 44 | Sector Hidrográfico 44 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 6.73 Km | 925.16 m.s.n.m | 386.63 m.s.n.m | 616.24 m.s.n.m | 27.20% | 0.13 | 0.87 | 2.34 |
| 45 | Sector Hidrográfico 45 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 5.22 Km | 773.35 m.s.n.m | 397.52 m.s.n.m | 565.04 m.s.n.m | 28.50% | 0.23 | 1.22 | 1.96 |
| 46 | Sector Hidrográfico 46 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 6.39 Km | 793.51 m.s.n.m | 396.56 m.s.n.m | 597.69 m.s.n.m | 21.00% | 0.15 | 0.98 | 2.46 |
| 47 | Sector Hidrográfico 47 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 5.30 Km | 1953.28 m.s.n.m | 612.32 m.s.n.m | 1007.83 m.s.n.m | 37.60% | 0.33 | 1.75 | 1.71 |
| 48 | Unidad Hidrográfica 48 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2.54 Km | 871.66 m.s.n.m | 612.40 m.s.n.m | 712.13 m.s.n.m | 14.40% | 0.31 | 0.80 | 2.13 |
| 49 | Unidad Hidrográfica 49 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 4.13 Km | 1960.86 m.s.n.m | 698.03 m.s.n.m | 1322.66 m.s.n.m | 44.60% | 0.19 | 0.79 | 2.01 |
| 50 | Sector Hidrográfico 50 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 5.86 Km | 2208.53 m.s.n.m | 696.76 m.s.n.m | 1276.80 m.s.n.m | 44.70% | 0.42 | 2.49 | 1.62 |
| 51 | Unidad Hidrográfica 51 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2.80 Km | 2532.60 m.s.n.m | 1101.36 m.s.n.m | 1901.72 m.s.n.m | 64.10% | 0.43 | 1.20 | 1.62 |
| 52 | Sector Hidrográfico 52 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 4.16 Km | 2782.39 m.s.n.m | 1102.34 m.s.n.m | 1697.82 m.s.n.m | 65.80% | 0.33 | 1.38 | 1.95 |
| 53 | Sector Hidrográfico 53 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 5.65 Km | 3111.78 m.s.n.m | 1269.27 m.s.n.m | 2393.08 m.s.n.m | 53.40% | 0.26 | 1.49 | 1.71 |
| 54 | Sector Hidrográfico 54 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 4.11 Km | 2987.93 m.s.n.m | 1268.81 m.s.n.m | 2016.31 m.s.n.m | 74.70% | 0.55 | 2.27 | 1.67 |
| 55 | Sector Hidrográfico 55 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 6.03 Km | 3341.03 m.s.n.m | 1560.41 m.s.n.m | 2541.53 m.s.n.m | 60.90% | 0.45 | 2.69 | 1.67 |
| 56 | Unidad Hidrográfica 56 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 3.25 Km | 2849.43 m.s.n.m | 1558.90 m.s.n.m | 2061.88 m.s.n.m | 71.80% | 0.37 | 1.21 | 1.74 |
| 57 | Unidad Hidrográfica 57 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 3.41 Km | 3131.16 m.s.n.m | 1879.35 m.s.n.m | 2659.81 m.s.n.m | 36.20% | 0.24 | 0.82 | 1.81 |
| 58 | Unidad Hidrográfica 58 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 1.98 Km | 2786.82 m.s.n.m | 1879.23 m.s.n.m | 2309.03 m.s.n.m | 60.90% | 0.23 | 0.45 | 1.98 |
| 59 | Unidad Hidrográfica 59 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 4.28 Km | 3441.83 m.s.n.m | 1952.91 m.s.n.m | 2876.12 m.s.n.m | 35.20% | 0.22 | 0.94 | 1.90 |
| 60 | Sector Hidrográfico 60 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 4.07 Km | 3356.95 m.s.n.m | 1951.00 m.s.n.m | 2673.01 m.s.n.m | 47.20% | 0.62 | 2.53 | 1.53 |
| 61 | Unidad Hidrográfica 1 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.63 Km | 135.51 m.s.n.m | 100.26 m.s.n.m | 120.08 m.s.n.m | 4.00% | 0.20 | 0.72 | 2.20 |
| 62 | Sector Hidrográfico 2 SubCuenca Rio Chiriaimo | 8.38 Km | 222.45 m.s.n.m | 99.76 m.s.n.m | 159.41 m.s.n.m | 3.00% | 0.13 | 1.13 | 3.29 |
| 63 | Unidad Hidrográfica 3 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2.39 Km | 345.72 m.s.n.m | 158.96 m.s.n.m | 208.08 m.s.n.m | 18.00% | 0.19 | 0.45 | 1.86 |
| 64 | Unidad Hidrográfica 4 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1.36 Km | 240.24 m.s.n.m | 200.73 m.s.n.m | 142.68 m.s.n.m | 3.00% | 0.33 | 0.45 | 1.63 |
| 65 | Unidad Hidrográfica 5 SubCuenca Rio Chiriaimo | 5.35 Km | 485.12 m.s.n.m | 202.45 m.s.n.m | 314.88 m.s.n.m | 14.00% | 0.09 | 0.50 | 2.88 |
| 66 | Unidad Hidrográfica 6 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1.03 Km | 281.18 m.s.n.m | 232.71 m.s.n.m | 252.18 m.s.n.m | 6.00% | 0.56 | 0.57 | 1.61 |
| 67 | Sector Hidrográfico 7 SubCuenca Rio Chiriaimo | 4.76 Km | 792.79 m.s.n.m | 250.29 m.s.n.m | 476.28 m.s.n.m | 30.00% | 0.27 | 1.28 | 1.99 |
| 68 | Sector Hidrográfico 8 SubCuenca Rio Chiriaimo | 6.58 Km | 610.01 m.s.n.m | 250.00 m.s.n.m | 386.40 m.s.n.m | 17.00% | 0.12 | 0.76 | 2.45 |
| 69 | Unidad Hidrográfica 9 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1.83 Km | 790.05 m.s.n.m | 436.09 m.s.n.m | 557.35 m.s.n.m | 37.00% | 0.54 | 0.98 | 1.92 |
| 70 | Unidad Hidrográfica 10 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.79 Km | 803.43 m.s.n.m | 479.96 m.s.n.m | 665.66 m.s.n.m | 30.00% | 0.21 | 0.81 | 2.11 |
| 71 | Unidad Hidrográfica 11 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1.75 Km | 788.67 m.s.n.m | 479.36 m.s.n.m | 627.01 m.s.n.m | 31.00% | 0.50 | 0.88 | 1.82 |
| 72 | Sector Hidrográfico 12 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.19 Km | 1299.93 m.s.n.m | 562.70 m.s.n.m | 784.42 m.s.n.m | 29.00% | 0.56 | 1.79 | 1.68 |
| 73 | Unidad Hidrográfica 13 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.65 Km | 1526.39 m.s.n.m | 562.08 m.s.n.m | 936.03 m.s.n.m | 37.00% | 0.23 | 0.85 | 1.97 |
| 74 | Unidad Hidrográfica 14 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.88 Km | 813.52 m.s.n.m | 435.83 m.s.n.m | 595.11 m.s.n.m | 30.00% | 0.20 | 0.77 | 2.05 |
| 75 | Sector Hidrográfico 15 SubCuenca Rio Chiriaimo | 4.77 Km | 1575.04 m.s.n.m | 556.89 m.s.n.m | 827.52 m.s.n.m | 33.00% | 0.33 | 1.56 | 1.74 |
| 76 | Unidad Hidrográfica 16 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1.32 Km | 685.84 m.s.n.m | 557.19 m.s.n.m | 610.20 m.s.n.m | 14.00% | 0.15 | 0.20 | 1.98 |
| 77 | Sector Hidrográfico 17 SubCuenca Rio Chiriaimo | 6.78 Km | 1949.38 m.s.n.m | 588.91 m.s.n.m | 1174.50 m.s.n.m | 45.00% | 0.31 | 2.10 | 1.65 |
| 78 | Unidad Hidrográfica 18 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2.64 Km | 951.61 m.s.n.m | 588.36 m.s.n.m | 707.11 m.s.n.m | 25.00% | 0.17 | 0.44 | 2.07 |

| N° | NombreGeo - UH NIII | Longitud Axial | Cota Max | Cota Min | Cota media | Pendiente media de la cuenca (%) | Factor de forma | Ancho medio de la cuenca | Coeficiente de compacidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 79 | Sector Hidrográfico 19 SubCuenca Rio Chiriaimo | 5.22 Km | 1730.28 m.s.n.m | 673.34 m.s.n.m | 1158.46 m.s.n.m | 55.00% | 0.24 | 1.25 | 2.18 |
| 80 | Unidad Hidrográfica 20 SubCuenca Rio Chiriaimo | 4.41 Km | 2365.30 m.s.n.m | 1099.28 m.s.n.m | 1745.70 m.s.n.m | 46.00% | 0.23 | 1.00 | 1.79 |
| 81 | Sector Hidrográfico 21 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.26 Km | 2415.78 m.s.n.m | 1099.22 m.s.n.m | 1637.43 m.s.n.m | 63.00% | 0.66 | 2.14 | 1.65 |
| 82 | Sector Hidrográfico 22 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.31 Km | 2665.81 m.s.n.m | 1441.00 m.s.n.m | 2006.55 m.s.n.m | 59.00% | 0.47 | 1.57 | 1.65 |
| 83 | Sector Hidrográfico 23 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.75 Km | 3056.04 m.s.n.m | 1785.60 m.s.n.m | 2496.75 m.s.n.m | 51.00% | 0.48 | 1.80 | 1.63 |
| 84 | Unidad Hidrográfica 24 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.77 Km | 3064.30 m.s.n.m | 1787.38 m.s.n.m | 2411.11 m.s.n.m | 46.00% | 0.30 | 1.14 | 1.71 |
| 85 | Sector Hidrográfico 25 SubCuenca Rio Chiriaimo | 5.77 Km | 3026.93 m.s.n.m | 1440.98 m.s.n.m | 2151.48 m.s.n.m | 47.00% | 0.42 | 2.44 | 1.63 |
| 86 | Sector Hidrográfico 26 SubCuenca Rio Chiriaimo | 4.78 Km | 3340.02 m.s.n.m | 1960.46 m.s.n.m | 2704.06 m.s.n.m | 46.00% | 0.44 | 2.10 | 1.60 |
| 87 | Sector Hidrográfico 27 SubCuenca Rio Chiriaimo | 4.19 Km | 3422.22 m.s.n.m | 1963.31 m.s.n.m | 2784.92 m.s.n.m | 53.00% | 0.50 | 2.10 | 1.49 |
| 88 | Sector Hidrográfico 28 SubCuenca Rio Chiriaimo | 8.98 Km | 2370.77 m.s.n.m | 674.63 m.s.n.m | 1349.21 m.s.n.m | 48.00% | 0.17 | 1.55 | 2.20 |
| 89 | Unidad Hidrográfica 29 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.02 Km | 2418.96 m.s.n.m | 1184.03 m.s.n.m | 1828.25 m.s.n.m | 44.00% | 0.33 | 1.00 | 1.82 |
| 90 | Unidad Hidrográfica 30 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.18 Km | 2412.08 m.s.n.m | 1183.46 m.s.n.m | 1621.48 m.s.n.m | 58.00% | 0.18 | 0.58 | 2.12 |
| 91 | Unidad Hidrográfica 31 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.95 Km | 2661.27 m.s.n.m | 1255.87 m.s.n.m | 1969.05 m.s.n.m | 42.00% | 0.29 | 1.16 | 1.69 |
| 92 | Unidad Hidrográfica 32 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.18 Km | 2410.75 m.s.n.m | 1248.58 m.s.n.m | 1699.10 m.s.n.m | 47.00% | 0.39 | 1.24 | 1.95 |
| 93 | Unidad Hidrográfica 33 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.40 Km | 2892.90 m.s.n.m | 1377.86 m.s.n.m | 2200.80 m.s.n.m | 64.00% | 0.38 | 1.29 | 1.78 |
| 94 | Unidad Hidrográfica 34 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2.57 Km | 2731.65 m.s.n.m | 1376.47 m.s.n.m | 1851.55 m.s.n.m | 57.00% | 0.58 | 1.48 | 1.65 |
| 95 | Sector Hidrográfico 35 SubCuenca Rio Chiriaimo | 5.68 Km | 3598.57 m.s.n.m | 1602.91 m.s.n.m | 2647.69 m.s.n.m | 59.00% | 0.38 | 2.14 | 1.66 |
| 96 | Unidad Hidrográfica 36 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.25 Km | 2765.54 m.s.n.m | 1604.12 m.s.n.m | 2092.20 m.s.n.m | 46.00% | 0.35 | 1.14 | 1.67 |
| 97 | Unidad Hidrográfica 37 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.69 Km | 3089.64 m.s.n.m | 1827.26 m.s.n.m | 2493.58 m.s.n.m | 43.00% | 0.23 | 0.85 | 1.83 |
| 98 | Sector Hidrográfico 38 SubCuenca Rio Chiriaimo | 5.10 Km | 3245.24 m.s.n.m | 1825.92 m.s.n.m | 2343.24 m.s.n.m | 48.00% | 0.20 | 1.01 | 2.01 |
| 99 | Sector Hidrográfico 39 SubCuenca Rio Chiriaimo | 4.23 Km | 3634.66 m.s.n.m | 1983.41 m.s.n.m | 2854.66 m.s.n.m | 61.00% | 0.31 | 1.32 | 1.68 |
| 100 | Sector Hidrográfico 40 SubCuenca Rio Chiriaimo | 4.16 Km | 3415.67 m.s.n.m | 1984.29 m.s.n.m | 2632.77 m.s.n.m | 51.00% | 0.52 | 2.16 | 1.92 |
| 101 | Sector Hidrográfico 41 SubCuenca Rio Chiriaimo | 4.13 Km | 3422.01 m.s.n.m | 2397.21 m.s.n.m | 2970.94 m.s.n.m | 46.00% | 0.55 | 2.29 | 1.52 |
| 102 | Unidad Hidrográfica 42 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.37 Km | 3472.92 m.s.n.m | 2396.51 m.s.n.m | 2966.35 m.s.n.m | 44.00% | 0.42 | 1.43 | 1.60 |
| 103 | Unidad Hidrográfica 1 Microcuenca Rio Mocho | 2.09 Km | 130.16 m.s.n.m | 101.80 m.s.n.m | 117.78 m.s.n.m | 3.00% | 0.30 | 0.62 | 2.30 |
| 104 | Unidad Hidrográfica 2 Microcuenca Rio Mocho | 4.59 Km | 170.46 m.s.n.m | 118.33 m.s.n.m | 143.26 m.s.n.m | 3.00% | 0.18 | 0.84 | 1.96 |
| 105 | Unidad Hidrográfica 3 Microcuenca Rio Mocho | 0.56 Km | 130.64 m.s.n.m | 118.25 m.s.n.m | 123.73 m.s.n.m | 5.00% | 0.41 | 0.23 | 1.47 |
| 106 | Unidad Hidrográfica 4 Microcuenca Rio Mocho | 1.90 Km | 140.73 m.s.n.m | 121.49 m.s.n.m | 135.59 m.s.n.m | 2.00% | 0.16 | 0.30 | 1.91 |
| 107 | Unidad Hidrográfica 5 Microcuenca Rio Mocho | 3.49 Km | 154.84 m.s.n.m | 119.81 m.s.n.m | 137.39 m.s.n.m | 3.00% | 0.18 | 0.61 | 2.23 |
| 108 | Unidad Hidrográfica 6 Microcuenca Rio Mocho | 3.01 Km | 291.77 m.s.n.m | 135.52 m.s.n.m | 155.26 m.s.n.m | 6.00% | 0.19 | 0.58 | 1.92 |
| 109 | Unidad Hidrográfica 7 Microcuenca Rio Mocho | 0.72 Km | 142.68 m.s.n.m | 134.78 m.s.n.m | 139.33 m.s.n.m | 4.00% | 0.43 | 0.31 | 1.81 |
| 110 | Sector Hidrográfico 8 Microcuenca Rio Mocho | 10.69 Km | 630.70 m.s.n.m | 137.58 m.s.n.m | 271.77 m.s.n.m | 18.00% | 0.14 | 1.54 | 2.23 |
| 111 | Unidad Hidrográfica 9 Microcuenca Rio Mocho | 3.49 Km | 288.55 m.s.n.m | 137.43 m.s.n.m | 183.02 m.s.n.m | 6.00% | 0.35 | 1.21 | 1.97 |
| 112 | Sector Hidrográfico 10 Microcuenca Rio Mocho | 12.09 Km | 810.78 m.s.n.m | 169.72 m.s.n.m | 411.78 m.s.n.m | 25.00% | 0.07 | 0.79 | 3.23 |
| 113 | Unidad Hidrográfica 11 Microcuenca Rio Mocho | 4.05 Km | 374.08 m.s.n.m | 170.49 m.s.n.m | 240.95 m.s.n.m | 13.00% | 0.26 | 1.03 | 2.22 |

| N° | NombreGeo - UH NIII | Longitud Axial | Cota Max | Cota Min | Cota media | Pendiente media de la cuenca (%) | Factor de forma | Ancho medio de la cuenca | Coeficiente de compacidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 114 | Sector Hidrográfico 12 Microcuenca Rio Mocho | 8.06 Km | 773.60 m.s.n.m | 236.60 m.s.n.m | 467.99 m.s.n.m | 25.00% | 0.09 | 0.69 | 2.86 |
| 115 | Unidad Hidrográfica 13 Microcuenca Rio Mocho | 7.66 Km | 745.85 m.s.n.m | 236.45 m.s.n.m | 452.54 m.s.n.m | 30.00% | 0.08 | 0.61 | 2.93 |
| 116 | Sector Hidrográfico 1 Tributarios Rio Cesar | 5.43 Km | 180.59 m.s.n.m | 116.53 m.s.n.m | 143.56 m.s.n.m | 2.44% | 0.25 | 1.36 | 2.45 |
| 117 | Unidad Hidrográfica 2 Tributarios Rio Cesar | 3.52 Km | 150.08 m.s.n.m | 114.37 m.s.n.m | 128.01 m.s.n.m | 2.40% | 0.30 | 1.05 | 2.08 |
| 118 | Unidad Hidrográfica 3 Tributarios Rio Cesar | 6.56 Km | 220.14 m.s.n.m | 114.81 m.s.n.m | 150.88 m.s.n.m | 2.00% | 0.11 | 0.69 | 2.99 |
| 119 | Unidad Hidrográfica 4 Tributarios Rio Cesar | 2.58 Km | 150.63 m.s.n.m | 112.37 m.s.n.m | 133.05 m.s.n.m | 3.69% | 0.52 | 1.33 | 1.97 |
| 120 | Unidad Hidrográfica 5 Tributarios Rio Cesar | 1.48 Km | 140.43 m.s.n.m | 111.66 m.s.n.m | 128.06 m.s.n.m | 3.51% | 0.35 | 0.51 | 2.07 |
| 121 | Sector Hidrográfico 6 Tributarios Rio Cesar | 8.72 Km | 339.68 m.s.n.m | 111.67 m.s.n.m | 161.89 m.s.n.m | 3.80% | 0.15 | 1.35 | 2.62 |
| 122 | Unidad Hidrográfica 7 Tributarios Rio Cesar | 1.71 Km | 130.86 m.s.n.m | 108.87 m.s.n.m | 120.01 m.s.n.m | 3.65% | 0.35 | 0.61 | 2.28 |
| 123 | Unidad Hidrográfica 8 Tributarios Rio Cesar | 3.90 Km | 150.00 m.s.n.m | 108.03 m.s.n.m | 127.58 m.s.n.m | 2.25% | 0.20 | 0.77 | 2.29 |
| 124 | Unidad Hidrográfica 9 Tributarios Rio Cesar | 1.83 Km | 131.04 m.s.n.m | 107.91 m.s.n.m | 122.56 m.s.n.m | 2.62% | 0.30 | 0.54 | 1.28 |
| 125 | Unidad Hidrográfica 10 Tributarios Rio Cesar | 2.04 Km | 130.26 m.s.n.m | 106.67 m.s.n.m | 116.26 m.s.n.m | 2.62% | 0.17 | 0.35 | 1.97 |
| 126 | Unidad Hidrográfica 11 Tributarios Rio Cesar | 1.35 Km | 120.57 m.s.n.m | 106.44 m.s.n.m | 114.64 m.s.n.m | 3.00% | 0.27 | 0.36 | 1.34 |
| 127 | Unidad Hidrográfica 12 Tributarios Rio Cesar | 3.82 Km | 140.11 m.s.n.m | 105.93 m.s.n.m | 122.62 m.s.n.m | 1.94% | 0.13 | 0.52 | 2.23 |
| 128 | Unidad Hidrográfica 13 Tributarios Rio Cesar | 1.94 Km | 120.69 m.s.n.m | 102.84 m.s.n.m | 112.47 m.s.n.m | 3.64% | 0.43 | 0.84 | 2.07 |
| 129 | Unidad Hidrográfica 14 Tributarios Rio Cesar | 2.60 Km | 130.40 m.s.n.m | 102.15 m.s.n.m | 118.10 m.s.n.m | 2.78% | 0.31 | 0.80 | 2.47 |
| 130 | Sector Hidrográfico 15 Tributarios Rio Cesar | 4.79 Km | 284.76 m.s.n.m | 119.46 m.s.n.m | 142.34 m.s.n.m | 3.08% | 0.26 | 1.24 | 2.18 |
| 131 | Unidad Hidrográfica 16 Tributarios Rio Cesar | 3.14 Km | 140.20 m.s.n.m | 101.26 m.s.n.m | 123.62 m.s.n.m | 2.46% | 0.33 | 1.04 | 2.24 |

Fuente: Autores (2019).

En la Tabla 2-88 se puede observar la continuación de los resultados obtenidos del análisis morfométrico para las unidades hidrográficas de nivel II.

**Tabla 2-88. Resultado del análisis morfométrico para las unidades hidrográficas de nivel II (continuación)**

| N° | NombreGeo - UH NIII | Índice de alargamiento | Circularidad | Relación de elongación | Longitud del cauce principal | Longitud total de drenaje | Longitud de la recta del cauce principal | Cota Max | Cota Min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Unidad Hidrográfica 1 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2.50 | 0.26 | 0.16 | 0.61 Km | 0.64 Km | 0.50 km | 121.71 m.s.n.m | 116.71 m.s.n.m |
| 2 | Unidad Hidrográfica 2 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2.55 | 0.11 | 0.11 | 3.51 Km | 3.58 Km | 2.92 Km | 122.70 m.s.n.m | 117.25 m.s.n.m |
| 3 | Unidad Hidrográfica 3 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2.77 | 0.19 | 0.14 | 0.83 Km | 0.95 Km | 0.80 Km | 125.79 m.s.n.m | 119.77 m.s.n.m |
| 4 | Sector Hidrográfico 4 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 8.43 | 0.15 | 0.12 | 12.45 Km | 16.57 Km | 9.82 Km | 648.89 m.s.n.m | 125.06 m.s.n.m |
| 5 | Unidad Hidrográfica 5 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 6.38 | 0.13 | 0.12 | 2.36 Km | 2.38 Km | 2.21 Km | 137.40 m.s.n.m | 124.76 m.s.n.m |
| 6 | Unidad Hidrográfica 6 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 1.93 | 0.38 | 0.20 | 2.43 Km | 2.43 Km | 2.06 Km | 151.68 m.s.n.m | 136.02 m.s.n.m |
| 7 | Unidad Hidrográfica 7 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 8.13 | 0.18 | 0.14 | 2.13 Km | 2.18 Km | 2.05 Km | 149.76 m.s.n.m | 136.01 m.s.n.m |
| 8 | Sector Hidrográfico 8 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 6.63 | 0.19 | 0.14 | 5.66 Km | 15.02 Km | 5.23 Km | 667.86 m.s.n.m | 150.00 m.s.n.m |

| N° | NombreGeo - UH NIII | Índice de alargamiento | Circularidad | Relación de elongación | Longitud del cauce principal | Longitud total de drenaje | Longitud de la recta del cauce principal | Cota Max | Cota Min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | Sector Hidrográfico 9 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 4.90 | 0.27 | 0.17 | 6.62 Km | 22.68 Km | 5.95 Km | 699.91 m.s.n.m | 149.98 m.s.n.m |
| 10 | Unidad Hidrográfica 10 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2.20 | 0.21 | 0.14 | 1.34 Km | 1.36 Km | 1.06 Km | 123.36 m.s.n.m | 119.72 m.s.n.m |
| 11 | Unidad Hidrográfica 11 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2.14 | 0.29 | 0.17 | 3.26 Km | 4.01 Km | 2.82 Km | 140.36 m.s.n.m | 122.78 m.s.n.m |
| 12 | Unidad Hidrográfica 12 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2.21 | 0.40 | 0.20 | 1.78 Km | 1.79 Km | 1.70 Km | 129.55 m.s.n.m | 122.82 m.s.n.m |
| 13 | Sector Hidrográfico 13 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 5.56 | 0.21 | 0.15 | 7.34 Km | 7.36 Km | 5.99 km | 728.73 m.s.n.m | 129.60 m.s.n.m |
| 14 | Unidad Hidrográfica 14 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 13.13 | 0.12 | 0.11 | 5.59 Km | 8.12 Km | 5.19 Km | 600.07 m.s.n.m | 129.75 m.s.n.m |
| 15 | Sector Hidrográfico 15 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 7.20 | 0.08 | 0.09 | 9.76 Km | 9.79 Km | 6.46 km | 146.98 m.s.n.m | 117.17 m.s.n.m |
| 16 | Sector Hidrográfico 16 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 4.85 | 0.14 | 0.12 | 5.18 Km | 6.86 Km | 4.6 km | 142.63 m.s.n.m | 133.20 m.s.n.m |
| 17 | Unidad Hidrográfica 17 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 4.05 | 0.27 | 0.17 | 0.26 Km | 0.28 Km | 0.20 Km | 139.01 m.s.n.m | 132.88 m.s.n.m |
| 18 | Sector Hidrográfico 18 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 3.19 | 0.27 | 0.16 | 7.79 Km | 18.66 Km | 5.48 km | 439.83 m.s.n.m | 133.97 m.s.n.m |
| 19 | Unidad Hidrográfica 19 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 4.44 | 0.19 | 0.14 | 3.55 Km | 7.82 Km | 2.25 Km | 239.09 m.s.n.m | 132.86 m.s.n.m |
| 20 | Sector Hidrográfico 20 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 1.82 | 0.33 | 0.18 | 4.57 Km | 13.37 Km | 3.447 km | 554.20 m.s.n.m | 238.71 m.s.n.m |
| 21 | Sector Hidrográfico 21 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 4.56 | 0.22 | 0.15 | 6.54 Km | 14.57 Km | 5.80 km | 631.45 m.s.n.m | 299.26 m.s.n.m |
| 22 | Unidad Hidrográfica 22 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2.65 | 0.37 | 0.19 | 3.73 Km | 9.21 Km | 2.33 Km | 573.61 m.s.n.m | 300.95 m.s.n.m |
| 23 | Sector Hidrográfico 23 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 5.73 | 0.16 | 0.13 | 6.61 Km | 8.00 Km | 5.68 Km | 653.92 m.s.n.m | 367.14 m.s.n.m |
| 24 | Unidad Hidrográfica 24 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 1.86 | 0.40 | 0.20 | 2.58 Km | 5.00 Km | 2.32 Km | 1112.04 m.s.n.m | 654.49 m.s.n.m |
| 25 | Sector Hidrográfico 25 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 5.22 | 0.24 | 0.15 | 7.69 Km | 31.76 Km | 6.61 km | 2024.03 m.s.n.m | 654.63 m.s.n.m |
| 26 | Sector Hidrográfico 26 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 3.07 | 0.29 | 0.17 | 4.41 Km | 16.46 Km | 3.2 km | 609.75 m.s.n.m | 367.26 m.s.n.m |
| 27 | Unidad Hidrográfica 27 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 5.79 | 0.18 | 0.13 | 4.73 Km | 7.26 Km | 4.28 Km | 798.31 m.s.n.m | 432.00 m.s.n.m |
| 28 | Sector Hidrográfico 28 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 6.82 | 0.17 | 0.13 | 9.01 Km | 28.48 Km | 7.8 km | 1431.90 m.s.n.m | 432.50 m.s.n.m |
| 29 | Unidad Hidrográfica 29 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 5.10 | 0.20 | 0.14 | 2.12 Km | 7.89 Km | 1.43 Km | 752.23 m.s.n.m | 432.31 m.s.n.m |
| 30 | Unidad Hidrográfica 30 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 3.29 | 0.32 | 0.18 | 2.37 Km | 10.88 Km | 1.82 Km | 536.35 m.s.n.m | 471.20 m.s.n.m |
| 31 | Unidad Hidrográfica 31 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2.86 | 0.30 | 0.17 | 4.01 Km | 12.36 Km | 3.01 Km | 1055.30 m.s.n.m | 529.84 m.s.n.m |
| 32 | Unidad Hidrográfica 32 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 3.07 | 0.47 | 0.22 | 0.50 Km | 0.51 Km | 0.43 Km | 540.44 m.s.n.m | 530.12 m.s.n.m |
| 33 | Sector Hidrográfico 33 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 3.83 | 0.23 | 0.15 | 5.03 Km | 16.17 Km | 3.91 km | 882.73 m.s.n.m | 538.85 m.s.n.m |
| 34 | Unidad Hidrográfica 34 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 1.90 | 0.63 | 0.25 | 0.21 Km | 0.21 Km | 0.20 Km | 541.11 m.s.n.m | 535.47 m.s.n.m |
| 35 | Sector Hidrográfico 35 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 3.06 | 0.24 | 0.16 | 6.53 Km | 19.66 Km | 4.33 km | 1135.21 m.s.n.m | 536.30 m.s.n.m |
| 36 | Unidad Hidrográfica 36 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2.55 | 0.36 | 0.19 | 2.80 Km | 3.57 Km | 2.18 Km | 682.40 m.s.n.m | 537.54 m.s.n.m |
| 37 | Unidad Hidrográfica 37 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 7.24 | 0.13 | 0.11 | 7.82 Km | 12.60 Km | 5.56 Km | 1241.87 m.s.n.m | 470.84 m.s.n.m |

| N° | NombreGeo - UH NIII | Índice de alargamiento | Circularidad | Relación de elongación | Longitud del cauce principal | Longitud total de drenaje | Longitud de la recta del cauce principal | Cota Max | Cota Min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 38 | Sector Hidrográfico 38 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 3.97 | 0.30 | 0.17 | 4.93 Km | 11.93 Km | 4.50 Km | 1340.27 m.s.n.m | 724.20 m.s.n.m |
| 39 | Sector Hidrográfico 39 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 5.28 | 0.20 | 0.14 | 9.39 Km | 39.01 Km | 8.39 Km | 2929.63 m.s.n.m | 723.43 m.s.n.m |
| 40 | Sector Hidrográfico 40 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 5.32 | 0.19 | 0.14 | 6.94 Km | 22.18 Km | 6.22 km | 606.25 m.s.n.m | 238.99 m.s.n.m |
| 41 | Unidad Hidrográfica 41 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 13.01 | 0.11 | 0.10 | 6.89 Km | 6.89 Km | 6.14 Km | 810.99 m.s.n.m | 381.63 m.s.n.m |
| 42 | Unidad Hidrográfica 42 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 4.04 | 0.16 | 0.13 | 0.20 Km | 0.26 Km | 0.19 Km | 386.21 m.s.n.m | 380.38 m.s.n.m |
| 43 | Unidad Hidrográfica 43 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2.88 | 0.36 | 0.19 | 0.11 Km | 0.16 Km | 0.11 Km | 395.34 m.s.n.m | 387.26 m.s.n.m |
| 44 | Sector Hidrográfico 44 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 7.76 | 0.18 | 0.13 | 6.82 Km | 17.28 Km | 6.10 Km | 834.16 m.s.n.m | 386.39 m.s.n.m |
| 45 | Sector Hidrográfico 45 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 4.27 | 0.26 | 0.16 | 5.66 Km | 12.26 Km | 4.58 Km | 730.59 m.s.n.m | 400.17 m.s.n.m |
| 46 | Sector Hidrográfico 46 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 6.54 | 0.16 | 0.13 | 7.17 Km | 15.04 Km | 6.38 Km | 722.95 m.s.n.m | 396.56 m.s.n.m |
| 47 | Sector Hidrográfico 47 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 3.02 | 0.34 | 0.18 | 6.44 Km | 28.89 Km | 4.89 Km | 1662.95 m.s.n.m | 625.22 m.s.n.m |
| 48 | Unidad Hidrográfica 48 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 3.19 | 0.22 | 0.15 | 1.63 Km | 5.15 Km | 1.52 Km | 696.72 m.s.n.m | 612.40 m.s.n.m |
| 49 | Unidad Hidrográfica 49 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 5.22 | 0.24 | 0.16 | 3.81 Km | 9.93 Km | 3.08 Km | 1538.12 m.s.n.m | 698.99 m.s.n.m |
| 50 | Sector Hidrográfico 50 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2.36 | 0.38 | 0.20 | 7.02 Km | 37.68 Km | 4.37 Km | 1839.91 m.s.n.m | 696.76 m.s.n.m |
| 51 | Unidad Hidrográfica 51 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2.34 | 0.38 | 0.19 | 3.14 Km | 6.34 Km | 2.67 Km | 2447.15 m.s.n.m | 1101.95 m.s.n.m |
| 52 | Sector Hidrográfico 52 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 3.00 | 0.26 | 0.16 | 4.58 Km | 17.53 Km | 3.76 Km | 2428.18 m.s.n.m | 1105.12 m.s.n.m |
| 53 | Sector Hidrográfico 53 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 3.78 | 0.34 | 0.18 | 6.39 Km | 20.84 Km | 5.02 km | 2960.66 m.s.n.m | 1271.55 m.s.n.m |
| 54 | Sector Hidrográfico 54 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 1.81 | 0.35 | 0.19 | 4.52 Km | 39.33 Km | 3.54 Km | 2859.26 m.s.n.m | 1269.25 m.s.n.m |
| 55 | Sector Hidrográfico 55 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2.24 | 0.35 | 0.19 | 5.72 Km | 60.28 Km | 5.03 Km | 2691.04 m.s.n.m | 1567.92 m.s.n.m |
| 56 | Unidad Hidrográfica 56 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2.68 | 0.33 | 0.18 | 3.67 Km | 17.59 Km | 3.22 Km | 2732.49 m.s.n.m | 1558.48 m.s.n.m |
| 57 | Unidad Hidrográfica 57 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 4.16 | 0.30 | 0.17 | 3.06 Km | 9.06 Km | 2.77 Km | 2882.96 m.s.n.m | 1880.78 m.s.n.m |
| 58 | Unidad Hidrográfica 58 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 4.44 | 0.25 | 0.16 | 2.56 Km | 3.02 Km | 1.97 Km | 2768.25 m.s.n.m | 1879.23 m.s.n.m |
| 59 | Unidad Hidrográfica 59 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 4.56 | 0.27 | 0.17 | 3.66 Km | 5.64 Km | 3.23 Km | 3118.53 m.s.n.m | 1954.88 m.s.n.m |
| 60 | Sector Hidrográfico 60 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 1.61 | 0.42 | 0.21 | 3.87 Km | 19.63 Km | 3.24 Km | 2820.25 m.s.n.m | 1954.88 m.s.n.m |
| 61 | Unidad Hidrográfica 1 SubCuenca Rio Chiriaimo | 5.04 | 0.20 | 0.14 | 2.08 Km | 0.68 Km | 2.01 Km | 120.20 m.s.n.m | 100.62 m.s.n.m |
| 62 | Sector Hidrográfico 2 SubCuenca Rio Chiriaimo | 7.45 | 0.09 | 0.10 | 9.66 Km | 9.67 Km | 8.05 km | 200.99 m.s.n.m | 106.01 m.s.n.m |
| 63 | Unidad Hidrográfica 3 SubCuenca Rio Chiriaimo | 5.27 | 0.28 | 0.17 | 2.34 Km | 3.38 Km | 2.17 Km | 205.60 m.s.n.m | 159.94 m.s.n.m |
| 64 | Unidad Hidrográfica 4 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.00 | 0.37 | 0.19 | 1.35 Km | 1.43 Km | 1.27 Km | 231.99 m.s.n.m | 200.73 m.s.n.m |
| 65 | Unidad Hidrográfica 5 SubCuenca Rio Chiriaimo | 10.60 | 0.12 | 0.11 | 5.44 Km | 5.45 Km | 4.71 Km | 445.05 m.s.n.m | 219.97 m.s.n.m |
| 66 | Unidad Hidrográfica 6 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1.80 | 0.38 | 0.20 | 1.09 Km | 1.11 Km | 1.04 Km | 249.89 m.s.n.m | 232.34 m.s.n.m |

| N° | NombreGeo - UH NIII | Índice de alargamiento | Circularidad | Relación de elongación | Longitud del cauce principal | Longitud total de drenaje | Longitud de la recta del cauce principal | Cota Max | Cota Min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 67 | Sector Hidrográfico 7 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.73 | 0.25 | 0.16 | 4.69 Km | 18.78 Km | 4.10 Km | 417.71 m.s.n.m | 250.29 m.s.n.m |
| 68 | Sector Hidrográfico 8 SubCuenca Rio Chiriaimo | 8.64 | 0.16 | 0.13 | 6.04 Km | 7.21 Km | 5.30 Km | 436.54 m.s.n.m | 251.19 m.s.n.m |
| 69 | Unidad Hidrográfica 9 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1.86 | 0.27 | 0.16 | 1.78 Km | 3.20 Km | 1.38 Km | 482.84 m.s.n.m | 436.39 m.s.n.m |
| 70 | Unidad Hidrográfica 10 SubCuenca Rio Chiriaimo | 4.70 | 0.22 | 0.15 | 2.52 Km | 4.09 Km | 2.12 Km | 691.46 m.s.n.m | 479.96 m.s.n.m |
| 71 | Unidad Hidrográfica 11 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1.98 | 0.30 | 0.17 | 1.96 Km | 1.98 Km | 1.80 Km | 565.24 m.s.n.m | 479.53 m.s.n.m |
| 72 | Sector Hidrográfico 12 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1.78 | 0.35 | 0.19 | 3.06 Km | 19.82 Km | 2.35 km | 1127.93 m.s.n.m | 562.70 m.s.n.m |
| 73 | Unidad Hidrográfica 13 SubCuenca Rio Chiriaimo | 4.31 | 0.25 | 0.16 | 3.26 Km | 9.53 Km | 3.03 Km | 1202.46 m.s.n.m | 561.73 m.s.n.m |
| 74 | Unidad Hidrográfica 14 SubCuenca Rio Chiriaimo | 5.01 | 0.23 | 0.15 | 3.12 Km | 3.98 Km | 2.53 Km | 558.24 m.s.n.m | 435.55 m.s.n.m |
| 75 | Sector Hidrográfico 15 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.06 | 0.33 | 0.18 | 5.57 Km | 36.34 Km | 4.98 km | 1461.24 m.s.n.m | 556.89 m.s.n.m |
| 76 | Unidad Hidrográfica 16 SubCuenca Rio Chiriaimo | 6.47 | 0.25 | 0.16 | 1.43 Km | 2.19 Km | 1.32 Km | 675.01 m.s.n.m | 557.19 m.s.n.m |
| 77 | Sector Hidrográfico 17 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.22 | 0.36 | 0.19 | 8.09 Km | 54.49 Km | 6.34 km | 1724.60 m.s.n.m | 587.57 m.s.n.m |
| 78 | Unidad Hidrográfica 18 SubCuenca Rio Chiriaimo | 5.98 | 0.23 | 0.15 | 2.92 Km | 4.19 Km | 2.40 Km | 862.54 m.s.n.m | 588.36 m.s.n.m |
| 79 | Sector Hidrográfico 19 SubCuenca Rio Chiriaimo | 4.17 | 0.21 | 0.14 | 6.82 Km | 29.14 Km | 5.20 km | 1119.05 m.s.n.m | 674.09 m.s.n.m |
| 80 | Unidad Hidrográfica 20 SubCuenca Rio Chiriaimo | 4.40 | 0.31 | 0.18 | 3.66 Km | 14.45 Km | 3.34 Km | 1994.84 m.s.n.m | 1116.06 m.s.n.m |
| 81 | Sector Hidrográfico 21 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1.52 | 0.36 | 0.19 | 3.80 Km | 22.21 Km | 3.01 km | 2199.94 m.s.n.m | 1119.86 m.s.n.m |
| 82 | Sector Hidrográfico 22 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2.11 | 0.36 | 0.19 | 3.45 Km | 14.63 Km | 2.86 km | 2523.49 m.s.n.m | 1442.36 m.s.n.m |
| 83 | Sector Hidrográfico 23 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2.08 | 0.37 | 0.19 | 4.71 Km | 21.09 Km | 3.7 km | 2887.09 m.s.n.m | 1787.77 m.s.n.m |
| 84 | Unidad Hidrográfica 24 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.30 | 0.34 | 0.18 | 4.18 Km | 15.27 Km | 3.50 Km | 2957.25 m.s.n.m | 1787.38 m.s.n.m |
| 85 | Sector Hidrográfico 25 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2.36 | 0.37 | 0.19 | 6.68 Km | 52.46 Km | 5.72 km | 2864.27 m.s.n.m | 1443.53 m.s.n.m |
| 86 | Sector Hidrográfico 26 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2.28 | 0.38 | 0.20 | 5.44 Km | 34.39 Km | 4.53 km | 3270.53 m.s.n.m | 1961.85 m.s.n.m |
| 87 | Sector Hidrográfico 27 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2.00 | 0.45 | 0.21 | 4.80 Km | 32.68 Km | 3.995 km | 3365.19 m.s.n.m | 1968.33 m.s.n.m |
| 88 | Sector Hidrográfico 28 SubCuenca Rio Chiriaimo | 5.79 | 0.20 | 0.14 | 9.87 Km | 31.91 Km | 8.63 km | 2174.01 m.s.n.m | 675.05 m.s.n.m |
| 89 | Unidad Hidrográfica 29 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.02 | 0.30 | 0.17 | 3.11 Km | 9.12 Km | 2.36 Km | 2311.73 m.s.n.m | 1186.94 m.s.n.m |
| 90 | Unidad Hidrográfica 30 SubCuenca Rio Chiriaimo | 5.44 | 0.22 | 0.15 | 2.78 Km | 7.81 Km | 2.21 Km | 2297.67 m.s.n.m | 1186.88 m.s.n.m |
| 91 | Unidad Hidrográfica 31 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.41 | 0.35 | 0.19 | 4.12 Km | 8.21 Km | 3.51 Km | 2296.04 m.s.n.m | 1252.01 m.s.n.m |
| 92 | Unidad Hidrográfica 32 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2.57 | 0.26 | 0.16 | 1.93 Km | 4.97 Km | 1.42 Km | 1626.39 m.s.n.m | 1251.73 m.s.n.m |
| 93 | Unidad Hidrográfica 33 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2.64 | 0.31 | 0.18 | 4.11 Km | 20.10 Km | 3.39 Km | 2770.39 m.s.n.m | 1376.94 m.s.n.m |
| 94 | Unidad Hidrográfica 34 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1.73 | 0.36 | 0.19 | 2.94 Km | 8.98 Km | 2.37 Km | 2622.11 m.s.n.m | 1374.94 m.s.n.m |
| 95 | Sector Hidrográfico 35 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2.65 | 0.36 | 0.19 | 6.99 Km | 40.96 Km | 5.36 km | 3541.11 m.s.n.m | 1602.18 m.s.n.m |

| N° | NombreGeo - UH NIII | Índice de alargamiento | Circularidad | Relación de elongación | Longitud del cauce principal | Longitud total de drenaje | Longitud de la recta del cauce principal | Cota Max | Cota Min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 96 | Unidad Hidrográfica 36 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2.84 | 0.35 | 0.19 | 3.65 Km | 8.24 Km | 2.84 Km | 2598.37 m.s.n.m | 1607.56 m.s.n.m |
| 97 | Unidad Hidrográfica 37 SubCuenca Rio Chiriaimo | 4.36 | 0.30 | 0.17 | 3.95 Km | 14.29 Km | 3.56 Km | 3034.95 m.s.n.m | 1827.26 m.s.n.m |
| 98 | Sector Hidrográfico 38 SubCuenca Rio Chiriaimo | 5.06 | 0.24 | 0.16 | 3.95 Km | 21.18 Km | 3.18 Km | 3143.59 m.s.n.m | 1833.83 m.s.n.m |
| 99 | Sector Hidrográfico 39 SubCuenca Rio Chiriaimo | 3.20 | 0.35 | 0.19 | 3.82 Km | 15.64 Km | 3.64 Km | 3215.09 m.s.n.m | 1981.86 m.s.n.m |
| 100 | Sector Hidrográfico 40 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1.92 | 0.27 | 0.16 | 4.72 Km | 27.09 Km | 3.78 Km | 3180.42 m.s.n.m | 1993.26 m.s.n.m |
| 101 | Sector Hidrográfico 41 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1.80 | 0.43 | 0.21 | 4.57 Km | 37.32 Km | 4.16 km | 3397.40 m.s.n.m | 2398.61 m.s.n.m |
| 102 | Unidad Hidrográfica 42 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2.36 | 0.38 | 0.20 | 3.52 Km | 11.18 Km | 3.05 Km | 3369.83 m.s.n.m | 2399.65 m.s.n.m |
| 103 | Unidad Hidrográfica 1 Microcuenca Rio Mocho | 3.37 | 0.19 | 0.14 | 2.33 Km | 2.33 Km | 1.67 Km | 121.00 m.s.n.m | 102.15 m.s.n.m |
| 104 | Unidad Hidrográfica 2 Microcuenca Rio Mocho | 5.49 | 0.26 | 0.16 | 4.67 Km | 6.62 Km | 4.45 Km | 160.92 m.s.n.m | 118.33 m.s.n.m |
| 105 | Unidad Hidrográfica 3 Microcuenca Rio Mocho | 2.44 | 0.46 | 0.22 | 0.52 Km | 0.52 Km | 0.37 Km | 129.27 m.s.n.m | 118.20 m.s.n.m |
| 106 | Unidad Hidrográfica 4 Microcuenca Rio Mocho | 6.42 | 0.27 | 0.17 | 1.86 Km | 1.86 Km | 1.71 Km | 140.73 m.s.n.m | 127.18 m.s.n.m |
| 107 | Unidad Hidrográfica 5 Microcuenca Rio Mocho | 5.70 | 0.20 | 0.14 | 3.09 Km | 3.09 Km | 2.32 Km | 140.10 m.s.n.m | 120.53 m.s.n.m |
| 108 | Unidad Hidrográfica 6 Microcuenca Rio Mocho | 5.18 | 0.27 | 0.16 | 3.05 Km | 3.05 Km | 2.73 Km | 168.27 m.s.n.m | 135.22 m.s.n.m |
| 109 | Unidad Hidrográfica 7 Microcuenca Rio Mocho | 2.35 | 0.30 | 0.17 | 0.90 Km | 0.90 Km | 0.73 Km | 140.25 m.s.n.m | 134.82 m.s.n.m |
| 110 | Sector Hidrográfico 8 Microcuenca Rio Mocho | 6.93 | 0.20 | 0.14 | 12.49 Km | 29.37 Km | 10.43 Km | 605.38 m.s.n.m | 137.78 m.s.n.m |
| 111 | Unidad Hidrográfica 9 Microcuenca Rio Mocho | 2.87 | 0.25 | 0.16 | 3.26 Km | 10.08 Km | 2.22 Km | 171.64 m.s.n.m | 137.43 m.s.n.m |
| 112 | Sector Hidrográfico 10 Microcuenca Rio Mocho | 15.36 | 0.09 | 0.10 | 12.90 Km | 20.92 Km | 11.83 km | 766.88 m.s.n.m | 170.49 m.s.n.m |
| 113 | Unidad Hidrográfica 11 Microcuenca Rio Mocho | 3.92 | 0.20 | 0.14 | 4.55 Km | 6.30 Km | 3.47 Km | 237.58 m.s.n.m | 170.49 m.s.n.m |
| 114 | Sector Hidrográfico 12 Microcuenca Rio Mocho | 11.75 | 0.12 | 0.11 | 7.72 Km | 15.61 Km | 7.24 km | 697.83 m.s.n.m | 236.45 m.s.n.m |
| 115 | Unidad Hidrográfica 13 Microcuenca Rio Mocho | 12.65 | 0.11 | 0.11 | 7.92 Km | 11.44 Km | 7.37 Km | 716.13 m.s.n.m | 237.20 m.s.n.m |
| 116 | Sector Hidrográfico 1 Tributarios Rio Cesar | 3.99 | 0.16 | 0.13 | 7.22 Km | 14.99 Km | 4.04 km | 150.22 m.s.n.m | 116.14 m.s.n.m |
| 117 | Unidad Hidrográfica 2 Tributarios Rio Cesar | 3.36 | 0.23 | 0.15 | 1.64 Km | 1.64 Km | 1.38 Km | 128.85 m.s.n.m | 114.84 m.s.n.m |
| 118 | Unidad Hidrográfica 3 Tributarios Rio Cesar | 9.46 | 0.11 | 0.11 | 1.83 Km | 3.71 Km | 1.54 Km | 140.19 m.s.n.m | 114.38 m.s.n.m |
| 119 | Unidad Hidrográfica 4 Tributarios Rio Cesar | 1.93 | 0.25 | 0.16 | 2.23 Km | 6.81 Km | 1.99 Km | 139.92 m.s.n.m | 113.83 m.s.n.m |
| 120 | Unidad Hidrográfica 5 Tributarios Rio Cesar | 2.89 | 0.23 | 0.15 | 1.27 Km | 2.37 Km | 1.17 Km | 134.09 m.s.n.m | 112.02 m.s.n.m |
| 121 | Sector Hidrográfico 6 Tributarios Rio Cesar | 6.47 | 0.14 | 0.12 | 3.13 Km | 11.17 Km | 2.65 Km | 140.06 m.s.n.m | 111.70 m.s.n.m |
| 122 | Unidad Hidrográfica 7 Tributarios Rio Cesar | 2.82 | 0.19 | 0.14 | 0.60 Km | 0.60 Km | 0.60 Km | 140.25 m.s.n.m | 134.82 m.s.n.m |
| 123 | Unidad Hidrográfica 8 Tributarios Rio Cesar | 5.09 | 0.19 | 0.14 | 2.23 Km | 6.13 Km | 1.94 Km | 130.05 m.s.n.m | 108.15 m.s.n.m |
| 124 | Unidad Hidrográfica 9 Tributarios Rio Cesar | 3.37 | 0.60 | 0.25 | 1.57 Km | 2.77 Km | 1.14 Km | 128.89 m.s.n.m | 108.01 m.s.n.m |
| 125 | Unidad Hidrográfica 10 Tributarios Rio Cesar | 5.89 | 0.25 | 0.16 | 1.41 Km | 1.41 Km | 1.27 Km | 122.71 m.s.n.m | 107.79 m.s.n.m |
| 126 | Unidad Hidrográfica 11 Tributarios Rio Cesar | 3.77 | 0.55 | 0.24 | 0.92 Km | 0.92 Km | 0.85 Km | 120.34 m.s.n.m | 106.50 m.s.n.m |
| 127 | Unidad Hidrográfica 12 Tributarios Rio Cesar | 7.42 | 0.20 | 0.14 | 4.69 Km | 4.69 Km | 2.82 Km | 131.40 m.s.n.m | 106.33 m.s.n.m |
| 128 | Unidad Hidrográfica 13 Tributarios Rio Cesar | 2.32 | 0.23 | 0.15 | 1.11 Km | 1.11 Km | 1.01 Km | 120.24 m.s.n.m | 104.15 m.s.n.m |

| N° | NombreGeo - UH NIII | Índice de alargamiento | Circularidad | Relación de elongación | Longitud del cauce principal | Longitud total de drenaje | Longitud de la recta del cauce principal | Cota Max | Cota Min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 129 | Unidad Hidrográfica 14 Tributarios Rio Cesar | 3.26 | 0.16 | 0.13 | 2.38 Km | 2.38 Km | 3.80 Km | 120.51 m.s.n.m | 102.81 m.s.n.m |
| 130 | Sector Hidrográfico 15 Tributarios Rio Cesar | 3.85 | 0.21 | 0.14 | 1.84 Km | 1.84 Km | 3.8 km | 130.08 m.s.n.m | 119.46 m.s.n.m |
| 131 | Unidad Hidrográfica 16 Tributarios Rio Cesar | 3.01 | 0.20 | 0.14 | 2.18 Km | 2.18 Km | 1.93 Km | 130.00 m.s.n.m | 101.77 m.s.n.m |

Fuente: Autores (2019).

**Tabla 2-89. Resultado del análisis morfométrico para las unidades hidrográficas de nivel II (continuación)**

| N° | NombreGeo - UH NIII | Cota media | Pendiente media del cauce (%) | Tiempos de concentración | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Kripich | Temez | Giandoltti | V,T, Chow | California | Tc |
| 1 | Unidad Hidrográfica 1 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 118.02 m.s.n.m | 10.65% | 0.108 | 0.317 | 0.61 | 0.41 | 0.290 | 0.35 |
| 2 | Unidad Hidrográfica 2 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 118.99 m.s.n.m | 6.35% | 0.504 | 1.316 | 1.12 | 1.47 | 2.107 | 1.30 |
| 3 | Unidad Hidrográfica 3 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 123.17 m.s.n.m | 9.63% | 0.141 | 0.405 | 0.61 | 0.51 | 0.381 | 0.41 |
| 4 | Sector Hidrográfico 4 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 222.47 m.s.n.m | 6.26% | 1.343 | 3.453 | 1.46 | 3.33 | 1.567 | 2.23 |
| 5 | Unidad Hidrográfica 5 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 132.18 m.s.n.m | 2.56% | 0.526 | 1.155 | 1.22 | 1.53 | 0.961 | 1.08 |
| 6 | Unidad Hidrográfica 6 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 141.09 m.s.n.m | 2.52% | 0.542 | 1.186 | 1.89 | 1.57 | 0.917 | 1.22 |
| 7 | Unidad Hidrográfica 7 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 140.45 m.s.n.m | 3.52% | 0.430 | 1.005 | 0.91 | 1.29 | 0.826 | 0.89 |
| 8 | Sector Hidrográfico 8 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 285.79 m.s.n.m | 11.82% | 0.573 | 1.679 | 0.86 | 1.64 | 0.632 | 1.08 |
| 9 | Sector Hidrográfico 9 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 386.21 m.s.n.m | 12.43% | 0.634 | 1.876 | 0.90 | 1.78 | 0.742 | 1.19 |
| 10 | Unidad Hidrográfica 10 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 120.76 m.s.n.m | 6.02% | 0.245 | 0.638 | 0.99 | 0.81 | 0.806 | 0.70 |
| 11 | Unidad Hidrográfica 11 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 134.49 m.s.n.m | 1.65% | 0.800 | 1.607 | 2.26 | 2.16 | 1.232 | 1.61 |
| 12 | Unidad Hidrográfica 12 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 125.55 m.s.n.m | 3.76% | 0.366 | 0.867 | 1.11 | 1.13 | 0.886 | 0.87 |
| 13 | Sector Hidrográfico 13 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 213.26 m.s.n.m | 9.79% | 0.752 | 2.122 | 1.03 | 2.06 | 0.808 | 1.35 |
| 14 | Unidad Hidrográfica 14 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 197.54 m.s.n.m | 11.43% | 0.574 | 1.675 | 0.71 | 1.64 | 0.647 | 1.05 |
| 15 | Sector Hidrográfico 15 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 127.75 m.s.n.m | 15.49% | 0.785 | 2.416 | 0.77 | 2.13 | 3.565 | 1.93 |
| 16 | Sector Hidrográfico 16 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 137.45 m.s.n.m | 12.70% | 0.520 | 1.549 | 0.84 | 1.51 | 2.669 | 1.42 |
| 17 | Unidad Hidrográfica 17 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 134.26 m.s.n.m | 17.43% | 0.046 | 0.151 | 0.50 | 0.20 | 0.100 | 0.20 |
| 18 | Sector Hidrográfico 18 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 168.52 m.s.n.m | 13.17% | 0.703 | 2.099 | 0.92 | 1.94 | 1.121 | 1.36 |
| 19 | Unidad Hidrográfica 19 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 199.90 m.s.n.m | 11.68% | 0.402 | 1.181 | 0.81 | 1.22 | 0.679 | 0.86 |
| 20 | Sector Hidrográfico 20 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 333.52 m.s.n.m | 12.37% | 0.477 | 1.416 | 0.88 | 1.41 | 0.598 | 0.96 |
| 21 | Sector Hidrográfico 21 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 453.19 m.s.n.m | 10.00% | 0.683 | 1.936 | 1.01 | 1.90 | 0.887 | 1.28 |
| 22 | Unidad Hidrográfica 22 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 374.53 m.s.n.m | 21.63% | 0.329 | 1.091 | 0.63 | 1.03 | 0.500 | 0.72 |
| 23 | Sector Hidrográfico 23 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 502.68 m.s.n.m | 12.29% | 0.636 | 1.878 | 0.85 | 1.79 | 0.951 | 1.22 |

| N° | NombreGeo - UH NIII | Cota media | Pendiente media del cauce (%) | Tiempos de concentración | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Kripich | Temez | Giandoltti | V,T, Chow | California | Tc |
| 24 | Unidad Hidrográfica 24 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 788.78 m.s.n.m | 18.63% | 0.263 | 0.849 | 0.61 | 0.86 | 0.268 | 0.57 |
| 25 | Sector Hidrográfico 25 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 1095.30 m.s.n.m | 22.33% | 0.568 | 1.880 | 0.72 | 1.63 | 0.620 | 1.08 |
| 26 | Sector Hidrográfico 26 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 466.46 m.s.n.m | 11.68% | 0.475 | 1.393 | 0.86 | 1.40 | 0.635 | 0.95 |
| 27 | Unidad Hidrográfica 27 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 561.36 m.s.n.m | 12.22% | 0.493 | 1.458 | 0.74 | 1.45 | 0.589 | 0.95 |
| 28 | Sector Hidrográfico 28 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 734.22 m.s.n.m | 17.89% | 0.699 | 2.212 | 0.82 | 1.93 | 0.841 | 1.30 |
| 29 | Unidad Hidrográfica 29 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 565.12 m.s.n.m | 22.48% | 0.210 | 0.704 | 0.48 | 0.71 | 0.245 | 0.47 |
| 30 | Unidad Hidrográfica 30 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 511.20 m.s.n.m | 8.77% | 0.329 | 0.918 | 0.99 | 1.03 | 0.515 | 0.76 |
| 31 | Unidad Hidrográfica 31 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 682.98 m.s.n.m | 15.29% | 0.398 | 1.232 | 0.71 | 1.21 | 0.423 | 0.80 |
| 32 | Unidad Hidrográfica 32 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 533.54 m.s.n.m | 5.81% | 0.116 | 0.304 | 0.74 | 0.44 | 0.173 | 0.35 |
| 33 | Sector Hidrográfico 33 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 623.90 m.s.n.m | 10.17% | 0.555 | 1.582 | 0.94 | 1.60 | 0.647 | 1.06 |
| 34 | Unidad Hidrográfica 34 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 537.33 m.s.n.m | 6.98% | 0.055 | 0.151 | 0.29 | 0.23 | 0.079 | 0.16 |
| 35 | Sector Hidrográfico 35 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 647.82 m.s.n.m | 13.97% | 0.600 | 1.816 | 0.85 | 1.70 | 0.707 | 1.13 |
| 36 | Unidad Hidrográfica 36 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 576.28 m.s.n.m | 7.35% | 0.401 | 1.079 | 0.84 | 1.22 | 0.459 | 0.80 |
| 37 | Unidad Hidrográfica 37 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 750.30 m.s.n.m | 15.17% | 0.668 | 2.050 | 0.72 | 1.86 | 0.789 | 1.22 |
| 38 | Sector Hidrográfico 38 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 941.05 m.s.n.m | 17.52% | 0.443 | 1.404 | 0.74 | 1.32 | 0.504 | 0.88 |
| 39 | Sector Hidrográfico 39 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 1372.34 m.s.n.m | 30.76% | 0.585 | 2.059 | 0.67 | 1.67 | 0.650 | 1.13 |
| 40 | Sector Hidrográfico 40 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 378.89 m.s.n.m | 9.13% | 0.740 | 2.060 | 1.13 | 2.03 | 0.914 | 1.37 |
| 41 | Unidad Hidrográfica 41 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 579.28 m.s.n.m | 11.20% | 0.680 | 1.971 | 0.79 | 1.89 | 0.853 | 1.24 |
| 42 | Unidad Hidrográfica 42 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 383.30 m.s.n.m | 5.38% | 0.059 | 0.152 | 0.48 | 0.25 | 0.074 | 0.20 |
| 43 | Unidad Hidrográfica 43 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 391.55 m.s.n.m | 9.45% | 0.031 | 0.090 | 0.24 | 0.14 | 0.034 | 0.11 |
| 44 | Sector Hidrográfico 44 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 554.93 m.s.n.m | 11.49% | 0.669 | 1.948 | 0.89 | 1.86 | 0.831 | 1.24 |
| 45 | Sector Hidrográfico 45 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 483.43 m.s.n.m | 13.63% | 0.543 | 1.636 | 0.84 | 1.57 | 0.753 | 1.07 |
| 46 | Sector Hidrográfico 46 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 552.26 m.s.n.m | 9.43% | 0.750 | 2.101 | 1.00 | 2.05 | 0.994 | 1.38 |
| 47 | Sector Hidrográfico 47 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 967.56 m.s.n.m | 22.74% | 0.492 | 1.637 | 0.71 | 1.44 | 0.562 | 0.97 |
| 48 | Unidad Hidrográfica 48 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 653.20 m.s.n.m | 11.98% | 0.219 | 0.651 | 0.73 | 0.74 | 0.302 | 0.53 |
| 49 | Unidad Hidrográfica 49 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 1057.35 m.s.n.m | 26.32% | 0.310 | 1.068 | 0.51 | 0.98 | 0.333 | 0.64 |
| 50 | Sector Hidrográfico 50 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 1056.38 m.s.n.m | 19.79% | 0.554 | 1.794 | 0.87 | 1.60 | 0.598 | 1.08 |
| 51 | Unidad Hidrográfica 51 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 1615.13 m.s.n.m | 47.79% | 0.213 | 0.824 | 0.39 | 0.72 | 0.222 | 0.47 |
| 52 | Sector Hidrográfico 52 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 1520.93 m.s.n.m | 34.43% | 0.322 | 1.168 | 0.52 | 1.02 | 0.345 | 0.67 |

| N° | NombreGeo - UH NIII | Cota media | Pendiente media del cauce (%) | Tiempos de concentración | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Kripich | Temez | Giandoltti | V,T, Chow | California | Tc |
| 53 | Sector Hidrográfico 53 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2181.08 m.s.n.m | 34.90% | 0.415 | 1.500 | 0.56 | 1.25 | 0.462 | 0.84 |
| 54 | Sector Hidrográfico 54 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 1710.21 m.s.n.m | 41.09% | 0.298 | 1.118 | 0.55 | 0.95 | 0.317 | 0.65 |
| 55 | Sector Hidrográfico 55 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2029.12 m.s.n.m | 36.37% | 0.375 | 1.368 | 0.68 | 1.15 | 0.475 | 0.81 |
| 56 | Unidad Hidrográfica 56 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 1930.81 m.s.n.m | 37.96% | 0.262 | 0.969 | 0.45 | 0.86 | 0.280 | 0.56 |
| 57 | Unidad Hidrográfica 57 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2503.66 m.s.n.m | 40.60% | 0.222 | 0.833 | 0.40 | 0.75 | 0.241 | 0.49 |
| 58 | Unidad Hidrográfica 58 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2364.47 m.s.n.m | 38.94% | 0.197 | 0.734 | 0.30 | 0.67 | 0.206 | 0.42 |
| 59 | Unidad Hidrográfica 59 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2617.59 m.s.n.m | 39.01% | 0.259 | 0.962 | 0.45 | 0.85 | 0.280 | 0.56 |
| 60 | Sector Hidrográfico 60 Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2389.75 m.s.n.m | 25.16% | 0.319 | 1.090 | 0.75 | 1.01 | 0.334 | 0.70 |
| 61 | Unidad Hidrográfica 1 SubCuenca Rio Chiriaimo | 111.85 m.s.n.m | 5.47% | 0.356 | 0.908 | 1.12 | 1.10 | 0.702 | 0.84 |
| 62 | Sector Hidrográfico 2 SubCuenca Rio Chiriaimo | 142.82 m.s.n.m | 2.89% | 1.487 | 3.298 | 2.00 | 3.62 | 2.256 | 2.53 |
| 63 | Unidad Hidrográfica 3 SubCuenca Rio Chiriaimo | 181.91 m.s.n.m | 7.65% | 0.343 | 0.932 | 0.72 | 1.07 | 0.580 | 0.73 |
| 64 | Unidad Hidrográfica 4 SubCuenca Rio Chiriaimo | 216.19 m.s.n.m | 3.51% | 0.303 | 0.711 | 0.94 | 0.96 | 0.355 | 0.65 |
| 65 | Unidad Hidrográfica 5 SubCuenca Rio Chiriaimo | 297.91 m.s.n.m | 8.53% | 0.630 | 1.736 | 0.85 | 1.78 | 0.834 | 1.17 |
| 66 | Unidad Hidrográfica 6 SubCuenca Rio Chiriaimo | 241.57 m.s.n.m | 3.74% | 0.251 | 0.599 | 0.92 | 0.83 | 0.349 | 0.59 |
| 67 | Sector Hidrográfico 7 SubCuenca Rio Chiriaimo | 317.66 m.s.n.m | 4.98% | 0.691 | 1.716 | 1.38 | 1.92 | 0.786 | 1.30 |
| 68 | Sector Hidrográfico 8 SubCuenca Rio Chiriaimo | 339.46 m.s.n.m | 7.38% | 0.722 | 1.931 | 1.07 | 1.99 | 1.014 | 1.34 |
| 69 | Unidad Hidrográfica 9 SubCuenca Rio Chiriaimo | 459.98 m.s.n.m | 16.07% | 0.209 | 0.659 | 0.59 | 0.71 | 0.422 | 0.52 |
| 70 | Unidad Hidrográfica 10 SubCuenca Rio Chiriaimo | 583.89 m.s.n.m | 16.25% | 0.272 | 0.855 | 0.67 | 0.88 | 0.351 | 0.60 |
| 71 | Unidad Hidrográfica 11 SubCuenca Rio Chiriaimo | 518.71 m.s.n.m | 10.32% | 0.267 | 0.771 | 0.69 | 0.87 | 0.372 | 0.59 |
| 72 | Sector Hidrográfico 12 SubCuenca Rio Chiriaimo | 760.23 m.s.n.m | 23.20% | 0.275 | 0.926 | 0.66 | 0.89 | 0.300 | 0.61 |
| 73 | Unidad Hidrográfica 13 SubCuenca Rio Chiriaimo | 810.43 m.s.n.m | 25.67% | 0.278 | 0.954 | 0.52 | 0.90 | 0.309 | 0.59 |
| 74 | Unidad Hidrográfica 14 SubCuenca Rio Chiriaimo | 493.51 m.s.n.m | 10.81% | 0.375 | 1.086 | 0.79 | 1.15 | 0.553 | 0.79 |
| 75 | Sector Hidrográfico 15 SubCuenca Rio Chiriaimo | 822.03 m.s.n.m | 23.88% | 0.432 | 1.452 | 0.66 | 1.30 | 0.501 | 0.87 |
| 76 | Unidad Hidrográfica 16 SubCuenca Rio Chiriaimo | 614.50 m.s.n.m | 10.65% | 0.206 | 0.601 | 0.43 | 0.70 | 0.228 | 0.43 |
| 77 | Sector Hidrográfico 17 SubCuenca Rio Chiriaimo | 952.10 m.s.n.m | 25.63% | 0.560 | 1.903 | 0.75 | 1.61 | 0.706 | 1.10 |
| 78 | Unidad Hidrográfica 18 SubCuenca Rio Chiriaimo | 680.72 m.s.n.m | 15.14% | 0.313 | 0.968 | 0.52 | 0.99 | 0.376 | 0.63 |
| 79 | Sector Hidrográfico 19 SubCuenca Rio Chiriaimo | 887.16 m.s.n.m | 16.87% | 0.577 | 1.810 | 0.75 | 1.65 | 0.832 | 1.12 |
| 80 | Unidad Hidrográfica 20 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1503.93 m.s.n.m | 27.82% | 0.294 | 1.025 | 0.54 | 0.94 | 0.312 | 0.62 |
| 81 | Sector Hidrográfico 21 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1439.55 m.s.n.m | 43.33% | 0.256 | 0.970 | 0.50 | 0.84 | 0.301 | 0.57 |

| N° | NombreGeo - UH NIII | Cota media | Pendiente media del cauce (%) | Tiempos de concentración | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Kripich | Temez | Giandoltti | V,T, Chow | California | Tc |
| 82 | Sector Hidrográfico 22 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1813.02 m.s.n.m | 39.97% | 0.245 | 0.914 | 0.48 | 0.81 | 0.269 | 0.54 |
| 83 | Sector Hidrográfico 23 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2334.37 m.s.n.m | 33.97% | 0.331 | 1.197 | 0.55 | 1.04 | 0.383 | 0.70 |
| 84 | Unidad Hidrográfica 24 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2327.67 m.s.n.m | 35.20% | 0.298 | 1.084 | 0.47 | 0.95 | 0.326 | 0.63 |
| 85 | Sector Hidrográfico 25 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1961.60 m.s.n.m | 32.90% | 0.439 | 1.569 | 0.67 | 1.31 | 0.519 | 0.90 |
| 86 | Sector Hidrográfico 26 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2487.80 m.s.n.m | 32.50% | 0.376 | 1.345 | 0.62 | 1.16 | 0.423 | 0.78 |
| 87 | Sector Hidrográfico 27 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2644.93 m.s.n.m | 33.74% | 0.337 | 1.214 | 0.59 | 1.05 | 0.357 | 0.71 |
| 88 | Sector Hidrográfico 28 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1138.95 m.s.n.m | 24.44% | 0.665 | 2.234 | 0.76 | 1.86 | 0.799 | 1.26 |
| 89 | Unidad Hidrográfica 29 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1745.81 m.s.n.m | 45.06% | 0.216 | 0.827 | 0.39 | 0.73 | 0.235 | 0.48 |
| 90 | Unidad Hidrográfica 30 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1582.49 m.s.n.m | 49.69% | 0.191 | 0.745 | 0.32 | 0.66 | 0.207 | 0.42 |
| 91 | Unidad Hidrográfica 31 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1746.65 m.s.n.m | 30.16% | 0.313 | 1.104 | 0.52 | 0.99 | 0.335 | 0.65 |
| 92 | Unidad Hidrográfica 32 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1421.82 m.s.n.m | 27.45% | 0.181 | 0.632 | 0.59 | 0.63 | 0.207 | 0.45 |
| 93 | Unidad Hidrográfica 33 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2011.45 m.s.n.m | 43.48% | 0.271 | 1.029 | 0.43 | 0.88 | 0.299 | 0.58 |
| 94 | Unidad Hidrográfica 34 SubCuenca Rio Chiriaimo | 1789.89 m.s.n.m | 50.09% | 0.198 | 0.776 | 0.40 | 0.68 | 0.212 | 0.45 |
| 95 | Sector Hidrográfico 35 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2478.88 m.s.n.m | 38.88% | 0.426 | 1.573 | 0.59 | 1.28 | 0.486 | 0.87 |
| 96 | Unidad Hidrográfica 36 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2040.14 m.s.n.m | 32.38% | 0.277 | 0.995 | 0.48 | 0.90 | 0.297 | 0.59 |
| 97 | Unidad Hidrográfica 37 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2375.25 m.s.n.m | 37.67% | 0.278 | 1.026 | 0.42 | 0.90 | 0.302 | 0.59 |
| 98 | Sector Hidrográfico 38 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2330.04 m.s.n.m | 43.58% | 0.263 | 0.998 | 0.45 | 0.86 | 0.292 | 0.57 |
| 99 | Sector Hidrográfico 39 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2463.48 m.s.n.m | 40.01% | 0.265 | 0.988 | 0.49 | 0.86 | 0.288 | 0.58 |
| 100 | Sector Hidrográfico 40 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2407.70 m.s.n.m | 31.42% | 0.342 | 1.216 | 0.62 | 1.07 | 0.373 | 0.72 |
| 101 | Sector Hidrográfico 41 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2776.70 m.s.n.m | 30.09% | 0.339 | 1.195 | 0.65 | 1.06 | 0.384 | 0.72 |
| 102 | Unidad Hidrográfica 42 SubCuenca Rio Chiriaimo | 2786.50 m.s.n.m | 34.60% | 0.263 | 0.955 | 0.50 | 0.86 | 0.287 | 0.57 |
| 103 | Unidad Hidrográfica 1 Microcuenca Rio Mocho | 115.38 m.s.n.m | 7.80% | 0.339 | 0.925 | 0.75 | 1.06 | 0.812 | 0.78 |
| 104 | Unidad Hidrográfica 2 Microcuenca Rio Mocho | 140.58 m.s.n.m | 2.06% | 0.969 | 2.025 | 1.89 | 2.54 | 1.327 | 1.75 |
| 105 | Unidad Hidrográfica 3 Microcuenca Rio Mocho | 122.70 m.s.n.m | 8.87% | 0.101 | 0.288 | 0.41 | 0.39 | 0.176 | 0.27 |
| 106 | Unidad Hidrográfica 4 Microcuenca Rio Mocho | 135.57 m.s.n.m | 1.71% | 0.511 | 1.040 | 1.28 | 1.49 | 0.711 | 1.01 |
| 107 | Unidad Hidrográfica 5 Microcuenca Rio Mocho | 129.65 m.s.n.m | 7.70% | 0.424 | 1.151 | 0.85 | 1.28 | 1.111 | 0.96 |
| 108 | Unidad Hidrográfica 6 Microcuenca Rio Mocho | 148.55 m.s.n.m | 3.42% | 0.574 | 1.329 | 1.21 | 1.64 | 0.893 | 1.13 |
| 109 | Unidad Hidrográfica 7 Microcuenca Rio Mocho | 137.52 m.s.n.m | 7.78% | 0.164 | 0.451 | 0.48 | 0.58 | 0.439 | 0.42 |
| 110 | Sector Hidrográfico 8 Microcuenca Rio Mocho | 273.37 m.s.n.m | 9.02% | 1.170 | 3.229 | 1.30 | 2.97 | 1.643 | 2.06 |

| N° | NombreGeo - UH NIII | Cota media | Pendiente media del cauce (%) | Tiempos de concentración | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Kripich | Temez | Giandoltti | V,T, Chow | California | Tc |
| 111 | Unidad Hidrográfica 9 Microcuenca Rio Mocho | 154.01 m.s.n.m | 6.79% | 0.463 | 1.227 | 1.10 | 1.37 | 0.952 | 1.02 |
| 112 | Sector Hidrográfico 10 Microcuenca Rio Mocho | 366.74 m.s.n.m | 9.79% | 1.162 | 3.258 | 1.11 | 2.95 | 1.553 | 2.01 |
| 113 | Unidad Hidrográfica 11 Microcuenca Rio Mocho | 202.59 m.s.n.m | 4.50% | 0.702 | 1.709 | 1.31 | 1.94 | 1.079 | 1.35 |
| 114 | Sector Hidrográfico 12 Microcuenca Rio Mocho | 442.30 m.s.n.m | 10.03% | 0.775 | 2.196 | 0.94 | 2.11 | 0.947 | 1.39 |
| 115 | Unidad Hidrográfica 13 Microcuenca Rio Mocho | 426.59 m.s.n.m | 13.98% | 0.696 | 2.101 | 0.77 | 1.93 | 0.962 | 1.29 |
| 116 | Sector Hidrográfico 1 Tributarios Rio Cesar | 132.73 m.s.n.m | 3.05% | 1.165 | 2.617 | 1.83 | 2.96 | 2.392 | 2.19 |
| 117 | Unidad Hidrográfica 2 Tributarios Rio Cesar | 122.44 m.s.n.m | 2.96% | 0.376 | 0.852 | 1.82 | 1.15 | 0.606 | 0.96 |
| 118 | Unidad Hidrográfica 3 Tributarios Rio Cesar | 129.41 m.s.n.m | 3.32% | 0.392 | 0.909 | 1.81 | 1.20 | 0.546 | 0.97 |
| 119 | Unidad Hidrográfica 4 Tributarios Rio Cesar | 129.76 m.s.n.m | 3.98% | 0.425 | 1.017 | 1.43 | 1.28 | 0.681 | 0.97 |
| 120 | Unidad Hidrográfica 5 Tributarios Rio Cesar | 125.15 m.s.n.m | 4.21% | 0.270 | 0.657 | 0.92 | 0.88 | 0.380 | 0.62 |
| 121 | Sector Hidrográfico 6 Tributarios Rio Cesar | 127.60 m.s.n.m | 2.29% | 0.684 | 1.464 | 2.72 | 1.90 | 0.977 | 1.55 |
| 122 | Unidad Hidrográfica 7 Tributarios Rio Cesar | 137.52 m.s.n.m | 4.23% | 0.151 | 0.371 | 1.23 | 0.54 | 0.274 | 0.51 |
| 123 | Unidad Hidrográfica 8 Tributarios Rio Cesar | 120.77 m.s.n.m | 4.23% | 0.415 | 1.006 | 1.32 | 1.25 | 0.729 | 0.95 |
| 124 | Unidad Hidrográfica 9 Tributarios Rio Cesar | 117.87 m.s.n.m | 2.86% | 0.369 | 0.832 | 1.18 | 1.14 | 0.496 | 0.80 |
| 125 | Unidad Hidrográfica 10 Tributarios Rio Cesar | 116.77 m.s.n.m | 1.58% | 0.425 | 0.855 | 1.45 | 1.28 | 0.497 | 0.90 |
| 126 | Unidad Hidrográfica 11 Tributarios Rio Cesar | 114.86 m.s.n.m | 2.79% | 0.246 | 0.554 | 1.03 | 0.81 | 0.311 | 0.59 |
| 127 | Unidad Hidrográfica 12 Tributarios Rio Cesar | 123.23 m.s.n.m | 1.80% | 1.025 | 2.085 | 1.72 | 2.66 | 1.636 | 1.83 |
| 128 | Unidad Hidrográfica 13 Tributarios Rio Cesar | 114.03 m.s.n.m | 4.97% | 0.229 | 0.576 | 1.14 | 0.76 | 0.369 | 0.62 |
| 129 | Unidad Hidrográfica 14 Tributarios Rio Cesar | 115.76 m.s.n.m | 2.54% | 0.532 | 1.166 | 1.50 | 1.54 | 0.854 | 1.12 |
| 130 | Sector Hidrográfico 15 Tributarios Rio Cesar | 125.01 m.s.n.m | 1.29% | 0.566 | 1.090 | 3.21 | 1.62 | 0.772 | 1.45 |
| 131 | Unidad Hidrográfica 16 Tributarios Rio Cesar | 116.28 m.s.n.m | 3.60% | 0.435 | 1.022 | 1.48 | 1.30 | 0.646 | 0.98 |

Fuente: Autores (2019).

## 2.6. PENDIENTES

En este punto se presenta el mapa de pendiente de la cuenca generado a partir del modelo digital del terreno adquirido y ajustado para el presente POMCA. Dicho mapa fue generado de tal forma que se pudieran apreciar los rangos de pendientes propuestos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC que se describen en la Tabla 2-90.

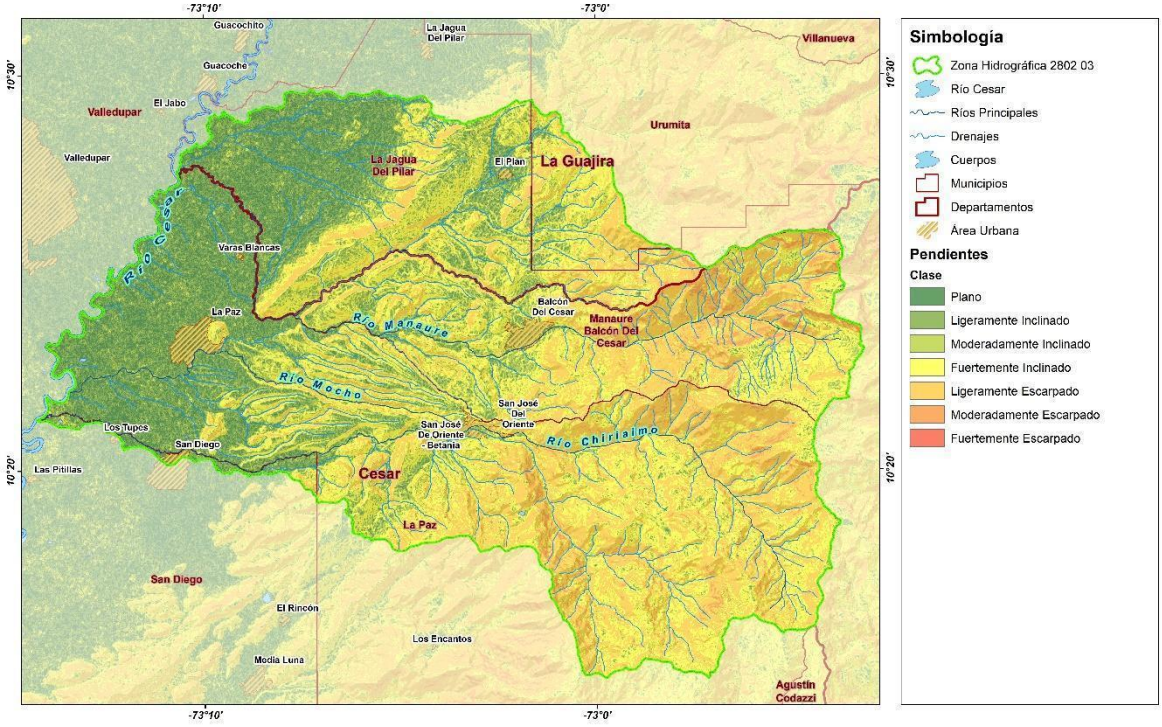
**Tabla 2-90. Rangos de pendientes**

| SÍMBOLO | GRADIENTE % | DESCRIPCIÓN |
|---|---|---|
| a | 0-3 | Plano |
| b | 3-7 | Ligeramente inclinado |
| c | 7-12 | Moderadamente inclinado |
| d | 12-25 | Fuertemente inclinado |
| e | 25-50 | Ligeramente escarpado |
| f | 50-75 | Moderadamente escarpado |
| g | >75 | Fuertemente escarpado |

Fuente: IGAC (2013).

En la Figura 2-162 se presenta el respectivo mapa de pendiente donde se puede considerar que la cuenca tiene diversidad de relieves con presencias de suelos moderadamente escarpados, ligeramente escarpados, fuertemente inclinados, modernamente, inclinados y planos.

**Figura 2-162. Mapas de pendiente de la cuenca hidrográfica**




Fuente: Autores (2019), con DEM ajustado para el presente POMCA.

## 2.7. HIDROLOGÍA

### 2.7.1. Diagnóstico de la red hidrológica en la cuenca

Para la selección de las estaciones de medición de variables hidrológicas se acude a la base de datos de estaciones del IDEAM en donde basado en los registros de datos, y las condiciones establecidas por la OMM y el IDEAM sobre periodos de medición, no se encontraron estaciones de medición en la zona de estudio, por lo que la subzona hidrográfica 2802-03 objeto de análisis del presente POMCA no se encuentra instrumentada.

Es poco frecuente que en el sitio de estudio o localización de un proyecto dentro de una cuenca no se cuente con la información hidroclimatológica suficiente para realizar distintos análisis de manera apropiada. Esto debido a que tradicionalmente para el análisis de la respuesta hidrológica de una cuenca es necesario realizar análisis estadísticos a las series históricas de datos medidos en campo que permitan llegar a conclusiones sobre el comportamiento de la cuenca y su relación con todas las variables fisiográficas.

La información de las variables físicas que interactúan en una cuenca (V.F.I.C) y por ende en el Ciclo hidrológico (CN) condicionan el tipo de análisis hidrológico de la misma cuenca, no obstante, no todas las variables que influyen en la respuesta hidrológica de una cuenca deben ser medidas intrínsecamente en campo, muchas de estas variables como las morfológicas y climatológicas pueden ser estimadas a partir de sensores remotos y/o mediante mediciones en áreas de influencia (por proximidad) donde la variabilidad del dato medido no se vea influenciada significativamente por otras condiciones como en el caso de la temperatura que se ve influenciada por los pisos térmicos y otras variables climatológicas como los periodo climático de lluvias. Para esta variable (Temperatura) debe considerarse un valor próximo al punto de interés y que represente las condiciones del mismo.

Otro obstáculo para el análisis hidrológico de las cuencas no instrumentadas son las condiciones establecidas por la interacción de las variables dentro de la cuenca que condicionan a la respuesta hidrológica de la misma; por ejemplo, los eventos condicionantes de periodos de extrema lluvia que causan la descarga de caudales máximos anuales, o los periodos climáticos secos donde la temperatura aumenta y el escurrimiento es nulo y donde el flujo superficial es mantenido por los acuíferos o la respuesta de la cuenca ante lluvias intensas donde las condiciones del suelo son previas a periodos secos y cuya respuesta no será igual a condiciones previas de suelo húmedo, generan que no solo la obtención de las variables físicas que interactúan en el C.H sea incierta si no también que estas mismas contribuyan a la estimación del comportamiento hidrológico no representativo de la cuenca.

Aunque si las V.F.I.C pueden establecerse y a su vez la respuesta hidrológica condicionada por dichas variables (Que se cuente con medición de caudales en el punto de salida de la cuenca delimitada), pueden desarrollarse modelos matemáticos calibrados y ajustados que

permitan conocer las múltiples interacciones de estas variables y cuál sería la respuesta hidrológica de la cuenca ante distintas condiciones hipotéticas. Estas relaciones o modelos matemáticos requieren de gran número de información, tiempo y esfuerzo, por lo que en muchas ocasiones resulta el camino más complejo que se puede tomar para darle solución a lo planteado en este numeral.

La falta de información de las V.F.I.C condiciona a que el analista acuda a múltiples modelos que le permitan conocer el comportamiento de la cuenca, las condiciones hidrográficas de la misma e identificar o determinar su comportamiento hidrológico. Existen muchos modelos científicos cuya finalidad es representar el comportamiento del ciclo hidrológico (C.H) mediante el análisis de las variables físicas que interactúan en este. Uno de los modelos más utilizado son los llamados modelos matemáticos que buscan mediante el análisis de variables que influyen en el C.H vistas y/o medidas en campo establecer relaciones matemáticas que permitan estimar la respuesta hidrológica de la cuenca bajo condiciones hipotéticas. Los modelos matemáticos pueden dividirse en 3 tipos:

- ✓ **El modelizado determinístico**, que consideran que, partiendo de representaciones matemáticas resultante de análisis de fenómenos físicos conocidos, pueden representarse respuestas hidrológicas bajo la hipótesis de que el modelo es lo suficientemente exacto y preciso, estos resultados se encuentran dentro de los limites observados en campo y están condicionados a que su aplicabilidad se realice dentro de los mismos limites (condiciones de aplicabilidad de modelos).
- ✓ **Los modelos estocásticos y probabilísticos**, en los que no se realizan representaciones basadas en distintos fenómenos, sino que, fundamentados en datos observados directamente en campo, se desarrollan respuestas basadas en probabilidades en las que existe un pequeño grado de incertidumbre, este tipo de modelizado es el implementado tradicionalmente en hidrología para el análisis de la respuesta hidrológica de las cuencas mediante modelos estadísticos.
- ✓ **Los modelos numéricos**, se apoyan en las simulaciones computacionales o utilizando ordenadores de modelos matemáticos o lógicos, que mediante múltiples iteraciones de un conjunto de números y relaciones matemáticas pueden representar la respuesta hidrológica de la cuenca, estos modelos poseen una cantidad elevada de iteraciones por lo que su aplicabilidad para disminuir la incertidumbre y el error, debe hacerse mediante sistemas computacionales.

Los modelos matemáticos permiten determinar basado en información de la cuenca relaciones empíricas que permitan establecer la respuesta hidrológica de la misma ante diferentes escenarios, no obstante, la obtención de estas variables y la calibración de los métodos hacen que dichas estimaciones sean inciertas y en el peor de los casos no representen la realidad de la cuenca. Los métodos más apropiados para el análisis del comportamiento hidrológico son los métodos estadísticos, ya que estos permiten analizar directamente la respuesta hidrológica de la cuenca y en muchas ocasiones pueden ser complementados por métodos numéricos o determinísticos.

El principal criterio para la identificación del método que se desea implementar para establecer la respuesta de una cuenca, es saber cuál es la variable que se pretende estimar y la información disponible para dicha estimación. Existen metodologías para estimar el comportamiento hidrológico de cuencas no instrumentadas basándose en la respuesta hidrológica de otras cuencas instrumentadas. Estas metodologías permiten establecer una correlación entre variables morfológicas y climatológicas de 2 o más cuencas y asumir que la respuesta de la cuenca no instrumentada es similar a la instrumentada condicionándose únicamente por el cambio de una variable que en el mayor de los casos es el área aferente. La metodología que consiste en identificar cuencas cuyas variables son similares, se le denomina regionalización y ha sido estudiada con mayor intensidad en los últimos años (Dalrymple, 1960; Castellarin et al., 2004; Paris & Zucarelli, 2004, Mohamoud, 2008; Álvarez-Olguín et al., 2009).

las metodologías de regionalización (Regiones hidrológicas homogéneas basados en modelos estocásticos y probabilísticos) asumen que la respuesta hidrológica de una cuenca dentro de una región homogénea es similar y por lo tanto su respuesta puede ser representada por la relación entre los principales parámetros de las unidades estudiadas, es decir, que la respuesta de una cuenca es similar a la de otra cuenca en la cual las V.F.I.C poseen la misma relación de manera proporcional. Existe una metodología planteada por J.C. Salazar, 2016, para la estimación de las curvas de duración de caudales (CDC) partiendo de la regionalización de zonas hidrológicas homogéneas en las que el autor establece basado en metodologías propuestas a nivel mundial (Paris & Zucarelli, 2004; Álvarez-Olguín et al., 2009; Ssegane et al., 2012b; Razavi & Coulibaly, 2013; Farsadnia et al., 2014) dos pasos principales para la identificación de regiones homogéneas; (1) Selección de las variables explicativas a considerar para la clasificación de las cuencas dentro de una región hidrológica homogénea; y (2) Aplicación de un método de agrupamiento a partir de las variables identificadas previamente. A continuación, se explica en detalle la selección de las variables explicativas y los métodos de agrupamiento.

#### 2.7.1.1. Selección de las variables explicativas

Las clasificaciones de las regiones hidrológicas homogéneas se desarrollan normalmente a partir de variables hidrológicas (Razavi & Coulibaly, 2013) (J.C. Salazar, 2016) tales como índices de relación lluvia escurrimiento, pendientes de las curvas de duración de caudales y entre otras variables que pueden ser obtenidas únicamente de cuencas instrumentadas. Para cuencas no instrumentadas, la homogenización partiendo de variables obtenidas directamente de la respuesta hidrológica es imposible por tanto se debe recurrir a otro tipo de variables denominadas explicativas que influencian la respuesta hidrológica de una cuenca (V.F.I.C) (Mohamoud, 2008).

Las variables explicativas pueden ser de tipo climatológico y físicas; las variables climatológicas pueden abarcar la precipitación y sus derivadas temporales, la temperatura y sus escalas máximas, mínimas y medias, la evapotranspiración, humedad, entre otras.

Las de tipo físico comprenden la morfología geología, tipo de suelo, cobertura vegetal, entre otras. Aunque las variables explicativas pueden agrupar un gran número de información, no toda puede ser utilizada ya que pueden ser estadísticamente redundantes al depender de variables principales ya tenidas en cuenta (en el caso de los índices morfométricos) (Ssegane et al., 2012b) para garantizar que las variables seleccionadas sean adecuadas para el análisis de homogeneidad de zonas hidrológicas es necesario someter estas a un filtrado en donde se agrupen las variables más representativas y de mayor relevancia. Para identificar las principales variables explicitas se realiza un análisis de componentes principales (PCA) siguiendo la siguiente secuencia.

- **Selección de estaciones hidrológicas, delimitación de su cuenca y selección de variables explicativas**

Mediante el catálogo de estaciones hidrológicas del IDEAM colgado en su página web, fueron identificadas las estaciones que se encuentran en la zona alta de la cuenca del Rio Cesar (ver Tabla 2-91), donde se prevé por su cercanía a la zona estudio y presentar sistemas hidrográficos en condiciones de relieve similares dados por las serranías del Perijá y de la sierra nevada de Santa Marta, puedan encontrarse unidades hidrológicas homogéneas.

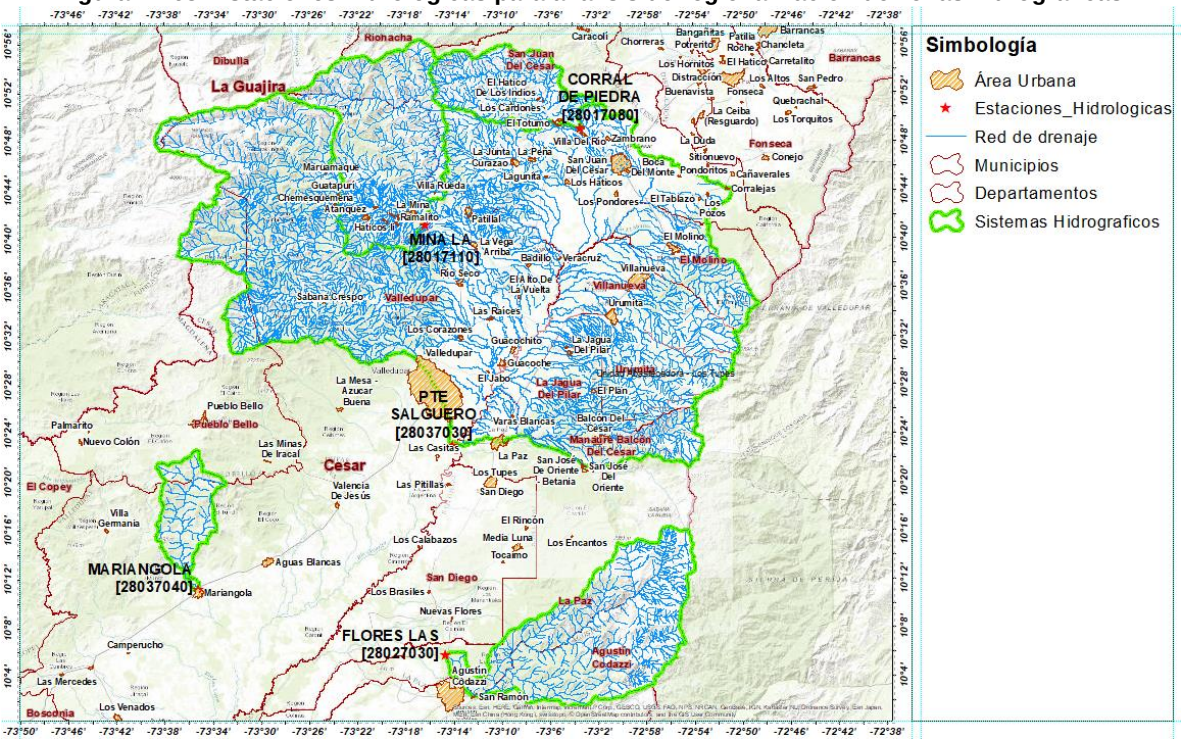
**Tabla 2-91. Estaciones hidrológicas para análisis de regionalización de zonas hidrográficas**

| Estaciones | Código | Corriente | Cota | X | Y |
|---|---|---|---|---|---|
| Corral de Piedra | 28017080 | CESAR | 275 | 1688390.465 | 1688390.465 |
| Mina La | 28017110 | BADILLO | 429 | 1088363.422 | 1673696.275 |
| PTE Salguero | 28037030 | CESAR | 113 | 1092541.456 | 1640231.547 |
| Mariangola | 28037040 | MARIANGOLA | 90 | 1608415.756 | 1088363.422 |
| Flores Las | 28027030 | MARIANGOLA | 112 | 1091412.987 | 1608415.756 |

Fuente: Autores con información IDEAM.

Seguidamente en la Figura 2-163, se muestra la ubicación de las estaciones mencionadas y los sistemas hidrográficos asociados a estas.

**Figura 2-163. Estaciones hidrológicas para análisis de regionalización de zonas hidrográficas**




Fuente: Autores (2019), con información IDEAM.

Partiendo de la ubicación de las estaciones hidrológicas, se procede a la delimitación de su cuenca y a la determinación de los principales parámetros hidrológicos mencionados y explicados en el capítulo de hidrográfica y morfometría (ver Tabla 2-92). Las siguientes son las variables físicas y climatológicas determinadas para las cuencas hidrográficas de las estaciones hidrológicas seleccionadas.

**Tabla 2-92. Variables explicativas de tipo físico y climatológico**

| Concepto | | Parametros fisicos | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Área | Perímetro | Longitud Axial | Cota Max | Cota Min | Cota media | Pendiente media de la cuenca (%) | Factor de forma | Ancho medio de la cuenca | Coeficiente de compacidad |
| Estaciones Hidrológicas | Corral de Piedra | 207.67 km2 | 75.22 km | 23.90 km | 2616.00 msnm | 279.00 msnm | 969.09 msnm | 3877.02 % | 0.36 | 8.69 | 1.46 |
| | Mina La | 476.36 km2 | 114.12 km | 33.60 km | 4361.00 msnm | 412.00 msnm | 1732.22 msnm | 5264.77 % | 0.42 | 14.18 | 1.46 |
| | PTE Salguero | 3766.07 km2 | 357.15 km | 61.20 km | 5462.00 msnm | 100.00 msnm | 1050.97 msnm | 3391.68 % | 1.01 | 61.54 | 1.63 |
| | Mariangola | 120.55 km2 | 81.04 km | 22.20 km | 2064.00 msnm | 99.00 msnm | 821.02 msnm | 4836.35 % | 0.24 | 5.43 | 2.07 |
| | Flores Las | 521.60 km2 | 123.92 km | 46.50 km | 3562.00 msnm | 102.00 msnm | 1941.74 msnm | 5054.32 % | 0.24 | 11.22 | 1.52 |
| Subzona Hidrográfica | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 306.20 km2 | 132.71 km | 34.28 km | 3441.83 msnm | 116.16 msnm | 1009.19 msnm | 3197.69 % | 0.26 | 8.93 | 2.12 |
| | SubCuenca Rio Chiriaimo | 224.82 km2 | 136.89 km | 37.59 km | 3634.66 msnm | 99.76 msnm | 1745.95 msnm | 4355.71 % | 0.16 | 5.98 | 2.56 |
| | Microcuenca Rio Mocho | 54.52 km2 | 64.23 km | 19.10 km | 810.78 msnm | 101.80 msnm | 7.77 msnm | 1676.60 % | 0.15 | 2.85 | 2.44 |

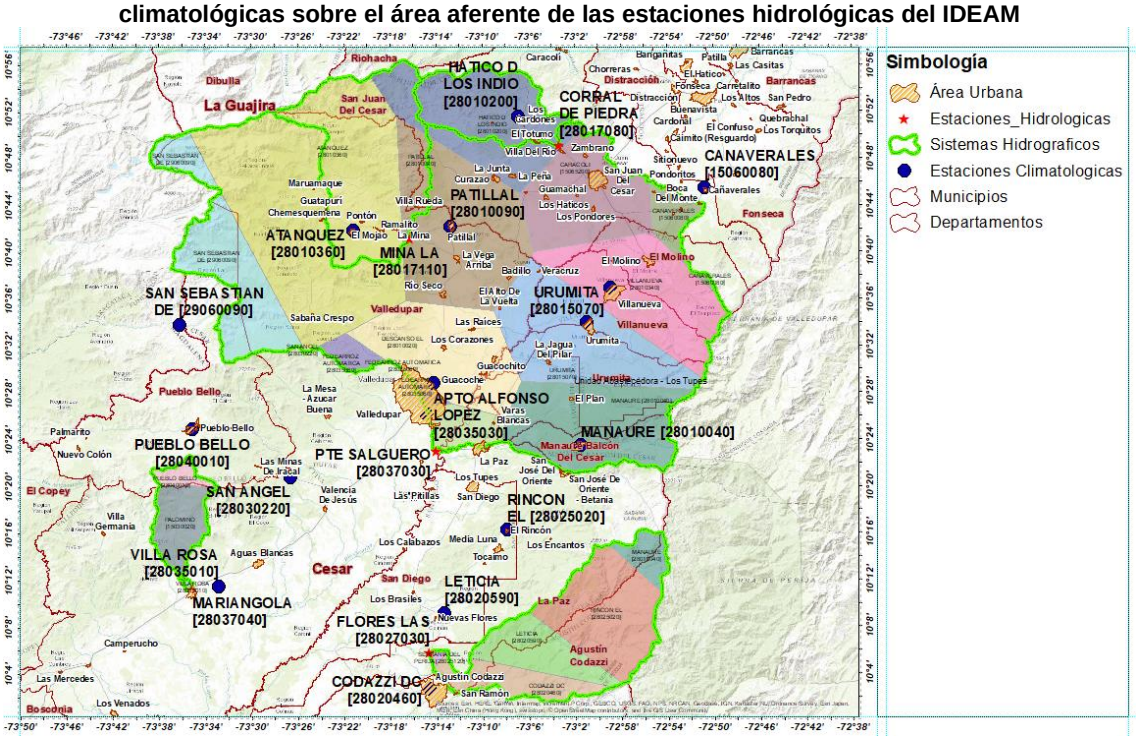
| Concepto | | Parametros fisicos | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Índice de alargamiento | Circularidad | Relación de elongación | Longitud del cauce principal | Longitud total de drenaje | Longitud de la recta del cauce principal | Cota Max del cauce | Cota Min del cauce | Pendiente media del cauce (%) |
| Estaciones Hidrológicas | Corral de Piedra | 2.75 | 0.46 | 0.22 | 34.70 km | 1087.01 km | 22.60 km | 1652.00 msnm | 308.00 msnm | 387.29 % |
| | Mina La | 2.37 | 0.46 | 0.22 | 42.53 km | 2195.94 km | 27.60 km | 3798.00 msnm | 417.00 msnm | 794.93 % |
| | PTE Salguero | 0.99 | 0.37 | 0.19 | 128.82 km | 9343.08 km | 55.80 km | 1652.00 msnm | 114.00 msnm | 119.39 % |
| | Mariangola | 4.09 | 0.23 | 0.15 | 25.54 km | 349.85 km | 19.30 km | 1569.00 msnm | 109.00 msnm | 571.66 % |
| | Flores Las | 4.15 | 0.43 | 0.21 | 65.18 km | 2142.27 km | 39.00 km | 3353.00 msnm | 116.00 msnm | 496.60 % |
| Subzona Hidrográfica | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 3.84 | 0.22 | 0.15 | 43.00 km | 879.11 km | 31.75 km | 2528.13 msnm | 116.70 msnm | 560.80 % |
| | SubCuenca Rio Chiriaimo | 6.28 | 0.15 | 0.12 | 46.93 km | 780.47 km | 37.06 km | 3281.30 msnm | 100.26 msnm | 677.80 % |
| | Microcuenca Rio Mocho | 6.69 | 0.17 | 0.13 | 20.87 km | 231.35 km | 16.15 km | 632.26 msnm | 102.15 msnm | 254.00 % |

| Concepto | | Parámetros Climatológicos | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | P | Pmin | Pmax | T | Tmin | Tmax |
| Estaciones Hidrológicas | Corral de Piedra | 1092.6 mm/año | 1008.1 mm/año | 1243.6 mm/año | 25.4 °C | 24.6 °C | 25.8 °C |
| | Mina La | 1446.6 mm/año | 1209.5 mm/año | 1822.3 mm/año | 25.6 °C | 19.5 °C | 28.7 °C |
| | PTE Salguero | 1318.3 mm/año | 959.0 mm/año | 1806.5 mm/año | 24.7 °C | 3.6 °C | 30.0 °C |
| | Mariangola | 1518.6 mm/año | 1309.4 mm/año | 1938.2 mm/año | 23.7 °C | 20.3 °C | 28.1 °C |
| | Flores Las | 1538.6 mm/año | 1356.2 mm/año | 1778.1 mm/año | 23.9 °C | 16.3 °C | 27.5 °C |
| Subzona Hidrográfica | Cuenca Rio Manaure-Pereira | 1601.6 mm/año | 1097.5 mm/año | 1784.6 mm/año | 21.1 °C | 13.7 °C | 27.2 °C |
| | SubCuenca Rio Chiriaimo | 1678.2 mm/año | 1152.8 mm/año | 1784.6 mm/año | 18.4 °C | 13.7 °C | 27.1 °C |
| | Microcuenca Rio Mocho | 1412.3 mm/año | 1143.0 mm/año | 1688.3 mm/año | 24.7 °C | 21.3 °C | 27.2 °C |

Fuente: Autores (2019).

Las variables físicas son estimadas siguiendo la metodología establecida en los capítulos de hidrografía y morfometría, mientras que las variables de tipo climatológica fueron extraídas de estaciones climatológicas del área de estudio siguiendo la misma metodología expuesta en el capítulo de clima. (ver Figura 2-164).

**Figura 2-164. Polígonos de Thiessen para la zonificación del área de influencia de las estaciones climatológicas sobre el área aferente de las estaciones hidrológicas del IDEAM**



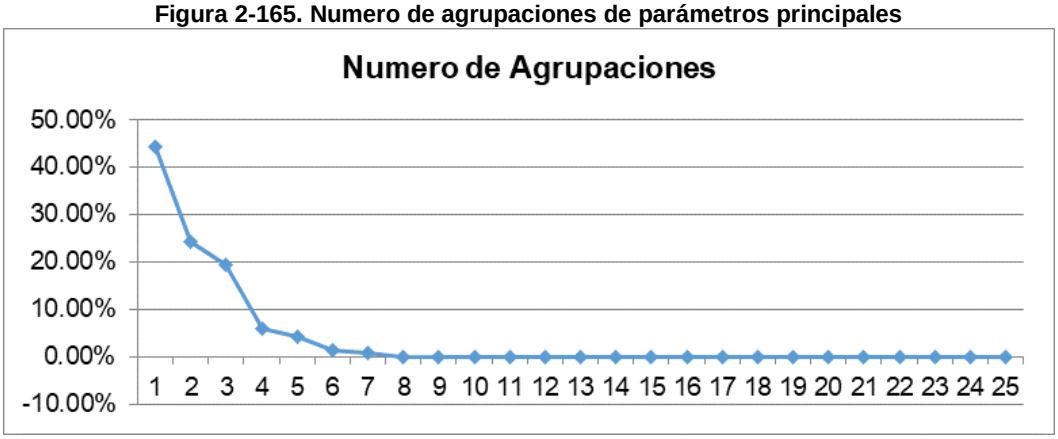

Fuente: Autores (2019).

- **Análisis de componentes principales (PCA)**

Con el fin de identificar las variables más representativas y que más influencias o relación poseen con las otras variables explicativas analizadas, se realiza un análisis de componentes principales cuyo objetivo es generar un nuevo conjunto de variables compuesto de un grupo de menos variables que el conjunto original. Estas nuevas variables denominadas Componentes Principales, resultan ser una combinación lineal de las variables originales y son linealmente independientes. Como se mencionó anteriormente, el grupo de variables climatológicas y fisiográficas puede ser bastante numeroso y estas variables están altamente correlacionadas entre sí, por lo que se debe hacer una reducción de las variables con algún criterio de eliminación.

Para el análisis de componentes principales se utiliza la extensión de estadística gratuita XRealStats para la herramienta Excel del paquete de programas de Microsoft Office. Los resultados del análisis establecen grupos de variables organizadas desde la variable de mayor influencia o peso hasta la de menor influencia (ver Figura 2-165), obteniendo así las siguientes variables; Longitud total de drenaje, Ancho medio de la cuenca, Longitud del cauce principal, Factor de forma, Área, Perímetro, Longitud Axial, Longitud de la recta del cauce principal, Cota Max, Tmax.

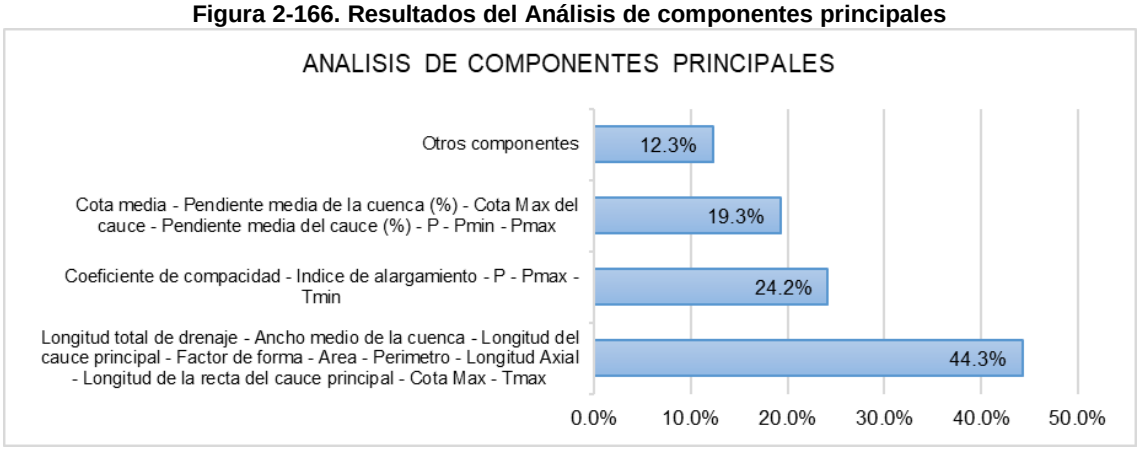
**Figura 2-165. Numero de agrupaciones de parámetros principales**




Fuente: Autores (2019).

Dentro de las agrupaciones posibles, se identifican 6 componentes principales donde el primer componente explica el 44.3% de las variables explicativas. (ver Figura 2-166).

**Figura 2-166. Resultados del Análisis de componentes principales**




Fuente: Autores (2019).

De un total de 21 variables explicitas, el PCA permite reducir a un total de 10 variables las cuales, a su vez, se organizan desde la de mayor relevancia.

### 2.7.1.2. Agrupación de variables o identificación de sistemas hidrológicos homogéneos

Posterior a la selección de las variables explicativas más representativas de las cuencas de las estaciones hidrológicas seleccionadas, se realiza el agrupamiento de cuencas para establecer las regiones hidrológicas homogéneas. J.C. Salazar (2016), recomienda la utilización de dos métodos de agrupación con mayor aplicabilidad en el campo de la hidrología que son, k-Means Clustering y Curvas de Andrews.

- **Curvas de Andrews**

El método de las curvas de Andrews (Andrews, 1972), es una técnica de análisis gráfico, que tiene por objeto representar en dos dimensiones (como una curva) un punto o individuo multidimensional. El procedimiento que sigue el método, parte de definir una función (curva) armónica para cada punto o individuo (p. ej. una cuenca) mediante la siguiente expresión:

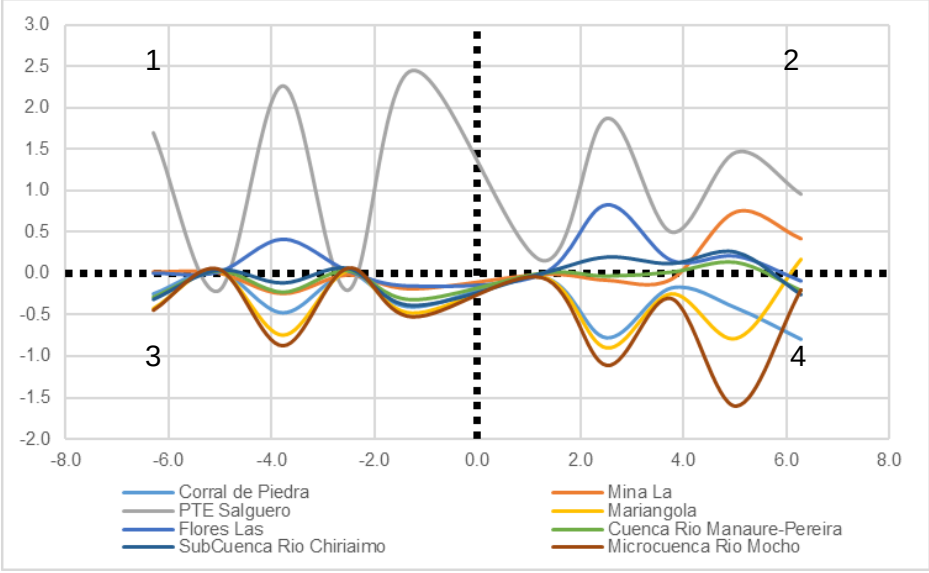
$$f(t) = \frac{X_1}{\sqrt{2}} + X_2 sen(t) + X_3 cos(t) + X_4 sen(t) + X_5 cos(t) + X_6 sen(t) + X_7 cos(t) + \cdots$$

Donde:

**f(t):** es la función armónica del individuo (puntos multidimensionales)
**$X_1$, $X_2$, $X_3$… $X_n$:** son las variables del individuo – coeficientes de la función armónica.
**t:** corresponde a la variable de la función armónica y suele definirse entre –π a π

De acuerdo con Andrews (1972), la diferencia entre dos curvas armónicas es proporcional a la distancia euclidiana entre dos individuos, por lo que dos curvas cercanas representan dos individuos con comportamientos similares. Teniendo en cuenta esto, la similitud en el comportamiento hidrológico de cuencas, se establece a partir del agrupamiento de curvas armónicas cercanas en escala y con periodicidad y forma congruente. En la Figura 2-167, se exponen los resultados de las curvas de Andrew para las cuencas analizadas.

**Figura 2-167. Curvas de Andrew para el análisis de unidades hidrológicas homogéneas de las cuencas de las estaciones hidrológicas**

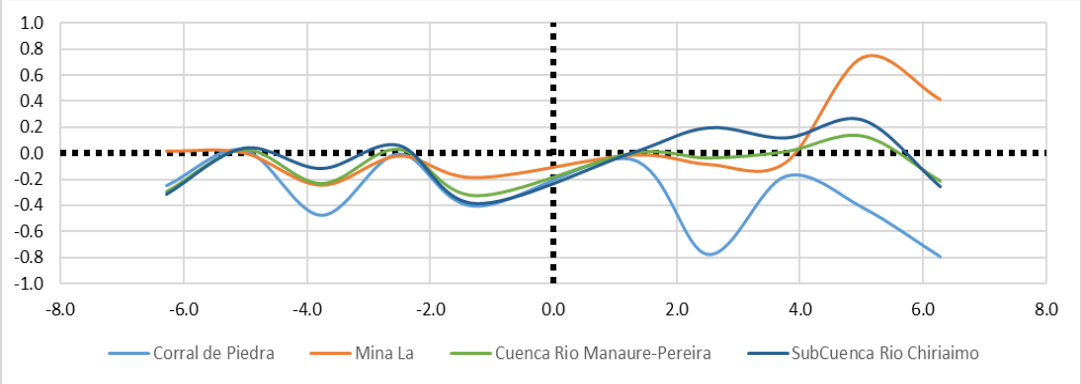



Fuente: Autores (2019).

Las curvas en general muestran un agrupamiento en los cuadrantes 1 y 3 del plano cartesiano, sin embargo, en el cuadrante 2 y 4, donde se relacionan las variables explicativas de menor influencia o peso existe asimetría de las curvas, sin embargo, guardan la tendencia en la dirección de los picos y valles. Partiendo de los resultados expuestos en la Figura 2-167 se determina que, según las curvas de Andrew, las cuencas aferentes a las estaciones Flores Las y PTE Salguero no son homogéneas con el resto de cuencas y encontrando que la cuenca del Rio Manaure – Pereira es considerada homogénea con la subcuenca del Rio Chiriaimo mientras que estas dos no presentan homogeneidad con la microcuenca del Rio Mocho.

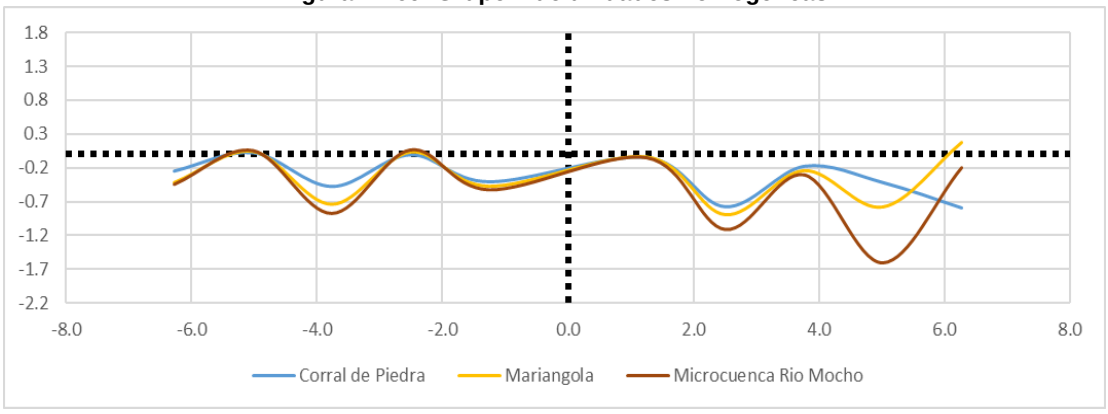
Al considerar que no existe homogeneidad entre las unidades Manaure-Pereira y Chiriaimo con la unidad Rio Mocho, se dividen las curvas en dos grupos(Grupos homogéneos) (ver Figura 2-168 y Figura 2-169), el primer grupo que corresponde a las unidades hidrológicas homogéneas con Manaure-Pereira y Chiriaimo y el segundo grupo con el Rio Mocho.

**Figura 2-168. Grupo 1 de unidades homogéneas**




Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-169. Grupo 2 de unidades homogéneas**




Fuente: Autores (2019).

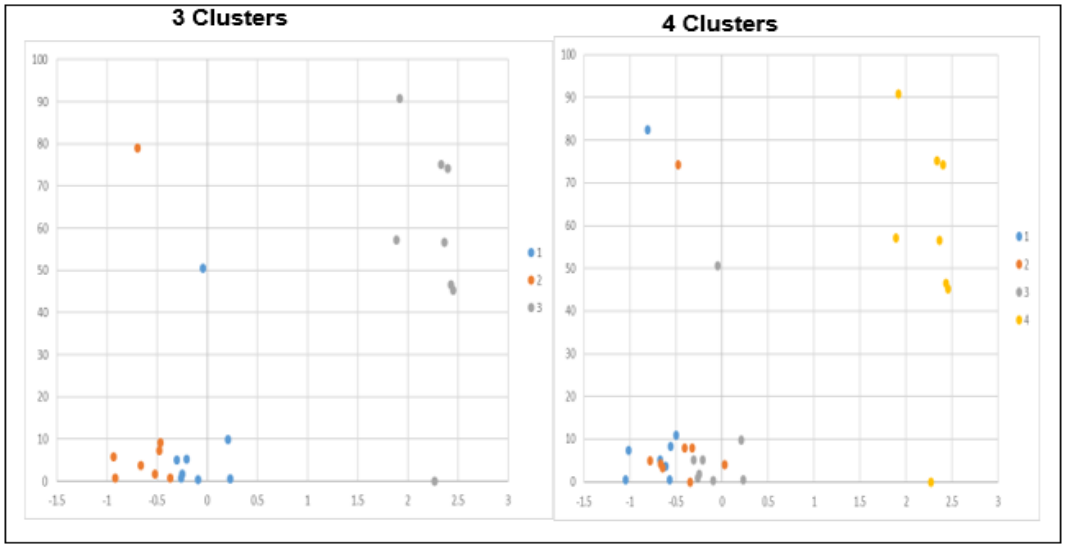
El algoritmo comúnmente conocido como k-means clustering, es una técnica iterativa de agrupamiento de individuos con valores provenientes de múltiples variables (multidimensionales). El método inicia con la determinación del número (k) de grupos (clusters) a formar, el cual es asignado por el usuario. Posteriormente, de forma aleatoria el método selecciona un número k de individuos y establece para la primera iteración k centroides con coordenadas idénticas a las de los individuos seleccionados inicialmente.

En seguida, calcula la distancia euclidiana entre cada individuo de la muestra y cada uno de los k centroides aleatorios establecidos y asigna los individuos al grupo o clúster cuyo centroide es el más cercano. Al final de la primera iteración se tienen todos los individuos asignados a un grupo según la cercanía a cada centroide. La siguiente iteración inicia con el cálculo del centroide de cada grupo formado en la iteración anterior, a partir del cálculo del valor medio de cada variable, considerando los valores de la variable (coordenadas) de cada individuo que conforma el grupo.

Continúa con el cálculo de las distancias euclidianas desde los centroides a cada individuo y nuevamente los asigna a un grupo, comparando las distancias a cada centroide. Una vez agrupados los individuos, se realiza la comparación de los grupos obtenidos en la iteración presente y la anterior y en caso de existir cambios realiza una nueva iteración. En caso contrario, cuando los grupos de la iteración presente y la anterior están conformados por los mismos individuos, el proceso termina y se establece la agrupación definitiva.

Para el análisis de las cuencas homogéneas por medio de la agrupación de variables se definieron pruebas de 3 (Defecto) y 4 clusters, donde los resultados para ambos concuerdas con los resultados obtenidos mediante el método de curvas de Andrew. (ver Figura 2-170).

**Figura 2-170. Resultados de variables agrupadas por el método k-means clustering**




Fuente: Autores (2019).

- **Unidades Hidrológicas Homogéneas**

El resultado de los análisis permite establecer que las unidades hidrográficas cuyo comportamiento puede representar a la Cuenca del Rio Manaure-Pereira son los sistemas hidrográficos de las estaciones Mina La, Corral de Piedra y Las Flores. La Subcuenca del Rio Chiriaimo puede ser representada por los mismos sistemas hidrográficos que la cuenca del Rio Manaure-Pereira ya que estas son homogéneas. finalmente, la microcuenca del Rio Mocho puede ser representada por los sistemas hidrográficos de las estaciones hidrológicas de Corral de piedra y Mariangola. A continuación, en la Tabla 2-93 se puede apreciar el resumen de los análisis de unidades hidrológicas homogéneas.

**Tabla 2-93. Unidades Hidrológicas Homogéneas con las Unidades hidrográficas de nivel II objeto de análisis del POMCA**

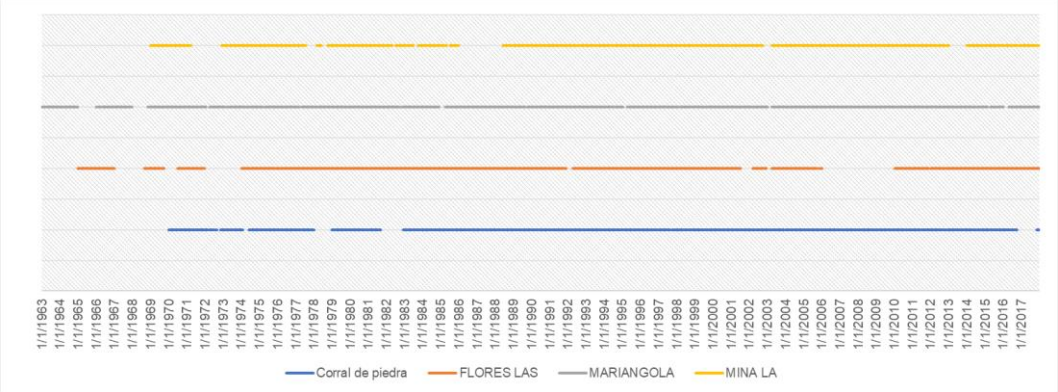
| Unidades Hidrográficas de Nivel II | Sistemas Homogéneos Según C.Andrews | Sistemas Homogéneos Según K-means clustering |
|---|---|---|
| Cuenca Rio Manaure-Pereira | Mina La - Corral de Piedra - Subcuenca Rio Chiriaimo | Mina La - Flores Las - Subcuenca Rio Chiriaimo |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | Mina La - Corral de Piedra - Cuenca Rio Manaure-Pereira | Mina La - Flores Las - Cuenca Rio Manaure-Pereira |
| Microcuenca Rio Mocho | Corral de Piedra - Mariangola | Corral de Piedra - Mariangola |

Fuente: Autores (2019).

### 2.7.1.3. Análisis de datos Hidrológicos de las unidades hidrográficas homogéneas

Para el análisis de los datos hidrológicos se seleccionó un periodo de tiempo homogéneo en el cual cada una de las estaciones tuvieran la mayor cantidad de datos continuos. En la Figura 2-171. Medición histórica de caudales en 24 horas, se muestra el periodo de tiempo en el que las estaciones disponibles, han operado y tienen datos de la variable (caudal liquido en $m^3/s$). Cabe mencionar que los datos hidrológicos no se encuentran actualizado en su totalidad y solo fueron proporcionado registros hasta el año 2017.

**Figura 2-171. Medición histórica de caudales en 24 horas para las unidades hidrológicas homogéneas**




Fuente: Autores (2019), con información IDEAM.

Teniendo en cuenta la figura anterior, se selecciona un periodo homogéneo o periodo de análisis, correspondiente al comprendido entre 1989-2017 como se muestra en la Tabla 2-94, periodo en el cual se puede observar que los datos en las estaciones comienzan a tener más continuidad y con un menor número de vacíos en los datos, cabe mencionar que en la estación FLORES LAS, se presenta un vacío de datos desde el mes 10 del año 2005 al mes 12 del año 2009, pero que es aceptable por no superar el un umbral del 30% en la ausencia de datos.

**Tabla 2-94. Periodos de estudio homogéneo seleccionados**

| Variable | Siglas | Tr | Año inicio | Año final | Total, años |
|---|---|---|---|---|---|
| Caudal | Ql | Medio | 1989 | 2016 | 28 |

Fuente: Autores (2019), con información IDEAM.

- **Confiabilidad de los datos**

Este capítulo o apartado se crea para resaltar varias inconsistencias que existe entre los datos diarios y datos mensuales proporcionados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Se identificó que se presentaban en distintas ocasiones registros de datos promedio mensuales, en la misma fecha donde se presentaban vacíos de información en los datos diarios, por lo que se creyó que era conveniente hacer esta anotación.

Teniendo en cuenta las inconsistencias descritas anteriormente, se optó por trabajar con los datos diarios y a partir de estos, generar las variables mensuales.

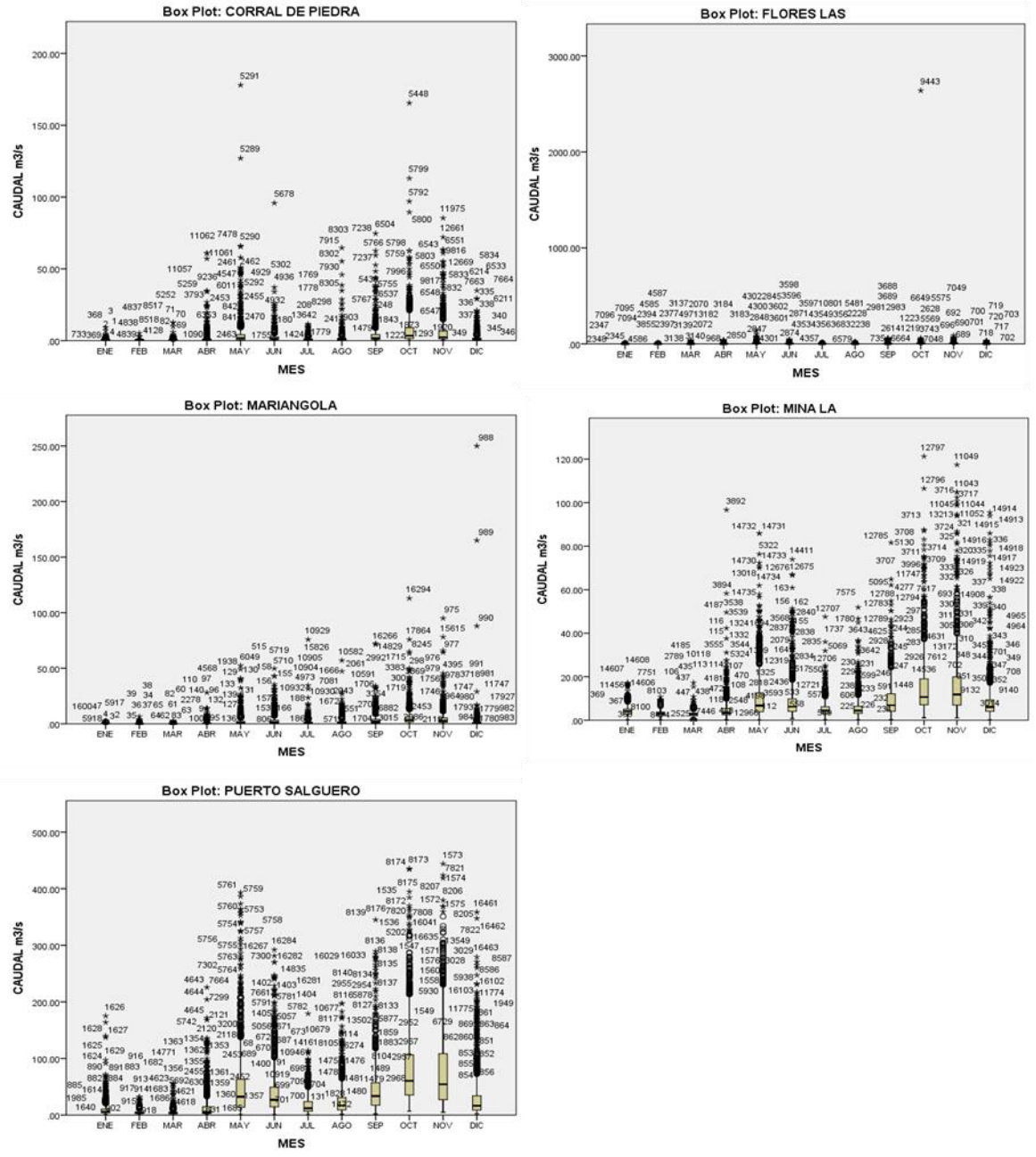
- **Eliminación de posibles valores atípicos o anómalos**

Para la identificación de los posibles datos atípicos o anómalos se utilizó la misma metodología y los mismos criterios que en el capítulo de “eliminación de posibles valores atípicos o anómalos” de los datos climatológicos, correspondiente al método de criterios de rechazo de Chauvenet (López, 2011), en donde básicamente consiste en rechazar todas aquellas medidas cuya probabilidad de aparición sea inferior a $\alpha = 1/2n$, siendo n el número de reiteraciones de la medida. Esto supone que se deben rechazar aquellas medidas cuya desviación a la media sea superior a un determinado valor (función de la desviación típica muestral).

Para una explicación más detallada de la metodología mencionada, se pueden referir al capítulo de clima, subcapítulo eliminación de posibles valores atípicos o anómalos.

A continuación, se muestra la representación gráfica en diagramas de cajas y bigotes o Boxplot de los posibles datos atípicos para cada una de las estaciones hidrológicas estudiadas. (ver Figura 2-172).

**Figura 2-172. Representación gráfica de posibles datos atípicos**




Fuente: Autores (2019), con información IDEAM.

La metodología anterior sirvió para identificar posibles valores anómalos, sin embargo, se revisó cada valor que arrojó la metodología para determinar si se elimina o no, dado que valor alto, no necesariamente es un error.

La revisión de datos atípicos se efectuó teniendo en cuenta el área aferente de la estación hidrológica, su hidrografía y las principales variables climatológicas que en esta influyen. Esto debido a que al ser (en su mayoría) cuencas que nacen en sistemas montañosos, tienen gran probabilidad de generar eventos torrenciales por distintos eventos naturales como los movimientos en masa su represamiento y ruptura, que aumentan significativamente el flujo de agua drenado por el cauce principal. Dicho esto, un valor máximo registrado por una estación que se encuentre por encima del 50 a 70% del valor registrado como segundo máximo, será considerado un valor legítimo.

- **Estimación de datos faltantes**

Para la estimación de datos faltantes en series hidrológicas a diferencia de las series climatológicas no se pueden tomar estaciones vecinas que se correlacionen para estimar dichos datos, debido a que el comportamiento por ejemplo de la precipitación es un impulso que obedece a condiciones meteorológicas, mientras que las escorrentías en este caso caudales de diferentes cuerpos de agua ubicados en diferentes cuencas hidrográficas, responden a las precipitaciones, factores físicos de la cuenca, Morfometría, geología, vegetación, etc. Y por último y un factor muy importante a tener en cuenta, el flujo base del cuerpo de agua.

Debido a esto se realizó una evaluación año por año, para realizar el relleno de datos con los años que tenían un registro completo dentro de la misma serie histórica de datos hidrológicos.

Lo primero que se hizo fue identificar y separar los años que presentaban registros completos y los que presentaban vacíos de información.

Seguidamente como todos los años no tienen comportamientos iguales, debido a las condiciones meteorológicas, se seleccionaron una serie de estaciones climatológicas que tuvieran influencia en las cuencas de las estaciones hidrológicas, utilizando polígonos Thiessen; Luego de tener seleccionadas las estaciones se hizo una clasificación de años secos, normales y húmedos, teniendo en cuenta la metodología descrita en la guía de estimación del Índice de precipitación (IP) del IDEAM. Las estaciones analizadas se evidencian en la Tabla 2-95.

**Tabla 2-95. Estaciones climatológicas seleccionadas para análisis de periodos secos, húmedos y normales.**

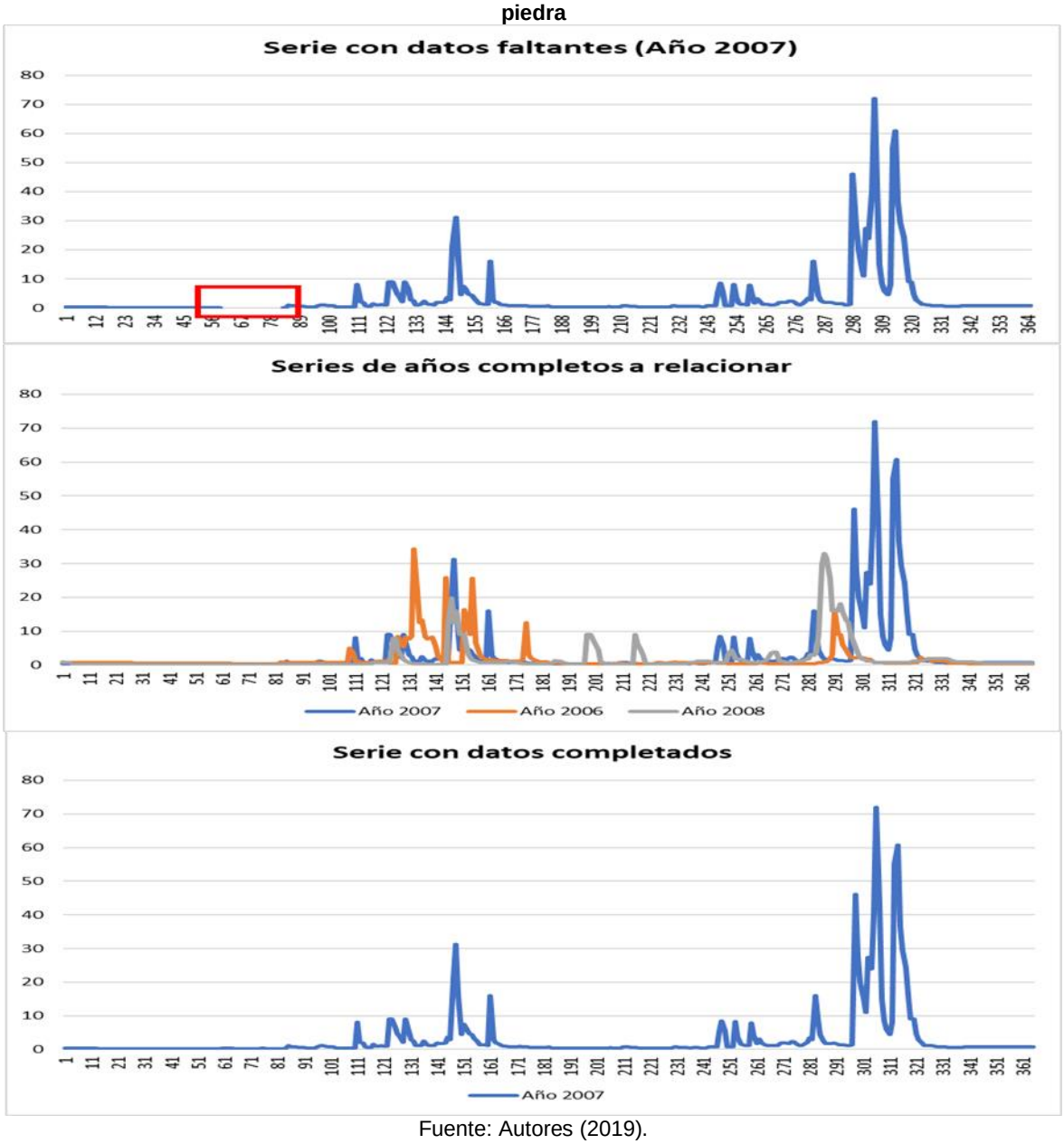
| CUENCA DE ESTACIÓN HIDROLÓGICA | NOMBRE ESTACIÓN METEOROLÓGICA | PORCENTAJE DE INFLUENCIA |
|---|---|---|
| CORRAL DE PIEDRA | HATICO D LOS INDIO [28010200] | 0.999 |
| FLORES LAS | CODAZZI DC [28020460] | 0.191 |
| | RINCON EL [28025020] | 0.480 |
| | LETICIA [28020590] | 0.242 |
| | MANAURE [28010040] | 0.088 |
| MARIANGOLA | VILLA ROSA [28035010] | 0.079 |
| | PUEBLO BELLO [28040010] | 0.921 |
| MINA LA | ATANQUEZ [28010360] | 0.743 |
| | PATILLAL [28010090] | 0.151 |
| | HATICO D LOS INDIO [28010200] | 0.107 |

Fuente: Autores (2019).

Después de haber realizado la clasificación de periodos climáticos, se escogieron los años normales de la estación que tuviera un mayor porcentaje de influencia en la cuenca, debido a que en los años normales es donde se puede apreciar la tendencia en el comportamiento de la climatología reflejada en los picos del hidrograma. seguidamente se relacionaron con los años que presentaban registros completos, por lo que los intervalos de tiempo o años a utilizar para la estimación de datos faltantes son los que presentan registros completos y pertenecen a años con periodo climático similar.

Finalmente, se procede a realizar el relleno de datos utilizando métodos gráficos y de interpolación, donde se relacionaban los años a completar con años anteriores y posteriores que tuvieran tendencias iguales o parecidas y a partir de estos se realizaba la estimación de los datos, como se muestra en la Figura 2-173, donde se toma como ejemplo relleno de datos del año 2007 correspondiente a la cuenca de la estación hidrológica Corral de piedra.

**Figura 2-173. Relleno de datos faltantes con métodos gráficos en la cuenca de la estación corral de piedra**




Fuente: Autores (2019).

Por último, cabe mencionar que los años en que no se presentaban registros, o el vacío de datos en este año superaba el 30% del total de un año registrado, fueron eliminados, debido al grado de incertidumbre que se presentaría en estos casos si se llegaran a estimar.

- **Homogeneidad y tendencia (Test de Mann-Kendall)**

Para realizar esta prueba se tuvo en cuenta la misma metodología y herramientas utilizadas en los datos climatológicos, correspondiente al Test de Mann-Kendall, el cual es una prueba No paramétrica, que ha sido ampliamente aplicada en estudios de identificación de tendencias en series hidrometeorológicas y otras series ambientales. Para más información acerca de la metodología referirse al capítulo de Clima, subcapítulo Homogeneidad y tendencia.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos del test para cada estación Hidrológica (ver Tabla 2-96):

**Tabla 2-96. Test de Mann-Kendall para series de datos hidrologicos**

| ESTACION | PRUEBA | TENDENCIA | P-Value |
|---|---|---|---|
| CORRAL DE PIEDRA | VERDADERO | Decreciente | 0.0002206 |
| FLORES LAS | VERDADERO | Decreciente | 0.001621 |
| MARIANGOLA | VERDADERO | Creciente | 2.20E-16 |
| MINA LA | FALSO | Sin tendencia | 0.4131 |

Fuente: Autores (2019).

En la tabla anterior podemos observar que las estaciones Corral de piedra, Flores las y Mariangola, presentaron homogeneidad y tendencia es sus datos, esto debido a que los resultados del parámetro P-value (valor de significancia), fueron menores a 0.05. Mientras que la estación Mina La, no presento homogeneidad ni tendencia en sus datos, presentado un valor de P-value de 0.4131.

Las estaciones Corral de piedra y Flores Las, presentaron tendencias negativas, lo que nos puede indicar que los recursos hídricos superficiales de estas cuencas han experimentado descensos durante el periodo de estudio lo que puede indicar un aumento de concesiones de agua en este mismo, Mientras que la estación de Mariangola presento una tendencia positiva, indicando que sus recursos hídricos han experimentado un ascenso durante el periodo de estudio.

- **Aleatoriedad (Prueba de Rachas)**

Al igual que en el capítulo de Clima se utilizó la prueba de rachas para determinar si existe aleatoriedad en las series de datos, esta prueba permite verificar la hipótesis nula de que la muestra es aleatoria, es decir, si las sucesivas observaciones son independientes. Para más información acerca de la metodología referirse al capítulo de Clima, subcapítulo Aleatoriedad.

En la Tabla 2-97, se muestran los resultados obtenidos en la prueba de rachas:

**Tabla 2-97. Prueba de Rachas para series de datos hidrológicos.**

| ESTACION | SIG. | RESULTADO |
|---|---|---|
| CORRAL DE PIEDRA | 0.000 | FALSO |
| FLORES LAS | 0.000 | FALSO |
| MARIANGOLA | 0.000 | FALSO |
| MINA | 0.000 | FALSO |

Fuente: Autores (2019).

Los resultados de la prueba de rachas, arrojaron que las series de datos hidrológicos no presentan aleatoriedad en ninguna de las estaciones estudiadas, esto se debe a que a diferencia de variables como la precipitación, el caudal de un cuerpo de agua depende de la relación de distintos factores que hacen que los datos sean más consistentes, algunos de estos factores pueden ser los parámetros físicos de la cuenca y el flujo base del cauce que se condicionan por la geología de la cuenca, cobertura vegetal condicionada por los periodos climáticos, capacidad de retención del suelo, características de acuíferos y otros parámetros cuya variabilidad o modificación periódica natural es mínima (son variables que modifican sus condiciones de forma transitoria).

### 2.7.2. Caracterización hidrológica a nivel de la cuenca

Partiendo de los análisis de zonas homogéneas se construye una base de validación para el desarrollo de los métodos de análisis hidrológico para determinar el comportamiento promedio de la cuenca, su respuesta ante los eventos máximos. En general, su respuesta hidrológica partiendo de análisis multianuales considerando como insumo principal las variables físicas de la cuenca como la cobertura de la superficie, el tipo de textura de sus suelos y variables climatológicas como registros históricos de precipitación con intervalos de 1 día, evapotranspiración media mensual por unidad hidrográfica.

Los análisis son desarrollados para cada unidad hidrográfica de nivel III pero sus resultados se enfocan en los puntos de salida de las unidades hidrográficas de nivel II y de las unidades abastecedoras de centros poblados. Sin embargo, el resultado de los puntos de confluencia entre unidades hidrográficas y cauces principales donde se presentan los efectos de transito de avenida, serán agrupados en tablas enfocando los caudales máximos históricos para cada punto.

#### 2.7.2.1. Análisis de curvas de duración de caudales (CDC) a partir de modelos paramétricos regionalizados por regresión múltiple de 3 variables independientes

Las CDC describen las características del flujo en una corriente y por tanto pueden ser empleadas en estudios de similitud hidrológica entre corrientes. La forma de la CDC es un indicativo del proceso de drenaje en la cuenca; una CDC que presenta una pendiente pronunciada (entre el percentil del 20% y el 70% de excedencia) representa una corriente

con gran variabilidad entre los caudales transportados lo que significa que su caudal proviene principalmente de la escorrentía superficial; una CDC con poca variabilidad en el rango de caudales representa una cuenca con procesos de almacenamiento subterráneo que dominan el flujo de la corriente y mantienen un caudal más estable en el tiempo (Searcy, 1963).

Analizadas las regiones y determinadas aquellas cuyas variables presentan homogeneidad, se procede al análisis de los resultados de las cuencas que cuentan con información medida en campo para por medio de la obtención de modelos paramétricos transponer el comportamiento de esas zonas a las unidades hidrográficas de nivel II objeto de estudio del presente POMCA que no cuentan con mediciones en campo.

Para las unidades hidrográficas identificadas como homogéneas según la Tabla 2-93 fueron seleccionados 16 percentiles de las CDC determinadas para cada cuenca con información. Para cada uno de los percentiles se selecciona el valor del caudal. Posterior a esto, para cada percentil seleccionado (0.01, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 20 ,30 ,40, 50, 60, 70, 80, 90, 95, 99%) se realizan regresiones múltiples a partir de 3 variables las cuales son: el área de la cuenca, la longitud total de drenajes y la longitud del cauce principal. Para este análisis se implementa la herramienta estadística Hidroesta.V2.

$$Qn_{Percentil} = \beta_1 * A^{\beta_2} * LTDP^{\beta_3} * LDCP^{\beta_4}$$

Donde:
A, Área de la cuenca en Km2
LTDP, Longitud total de drenaje en Km
B, Constantes de regresión según el percentil
LDCP, Longitud del cauce principal en Km

Los resultados se exponen en la Tabla 2-98, según el grupo de homogeneidad.

**Tabla 2-98. Constantes de regresión para la estimación de la CDC para cada unidad hidrográfica de Nivel II**

| Percentiles | Grupo 1 | | | | Grupo 2 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | β1 | β2 | β3 | β4 | β1 | β2 | β3 | β4 |
| **Q0.01** | 3.4112 | 0.2305 | 0.1522 | 0.2609 | 552.5919 | -0.1617 | -0.1999 | 0.1106 |
| **Q0.1** | 1.9821 | -0.2971 | 1.4596 | -1.4770 | 2.3601 | -0.2489 | 0.0695 | 1.1411 |
| **Q0.5** | 1.4220 | -0.5362 | 1.2376 | -0.7021 | 0.2259 | -0.8942 | 0.3257 | 2.1527 |
| **Q1.0** | 2.9920 | -0.1254 | 0.8349 | -0.8135 | 0.0786 | 1.0275 | 0.0198 | 0.0846 |
| **Q5.0** | 0.0675 | 0.1037 | 0.9600 | -0.6135 | 0.1288 | 0.4460 | 0.0567 | 0.4698 |
| **Q10** | 0.0946 | 0.6298 | 0.5532 | -0.8385 | 0.1195 | -0.1294 | 0.1589 | 1.0151 |
| **Q20** | 0.0012 | 1.1992 | 0.9283 | -1.4868 | 2.3257 | 0.3237 | -0.0052 | -0.4609 |
| **Q30** | 0.0008 | 1.4267 | 0.9474 | -1.8669 | 2.0446 | 0.2644 | 0.1819 | -0.8203 |
| **Q40** | 0.0003 | 1.3227 | 1.2943 | -2.1835 | 0.3354 | -0.4895 | 0.1690 | 0.7555 |
| **Q50** | 0.0003 | 1.1951 | 1.6543 | -2.7482 | 0.0687 | -1.3100 | 0.4423 | 1.8376 |
| **Q60** | 0.0002 | 1.1301 | 1.9932 | -3.2654 | 0.0175 | -2.0029 | 0.6595 | 2.7658 |
| **Q70** | 0.0002 | 0.9777 | 2.2886 | -3.7535 | 0.0033 | -3.1050 | 0.9955 | 4.1714 |
| **Q80** | 0.0001 | 1.1649 | 2.5818 | -4.4203 | 0.0011 | -2.9989 | 1.0767 | 4.0392 |
| **Q90** | 1.1E-05 | 1.3497 | 2.7853 | -4.7306 | 0.0010 | -3.9293 | 1.2876 | 4.8977 |
| **Q95** | 1.9E-05 | 1.3704 | 2.5777 | -4.5977 | 0.0003 | -4.8666 | 1.5185 | 6.1012 |
| **Q99** | 1.1014 | -0.6137 | 2.6697 | -5.1080 | 5.0E-06 | -5.6592 | 1.8527 | 7.5343 |

Fuente: Autores (2019).

Los resultados obtenidos mediante los análisis realizados fueron validados con las CDC de cada unidad hidrográfica que contaba con mediciones según el grupo homogéneo asignado. Los cuales se muestran en la Tabla 2-99 y Tabla 2-100.

**Tabla 2-99. Comparación de CDC medidas en campo y las generadas por los análisis de homogeneidad del grupo homogéneo 1**

| Concepto | Result. Ecuación Grupo 1 | | | Valores medidos en campo | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mina La | Corral de Piedra | Flores Las | Mina La | Corral de Piedra | Flores Las |
| **Q0.01** | 121.25 m3/s | 85.32 m3/s | 137.89 m3/s | 121.30 m3/s | 85.35 m3/s | 137.94 m3/s |
| **Q0.1** | 94.04 m3/s | 58.24 m3/s | 47.00 m3/s | 94.01 m3/s | 58.22 m3/s | 46.98 m3/s |
| **Q0.5** | 51.18 m3/s | 38.59 m3/s | 35.03 m3/s | 51.16 m3/s | 38.58 m3/s | 35.02 m3/s |
| **Q1.0** | 40.28 m3/s | 29.32 m3/s | 27.56 m3/s | 40.29 m3/s | 29.33 m3/s | 27.57 m3/s |
| **Q5.0** | 20.69 m3/s | 10.95 m3/s | 15.69 m3/s | 20.67 m3/s | 10.94 m3/s | 15.68 m3/s |
| **Q10** | 13.98 m3/s | 6.66 m3/s | 10.20 m3/s | 13.97 m3/s | 6.66 m3/s | 10.20 m3/s |
| **Q20** | 9.35 m3/s | 2.44 m3/s | 5.40 m3/s | 9.45 m3/s | 2.46 m3/s | 5.46 m3/s |
| **Q30** | 7.06 m3/s | 1.62 m3/s | 3.54 m3/s | 7.10 m3/s | 1.63 m3/s | 3.56 m3/s |
| **Q40** | 6.14 m3/s | 1.28 m3/s | 2.64 m3/s | 5.59 m3/s | 1.17 m3/s | 2.40 m3/s |
| **Q50** | 5.36 m3/s | 1.09 m3/s | 1.78 m3/s | 4.65 m3/s | 0.94 m3/s | 1.54 m3/s |

| Concepto | Result. Ecuación Grupo 1 | | | Valores medidos en campo | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mina La | Corral de Piedra | Flores Las | Mina La | Corral de Piedra | Flores Las |
| **Q60** | 4.67 m3/s | 0.87 m3/s | 1.22 m3/s | 3.90 m3/s | 0.73 m3/s | 1.02 m3/s |
| **Q70** | 2.84 m3/s | 0.54 m3/s | 0.59 m3/s | 3.12 m3/s | 0.60 m3/s | 0.65 m3/s |
| **Q80** | 3.53 m3/s | 0.54 m3/s | 0.56 m3/s | 2.56 m3/s | 0.39 m3/s | 0.41 m3/s |
| **Q90** | 1.81 m3/s | 0.22 m3/s | 0.25 m3/s | 1.89 m3/s | 0.23 m3/s | 0.27 m3/s |
| **Q95** | 1.19 m3/s | 0.16 m3/s | 0.18 m3/s | 1.26 m3/s | 0.17 m3/s | 0.19 m3/s |
| **Q99** | 0.10 m3/s | 0.07 m3/s | 0.01 m3/s | 0.10 m3/s | 0.07 m3/s | 0.01 m3/s |

Fuente: Autores (2019).

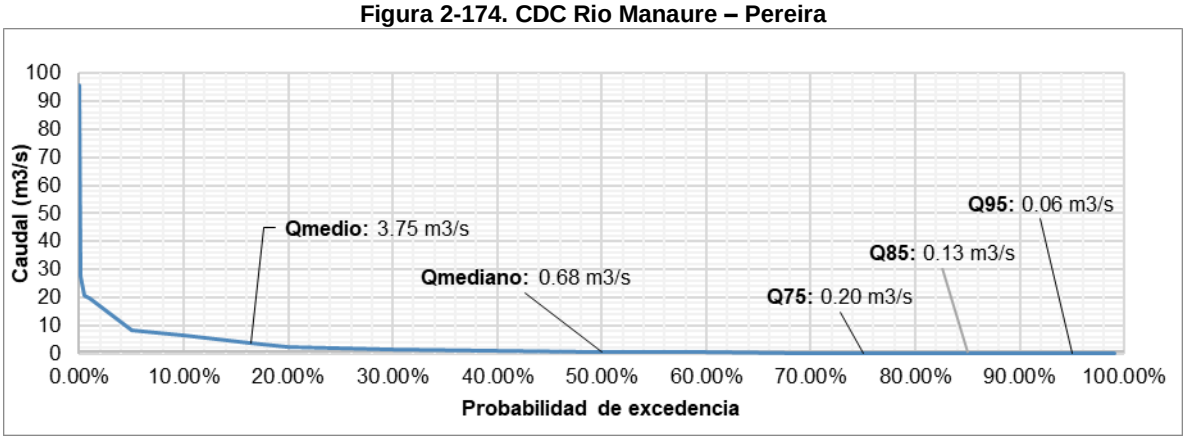
**Tabla 2-100. Comparación de CDC medidas en campo y las generadas por los análisis de homogeneidad del grupo homogéneo 2**

| Concepto | Result. Ecuación Grupo 1 | | Valores medidos en campo | |
|---|---|---|---|---|
| | Corral de Piedra | Mariangola | Corral de Piedra | Mariangola |
| **Q0.01** | 85.33 m3/s | 112.98 m3/s | 85.35 m3/s | 113.00 m3/s |
| **Q0.1** | 58.19 m3/s | 43.40 m3/s | 58.22 m3/s | 43.42 m3/s |
| **Q0.5** | 38.60 m3/s | 22.43 m3/s | 38.58 m3/s | 22.42 m3/s |
| **Q1.0** | 29.31 m3/s | 15.97 m3/s | 29.33 m3/s | 15.98 m3/s |
| **Q5.0** | 10.95 m3/s | 6.97 m3/s | 10.94 m3/s | 6.97 m3/s |
| **Q10** | 6.66 m3/s | 4.37 m3/s | 6.66 m3/s | 4.37 m3/s |
| **Q20** | 2.46 m3/s | 2.39 m3/s | 2.46 m3/s | 2.39 m3/s |
| **Q30** | 1.63 m3/s | 1.48 m3/s | 1.63 m3/s | 1.48 m3/s |
| **Q40** | 1.17 m3/s | 1.00 m3/s | 1.17 m3/s | 1.00 m3/s |
| **Q50** | 0.94 m3/s | 0.66 m3/s | 0.94 m3/s | 0.66 m3/s |
| **Q60** | 0.73 m3/s | 0.44 m3/s | 0.73 m3/s | 0.44 m3/s |
| **Q70** | 0.59 m3/s | 0.29 m3/s | 0.60 m3/s | 0.29 m3/s |
| **Q80** | 0.38 m3/s | 0.17 m3/s | 0.39 m3/s | 0.17 m3/s |
| **Q90** | 0.22 m3/s | 0.10 m3/s | 0.23 m3/s | 0.10 m3/s |
| **Q95** | 0.16 m3/s | 0.06 m3/s | 0.17 m3/s | 0.07 m3/s |
| **Q99** | 0.07 m3/s | 0.02 m3/s | 0.07 m3/s | 0.02 m3/s |

Fuente: Autores (2019).

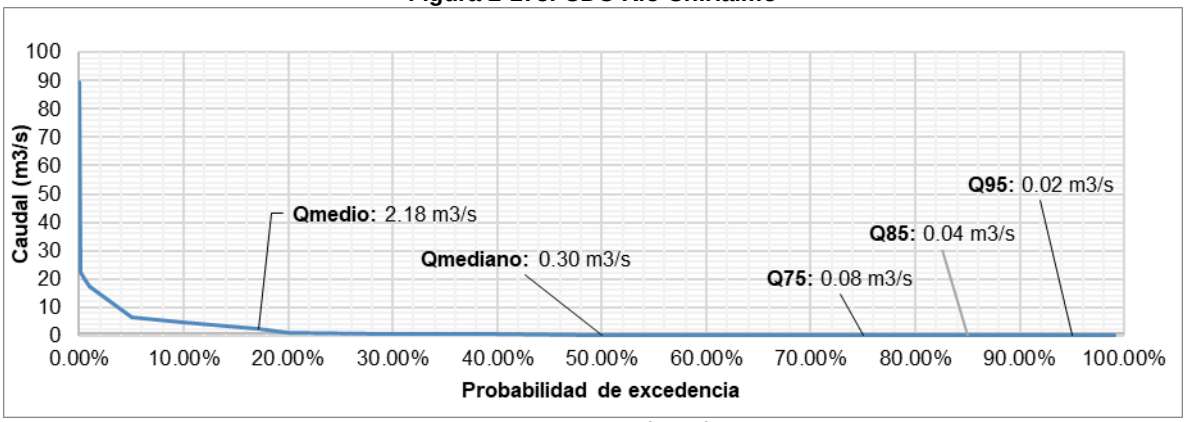
Los resultados de cada una de las expresiones matemáticas establecidas para cada percentil y grupo hidrológico se ajustan perfectamente a los valores tomados en campo, por lo que se realiza la misma estimación para las unidades hidrográficas de nivel II. (ver Figura 2-174, Figura 2-175 y Figura 2-176).

**Figura 2-174. CDC Rio Manaure – Pereira**



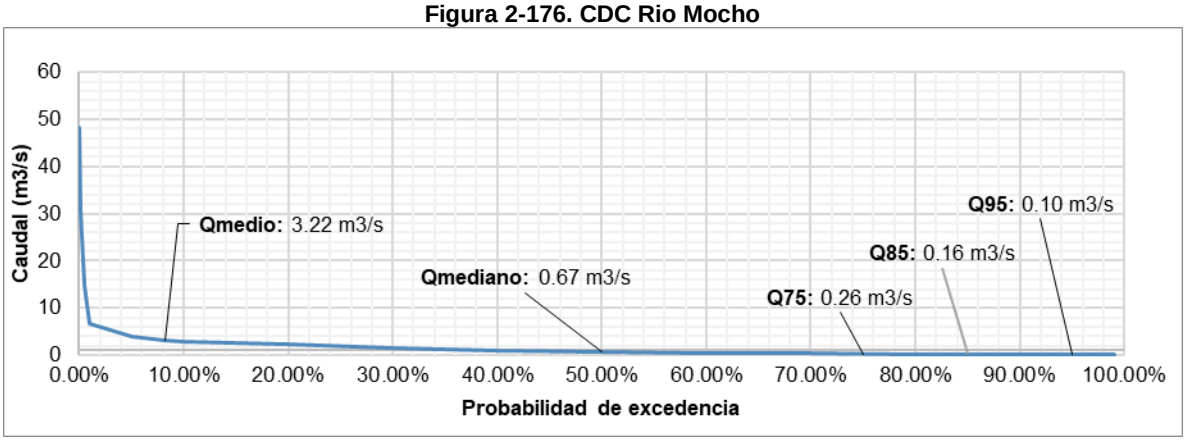

Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-175. CDC Rio Chiriaimo**




Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-176. CDC Rio Mocho**



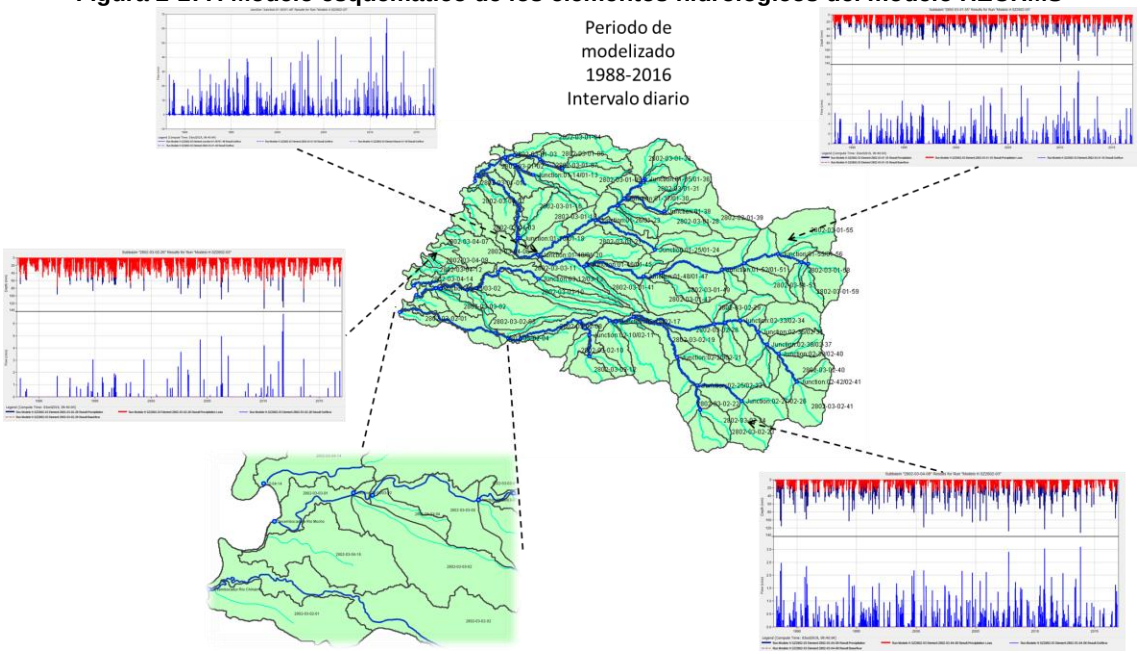

Fuente: Autores (2019).

Para cada unidad hidrográfica de nivel II se establecieron variables como caudal medio, caudal mediano y el caudal para los percentiles 75, 85 y 95, los cuales según el ENA 2014, corresponden los percentiles 75 y 85 al caudal ambiental según el rango de IRH al que se categorizo la unidad hidrológica evaluada, mientras que la resolución 330 en su artículo 49, establece el percentil 95 como requerimiento para la estimación de la suficiencia como requisito de captación de fuentes superficiales.

### 2.7.2.2. Modelizado hidrológico continuo de las unidades hidrográficas de nivel III

Para el análisis hidrológico de las unidades hidrográficas de nivel III se emplea el modelo numérico Hec-Hms (Hydrologic Modeling System) en su versión 4.3 (ver Figura 2-177) el cual es un modelo de relación lluvia-escorrentía, desarrollado por el Hydrologic Engineering Center (HEC) del U.S. Army Corps of Engineers (USACE), que está diseñado para la simulación de la red de drenaje de una cuenca bajo condiciones determinadas de lluvias especificas o modelos continuos. Los componentes de este se basan en relaciones matemáticas simples que tratan de representar los procesos que intervienen en la generación y circulación del agua en la cuenca (Procesos del ciclo hídrico): pérdidas, transformación del exceso de lluvia en caudal de salida de la cuenca, adición del flujo base, tránsito de avenida, evapotranspiración, etc.

**Figura 2-177. Modelo esquemático de los elementos hidrológicos del modelo HECHMS**




Fuente: Autores (2019).

Para alimentar el modelo computacional, fue necesaria la construcción de los INPUTS requeridos por los métodos seleccionados siguiendo los siguientes pasos:

- **Información base del modelo**

La información base del modelo consiste en todos los elementos principales que conforman la unidad hidrográfica evaluada, elementos que representan las cuencas y su conectividad por medio de la red de drenaje. En estos elementos o componentes del modelo se introducen las principales variables físicas estimadas para cada unidad hidrográfica de nivel III, variables como su área, métodos de estimación de perdidas, métodos de transformación del escurrimiento, ETC.

  - Métodos de estimación de pérdidas

Los modelos hidrológicos continuos a diferencia de los modelos de eventos específicos intentan simular la evaluación de toda la respuesta hidrológica de la cuenca, estimando que parte de la precipitación queda retenida en la superficie y es aprovechada por la vegetación, que parte es infiltrada y alimenta los acuíferos y la otra parte genera escurrimiento superficial. El modelo continuo considera que la cantidad de agua que puede almacenar el suelo en épocas de lluvia es evaporada y consumida por la vegetación (evapotranspiración) y escurrida por los acuíferos en los periodos donde no hay lluvia. Para la estimación de este comportamiento fue utilizado el método de Deficit y perdidas constantes (método contenido en la galería de métodos propuestos por Hms). El Déficit And Constant Loss es un método que considera solamente el almacenamiento en el suelo como un depósito único en el que se infiltra el agua que no produce escurrimiento directo para posterior a ello, en periodos de no precipitación se produzca la evapotranspiración utilizando dicha reserva de agua.

Los insumos de este método consisten en un déficit inicial que representa la cantidad de agua requerida para llegar a la capacidad máxima de almacenamiento. El segundo insumo es la capacidad máxima de almacenamiento del suelo. Un tercer insumo que corresponde a la velocidad de infiltración media en mm/hr considerando la saturación del suelo y finalmente el % de áreas impermeables de la cuenca donde se evalúan las perdidas por este método.

El primer y segundo insumo es estimado relacionando esta metodología con los valores de numero de curvas, metodología propuesta por el SCS que permite estimar la abstracción inicial o umbral de escorrentía (Po) que representa la cantidad de precipitación a partir de la cual el terreno no es capaz de infiltrar más agua y ésta fluye sobre la superficie en un flujo difuso.

$$\mathrm{Po} = 0.2\left(\frac{25400}{(CN)} - 254\right)$$

Dentro de la ecuación anterior se encuentra la variable CN, que hace representación al número de curvas del cual se deriva el nombre del método. Este número de curvas se encuentra establecido para distintas relaciones entre tipos de suelo y cobertura de la superficie, contando con valores mínimos de 30 a 99.

El suelo puede ser agrupado en un grupo o tipo hidrológico de suelo, representado por las letras A, B, C y D, que se definen de distintas maneras como se describe a continuación.

Por su potencial de escorrentía y clasificándose como: Bajo potencial de Escorrentía Tipo A. Moderadamente bajo potencial de Escorrentía Tipo B. Moderadamente alto potencial de Escorrentía Tipo C. Alto potencial de Escorrentía Tipo D.

Por las características del tipo de suelo: Tipo A: Son suelos que tienen altas tasas de infiltración aun cuando están húmedos, consistentes principalmente en arenas o gravas profundas y excesivamente drenadas, estos suelos tienen una alta tasa de transmisión de aguas. Tipo B: Suelos con tasa de infiltración moderada cuando están húmedos, son suelos con texturas moderadamente gruesa y fina relacionado con suelos franco-arenosos. Tipo C: Suelos con tasas de infiltración lenta cuando se encuentran húmedos, principalmente con una capa que impide el movimiento de agua hacia abajo, textura moderadamente fina relacionadas con suelos franco-arcillosos. Tipo D: Suelos que poseen una tasa de infiltración excesivamente lenta aun estando húmedos, relacionados principalmente a suelos arcillosos.

Las relaciones entre la cobertura y el tipo de suelo han sido muy estudiadas en el campo de la hidrología, por lo que existen tablas que cuentan con valores resultantes de la relación entre el tipo de suelo y su clasificación hidrológica y la cobertura sobre este suelo. En la Figura 2-178 podemos observar una lista de referencia de valores de numero de curvas relacionando las condiciones anteriormente descritas.

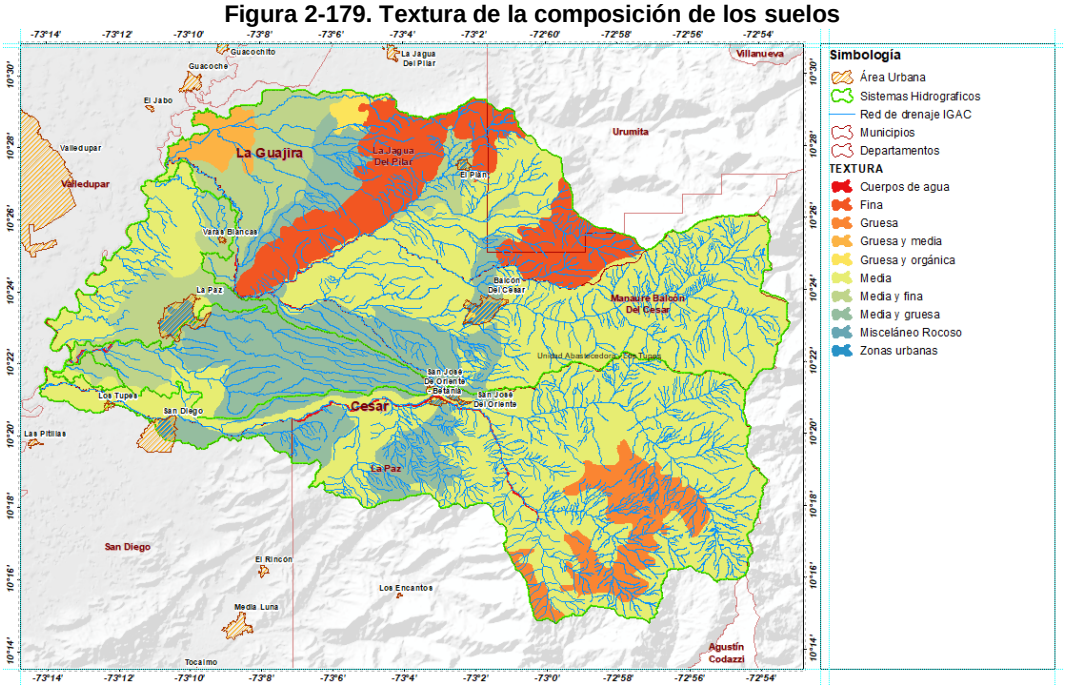
**Figura 2-178. Valores del número de curvas (CN)**

| Tipo de vegetación | Condición Hidrológica | Tipo de suelo | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | A | B | C | D |
| Barbecho | - | 77 | 86 | 91 | 94 |
| | Pobre | 76 | 85 | 90 | 93 |
| | Buena | 74 | 83 | 88 | 90 |
| Cultivos alineados | Pobre | 72 | 81 | 88 | 91 |
| | Buena | 67 | 78 | 85 | 89 |
| | Pobre | 71 | 80 | 87 | 90 |
| | Buena | 64 | 75 | 82 | 85 |
| | Pobre | 70 | 79 | 84 | 88 |
| | Buena | 65 | 75 | 82 | 86 |
| | Pobre | 69 | 78 | 83 | 87 |
| | Buena | 64 | 74 | 81 | 85 |
| | Pobre | 66 | 74 | 80 | 82 |
| | Buena | 62 | 71 | 78 | 81 |
| | Pobre | 65 | 73 | 79 | 81 |
| | Buena | 61 | 70 | 77 | 80 |
| Cultivos no alineados, o con surcos pequeños o mal definidos | Pobre | 65 | 76 | 84 | 88 |
| | Buena | 63 | 75 | 83 | 87 |
| | Pobre | 64 | 75 | 83 | 86 |
| | Buena | 60 | 72 | 80 | 84 |
| | Pobre | 63 | 74 | 82 | 85 |
| | Buena | 61 | 73 | 81 | 84 |
| | Pobre | 62 | 73 | 81 | 84 |
| | Buena | 60 | 72 | 80 | 83 |
| | Pobre | 61 | 72 | 79 | 82 |
| | Buena | 59 | 70 | 78 | 81 |
| | Pobre | 60 | 71 | 78 | 81 |
| | Buena | 58 | 69 | 77 | 80 |
| Cultivos densos de leguminosas o prados en alternancia | Pobre | 66 | 77 | 85 | 89 |
| | Buena | 58 | 72 | 81 | 85 |
| | Pobre | 64 | 75 | 83 | 85 |
| | Buena | 55 | 69 | 78 | 83 |
| | Pobre | 63 | 73 | 80 | 83 |
| | Buena | 51 | 67 | 76 | 80 |
| Pastizales o pastos naturales | Pobres | 68 | 79 | 86 | 89 |
| | Regulares | 49 | 69 | 79 | 84 |
| | Buenas | 39 | 61 | 74 | 80 |
| Pastizales | Pobres | 47 | 67 | 81 | 88 |
| | Regulares | 25 | 59 | 75 | 83 |
| | Buenas | 6 | 35 | 70 | 79 |
| Prados permanentes | - | 30 | 58 | 71 | 78 |
| Matorral-herbazal, siendo el matorral preponderante | Pobres | 48 | 67 | 77 | 83 |
| | Regulares | 35 | 56 | 70 | 77 |
| | Buenas | ≤30 | 48 | 65 | 73 |
| Combinación de arbolado y herbazal, cultivos agrícolas leñosos | Pobres | 57 | 73 | 82 | 86 |
| | Regulares | 43 | 65 | 76 | 82 |
| | Buenas | 32 | 58 | 72 | 79 |
| Montes con pastos (aprovechamientos silvopastorales) | Pobres | 45 | 66 | 77 | 83 |
| | Regulares | 36 | 60 | 73 | 79 |
| | Buenas | 25 | 55 | 70 | 77 |
| Bosques | I Muy pobre | 56 | 75 | 86 | 91 |
| | II Pobre | 46 | 68 | 78 | 84 |
| | III Regular | 36 | 60 | 70 | 76 |
| | IV Buena | 26 | 52 | 63 | 69 |
| | V Muy buena | 15 | 44 | 54 | 61 |
| Caseríos | - | 59 | 74 | 82 | 86 |
| Caminos en tierra | - | 72 | 82 | 87 | 89 |
| Caminos con firme | - | 74 | 84 | 90 | 9 |

Fuente: Handbook of Hydrology.

Para la generación del mapa de numero de curvas fue necesario realizar una superposición entre mapas con características física del suelo (ver Figura 2-179) y mapas de cobertura (ver Figura 2-268).

**Figura 2-179. Textura de la composición de los suelos**




Fuente: Autores (2019).

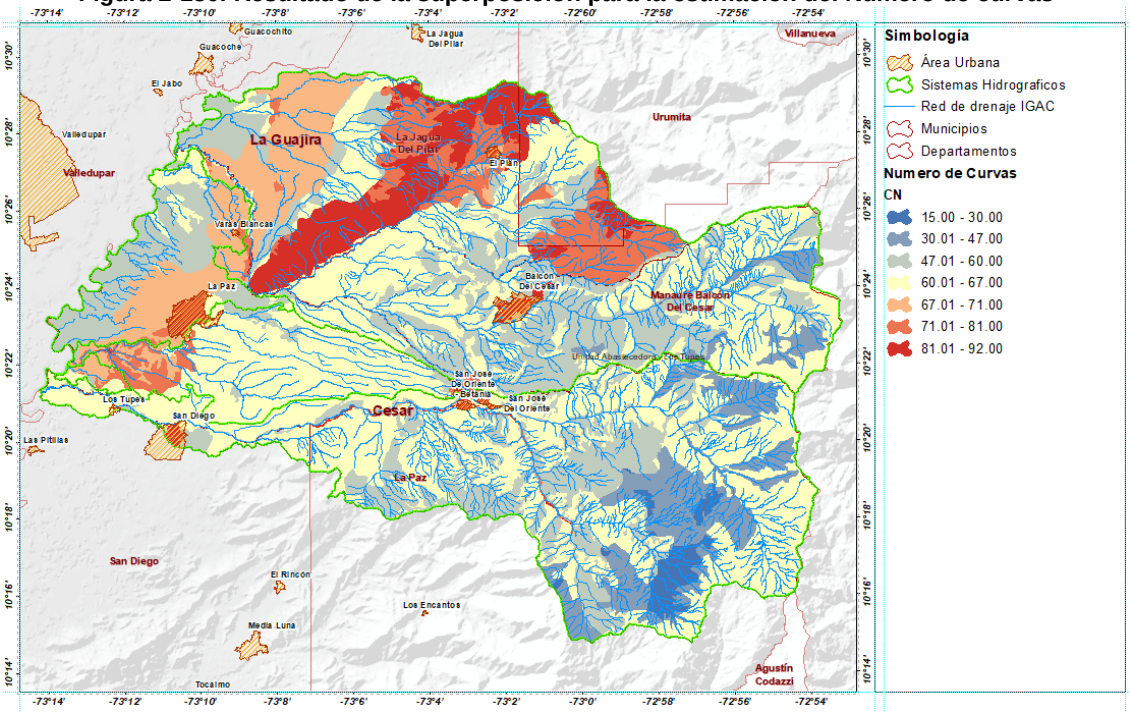
A partir de la superposición de estos mapas es posible relacionar los resultados con los propuestos en la Figura 2-178. Por último, el número de curva asignado a cada zona se corrige para considerar la pendiente de la cuenca y las condiciones hidrológicas del suelo para eventos continuos. Dicha corrección se realiza con la expresión de Arnold (Arnold J.R. et al. Soil and Water Assesment Tool – Theorical Documentation. Version 2001. Agricultural Research Service, Texas Agricultural Experiment Station- Temple (Texas), april 2001).

$$CN = \frac{CN_{III} - CN_{II}}{3} * (1 - 2 * e^{-13{,}86 \cdot s}) + CN_{II} \qquad CN_{iI} = \frac{23 * CN_{II}}{0.13 * CN_{II}}$$

Donde:
CN= Valor de número de curva ajustado
CN II= Número de curva condición humedad antecedente media (Asignado por la tabla) Para la estimación de los números de curvas para condiciones de humedad alta, se emplean las expresiones matemáticas propuestas por Chow (1984)
CN III= Número de la curva condición de humedad antecedente alta
S= Pendiente de la cuenca (%)

A continuación, se muestra el resultado de la superposición de los mapas mencionados anteriormente. (ver Figura 2-180).

**Figura 2-180. Resultado de la superposición para la estimación del Numero de curvas**




Fuente: Autores (2019).

Seguidamente en la Tabla 2-101 se muestran los resultados de los procesos antes descritos para determinar la abstracción inicial para cada unidad hidrográfica de nivel III.

**Tabla 2-101. Abstracción inicial para cada unidad hidrográfica de nivel III**

| Código | S Media | CNII | CnI | CnIII | Cn Corregido | Po |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01-01 | 5.39 % | 62.98 | 41.7 | 79.6 | 68.5 | **23.3** |
| 2802-03-01-02 | 3.17 % | 58.52 | 37.2 | 76.4 | 64.5 | **28.0** |
| 2802-03-01-03 | 3.09 % | 61.5 | 40.2 | 78.6 | 67.2 | **24.8** |
| 2802-03-01-04 | 9.05 % | 72.44 | 52.5 | 85.8 | 76.9 | **15.3** |
| 2802-03-01-05 | 2.19 % | 70.88 | 50.6 | 84.8 | 75.5 | **16.5** |
| 2802-03-01-06 | 3.07 % | 70.25 | 49.8 | 84.5 | 75.0 | **16.9** |
| 2802-03-01-07 | 2.60 % | 70.63 | 50.2 | 84.7 | 75.3 | **16.6** |
| 2802-03-01-08 | 15.72 % | 72.06 | 52.0 | 85.6 | 76.6 | **15.5** |
| 2802-03-01-09 | 25.38 % | 75.53 | 56.5 | 87.7 | 79.6 | **13.0** |
| 2802-03-01-10 | 2.53 % | 58.57 | 37.3 | 76.5 | 64.5 | **27.9** |

| Código | S Media | CNII | CnI | CnIII | Cn Corregido | Po |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01-11 | 1.73 % | 68.93 | 48.2 | 83.6 | 73.8 | **18.0** |
| 2802-03-01-12 | 2.32 % | 65.19 | 44.0 | 81.2 | 70.5 | **21.2** |
| 2802-03-01-13 | 11.85 % | 69.83 | 49.3 | 84.2 | 74.6 | **17.3** |
| 2802-03-01-14 | 19.15 % | 72.59 | 52.7 | 85.9 | 77.0 | **15.2** |
| 2802-03-01-15 | 7.38 % | 68.85 | 48.1 | 83.6 | 73.8 | **18.1** |
| 2802-03-01-16 | 4.88 % | 69.16 | 48.5 | 83.8 | 74.0 | **17.8** |
| 2802-03-01-17 | 27.62 % | 76.82 | 58.2 | 88.4 | 80.7 | **12.2** |
| 2802-03-01-18 | 25.98 % | 76.53 | 57.8 | 88.2 | 80.4 | **12.4** |
| 2802-03-01-19 | 17.38 % | 76.45 | 57.7 | 88.2 | 80.4 | **12.4** |
| 2802-03-01-20 | 24.52 % | 81.37 | 64.7 | 90.9 | 84.6 | **9.3** |
| 2802-03-01-21 | 24.27 % | 66.07 | 45.0 | 81.7 | 71.3 | **20.5** |
| 2802-03-01-22 | 28.22 % | 82.55 | 66.5 | 91.6 | 85.6 | **8.6** |
| 2802-03-01-23 | 25.90 % | 63.19 | 41.9 | 79.8 | 68.7 | **23.1** |
| 2802-03-01-24 | 21.32 % | 64.16 | 42.9 | 80.5 | 69.6 | **22.2** |
| 2802-03-01-25 | 40.62 % | 70.81 | 50.5 | 84.8 | 75.5 | **16.5** |
| 2802-03-01-26 | 25.05 % | 78.86 | 61.0 | 89.6 | 82.4 | **10.8** |
| 2802-03-01-27 | 23.49 % | 63.01 | 41.7 | 79.7 | 68.6 | **23.3** |
| 2802-03-01-28 | 29.87 % | 68.67 | 47.9 | 83.4 | 73.6 | **18.2** |
| 2802-03-01-29 | 22.21 % | 84.56 | 69.7 | 92.6 | 87.3 | **7.4** |
| 2802-03-01-30 | 16.77 % | 81.93 | 65.6 | 91.2 | 85.0 | **8.9** |
| 2802-03-01-31 | 27.61 % | 73.58 | 53.9 | 86.5 | 77.9 | **14.4** |
| 2802-03-01-32 | 17.56 % | 83.25 | 67.6 | 92.0 | 86.2 | **8.2** |
| 2802-03-01-33 | 15.20 % | 86.18 | 72.4 | 93.5 | 88.6 | **6.5** |
| 2802-03-01-34 | 7.58 % | 81 | 64.2 | 90.7 | 84.2 | **9.5** |
| 2802-03-01-35 | 33.00 % | 80.43 | 63.3 | 90.4 | 83.8 | **9.8** |
| 2802-03-01-36 | 12.20 % | 83.46 | 67.9 | 92.1 | 86.3 | **8.0** |
| 2802-03-01-37 | 24.21 % | 69.13 | 48.5 | 83.7 | 74.0 | **17.8** |
| 2802-03-01-38 | 30.11 % | 66.37 | 45.3 | 81.9 | 71.6 | **20.2** |
| 2802-03-01-39 | 51.66 % | 74.91 | 55.6 | 87.3 | 79.0 | **13.5** |
| 2802-03-01-40 | 22.14 % | 66.78 | 45.8 | 82.2 | 71.9 | **19.8** |
| 2802-03-01-41 | 26.06 % | 60.07 | 38.7 | 77.6 | 65.9 | **26.3** |
| 2802-03-01-42 | 14.76 % | 66.29 | 45.2 | 81.9 | 71.5 | **20.3** |
| 2802-03-01-43 | 25.64 % | 66.49 | 45.5 | 82.0 | 71.7 | **20.1** |
| 2802-03-01-44 | 27.22 % | 60.79 | 39.4 | 78.1 | 66.6 | **25.5** |
| 2802-03-01-45 | 28.51 % | 63.9 | 42.6 | 80.3 | 69.4 | **22.4** |
| 2802-03-01-46 | 21.05 % | 64.25 | 43.0 | 80.5 | 69.7 | **22.1** |

| Código | S Media | CNII | CnI | CnIII | Cn Corregido | Po |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01-47 | 37.59 % | 59.83 | 38.5 | 77.4 | 65.7 | **26.5** |
| 2802-03-01-48 | 14.43 % | 70.87 | 50.5 | 84.8 | 75.5 | **16.5** |
| 2802-03-01-49 | 44.60 % | 59.05 | 37.7 | 76.8 | 65.0 | **27.4** |
| 2802-03-01-50 | 44.67 % | 60.78 | 39.4 | 78.1 | 66.6 | **25.5** |
| 2802-03-01-51 | 64.06 % | 61.59 | 40.2 | 78.7 | 67.3 | **24.7** |
| 2802-03-01-52 | 65.82 % | 63.17 | 41.9 | 79.8 | 68.7 | **23.1** |
| 2802-03-01-53 | 53.45 % | 60.94 | 39.6 | 78.2 | 66.7 | **25.4** |
| 2802-03-01-54 | 74.73 % | 65.03 | 43.9 | 81.1 | 70.4 | **21.4** |
| 2802-03-01-55 | 60.92 % | 61.03 | 39.7 | 78.3 | 66.8 | **25.3** |
| 2802-03-01-56 | 71.85 % | 64.52 | 43.3 | 80.7 | 69.9 | **21.9** |
| 2802-03-01-57 | 36.20 % | 66.66 | 45.6 | 82.1 | 71.8 | **19.9** |
| 2802-03-01-58 | 60.72 % | 66.98 | 46.0 | 82.3 | 72.1 | **19.7** |
| 2802-03-01-59 | 35.20 % | 59.35 | 38.0 | 77.1 | 65.3 | **27.1** |
| 2802-03-01-60 | 47.17 % | 60.48 | 39.1 | 77.9 | 66.3 | **25.8** |
| 2802-03-02-01 | 4.04 % | 66.64 | 45.6 | 82.1 | 71.8 | **20.0** |
| 2802-03-02-02 | 2.73 % | 66.13 | 45.1 | 81.8 | 71.3 | **20.4** |
| 2802-03-02-03 | 18.07 % | 66.41 | 45.4 | 82.0 | 71.6 | **20.2** |
| 2802-03-02-04 | 3.34 % | 64.86 | 43.7 | 80.9 | 70.2 | **21.5** |
| 2802-03-02-05 | 14.16 % | 66.92 | 45.9 | 82.3 | 72.0 | **19.7** |
| 2802-03-02-06 | 6.09 % | 64.64 | 43.4 | 80.8 | 70.0 | **21.7** |
| 2802-03-02-07 | 30.46 % | 66.62 | 45.6 | 82.1 | 71.8 | **20.0** |
| 2802-03-02-08 | 16.54 % | 64.99 | 43.8 | 81.0 | 70.3 | **21.4** |
| 2802-03-02-09 | 36.91 % | 66.44 | 45.4 | 82.0 | 71.6 | **20.1** |
| 2802-03-02-10 | 30.38 % | 66.44 | 45.4 | 82.0 | 71.6 | **20.1** |
| 2802-03-02-11 | 31.47 % | 63.79 | 42.5 | 80.2 | 69.3 | **22.5** |
| 2802-03-02-12 | 29.35 % | 60.98 | 39.6 | 78.2 | 66.7 | **25.3** |
| 2802-03-02-13 | 36.83 % | 63.46 | 42.2 | 80.0 | 69.0 | **22.9** |
| 2802-03-02-14 | 29.61 % | 65.47 | 44.3 | 81.3 | 70.8 | **21.0** |
| 2802-03-02-15 | 32.86 % | 64.59 | 43.4 | 80.8 | 70.0 | **21.8** |
| 2802-03-02-16 | 13.73 % | 66.38 | 45.3 | 82.0 | 71.6 | **20.2** |
| 2802-03-02-17 | 45.07 % | 62.13 | 40.8 | 79.1 | 67.8 | **24.2** |
| 2802-03-02-18 | 24.69 % | 69.69 | 49.1 | 84.1 | 74.5 | **17.4** |
| 2802-03-02-19 | 54.51 % | 65.29 | 44.1 | 81.2 | 70.6 | **21.2** |
| 2802-03-02-20 | 46.05 % | 58.95 | 37.6 | 76.8 | 64.9 | **27.5** |
| 2802-03-02-21 | 62.73 % | 63.55 | 42.3 | 80.0 | 69.0 | **22.8** |
| 2802-03-02-22 | 59.14 % | 59.8 | 38.5 | 77.4 | 65.7 | **26.6** |

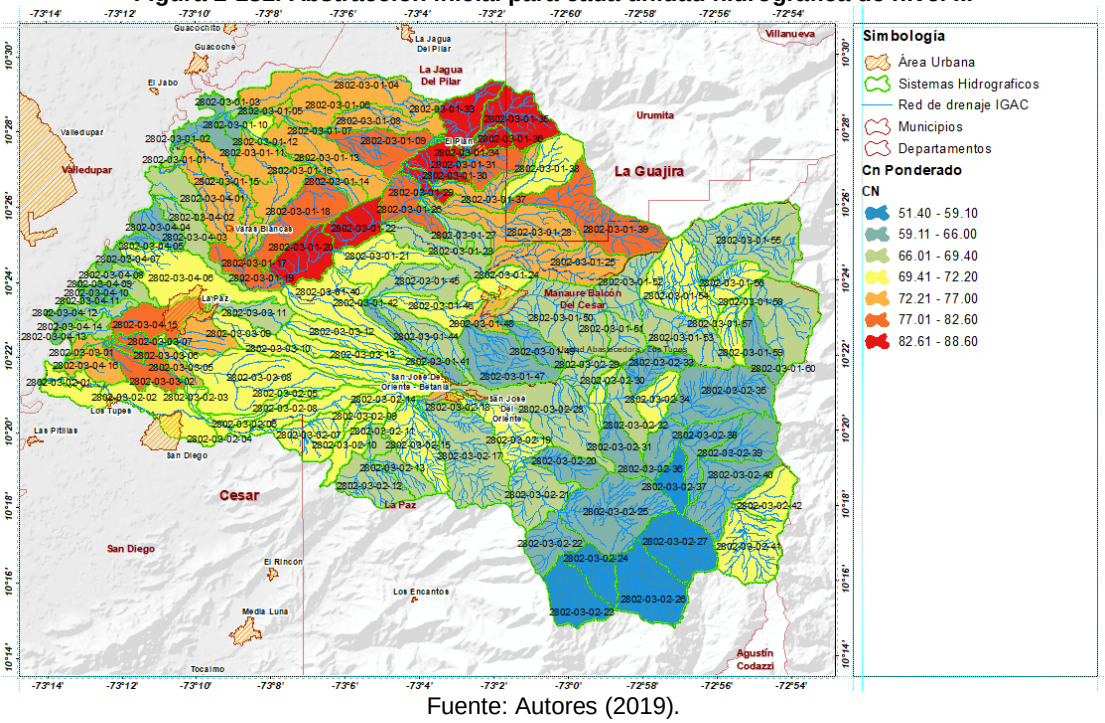
| Código | S Media | CNII | CnI | CnIII | Cn Corregido | Po |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-02-23 | 50.73 % | 52.73 | 31.9 | 72.0 | 59.1 | **35.1** |
| 2802-03-02-24 | 46.39 % | 51.98 | 31.3 | 71.3 | 58.4 | **36.1** |
| 2802-03-02-25 | 46.92 % | 56.32 | 35.1 | 74.8 | 62.5 | **30.5** |
| 2802-03-02-26 | 45.50 % | 46.71 | 26.9 | 66.8 | 53.4 | **44.3** |
| 2802-03-02-27 | 53.16 % | 45.8 | 26.2 | 66.0 | 52.5 | **45.9** |
| 2802-03-02-28 | 47.95 % | 62.91 | 41.6 | 79.6 | 68.5 | **23.4** |
| 2802-03-02-29 | 44.11 % | 63.72 | 42.5 | 80.2 | 69.2 | **22.6** |
| 2802-03-02-30 | 57.85 % | 64.88 | 43.7 | 80.9 | 70.2 | **21.5** |
| 2802-03-02-31 | 41.89 % | 54.81 | 33.7 | 73.6 | 61.1 | **32.4** |
| 2802-03-02-32 | 46.89 % | 62.54 | 41.2 | 79.3 | 68.1 | **23.8** |
| 2802-03-02-33 | 64.00 % | 57.21 | 36.0 | 75.5 | 63.3 | **29.5** |
| 2802-03-02-34 | 57.03 % | 64.27 | 43.0 | 80.5 | 69.7 | **22.1** |
| 2802-03-02-35 | 59.06 % | 55.55 | 34.4 | 74.2 | 61.8 | **31.4** |
| 2802-03-02-36 | 45.87 % | 57.21 | 36.0 | 75.5 | 63.3 | **29.5** |
| 2802-03-02-37 | 43.07 % | 44.64 | 25.3 | 65.0 | 51.4 | **48.0** |
| 2802-03-02-38 | 47.59 % | 59.13 | 37.8 | 76.9 | 65.1 | **27.3** |
| 2802-03-02-39 | 61.14 % | 57.13 | 35.9 | 75.4 | 63.2 | **29.6** |
| 2802-03-02-40 | 50.78 % | 56.2 | 35.0 | 74.7 | 62.4 | **30.7** |
| 2802-03-02-41 | 46.08 % | 65.72 | 44.6 | 81.5 | 71.0 | **20.8** |
| 2802-03-02-42 | 43.84 % | 66.96 | 46.0 | 82.3 | 72.1 | **19.7** |
| 2802-03-03-01 | 3.49 % | 71.51 | 51.3 | 85.2 | 76.1 | **16.0** |
| 2802-03-03-02 | 2.52 % | 76.29 | 57.5 | 88.1 | 80.2 | **12.5** |
| 2802-03-03-03 | 5.03 % | 79.02 | 61.3 | 89.7 | 82.6 | **10.7** |
| 2802-03-03-04 | 1.61 % | 77.2 | 58.7 | 88.6 | 81.0 | **11.9** |
| 2802-03-03-05 | 3.20 % | 75.83 | 56.9 | 87.8 | 79.8 | **12.8** |
| 2802-03-03-06 | 5.52 % | 70.86 | 50.5 | 84.8 | 75.5 | **16.5** |
| 2802-03-03-07 | 3.61 % | 66.8 | 45.8 | 82.2 | 71.9 | **19.8** |
| 2802-03-03-08 | 17.54 % | 67.12 | 46.2 | 82.4 | 72.2 | **19.5** |
| 2802-03-03-09 | 6.24 % | 68.41 | 47.6 | 83.3 | 73.4 | **18.4** |
| 2802-03-03-10 | 24.76 % | 67.06 | 46.1 | 82.4 | 72.2 | **19.6** |
| 2802-03-03-11 | 13.08 % | 63.12 | 41.8 | 79.7 | 68.7 | **23.2** |
| 2802-03-03-12 | 24.94 % | 64.86 | 43.7 | 80.9 | 70.2 | **21.5** |
| 2802-03-03-13 | 29.54 % | 66.39 | 45.3 | 82.0 | 71.6 | **20.2** |
| 2802-03-04-01 | 2.44 % | 68.58 | 47.8 | 83.4 | 73.5 | **18.3** |
| 2802-03-04-02 | 2.40 % | 61.78 | 40.4 | 78.8 | 67.5 | **24.5** |
| 2802-03-04-03 | 2.00 % | 62.13 | 40.8 | 79.1 | 67.8 | **24.2** |

| Código | S Media | CNII | CnI | CnIII | Cn Corregido | Po |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-04-04 | 3.69 % | 59.1 | 37.8 | 76.9 | 65.0 | **27.3** |
| 2802-03-04-05 | 3.51 % | 58.21 | 36.9 | 76.2 | 64.2 | **28.3** |
| 2802-03-04-06 | 3.80 % | 66.21 | 45.1 | 81.8 | 71.4 | **20.3** |
| 2802-03-04-07 | 3.65 % | 58.75 | 37.4 | 76.6 | 64.7 | **27.7** |
| 2802-03-04-08 | 2.25 % | 63.55 | 42.3 | 80.0 | 69.0 | **22.8** |
| 2802-03-04-09 | 2.61 % | 59.16 | 37.8 | 76.9 | 65.1 | **27.3** |
| 2802-03-04-10 | 2.60 % | 58.05 | 36.8 | 76.1 | 64.1 | **28.5** |
| 2802-03-04-11 | 2.99 % | 59.48 | 38.1 | 77.1 | 65.4 | **26.9** |
| 2802-03-04-12 | 1.96 % | 63.03 | 41.7 | 79.7 | 68.6 | **23.3** |
| 2802-03-04-13 | 3.64 % | 60.13 | 38.8 | 77.6 | 66.0 | **26.2** |
| 2802-03-04-14 | 2.78 % | 60.52 | 39.2 | 77.9 | 66.3 | **25.8** |
| 2802-03-04-15 | 3.08 % | 77.43 | 59.0 | 88.8 | 81.2 | **11.8** |
| 2802-03-04-16 | 2.46 % | 71.01 | 50.7 | 84.9 | 75.6 | **16.4** |

Fuente: Autores (2019).

A continuación, se muestra la distribución espacial de los valores descritos en la tabla anterior. (ver Figura 2-181).

**Figura 2-181. Abstracción inicial para cada unidad hidrográfica de nivel III**




Fuente: Autores (2019).

La abstracción inicial la podemos definir como el proceso que determina que una fracción de la lluvia total no contribuya a la escorrentía superficial por: infiltrarse; evapotranspirarse; ser interceptada por la vegetación; quedar almacenada en depresiones de la superficie topográfica etc., en la Figura 2-181 podemos observar que el mayor nivel de abstracción o capacidad de infiltración de agua en el suelo se presenta en la zona baja de la cuenca, mientras que en la zona alta es menor, esto puede presentarse en gran parte por la topografía de las zonas, en la parte alta de la cuenca se presenta un relieve montañoso con pendientes considerables, lo que provoca una mayor velocidad a la escorrentía y por lo tanto un menor tiempo para que esta pueda infiltrarse, mientras que la parte baja de la cuenca en una zona plana sin muchas pendientes lo que provoca una escorrentía más lenta con encharcamiento en algunos lugares.

- Métodos de estimación de la retención de agua en el follaje

La metodología propuesta para la evaluación de las perdidas en modelos continuaos propuesta para el análisis hidrológico de la subzona hidrográfica cuenta con una limitante que es la estimación de la evapotranspiración durante los periodos evaluados (meses continuos del periodo en años evaluado), ya que el método de déficit de pérdida constante como se mencionó anteriormente está constituido por la porción de agua que infiltra en el suelo considerando la capacidad máxima de almacenamiento y la velocidad de infiltración sin considerar la evapotranspiración.

Para la estimación de la retención de agua en el follaje se utiliza el método Simple Canopy llevando al modelo a estimar como primer punto la cantidad de agua que se retiene en la vegetación que posteriormente es utilizada para calcular la evapotranspiración y finalmente el porcentaje que se retiene en el suelo hasta saturar el mismo. Este método está constituido por la máxima capacidad de retención de la cobertura y el coeficiente de consumo del cultivo que por defecto es 1 (consumo planta = a la ETP) (ETP de cultivos, FAO).

- Métodos de transformación del escurrimiento

Los métodos de transformación consisten en transformar la lluvia en exceso o la cantidad de agua que por saturación del suelo no puede infiltrarse en hidrograma de salida de la cuenca (Caudal). Dentro de las limitantes de los métodos de transformación de la lluvia encontramos las referentes al área de escurrimiento debido a las hipótesis que manejan las mismas metodologías respeto a la homogeneidad especial y temporal de la precipitación en la superficie de la cuenca y de los fenómenos físicos en los que interactúa el agua en su escurrimiento por la superficie y el cauce principal, razón por la cual las unidades hidrográficas de nivel III fueron delimitadas con áreas inferiores a 20 km2 (Acople con las limitantes de estos métodos según la literatura).

Para la estimación de los hidrogramas en cuencas donde se ajustan las hipótesis se suelen utilizar hidrogramas unitarios. Para poder determinar dichos hidrogramas, se debe contar

con por lo menos un hidrograma medido a la salida de la cuenca y con los registros de precipitación que generaron ese evento. En este caso, la subzona hidrográfica no se encuentra instrumentada por lo que se acude a la implementación de otros tipos de metodológicas que proponen hidrogramas unitarios partiendo solo de un evento de lluvia hipotético en la cuenca. A este tipo de hidrogramas se les denominan Hidrogramas Unitarios Sintéticos.

Para la estimación del hidrograma de la cuenca se emplea el Hidrograma Unitario del SCS el cual se basa en el siguiente principio: si el volumen del hidrograma de escorrentía superficial es conocido el caudal pico puede ser calculado suponiendo una cierta forma del hidrograma unitario (RINCÓN, 2010).

$$V = \frac{U_P t_b}{2}$$

Donde:
V = Volumen bajo el hidrograma unitario triangular (m3)
Up = Caudal Pico (m3/s)
tb = Tiempo base del hidrograma unitario triangular (h)

$$U_P = \frac{0.208A}{t_p}$$

Donde:
A = Área de drenaje de la cuenca hidrográfica (km2)
tp= Tiempo al pico del hidrograma unitario triangular (h)

$$t_p = \frac{d}{2} + t_{lag}$$

Donde:
tlag = Es el tiempo de regazo (h)
d= Duración de la precipitación de exceso (h)

$$t_{lag} = 0.6 * Tc$$

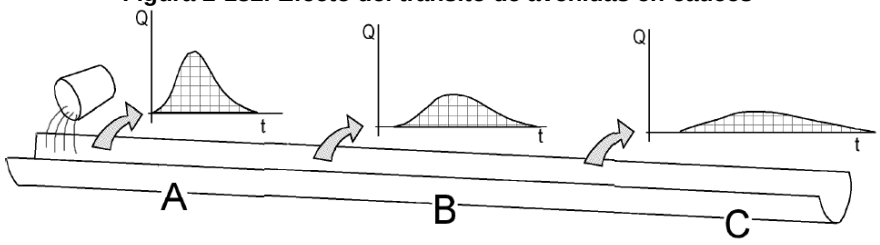
Donde:
Tc= Tiempo de concentración de la cuenca (h)

Este hidrograma al que también se le conoce como hidrograma del SCS fue creado por Víctor Mockus en 1950, y se basó en el comportamiento de más de 1000 hidrogramas de

distintas cuencas con sus propias condiciones hidrológicas. Este hidrograma utiliza una función para proveer un hidrograma unitario con forma típica.

Dentro de los fenómenos físicos que condicionan la respuesta del hidrograma de una cuenca delimitada dentro de un conjunto de cuencas modelizadas, se encuentra el fenómeno conocido como tránsito de avenidas en cauces el cual corresponde a la variación de un hidrograma al recorrer un cauce, lo antes dicho se argumenta bajo la hipótesis de que conforme el agua atraviesa el cauce hacia aguas abajo, la forma de su hidrograma varia, esto se debe a la adición de aguas de otras cuenca y a que las velocidades en los diversos puntos a lo largo del cauce no son los mismos.(ver Figura 2-182).

**Figura 2-182. Efecto del tránsito de avenidas en cauces**




Fuente: Roman.

Para el análisis de este fenómeno se implementará el método de Muskingum el cual es un método para calcular el hidrograma de una avenida en su tránsito por el cauce, teniendo en cuenta el efecto de laminación. Su nombre alude al río donde se utilizó por primera vez en 1930 y hasta la actualidad es un procedimiento muy utilizado para calcular el tránsito de una avenida por el cauce de una cuenca grande.

El método tiene en cuenta dos parámetros, uno relacionado con la capacidad de almacenamiento (laminación) del cauce en cada tramo, de carácter adimensional, (X), y otro relacionado con el tiempo que tarda la onda de avenida en desplazarse por el tramo considerado, con unidades de “tiempo”, (K). Este último parámetro puede ser estimado de la siguiente manera:

$$\mathbf{K} = 0.18\left(\frac{\Delta_x}{i^{0.25}}\right)^{0.76}$$

Donde:
$\Delta x$ = Es la distancia máxima en Km
i = Es la pendiente máxima de la Sub-Cuenca

Existe una fórmula alternativa que estima el valor de K según un porcentaje del tiempo de concentración.

$$K = 0.6*Tc$$

El parámetro X, es una constante que va de 0.1 a 0.5 y de ella va a depender si la amortiguación del hidrograma es mayor o menos, esta constante depende de la pendiente media del cauce, entre mayor sea la pendiente mayor será el X. En general, se suelen utilizar para pendiente suaves valores de 0.2 y para pendientes agresivas valores de 0.35.

Para la aplicación de esta metodología, es necesario que los valores cumplan con la siguiente condición:

$$\Delta t > (2*K*X)/n$$

Donde
n: Es el número de tramos o Sub-reaches.
$\Delta t$ = Es el incremento o intervalo de tiempo utilizado para representar los resultados del modelo.

Si esta condición no se cumple, es porque el intervalo de tiempo no es acorde con el número de tramos en los que se realizará la estimación del tránsito en el hidrograma por lo que se deberán corregir y ajustar los Sub-tramos. Los siguientes son los resultados de los ajustes y estimación de los coeficientes para la aplicación del método de transito de avenidas en cauce de Muskingum. (ver Tabla 2-102).

**Tabla 2-102. Parámetros para el desarrollo de los métodos de transformación del escurrimiento**

| Codigo | Longitud de cauce | COTA MAYOR (msnm) | COTA MENOR (msnm) | PENDIENTE MEDIA (%) | PENDIENTE Máxima (m/m) | Tc (Hr) | Muskingum K | Muskingum X | Subreaches (Muskingum) | 2*K*X | Δt | intervalo de tiempo del modelo (Δt) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Reach-01-01 | 0.634 | 117.16 | 116.70 | 0.07% | 1.17 | 0.35 | 0.2077 | 0.35 | 8 | 0.145 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-02 | 3.584 | 119.99 | 117.16 | 0.08% | 1.17 | 1.30 | 0.7827 | 0.35 | 32 | 0.548 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-03 | 0.847 | 124.78 | 119.99 | 0.57% | 1.20 | 0.41 | 0.2455 | 0.35 | 10 | 0.172 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-05 | 2.373 | 137.88 | 124.78 | 0.55% | 1.25 | 1.08 | 0.6466 | 0.35 | 27 | 0.453 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-07 | 2.129 | 150.00 | 137.88 | 0.57% | 1.38 | 0.89 | 0.5361 | 0.35 | 22 | 0.375 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-10 | 1.358 | 125.15 | 119.99 | 0.38% | 1.20 | 0.70 | 0.4179 | 0.35 | 17 | 0.293 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-12 | 1.791 | 129.55 | 125.15 | 0.25% | 1.25 | 0.87 | 0.5226 | 0.35 | 21 | 0.366 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-15 | 9.779 | 139.73 | 117.16 | 0.23% | 1.17 | 1.93 | 11.606 | 0.35 | 48 | 0.812 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-19 | 3.559 | 238.70 | 139.73 | 2.78% | 1.40 | 0.86 | 0.5151 | 0.35 | 21 | 0.361 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-20 | 3.591 | 300.95 | 238.70 | 1.73% | 2.39 | 0.96 | 0.5737 | 0.35 | 24 | 0.402 | 0.017 | 1 |

| Codigo | Longitud de cauce | COTA MAYOR (msnm) | COTA MENOR (msnm) | PENDIENTE MEDIA (%) | PENDIENTE Máxima (m/m) | Tc (Hr) | Muskingum K | Muskingum X | Subreaches (Muskingum) | 2*K*X | Δt | intervalo de tiempo del modelo (Δt) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Reach-01-22 | 3.121 | 367.58 | 300.95 | 2.13% | 3.01 | 0.72 | 0.4301 | 0.35 | 18 | 0.301 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-23 | 6.571 | 652.69 | 367.58 | 4.34% | 3.68 | 1.22 | 0.7325 | 0.35 | 30 | 0.513 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-26 | 2.479 | 432.50 | 367.58 | 2.62% | 3.68 | 0.95 | 0.5720 | 0.35 | 24 | 0.400 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-29 | 0.928 | 471.10 | 432.50 | 4.16% | 4.33 | 0.47 | 0.2817 | 0.35 | 11 | 0.197 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-30 | 2.376 | 530.11 | 471.10 | 2.48% | 4.71 | 0.76 | 0.4540 | 0.35 | 19 | 0.318 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-32 | 0.507 | 538.85 | 530.11 | 1.72% | 5.30 | 0.35 | 0.2118 | 0.35 | 8 | 0.148 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-37 | 4.216 | 726.19 | 471.10 | 6.05% | 4.71 | 1.22 | 0.7312 | 0.35 | 30 | 0.512 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-40 | 4.814 | 380.57 | 238.70 | 2.95% | 2.39 | 1.37 | 0.8243 | 0.35 | 34 | 0.577 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-42 | 0.233 | 388.55 | 380.57 | 3.43% | 3.81 | 0.20 | 0.1213 | 0.35 | 5 | 0.085 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-43 | 0.103 | 397.70 | 388.55 | 8.87% | 3.89 | 0.11 | 0.0654 | 0.35 | 2 | 0.046 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-46 | 5.566 | 612.77 | 397.70 | 3.86% | 3.98 | 1.38 | 0.8273 | 0.35 | 34 | 0.579 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-48 | 1.646 | 699.10 | 612.77 | 5.24% | 6.13 | 0.53 | 0.3162 | 0.35 | 13 | 0.221 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-50 | 5.898 | 1107.77 | 699.10 | 6.93% | 6.99 | 1.08 | 0.6489 | 0.35 | 27 | 0.454 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-52 | 2.045 | 1268.80 | 1107.77 | 7.87% | 11.08 | 0.67 | 0.4045 | 0.35 | 16 | 0.283 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-54 | 3.426 | 1560.18 | 1268.80 | 8.51% | 12.69 | 0.65 | 0.3885 | 0.35 | 16 | 0.272 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-56 | 2.260 | 1879.96 | 1560.18 | 14.15% | 15.60 | 0.56 | 0.3380 | 0.35 | 14 | 0.237 | 0.017 | 1 |
| Reach-01-58 | 0.543 | 1954.89 | 1879.96 | 13.79% | 18.80 | 0.42 | 0.2534 | 0.35 | 10 | 0.177 | 0.017 | 1 |
| Reach-02-02 | 9.674 | 201.71 | 100.50 | 1.05% | 1.01 | 2.53 | 15.199 | 0.35 | 31 | 1.064 | 0.033 | 2 |
| Reach-02-04 | 1.363 | 232.34 | 201.71 | 2.25% | 2.02 | 0.65 | 0.3926 | 0.35 | 16 | 0.275 | 0.017 | 1 |
| Reach-02-06 | 1.101 | 250.09 | 232.34 | 1.61% | 2.32 | 0.59 | 0.3536 | 0.35 | 14 | 0.248 | 0.017 | 1 |
| Reach-02-08 | 6.090 | 437.92 | 250.09 | 3.08% | 2.50 | 1.34 | 0.8065 | 0.35 | 33 | 0.565 | 0.017 | 1 |
| Reach-02-09 | 1.796 | 480.03 | 437.92 | 2.34% | 4.38 | 0.52 | 0.3112 | 0.35 | 13 | 0.218 | 0.017 | 1 |
| Reach-02-11 | 1.970 | 565.14 | 480.03 | 4.32% | 4.80 | 0.59 | 0.3570 | 0.35 | 14 | 0.250 | 0.017 | 1 |
| Reach-02-14 | 3.126 | 558.63 | 437.92 | 3.86% | 4.38 | 0.79 | 0.4747 | 0.35 | 19 | 0.332 | 0.017 | 1 |
| Reach-02-16 | 0.585 | 590.19 | 558.63 | 5.40% | 5.59 | 0.43 | 0.2596 | 0.35 | 10 | 0.182 | 0.017 | 1 |
| Reach-02-18 | 1.710 | 672.90 | 590.19 | 4.84% | 5.90 | 0.63 | 0.3797 | 0.35 | 15 | 0.266 | 0.017 | 1 |
| Reach-02-19 | 6.834 | 1120.22 | 672.90 | 6.55% | 6.73 | 1.12 | 0.6745 | 0.35 | 28 | 0.472 | 0.017 | 1 |

| Codigo | Longitud de cauce | COTA MAYOR (msnm) | COTA MENOR (msnm) | PENDIENTE MEDIA (%) | PENDIENTE Máxima (m/m) | Tc (Hr) | Muskingum K | Muskingum X | Subreaches (Muskingum) | 2*K*X | Δt | intervalo de tiempo del modelo (Δt) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Reach-02-21 | 3.327 | 1440.98 | 1120.22 | 9.64% | 11.20 | 0.57 | 0.3439 | 0.35 | 14 | 0.241 | 0.017 | 1 |
| Reach-02-22 | 2.220 | 1785.89 | 1440.98 | 15.54% | 14.41 | 0.54 | 0.3260 | 0.35 | 13 | 0.228 | 0.017 | 1 |
| Reach-02-25 | 4.997 | 1964.63 | 1440.98 | 10.48% | 14.41 | 0.90 | 0.5409 | 0.35 | 22 | 0.379 | 0.017 | 1 |
| Reach-02-28 | 7.656 | 1184.02 | 672.90 | 6.68% | 6.73 | 1.26 | 0.7572 | 0.35 | 31 | 0.530 | 0.017 | 1 |
| Reach-02-30 | 0.940 | 1259.42 | 1184.02 | 8.02% | 11.84 | 0.42 | 0.2547 | 0.35 | 10 | 0.178 | 0.017 | 1 |
| Reach-02-32 | 1.402 | 1376.94 | 1259.42 | 8.38% | 12.59 | 0.45 | 0.2685 | 0.35 | 11 | 0.188 | 0.017 | 1 |
| Reach-02-34 | 2.155 | 1604.12 | 1376.94 | 10.54% | 13.77 | 0.45 | 0.2716 | 0.35 | 11 | 0.190 | 0.017 | 1 |
| Reach-02-36 | 1.434 | 1833.82 | 1604.12 | 16.02% | 16.04 | 0.59 | 0.3536 | 0.35 | 14 | 0.248 | 0.017 | 1 |
| Reach-02-38 | 1.269 | 1990.56 | 1833.82 | 12.35% | 18.34 | 0.57 | 0.3435 | 0.35 | 14 | 0.240 | 0.017 | 1 |
| Reach-02-40 | 3.101 | 2399.65 | 1990.56 | 13.19% | 19.91 | 0.72 | 0.4341 | 0.35 | 18 | 0.304 | 0.017 | 1 |
| Reach-03-01 | 2.327 | 118.30 | 102.13 | 0.70% | 1.02 | 0.78 | 0.4660 | 0.35 | 19 | 0.326 | 0.017 | 1 |
| Reach-03-03 | 0.518 | 125.54 | 118.30 | 1.40% | 1.18 | 0.27 | 0.1634 | 0.35 | 6 | 0.114 | 0.017 | 1 |
| Reach-03-05 | 3.090 | 134.98 | 125.54 | 0.31% | 1.26 | 0.96 | 0.5775 | 0.35 | 24 | 0.404 | 0.017 | 1 |
| Reach-03-07 | 0.902 | 137.58 | 134.98 | 0.29% | 1.35 | 0.42 | 0.2536 | 0.35 | 10 | 0.178 | 0.017 | 1 |
| Reach-03-09 | 3.242 | 170.50 | 137.58 | 1.02% | 1.38 | 1.02 | 0.6142 | 0.35 | 25 | 0.430 | 0.017 | 1 |
| Reach-03-11 | 4.518 | 236.67 | 170.50 | 1.46% | 1.71 | 1.35 | 0.8090 | 0.35 | 33 | 0.566 | 0.017 | 1 |
| Reach-04-14 | 2.300 | 119.70 | 102.70 | 0.74% | 1.03 | 1.12 | 0.6710 | 0.35 | 28 | 0.470 | 0.017 | 1 |

Fuente: Autores (2019).

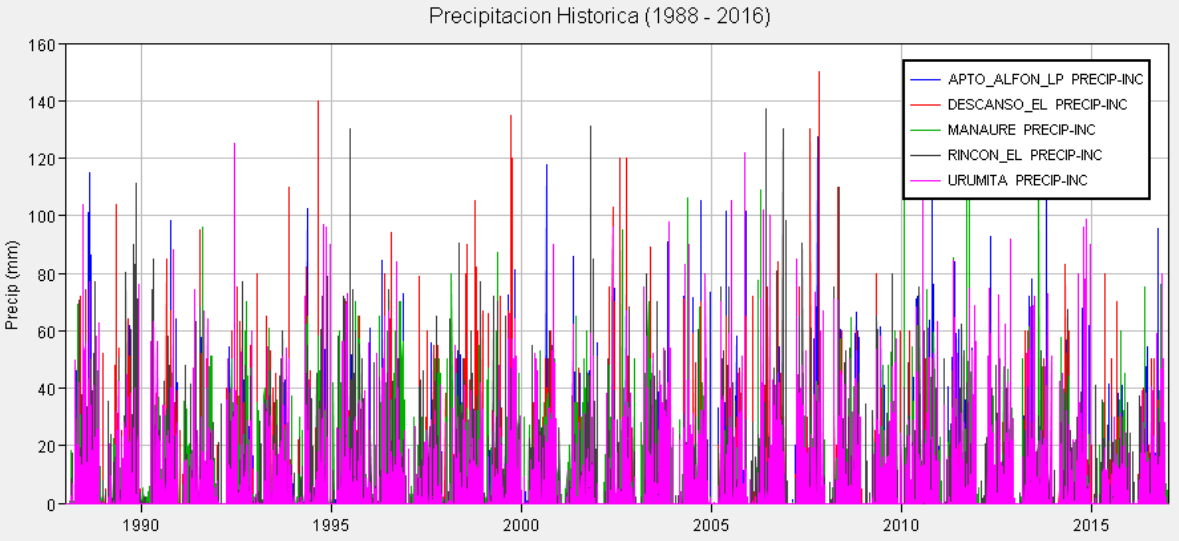
- **Modelos Meteorológicos**

Mientras que la información base del modelo constituye el elemento en el cual se introducen las variables físicas y los métodos de simulación de los procesos físicos de transformación del agua en la cuenca, los modelos meteorológicos constituyen las variables climatológicas que interactúan con las variables físicas de la cuenca que en conjunto conforman la dinámica del ciclo hídrico.

Los modelos climatológicos permiten determinar la espacialidad y temporalidad de los eventos que se modelizaran en la herramienta computacional (ver Figura 2-183), como la precipitación que influye en cada unidad hidrográfica evaluada, la evaporación,

evapotranspiración, zonas de deshielo entre otros. En el caso del modelizado continuo, es necesario contar con los periodos homogéneos de lluvia y los intervalos de tiempo que corresponden a los mismos en los que se modelizara la dinámica hidrológica de la cuenca (ver Tabla 2-4) y estaciones pluviométricas en influencia con cada unidad hidrográfica evaluada.

**Figura 2-183. Periodo de modelizado hidrológico**




Fuente: Autores (2019).

También es necesario determinar la evapotranspiración de las unidades hidrográficas evaluadas, dato que servirá para estimar las pérdidas de agua almacenada en la superficie en los periodos donde no hay presencia de lluvia. Estos valores son determinados a partir de la superposición de las unidades hidrográficas de nivel III con el mapa de evapotranspiración potencial (ver Figura 2-19) para los distintos meses del año. Los resultados obtenidos se evidencian en la Tabla 2-103.

**Tabla 2-103. Evapotranspiración mensual para cada unidad hidrográfica de nivel III**

| Código | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01-01 | 141.83 | 140.43 | 166.50 | 161.07 | 150.58 | 152.90 | 167.73 | 156.97 | 131.57 | 122.84 | 120.34 | 128.37 |
| 2802-03-01-02 | 128.49 | 126.70 | 150.22 | 146.08 | 137.96 | 139.51 | 152.04 | 143.36 | 121.34 | 113.80 | 110.99 | 117.23 |
| 2802-03-01-03 | 121.63 | 119.65 | 141.90 | 138.47 | 131.58 | 132.75 | 144.16 | 136.54 | 116.14 | 109.19 | 106.22 | 111.49 |
| 2802-03-01-04 | 107.40 | 105.08 | 124.86 | 123.00 | 118.70 | 119.17 | 128.43 | 123.03 | 105.62 | 99.78 | 96.42 | 99.54 |
| 2802-03-01-05 | 113.50 | 111.33 | 132.05 | 129.36 | 123.82 | 124.57 | 134.67 | 128.24 | 109.79 | 103.54 | 100.40 | 104.62 |
| 2802-03-01-06 | 107.93 | 105.63 | 125.36 | 123.25 | 118.69 | 119.17 | 128.44 | 122.85 | 105.58 | 99.77 | 96.50 | 99.92 |
| 2802-03-01-07 | 108.26 | 105.98 | 125.67 | 123.37 | 118.62 | 119.11 | 128.38 | 122.64 | 105.49 | 99.70 | 96.50 | 100.15 |
| 2802-03-01-08 | 100.57 | 98.09 | 116.40 | 114.89 | 111.48 | 111.66 | 119.87 | 115.23 | 99.58 | 94.39 | 91.05 | 93.63 |

| Código | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01-09 | 98.04 | 95.52 | 113.17 | 111.60 | 108.34 | 108.43 | 116.20 | 111.71 | 96.92 | 92.01 | 88.76 | 91.37 |
| 2802-03-01-10 | 121.28 | 119.31 | 141.46 | 137.99 | 131.11 | 132.25 | 143.58 | 135.98 | 115.75 | 108.85 | 105.88 | 111.18 |
| 2802-03-01-11 | 115.42 | 113.35 | 134.32 | 131.21 | 125.17 | 125.96 | 136.28 | 129.45 | 110.86 | 104.52 | 101.48 | 106.18 |
| 2802-03-01-12 | 115.94 | 113.84 | 134.97 | 131.97 | 125.96 | 126.81 | 137.27 | 130.44 | 111.53 | 105.10 | 102.03 | 106.66 |
| 2802-03-01-13 | 103.28 | 100.91 | 119.52 | 117.41 | 113.26 | 113.53 | 122.01 | 116.79 | 101.00 | 95.69 | 92.51 | 95.82 |
| 2802-03-01-14 | 101.55 | 99.17 | 117.39 | 115.30 | 111.30 | 111.46 | 119.64 | 114.59 | 99.36 | 94.23 | 91.07 | 94.31 |
| 2802-03-01-15 | 123.39 | 121.57 | 144.08 | 140.21 | 132.77 | 133.94 | 145.50 | 137.52 | 117.10 | 110.08 | 107.17 | 112.90 |
| 2802-03-01-16 | 110.75 | 108.64 | 128.68 | 125.82 | 120.37 | 120.87 | 130.35 | 124.12 | 106.92 | 101.04 | 97.92 | 102.18 |
| 2802-03-01-17 | 112.12 | 110.26 | 130.66 | 127.51 | 121.64 | 121.98 | 131.44 | 125.08 | 108.05 | 102.12 | 98.90 | 103.36 |
| 2802-03-01-18 | 104.82 | 102.62 | 121.48 | 118.99 | 114.37 | 114.56 | 123.09 | 117.61 | 101.95 | 96.60 | 93.42 | 97.10 |
| 2802-03-01-19 | 114.80 | 113.03 | 133.98 | 130.61 | 124.31 | 124.75 | 134.62 | 127.91 | 110.25 | 104.09 | 100.89 | 105.63 |
| 2802-03-01-20 | 102.18 | 100.05 | 118.42 | 115.99 | 111.61 | 111.56 | 119.55 | 114.41 | 99.69 | 94.62 | 91.37 | 94.83 |
| 2802-03-01-21 | 90.48 | 87.99 | 103.87 | 102.17 | 99.37 | 99.02 | 105.46 | 101.53 | 89.35 | 85.26 | 82.13 | 84.65 |
| 2802-03-01-22 | 95.35 | 92.91 | 109.82 | 107.95 | 104.64 | 104.50 | 111.67 | 107.26 | 93.79 | 89.26 | 86.09 | 88.92 |
| 2802-03-01-23 | 83.58 | 80.84 | 95.19 | 93.90 | 91.99 | 91.58 | 97.23 | 93.91 | 83.02 | 79.49 | 76.52 | 78.58 |
| 2802-03-01-24 | 74.11 | 71.16 | 83.41 | 82.43 | 81.47 | 80.91 | 85.41 | 82.81 | 73.98 | 71.24 | 68.51 | 70.16 |
| 2802-03-01-25 | 69.79 | 66.72 | 78.01 | 77.22 | 76.69 | 76.14 | 80.20 | 77.89 | 69.83 | 67.40 | 64.83 | 66.29 |
| 2802-03-01-26 | 89.85 | 87.20 | 102.96 | 101.52 | 99.02 | 98.80 | 105.33 | 101.51 | 89.02 | 84.91 | 81.82 | 84.14 |
| 2802-03-01-27 | 81.78 | 78.95 | 92.92 | 91.77 | 90.13 | 89.73 | 95.20 | 92.05 | 81.43 | 78.02 | 75.09 | 77.01 |
| 2802-03-01-28 | 76.99 | 74.03 | 86.93 | 85.99 | 84.87 | 84.43 | 89.37 | 86.58 | 76.89 | 73.85 | 71.07 | 72.75 |
| 2802-03-01-29 | 89.94 | 87.25 | 103.07 | 101.76 | 99.37 | 99.19 | 105.79 | 102.02 | 89.32 | 85.16 | 82.04 | 84.25 |
| 2802-03-01-30 | 90.75 | 88.04 | 104.10 | 102.88 | 100.52 | 100.40 | 107.16 | 103.38 | 90.31 | 86.04 | 82.88 | 84.99 |
| 2802-03-01-31 | 85.91 | 83.06 | 98.05 | 97.06 | 95.28 | 95.06 | 101.20 | 97.85 | 85.83 | 81.98 | 78.91 | 80.73 |
| 2802-03-01-32 | 90.66 | 87.93 | 104.02 | 102.91 | 100.65 | 100.54 | 107.33 | 103.61 | 90.42 | 86.13 | 82.94 | 84.95 |
| 2802-03-01-33 | 96.85 | 94.24 | 111.93 | 110.91 | 108.22 | 108.30 | 116.06 | 111.98 | 96.88 | 91.93 | 88.51 | 90.48 |
| 2802-03-01-34 | 90.03 | 87.28 | 103.23 | 102.15 | 99.98 | 99.85 | 106.56 | 102.90 | 89.85 | 85.61 | 82.43 | 84.39 |
| 2802-03-01-35 | 91.95 | 89.20 | 105.75 | 104.89 | 102.75 | 102.71 | 109.80 | 106.13 | 92.22 | 87.72 | 84.42 | 86.17 |
| 2802-03-01-36 | 89.81 | 87.03 | 102.98 | 102.02 | 99.95 | 99.84 | 106.56 | 102.98 | 89.84 | 85.59 | 82.39 | 84.23 |
| 2802-03-01-37 | 83.38 | 80.51 | 94.89 | 93.87 | 92.25 | 91.95 | 97.73 | 94.52 | 83.24 | 79.63 | 76.65 | 78.47 |
| 2802-03-01-38 | 80.18 | 77.20 | 90.88 | 90.06 | 88.85 | 88.53 | 93.95 | 91.03 | 80.32 | 76.95 | 74.05 | 75.65 |
| 2802-03-01-39 | 70.21 | 67.09 | 78.50 | 77.78 | 77.31 | 76.81 | 80.99 | 78.67 | 70.35 | 67.85 | 65.28 | 66.68 |
| 2802-03-01-40 | 95.94 | 93.82 | 111.00 | 108.87 | 105.20 | 104.78 | 111.73 | 107.34 | 94.38 | 89.89 | 86.54 | 89.43 |
| 2802-03-01-41 | 83.78 | 81.33 | 95.86 | 94.33 | 92.13 | 91.44 | 96.82 | 93.55 | 83.26 | 79.80 | 76.66 | 78.76 |
| 2802-03-01-42 | 91.34 | 89.04 | 105.19 | 103.34 | 100.31 | 99.81 | 106.19 | 102.24 | 90.23 | 86.12 | 82.86 | 85.42 |
| 2802-03-01-43 | 91.29 | 88.98 | 105.12 | 103.28 | 100.26 | 99.76 | 106.14 | 102.19 | 90.17 | 86.07 | 82.82 | 85.37 |
| 2802-03-01-44 | 82.30 | 79.75 | 93.91 | 92.47 | 90.48 | 89.82 | 95.07 | 91.90 | 81.83 | 78.48 | 75.41 | 77.45 |

| Código | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01-45 | 83.82 | 81.17 | 95.60 | 94.20 | 92.15 | 91.65 | 97.22 | 93.89 | 83.20 | 79.69 | 76.67 | 78.78 |
| 2802-03-01-46 | 80.82 | 78.14 | 91.92 | 90.60 | 88.84 | 88.26 | 93.43 | 90.34 | 80.37 | 77.12 | 74.15 | 76.13 |
| 2802-03-01-47 | 72.31 | 69.44 | 81.34 | 80.31 | 79.39 | 78.71 | 82.88 | 80.41 | 72.23 | 69.67 | 66.94 | 68.55 |
| 2802-03-01-48 | 74.65 | 71.78 | 84.17 | 83.11 | 82.02 | 81.40 | 85.89 | 83.25 | 74.48 | 71.72 | 68.95 | 70.64 |
| 2802-03-01-49 | 68.95 | 65.95 | 77.07 | 76.19 | 75.63 | 74.98 | 78.85 | 76.59 | 68.94 | 66.63 | 64.05 | 65.53 |
| 2802-03-01-50 | 67.19 | 64.12 | 74.85 | 74.06 | 73.69 | 73.08 | 76.80 | 74.65 | 67.24 | 65.04 | 62.54 | 63.95 |
| 2802-03-01-51 | 61.73 | 58.56 | 68.09 | 67.46 | 67.54 | 66.91 | 70.08 | 68.25 | 61.88 | 60.09 | 57.79 | 59.02 |
| 2802-03-01-52 | 63.01 | 59.83 | 69.64 | 69.00 | 69.02 | 68.42 | 71.74 | 69.85 | 63.16 | 61.27 | 58.93 | 60.18 |
| 2802-03-01-53 | 58.61 | 55.39 | 64.25 | 63.70 | 64.03 | 63.40 | 66.26 | 64.62 | 58.80 | 57.23 | 55.05 | 56.19 |
| 2802-03-01-54 | 60.12 | 56.90 | 66.08 | 65.51 | 65.76 | 65.15 | 68.18 | 66.45 | 60.31 | 58.63 | 56.40 | 57.56 |
| 2802-03-01-55 | 58.45 | 55.21 | 64.03 | 63.51 | 63.89 | 63.28 | 66.15 | 64.52 | 58.67 | 57.10 | 54.94 | 56.05 |
| 2802-03-01-56 | 57.53 | 54.29 | 62.91 | 62.40 | 62.82 | 62.20 | 64.97 | 63.38 | 57.74 | 56.25 | 54.11 | 55.22 |
| 2802-03-01-57 | 56.70 | 53.46 | 61.91 | 61.40 | 61.87 | 61.24 | 63.91 | 62.37 | 56.90 | 55.48 | 53.37 | 54.46 |
| 2802-03-01-58 | 56.55 | 53.31 | 61.72 | 61.22 | 61.71 | 61.08 | 63.74 | 62.21 | 56.76 | 55.34 | 53.24 | 54.33 |
| 2802-03-01-59 | 55.74 | 52.49 | 60.74 | 60.25 | 60.79 | 60.15 | 62.73 | 61.25 | 55.95 | 54.59 | 52.52 | 53.59 |
| 2802-03-01-60 | 55.30 | 52.05 | 60.20 | 59.73 | 60.29 | 59.66 | 62.20 | 60.73 | 55.52 | 54.19 | 52.14 | 53.19 |
| 2802-03-02-01 | 130.56 | 129.63 | 154.09 | 149.37 | 140.36 | 141.22 | 153.32 | 144.70 | 123.64 | 116.08 | 112.78 | 119.07 |
| 2802-03-02-02 | 120.80 | 120.11 | 143.15 | 139.23 | 131.64 | 131.46 | 141.49 | 134.63 | 116.78 | 110.15 | 106.24 | 110.96 |
| 2802-03-02-03 | 114.64 | 113.89 | 135.79 | 132.36 | 125.73 | 125.12 | 134.04 | 128.12 | 111.98 | 105.93 | 101.83 | 105.78 |
| 2802-03-02-04 | 112.89 | 112.59 | 134.66 | 131.38 | 124.88 | 123.68 | 131.90 | 126.60 | 111.57 | 105.70 | 101.12 | 104.43 |
| 2802-03-02-05 | 107.35 | 106.58 | 127.18 | 124.26 | 118.66 | 117.55 | 125.20 | 120.31 | 106.22 | 100.84 | 96.52 | 99.59 |
| 2802-03-02-06 | 111.74 | 111.47 | 133.39 | 130.19 | 123.85 | 122.52 | 130.49 | 125.40 | 110.75 | 105.00 | 100.34 | 103.47 |
| 2802-03-02-07 | 106.19 | 105.65 | 126.27 | 123.43 | 117.92 | 116.49 | 123.73 | 119.19 | 105.76 | 100.50 | 95.94 | 98.66 |
| 2802-03-02-08 | 102.73 | 101.72 | 121.22 | 118.59 | 113.67 | 112.51 | 119.58 | 115.12 | 101.98 | 97.00 | 92.81 | 95.56 |
| 2802-03-02-09 | 95.57 | 94.10 | 111.79 | 109.58 | 105.70 | 104.57 | 110.85 | 106.96 | 95.15 | 90.79 | 86.87 | 89.27 |
| 2802-03-02-10 | 102.60 | 101.86 | 121.61 | 118.98 | 113.99 | 112.54 | 119.34 | 115.11 | 102.41 | 97.47 | 93.01 | 95.53 |
| 2802-03-02-11 | 95.89 | 94.56 | 112.45 | 110.21 | 106.24 | 104.98 | 111.18 | 107.35 | 95.67 | 91.30 | 87.26 | 89.59 |
| 2802-03-02-12 | 101.94 | 101.25 | 120.92 | 118.32 | 113.39 | 111.84 | 118.48 | 114.37 | 101.94 | 97.07 | 92.56 | 94.97 |
| 2802-03-02-13 | 92.49 | 91.00 | 108.07 | 105.99 | 102.46 | 101.19 | 107.00 | 103.44 | 92.43 | 88.35 | 84.43 | 86.60 |
| 2802-03-02-14 | 89.32 | 87.36 | 103.39 | 101.53 | 98.54 | 97.59 | 103.33 | 99.80 | 88.91 | 85.04 | 81.50 | 83.72 |
| 2802-03-02-15 | 87.34 | 85.41 | 101.07 | 99.28 | 96.48 | 95.41 | 100.82 | 97.51 | 87.19 | 83.51 | 79.94 | 82.00 |
| 2802-03-02-16 | 85.37 | 83.20 | 98.27 | 96.60 | 94.12 | 93.19 | 98.53 | 95.27 | 85.09 | 81.54 | 78.16 | 80.22 |
| 2802-03-02-17 | 77.46 | 74.98 | 88.19 | 86.87 | 85.28 | 84.37 | 88.86 | 86.15 | 77.43 | 74.52 | 71.44 | 73.18 |
| 2802-03-02-18 | 80.52 | 78.07 | 91.94 | 90.52 | 88.63 | 87.79 | 92.67 | 89.72 | 80.31 | 77.15 | 74.00 | 75.89 |
| 2802-03-02-19 | 71.13 | 68.32 | 80.00 | 78.96 | 78.09 | 77.31 | 81.28 | 78.92 | 71.14 | 68.69 | 65.95 | 67.49 |
| 2802-03-02-20 | 63.95 | 60.91 | 70.96 | 70.19 | 70.01 | 69.29 | 72.58 | 70.65 | 64.07 | 62.15 | 59.71 | 61.03 |

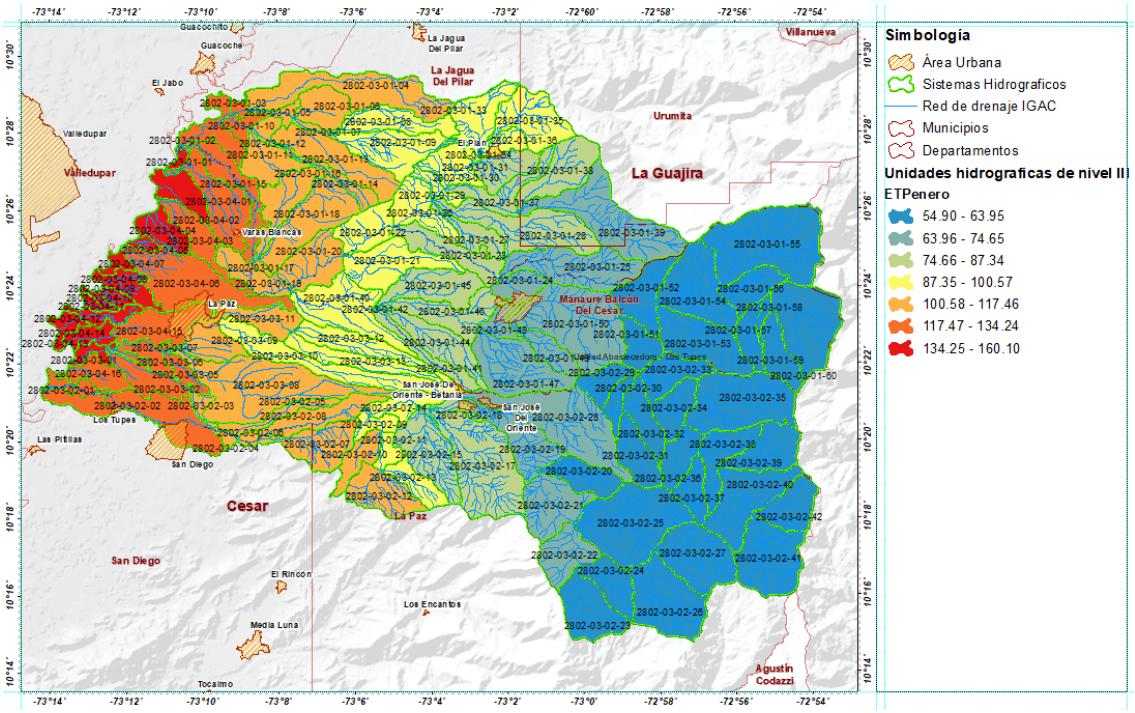
| Código | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-02-21 | 67.24 | 64.33 | 75.15 | 74.24 | 73.73 | 72.95 | 76.51 | 74.40 | 67.35 | 65.20 | 62.59 | 64.00 |
| 2802-03-02-22 | 65.43 | 62.48 | 72.89 | 72.05 | 71.70 | 70.92 | 74.30 | 72.30 | 65.57 | 63.56 | 61.02 | 62.37 |
| 2802-03-02-23 | 62.80 | 59.77 | 69.58 | 68.83 | 68.73 | 67.98 | 71.13 | 69.27 | 62.96 | 61.13 | 58.72 | 59.99 |
| 2802-03-02-24 | 60.88 | 57.78 | 67.16 | 66.49 | 66.57 | 65.85 | 68.84 | 67.09 | 61.05 | 59.36 | 57.04 | 58.26 |
| 2802-03-02-25 | 60.13 | 56.99 | 66.20 | 65.56 | 65.71 | 65.02 | 67.97 | 66.25 | 60.30 | 58.65 | 56.38 | 57.57 |
| 2802-03-02-26 | 57.65 | 54.46 | 63.13 | 62.57 | 62.92 | 62.25 | 64.98 | 63.39 | 57.85 | 56.37 | 54.20 | 55.33 |
| 2802-03-02-27 | 56.70 | 53.48 | 61.94 | 61.41 | 61.85 | 61.19 | 63.84 | 62.30 | 56.90 | 55.48 | 53.36 | 54.46 |
| 2802-03-02-28 | 66.66 | 63.67 | 74.32 | 73.47 | 73.06 | 72.35 | 75.92 | 73.82 | 66.72 | 64.59 | 62.06 | 63.47 |
| 2802-03-02-29 | 63.46 | 60.34 | 70.26 | 69.55 | 69.47 | 68.81 | 72.11 | 70.19 | 63.57 | 61.66 | 59.29 | 60.58 |
| 2802-03-02-30 | 62.08 | 58.94 | 68.56 | 67.88 | 67.91 | 67.25 | 70.41 | 68.57 | 62.21 | 60.41 | 58.08 | 59.34 |
| 2802-03-02-31 | 60.25 | 57.10 | 66.32 | 65.69 | 65.85 | 65.18 | 68.16 | 66.43 | 60.41 | 58.75 | 56.48 | 57.68 |
| 2802-03-02-32 | 60.23 | 57.06 | 66.28 | 65.66 | 65.84 | 65.18 | 68.17 | 66.43 | 60.39 | 58.72 | 56.47 | 57.67 |
| 2802-03-02-33 | 59.46 | 56.26 | 65.30 | 64.71 | 64.97 | 64.33 | 67.26 | 65.57 | 59.63 | 58.01 | 55.79 | 56.96 |
| 2802-03-02-34 | 58.78 | 55.58 | 64.48 | 63.91 | 64.21 | 63.56 | 66.42 | 64.77 | 58.96 | 57.39 | 55.20 | 56.35 |
| 2802-03-02-35 | 56.56 | 53.33 | 61.75 | 61.24 | 61.71 | 61.07 | 63.72 | 62.19 | 56.76 | 55.35 | 53.25 | 54.33 |
| 2802-03-02-36 | 58.10 | 54.90 | 63.65 | 63.09 | 63.43 | 62.77 | 65.56 | 63.94 | 58.28 | 56.76 | 54.59 | 55.73 |
| 2802-03-02-37 | 57.29 | 54.08 | 62.66 | 62.12 | 62.52 | 61.87 | 64.57 | 63.00 | 57.48 | 56.02 | 53.88 | 55.00 |
| 2802-03-02-38 | 56.61 | 53.38 | 61.81 | 61.30 | 61.75 | 61.11 | 63.76 | 62.22 | 56.81 | 55.39 | 53.28 | 54.38 |
| 2802-03-02-39 | 55.55 | 52.30 | 60.51 | 60.02 | 60.56 | 59.92 | 62.48 | 61.00 | 55.75 | 54.41 | 52.35 | 53.41 |
| 2802-03-02-40 | 55.79 | 52.55 | 60.81 | 60.31 | 60.83 | 60.18 | 62.76 | 61.27 | 55.99 | 54.63 | 52.56 | 53.63 |
| 2802-03-02-41 | 55.09 | 51.85 | 59.96 | 59.48 | 60.05 | 59.41 | 61.92 | 60.46 | 55.31 | 54.00 | 51.95 | 53.00 |
| 2802-03-02-42 | 54.90 | 51.65 | 59.72 | 59.24 | 59.83 | 59.19 | 61.68 | 60.24 | 55.11 | 53.81 | 51.77 | 52.82 |
| 2802-03-03-01 | 141.48 | 140.55 | 166.89 | 161.25 | 150.50 | 152.32 | 166.61 | 156.14 | 131.72 | 123.11 | 120.29 | 128.14 |
| 2802-03-03-02 | 124.78 | 123.82 | 147.26 | 143.03 | 134.93 | 135.33 | 146.34 | 138.65 | 119.27 | 112.25 | 108.74 | 114.23 |
| 2802-03-03-03 | 138.87 | 137.89 | 163.74 | 158.34 | 148.03 | 149.66 | 163.46 | 153.41 | 129.74 | 121.38 | 118.47 | 125.97 |
| 2802-03-03-04 | 131.58 | 130.55 | 155.10 | 150.32 | 141.19 | 142.23 | 154.60 | 145.75 | 124.25 | 116.59 | 113.40 | 119.90 |
| 2802-03-03-05 | 128.71 | 127.65 | 151.68 | 147.13 | 138.46 | 139.29 | 151.14 | 142.74 | 122.05 | 114.66 | 111.38 | 117.49 |
| 2802-03-03-06 | 119.14 | 118.12 | 140.53 | 136.74 | 129.52 | 129.54 | 139.53 | 132.70 | 114.89 | 108.40 | 104.72 | 109.49 |
| 2802-03-03-07 | 125.52 | 124.38 | 147.77 | 143.49 | 135.35 | 136.00 | 147.29 | 139.36 | 119.52 | 112.42 | 109.08 | 114.81 |
| 2802-03-03-08 | 107.97 | 106.88 | 127.23 | 124.26 | 118.65 | 117.94 | 126.00 | 120.74 | 106.01 | 100.54 | 96.57 | 100.01 |
| 2802-03-03-09 | 117.46 | 116.18 | 138.03 | 134.39 | 127.50 | 127.66 | 137.57 | 130.79 | 113.11 | 106.75 | 103.24 | 108.00 |
| 2802-03-03-10 | 99.03 | 97.28 | 115.33 | 112.90 | 108.63 | 108.05 | 115.21 | 110.61 | 97.37 | 92.65 | 89.09 | 92.13 |
| 2802-03-03-11 | 109.37 | 107.73 | 127.81 | 124.77 | 119.17 | 119.10 | 127.87 | 122.03 | 106.13 | 100.49 | 97.03 | 101.05 |
| 2802-03-03-12 | 93.90 | 91.87 | 108.73 | 106.67 | 103.18 | 102.55 | 109.09 | 104.98 | 92.74 | 88.44 | 85.01 | 87.68 |
| 2802-03-03-13 | 94.89 | 92.99 | 110.14 | 108.00 | 104.34 | 103.64 | 110.22 | 106.08 | 93.77 | 89.40 | 85.88 | 88.56 |
| 2802-03-04-01 | 127.11 | 125.41 | 148.64 | 144.41 | 136.33 | 137.68 | 149.83 | 141.31 | 120.02 | 112.68 | 109.82 | 116.03 |

| Código | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-04-02 | 141.50 | 140.14 | 166.15 | 160.69 | 150.18 | 152.44 | 167.16 | 156.45 | 131.26 | 122.58 | 120.06 | 128.08 |
| 2802-03-04-03 | 132.11 | 130.64 | 154.89 | 150.16 | 141.14 | 142.70 | 155.63 | 146.38 | 123.97 | 116.19 | 113.39 | 120.23 |
| 2802-03-04-04 | 146.73 | 145.59 | 172.66 | 166.65 | 155.16 | 157.69 | 173.30 | 161.77 | 135.30 | 126.14 | 123.72 | 132.44 |
| 2802-03-04-05 | 153.19 | 152.26 | 180.59 | 173.98 | 161.31 | 164.27 | 181.07 | 168.50 | 140.26 | 130.49 | 128.23 | 137.80 |
| 2802-03-04-06 | 131.43 | 130.09 | 154.31 | 149.56 | 140.54 | 141.93 | 154.64 | 145.53 | 123.51 | 115.82 | 112.92 | 119.65 |
| 2802-03-04-07 | 160.10 | 159.39 | 189.09 | 181.80 | 167.85 | 171.28 | 189.39 | 175.68 | 145.51 | 135.08 | 133.00 | 143.51 |
| 2802-03-04-08 | 150.63 | 149.73 | 177.65 | 171.23 | 158.95 | 161.63 | 177.85 | 165.75 | 138.40 | 128.89 | 126.49 | 135.68 |
| 2802-03-04-09 | 152.40 | 151.56 | 179.84 | 173.25 | 160.66 | 163.44 | 179.97 | 167.61 | 139.79 | 130.12 | 127.75 | 137.17 |
| 2802-03-04-10 | 156.16 | 155.41 | 184.41 | 177.47 | 164.20 | 167.26 | 184.52 | 171.52 | 142.62 | 132.58 | 130.33 | 140.26 |
| 2802-03-04-11 | 158.29 | 157.60 | 187.00 | 179.86 | 166.21 | 169.43 | 187.11 | 173.75 | 144.22 | 133.98 | 131.79 | 142.03 |
| 2802-03-04-12 | 149.67 | 148.81 | 176.60 | 170.25 | 158.12 | 160.66 | 176.63 | 164.73 | 137.77 | 128.37 | 125.88 | 134.91 |
| 2802-03-04-13 | 155.71 | 154.99 | 183.92 | 177.02 | 163.81 | 166.80 | 183.93 | 171.03 | 142.33 | 132.34 | 130.04 | 139.90 |
| 2802-03-04-14 | 146.96 | 146.09 | 173.41 | 167.30 | 155.62 | 157.91 | 173.30 | 161.89 | 135.80 | 126.66 | 124.05 | 132.68 |
| 2802-03-04-15 | 131.09 | 129.91 | 154.23 | 149.50 | 140.50 | 141.66 | 154.09 | 145.20 | 123.61 | 115.98 | 112.91 | 119.44 |
| 2802-03-04-16 | 134.24 | 133.28 | 158.36 | 153.34 | 143.76 | 144.96 | 157.80 | 148.55 | 126.34 | 118.43 | 115.30 | 122.13 |

Fuente: Autores (2019).

A continuación, a manera de ejemplo de muestra la especialización de la evapotranspiración del mes de enero, para poder observar la variación de este parámetro en la cuenca de estudio. (ver Figura 2-184).

**Figura 2-184. Espacialización de la evapotranspiración en las unidades hidrográficas de nivel III en el mes de enero**




Fuente: Autores (2019).

En la Figura 2-184 se puede observar que el comportamiento de la evapotranspiración es ascendente si la analizamos desde la zona alta, hasta la parte baja donde se encuentra el Rio cesar, este comportamiento se presenta debido a la variación de pisos térmicos y la altura y con esto a las diferentes condiciones y microclimas que se presentan en cada uno de ellos, entonces a mayor altura menor evapotranspiración y a menor altura mayor evapotranspiración. La temperatura también es otro factor que influye en este comportamiento.

- **Control del modelizado, calibración, validación y resultados del modelo Hec-Hms**

  - Control del modelo o plan de ejecución

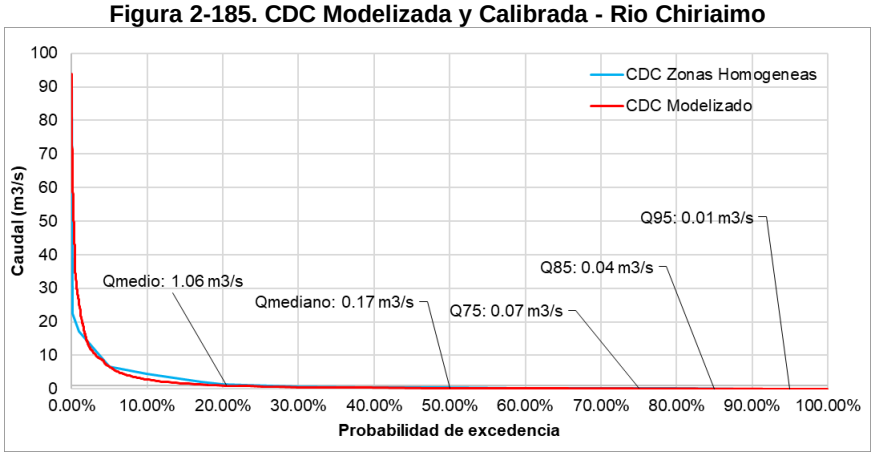
El control corresponde al periodo de modelizado que se le ordena al modelo numérico ejecutar las iteraciones según los procesos metodológicos seleccionados y descritos anteriormente y corresponde al periodo homogéneo del año 1988 hasta el 2016 iterando los resultados en intervalos diarios.

- Calibración y Validación del modelo

Aunque para la calibración de cualquier modelo se requiere de por lo menos la existencia o disponibilidad de una serie de eventos (en el caso de modelos de relación lluvia-escorrentía), al ser un sistema hidrográfico no instrumentado el proceso de calibración y validación toma complejidad llevando en muchos casos a la sobre estimación o subestimación del comportamiento hidrológico de la unidad evaluada.

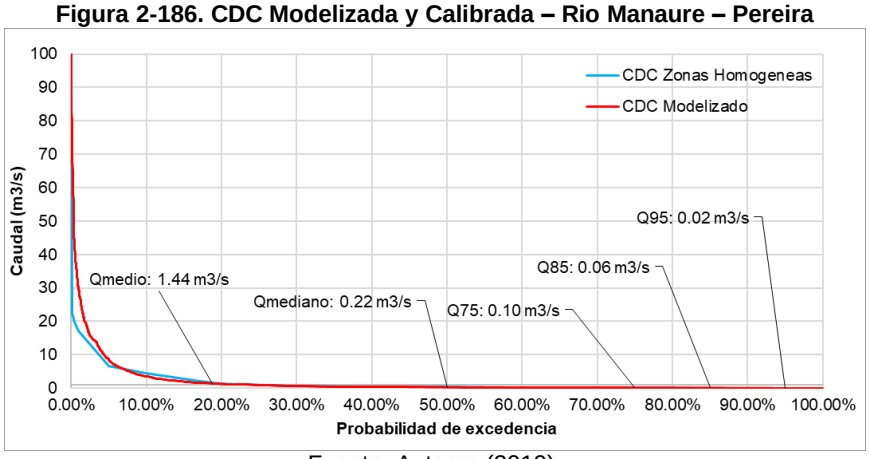
En este caso fueron utilizadas las CDC resultantes de la regionalización de unidades hidrográficas homogéneas. El proceso consistió en iterar basados en el método del tanteo, las velocidades de infiltración de las unidades hidrográficas cuyas características geográficas condicionan a una variación de este parámetro, como por ejemplo los suelos de la zona alta de la subzona hidrográfica donde las temperaturas bajas junto con los mayores índices de precipitación del sistema hidrográfico condicionan a que este suelo cuente con una carga de humedad inicial alta que a su vez influye en la variación de la infiltración y retención de agua en la superficie. El resultado del proceso de calibración de las unidades hidrográficas de nivel II se muestra en la Figura 2-185, Figura 2-186 y Figura 2-187.

**Figura 2-185. CDC Modelizada y Calibrada - Rio Chiriaimo**



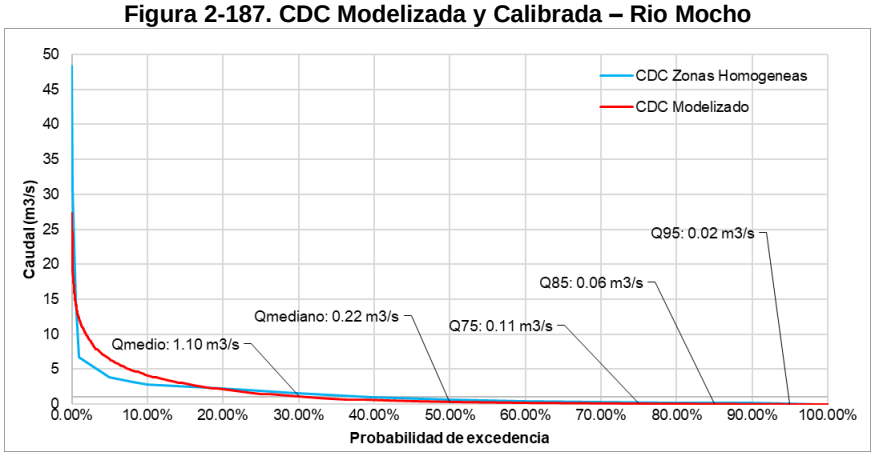

Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-186. CDC Modelizada y Calibrada – Rio Manaure – Pereira**




Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-187. CDC Modelizada y Calibrada – Rio Mocho**

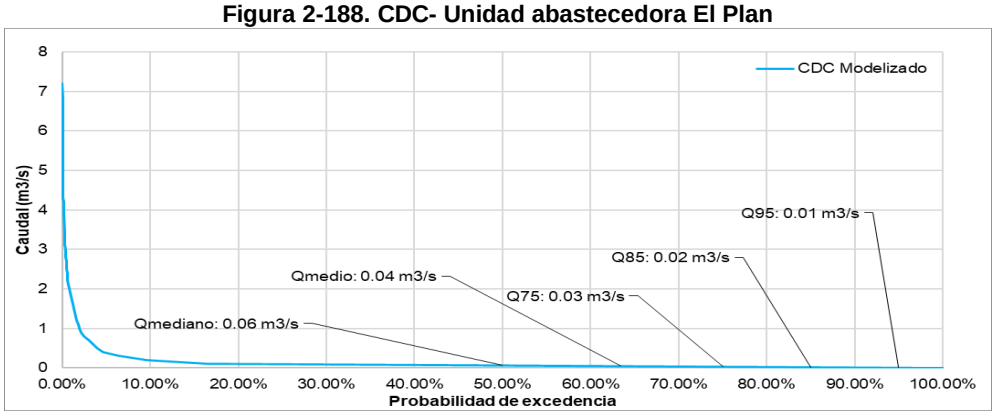



Fuente: Autores (2019).

- Resultados del modelo Hec-Hms

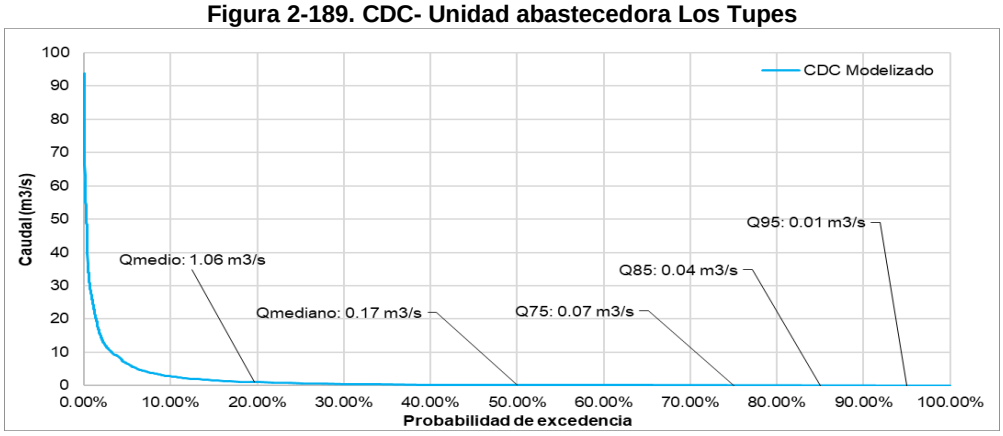
Partiendo de la calibración y validación de las variables más influyentes dentro de los métodos previamente seleccionados que representan los fenómenos físicos del ciclo hidrológico en la cuenca, se generan las CDC para cada unidad hidrográfica abastecedora (ver Figura 2-188, Figura 2-189, Figura 2-190, Figura 2-191, Figura 2-192 y Figura 2-193) y se presentan sus caudales máximos históricos (Ver Tabla 2-104).

**Figura 2-188. CDC- Unidad abastecedora El Plan**



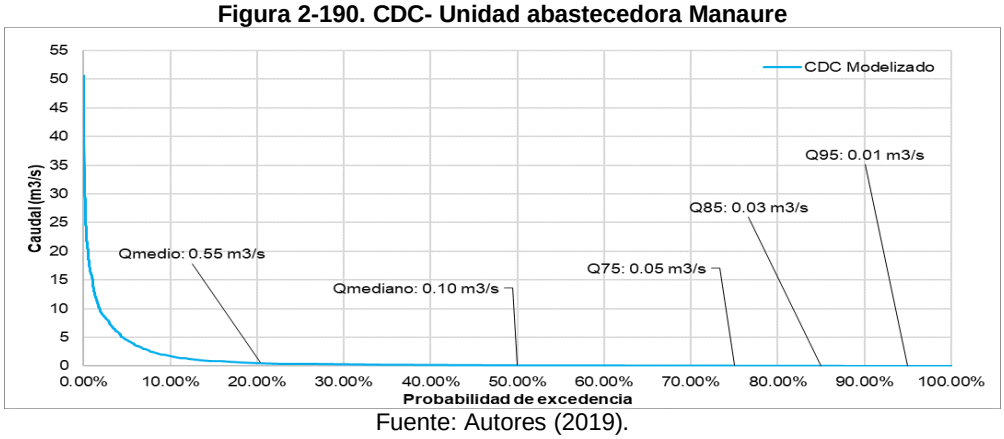

Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-189. CDC- Unidad abastecedora Los Tupes**



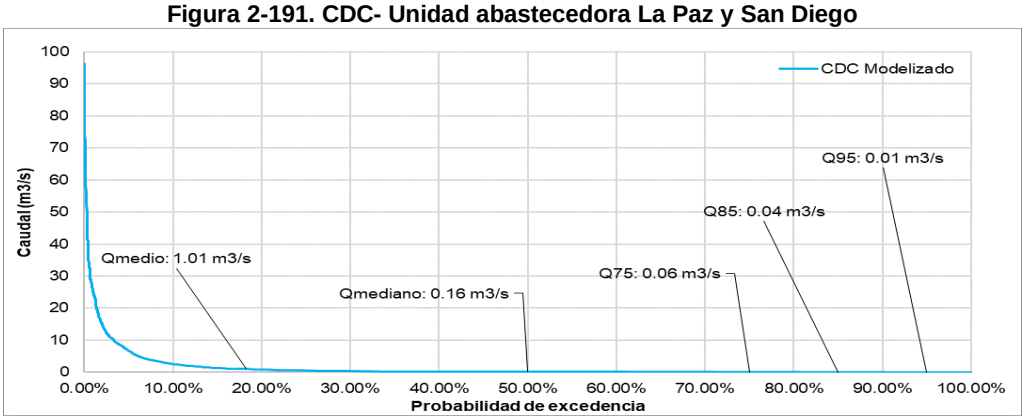

Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-190. CDC- Unidad abastecedora Manaure**



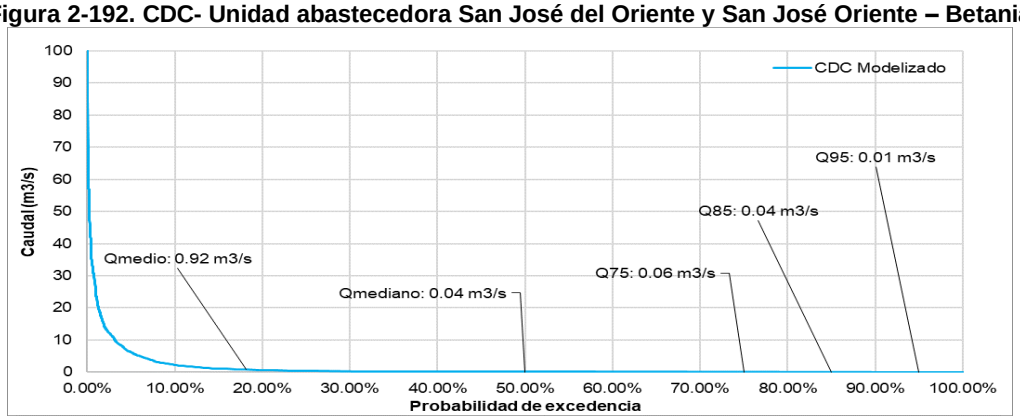

Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-191. CDC- Unidad abastecedora La Paz y San Diego**



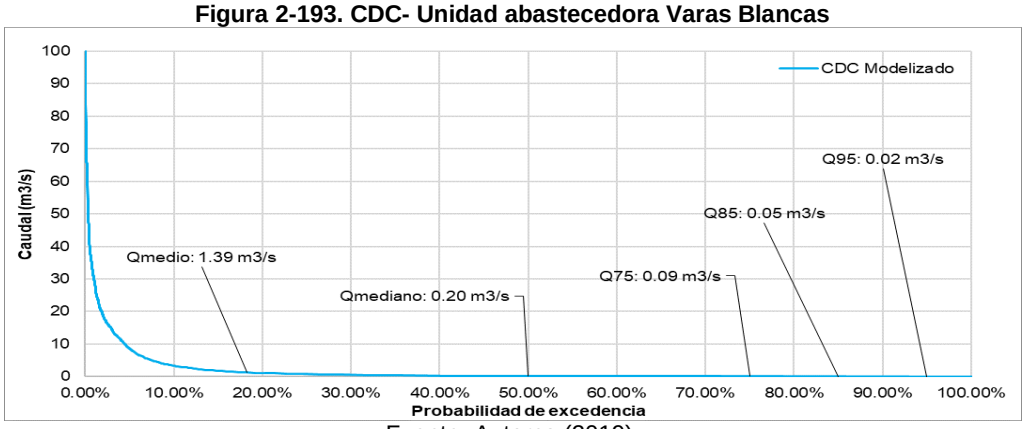

Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-192. CDC- Unidad abastecedora San José del Oriente y San José Oriente – Betania**




Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-193. CDC- Unidad abastecedora Varas Blancas**




Fuente: Autores (2019).

Seguidamente se muestran en la Tabla 2-104 los caudales máximos históricos obtenidos:

**Tabla 2-104. Caudales máximos históricos**

| Elemento Hidrológico | Área (Km2) | Qmax (M3/s) | x1000m3 | Fecha del evento | Elemento Hidrológico | Área (Km2) | Qmax (M3/s) | x1000m4 | Fecha del evento |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Desembocadura Rio Manaure-P | 306.21 | 105.1 | 1315482.9 | 10/15/2011 | 2802-03-01-10 | 1.61 | 0 | 0 | 1/1/1988 |
| Desembocadura Rio Mocho | 54.52 | 27.3 | 1010789.1 | 5/3/2008 | 2802-03-01-11 | 4.41 | 0.7 | 119.2 | 10/26/2007 |
| Desembocadura Rio Chiriaimo | 225.07 | 93.9 | 971026.7 | 10/16/2011 | 2802-03-01-12 | 1.31 | 0 | 0 | 1/1/1988 |
| Junction-01-02/01-15 | 305.64 | 106.6 | 1309787.4 | 10/16/2011 | 2802-03-01-13 | 7.79 | 0 | 0 | 1/1/1988 |
| Junction:01-03/01-10 | 48.45 | 1.4 | 507.7 | 7/21/2010 | 2802-03-01-14 | 2.28 | 0 | 0 | 1/1/1988 |
| Junction:01-04/01-05 | 30.46 | 1.4 | 175.7 | 7/21/2010 | 2802-03-01-15 | 5.56 | 0.4 | 42.7 | 10/26/2007 |
| Junction:01-06/01-07 | 17.45 | 0 | 3.7 | 10/26/2007 | 2802-03-01-16 | 5.62 | 0 | 0 | 1/1/1988 |
| Junction:01-08/01-09 | 12.62 | 0 | 0 | 1/1/1988 | 2802-03-01-17 | 0.34 | 0 | 8.6 | 10/22/2013 |
| Junction:01-12/01-11 | 15.79 | 0.7 | 119.2 | 10/26/2007 | 2802-03-01-18 | 8.96 | 1.1 | 235.5 | 1/25/2010 |
| Junction:01-14/01-13 | 10.07 | 0 | 0 | 1/1/1988 | 2802-03-01-19 | 3.88 | 0.9 | 351.9 | 10/22/2013 |
| Junction:01-16/01-18 | 14.58 | 1.1 | 235.5 | 1/25/2010 | 2802-03-01-20 | 6.13 | 0.8 | 185.9 | 1/25/2010 |
| Junction:01-17/01-19 | 247.51 | 115.3 | 1276995.1 | 10/16/2011 | 2802-03-01-21 | 7.38 | 0 | 0 | 1/1/1988 |
| Junction:01-21/01-22 | 97.22 | 35.7 | 315078.6 | 10/16/2011 | 2802-03-01-22 | 4.73 | 0.6 | 144.2 | 1/25/2010 |
| Junction:01-25/01-24 | 12.53 | 0.5 | 105.1 | 1/25/2010 | 2802-03-01-23 | 5.59 | 0 | 0 | 1/1/1988 |
| Junction:01-26/01-23 | 85.11 | 36.6 | 306885.5 | 10/16/2011 | 2802-03-01-24 | 2.89 | 0 | 0 | 1/1/1988 |
| Junction:01-29/01-27/01-28 | 61.89 | 37.6 | 292138.2 | 10/16/2011 | 2802-03-01-25 | 9.63 | 0.5 | 105.1 | 1/25/2010 |
| Junction:01-32/01-31 | 19.05 | 16.6 | 172187.9 | 10/16/2011 | 2802-03-01-26 | 5.1 | 1 | 281.2 | 1/25/2010 |
| Junction:01-34/01-33 | 14.54 | 12.8 | 133474.4 | 10/16/2011 | 2802-03-01-27 | 3.16 | 0 | 0 | 1/1/1988 |
| Junction:01-35/01-36 | 8.95 | 7.2 | 41003.3 | 10/16/2011 | 2802-03-01-28 | 10.33 | 2 | 622.3 | 10/16/2011 |
| Junction:01-37/01-30 | 46.73 | 36.3 | 281262.7 | 10/16/2011 | 2802-03-01-29 | 1.66 | 0.2 | 42.2 | 1/25/2010 |
| Junction:01-38 | 19.61 | 15.3 | 58904.3 | 10/16/2011 | 2802-03-01-30 | 3.83 | 2.4 | 3862.9 | 10/16/2011 |
| Junction:01-40/01-20 | 228.71 | 119 | 1258922.5 | 10/16/2011 | 2802-03-01-31 | 4.14 | 3.6 | 22312 | 10/16/2011 |
| Junction:01-42/01-41 | 115.93 | 83.1 | 890785.6 | 10/16/2011 | 2802-03-01-32 | 0.37 | 0.4 | 4562 | 10/16/2011 |
| Junction:01-43/01-44 | 112.7 | 82 | 882976.6 | 10/16/2011 | 2802-03-01-33 | 5.57 | 5.6 | 92318.7 | 10/16/2011 |
| Junction:01-46/01-45 | 106.85 | 79.1 | 875765.6 | 10/16/2011 | 2802-03-01-34 | 0.02 | 0 | 152.3 | 10/16/2011 |

| Elemento Hidrológico | Área (Km2) | Qmax (M3/s) | x1000m3 | Fecha del evento | Elemento Hidrológico | Área (Km2) | Qmax (M3/s) | x1000m4 | Fecha del evento |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Junction:01-48/01-47 | 94.22 | 75.3 | 767484.2 | 10/16/2011 | 2802-03-01-35 | 7.09 | 5.4 | 17787 | 10/16/2011 |
| Junction:01-50/01-49 | 82.91 | 67.2 | 676647.3 | 10/16/2011 | 2802-03-01-36 | 1.86 | 1.8 | 23216.3 | 10/16/2011 |
| Junction:01-52/01-51 | 65.07 | 54.1 | 473394 | 10/16/2011 | 2802-03-01-37 | 4.24 | 3.4 | 12789.7 | 10/16/2011 |
| Junction:01-54/01-53 | 55.95 | 47.8 | 394601.1 | 10/16/2011 | 2802-03-01-38 | 6.4 | 4.5 | 9533.9 | 10/16/2011 |
| Junction:01-55/01-56 | 38.17 | 33.3 | 269594.8 | 10/16/2011 | 2802-03-01-39 | 13.21 | 10.8 | 49370.4 | 10/16/2011 |
| Junction:01-58/01-57 | 17.98 | 15.5 | 116013.3 | 10/16/2011 | 2802-03-01-40 | 9.43 | 6.8 | 16437.1 | 10/16/2011 |
| Junction:01-60/01-59 | 14.3 | 12.4 | 80401.9 | 10/16/2011 | 2802-03-01-41 | 3.18 | 1.8 | 1800 | 10/16/2011 |
| Junction:02-04/02-03 | 213.03 | 91.7 | 942798.3 | 10/16/2011 | 2802-03-01-42 | 0.06 | 0 | 32.9 | 10/16/2011 |
| Junction:02-05/02-06 | 211.33 | 94 | 933541.2 | 10/16/2011 | 2802-03-01-43 | 0.01 | 0 | 8 | 10/16/2011 |
| Junction:02-07/02-08 | 208.04 | 96.2 | 924308.9 | 10/16/2011 | 2802-03-01-44 | 5.83 | 3.3 | 3313.3 | 10/16/2011 |
| Junction:02-10/02-11 | 13.4 | 0 | 0 | 1/1/1988 | 2802-03-01-45 | 6.38 | 3.6 | 3660.9 | 10/16/2011 |
| Junction:02-12/02-13 | 8.8 | 0 | 0 | 1/1/1988 | 2802-03-01-46 | 6.25 | 5.9 | 65726.7 | 10/16/2011 |
| Junction:02-14/02-09 | 196.95 | 102.4 | 900322.9 | 10/16/2011 | 2802-03-01-47 | 9.3 | 8.1 | 51598.5 | 10/16/2011 |
| Junction:02-15/02-16 | 178.75 | 106.8 | 882215.5 | 10/16/2011 | 2802-03-01-48 | 2.02 | 1.9 | 21675.6 | 10/16/2011 |
| Junction:02-18/02-17 | 171.05 | 109.2 | 870771.5 | 10/16/2011 | 2802-03-01-49 | 3.27 | 2.8 | 18146.4 | 10/16/2011 |
| Junction:02-20/02-21 | 60.57 | 42.5 | 148084.6 | 10/16/2011 | 2802-03-01-50 | 14.57 | 13.8 | 150167.2 | 10/16/2011 |
| Junction:02-23/02-24 | 11.06 | 7.6 | 14222.4 | 10/16/2011 | 2802-03-01-51 | 3.35 | 2.9 | 18832.9 | 10/16/2011 |
| Junction:02-25/02-22 | 49.17 | 34.1 | 90543.8 | 10/16/2011 | 2802-03-01-52 | 5.76 | 5 | 32431.6 | 10/16/2011 |
| Junction:02-27/02-26 | 18.83 | 12.8 | 23226.6 | 10/16/2011 | 2802-03-01-53 | 8.45 | 7.4 | 47442.5 | 10/16/2011 |
| Junction:02-28/02-19 | 155.63 | 112.1 | 847880.2 | 10/16/2011 | 2802-03-01-54 | 9.33 | 8.1 | 52848.1 | 10/16/2011 |
| Junction:02-30/02-29 | 74.6 | 60.2 | 561023.9 | 10/16/2011 | 2802-03-01-55 | 16.25 | 14.7 | 121539.6 | 10/16/2011 |
| Junction:02-32/02-31 | 69.72 | 57.7 | 527699.1 | 10/16/2011 | 2802-03-01-56 | 3.94 | 3.4 | 22304.7 | 10/16/2011 |
| Junction:02-33/02-34 | 61.21 | 51.5 | 460147.2 | 10/16/2011 | 2802-03-01-57 | 2.8 | 2.4 | 15923.3 | 10/16/2011 |
| Junction:02-35/02-36 | 53.02 | 45.1 | 386361.3 | 10/16/2011 | 2802-03-01-58 | 0.88 | 0.8 | 5030.3 | 10/16/2011 |
| Junction:02-38/02-37 | 37.13 | 31.8 | 263372.1 | 10/16/2011 | 2802-03-01-59 | 4.01 | 3.5 | 22519.2 | 10/16/2011 |
| Junction:02-39/02-40 | 28.87 | 25.1 | 191408.3 | 10/16/2011 | 2802-03-01-60 | 10.29 | 9 | 57882.7 | 10/16/2011 |
| Junction:02-42/02-41 | 14.26 | 12.5 | 85273.4 | 10/16/2011 | 2802-03-02-01 | 2.61 | 0 | 0 | 1/1/1988 |

| Elemento Hidrológico | Área (Km2) | Qmax (M3/s) | x1000m3 | Fecha del evento | Elemento Hidrológico | Área (Km2) | Qmax (M3/s) | x1000m4 | Fecha del evento |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Junction:03-03/03-02 | 53.22 | 27.4 | 975627.1 | 10/29/2001 | 2802-03-02-02 | 9.43 | 2.2 | 831.3 | 6/3/2006 |
| Junction:03-04/03-05 | 49.26 | 26.9 | 908540.8 | 10/29/2001 | 2802-03-02-03 | 1.08 | 0 | 0 | 1/1/1988 |
| Junction:03-06/03-07 | 46.56 | 27.8 | 840314.6 | 10/29/2001 | 2802-03-02-04 | 0.62 | 0 | 0 | 1/1/1988 |
| Junction:03-09/03-08 | 44.59 | 26.2 | 788320.5 | 10/29/2001 | 2802-03-02-05 | 2.7 | 0 | 0 | 1/1/1988 |
| Junction:03-11/03-10 | 23.87 | 23.6 | 446771.8 | 10/16/2011 | 2802-03-02-06 | 0.59 | 0 | 0 | 1/1/1988 |
| Junction:03-12/03-13 | 10.17 | 10.3 | 181646.1 | 10/16/2011 | 2802-03-02-07 | 6.07 | 0 | 0 | 1/1/1988 |
| Reach-01-01 | 305.64 | 105.1 | 1315482.9 | 10/16/2011 | 2802-03-02-08 | 5.01 | 0.9 | 294.4 | 6/3/2006 |
| Reach-01-02 | 48.45 | 1.3 | 618.4 | 7/21/2010 | 2802-03-02-09 | 1.8 | 0.1 | 7.3 | 6/3/2006 |
| Reach-01-03 | 30.46 | 1.4 | 295.2 | 7/21/2010 | 2802-03-02-10 | 3.05 | 0 | 0 | 1/1/1988 |
| Reach-01-05 | 17.45 | 0 | 6.9 | 10/26/2007 | 2802-03-02-11 | 1.54 | 0 | 0 | 1/1/1988 |
| Reach-01-07 | 12.62 | 0 | 0 | 1/1/1988 | 2802-03-02-12 | 5.71 | 0 | 0 | 1/1/1988 |
| Reach-01-10 | 15.79 | 0.6 | 212.4 | 10/26/2007 | 2802-03-02-13 | 3.09 | 0 | 0 | 1/1/1988 |
| Reach-01-12 | 10.07 | 0 | 0 | 1/1/1988 | 2802-03-02-14 | 3 | 0 | 0.5 | 1/25/2010 |
| Reach-01-15 | 247.51 | 106.6 | 1309126.3 | 10/16/2011 | 2802-03-02-15 | 7.43 | 0 | 0 | 1/1/1988 |
| Reach-01-19 | 228.71 | 114.4 | 1276399.1 | 10/16/2011 | 2802-03-02-16 | 0.27 | 0 | 7.7 | 10/16/2011 |
| Reach-01-20 | 97.22 | 33.9 | 323450.3 | 10/16/2011 | 2802-03-02-17 | 14.26 | 0 | 0 | 1/1/1988 |
| Reach-01-22 | 85.11 | 35.1 | 314934.5 | 10/16/2011 | 2802-03-02-18 | 1.16 | 1 | 5503.4 | 10/16/2011 |
| Reach-01-23 | 12.53 | 0.5 | 188.7 | 1/25/2010 | 2802-03-02-19 | 6.54 | 5.8 | 43149.5 | 10/16/2011 |
| Reach-01-26 | 61.89 | 35.3 | 306415.7 | 10/16/2011 | 2802-03-02-20 | 4.42 | 3.1 | 6139.5 | 10/16/2011 |
| Reach-01-29 | 46.73 | 35.4 | 291473.6 | 10/16/2011 | 2802-03-02-21 | 6.98 | 6 | 37637.9 | 10/16/2011 |
| Reach-01-30 | 19.05 | 16 | 187311.3 | 10/16/2011 | 2802-03-02-22 | 5.19 | 4.1 | 15581.5 | 10/16/2011 |
| Reach-01-32 | 14.54 | 12.7 | 145313.9 | 10/16/2011 | 2802-03-02-23 | 6.76 | 4.6 | 8695.2 | 10/16/2011 |
| Reach-01-37 | 19.61 | 14.5 | 77294.1 | 10/16/2011 | 2802-03-02-24 | 4.3 | 2.9 | 5527.2 | 10/16/2011 |
| Reach-01-40 | 115.93 | 77.5 | 918849.3 | 10/16/2011 | 2802-03-02-25 | 14.09 | 10.2 | 24833.1 | 10/16/2011 |
| Reach-01-42 | 112.7 | 81.2 | 888952.6 | 10/16/2011 | 2802-03-02-26 | 10.03 | 6.8 | 12130.2 | 10/16/2011 |
| Reach-01-43 | 106.85 | 78.7 | 879655.2 | 10/16/2011 | 2802-03-02-27 | 8.8 | 6 | 11096.4 | 10/16/2011 |

| Elemento Hidrológico | Área (Km2) | Qmax (M3/s) | x1000m3 | Fecha del evento | Elemento Hidrológico | Área (Km2) | Qmax (M3/s) | x1000m4 | Fecha del evento |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Reach-01-46 | 94.22 | 69.6 | 806378 | 10/16/2011 | 2802-03-02-28 | 13.92 | 10.9 | 38692.5 | 10/16/2011 |
| Reach-01-48 | 82.91 | 65.3 | 694210.1 | 10/16/2011 | 2802-03-02-29 | 3.02 | 2.2 | 5370.2 | 10/16/2011 |
| Reach-01-50 | 65.07 | 50.6 | 508333.6 | 10/16/2011 | 2802-03-02-30 | 1.86 | 1.7 | 13225.2 | 10/16/2011 |
| Reach-01-52 | 55.95 | 46.2 | 422127.6 | 10/16/2011 | 2802-03-02-31 | 4.58 | 4 | 27374 | 10/16/2011 |
| Reach-01-54 | 38.17 | 32.4 | 294310.5 | 10/16/2011 | 2802-03-02-32 | 3.93 | 3.5 | 24666.1 | 10/16/2011 |
| Reach-01-56 | 17.98 | 15.2 | 125749 | 10/16/2011 | 2802-03-02-33 | 4.38 | 3.9 | 30701.2 | 10/16/2011 |
| Reach-01-58 | 14.3 | 12.3 | 95059.8 | 10/16/2011 | 2802-03-02-34 | 3.81 | 3.4 | 27160.2 | 10/16/2011 |
| Reach-02-02 | 213.03 | 93.9 | 970195.4 | 10/17/2011 | 2802-03-02-35 | 12.17 | 10.9 | 85241.6 | 10/16/2011 |
| Reach-02-04 | 211.33 | 91.7 | 942798.3 | 10/16/2011 | 2802-03-02-36 | 3.71 | 3.3 | 22539.6 | 10/16/2011 |
| Reach-02-06 | 208.04 | 94 | 933532.2 | 10/16/2011 | 2802-03-02-37 | 3.12 | 2.7 | 17823.4 | 10/16/2011 |
| Reach-02-08 | 196.95 | 96.2 | 924006.6 | 10/16/2011 | 2802-03-02-38 | 5.14 | 4.5 | 30249.7 | 10/16/2011 |
| Reach-02-09 | 13.4 | 0 | 0 | 1/1/1988 | 2802-03-02-39 | 5.6 | 5 | 39376.8 | 10/16/2011 |
| Reach-02-11 | 8.8 | 0 | 0 | 1/1/1988 | 2802-03-02-40 | 9 | 7.9 | 52688 | 10/16/2011 |
| Reach-02-14 | 178.75 | 102.4 | 900315.1 | 10/16/2011 | 2802-03-02-41 | 9.45 | 8.3 | 56457.5 | 10/16/2011 |
| Reach-02-16 | 171.05 | 106.8 | 882207.8 | 10/16/2011 | 2802-03-02-42 | 4.81 | 4.2 | 28815.8 | 10/16/2011 |
| Reach-02-18 | 155.63 | 108.3 | 865268.1 | 10/16/2011 | 2802-03-03-01 | 1.3 | 1.4 | 18343 | 10/22/2013 |
| Reach-02-19 | 60.57 | 39.8 | 168655.5 | 10/16/2011 | 2802-03-03-02 | 3.84 | 4.1 | 58585.2 | 10/22/2013 |
| Reach-02-21 | 49.17 | 33.4 | 104307.1 | 10/16/2011 | 2802-03-03-03 | 0.13 | 0.1 | 2182.4 | 10/22/2013 |
| Reach-02-22 | 11.06 | 7.5 | 18231.5 | 10/16/2011 | 2802-03-03-04 | 0.56 | 0.6 | 9228.6 | 10/22/2013 |
| Reach-02-25 | 18.83 | 12.4 | 31896.5 | 10/16/2011 | 2802-03-03-05 | 2.14 | 2.3 | 32450.8 | 10/22/2013 |
| Reach-02-28 | 74.6 | 55.5 | 597379 | 10/16/2011 | 2802-03-03-06 | 1.75 | 1.9 | 30294.3 | 10/29/2001 |
| Reach-02-30 | 69.72 | 56.3 | 542428.4 | 10/16/2011 | 2802-03-03-07 | 0.22 | 0.2 | 3031.4 | 10/22/2013 |
| Reach-02-32 | 61.21 | 50.2 | 475659 | 10/16/2011 | 2802-03-03-08 | 16.48 | 17.4 | 255605.9 | 10/29/2001 |
| Reach-02-34 | 53.02 | 44.1 | 402285.8 | 10/16/2011 | 2802-03-03-09 | 4.24 | 4.5 | 57657.3 | 10/22/2013 |
| Reach-02-36 | 37.13 | 30.9 | 278578.1 | 10/16/2011 | 2802-03-03-10 | 9.52 | 9.7 | 170018.8 | 10/16/2011 |
| Reach-02-38 | 28.87 | 24.5 | 215298.1 | 10/16/2011 | 2802-03-03-11 | 4.18 | 4.3 | 72955.2 | 10/16/2011 |
| Reach-02-40 | 14.26 | 12.2 | 99343.6 | 10/16/2011 | 2802-03-03-12 | 5.53 | 5.6 | 98599 | 10/16/2011 |

| Elemento Hidrológico | Área (Km2) | Qmax (M3/s) | x1000m3 | Fecha del evento | Elemento Hidrológico | Área (Km2) | Qmax (M3/s) | x1000m4 | Fecha del evento |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Reach-03-01 | 53.22 | 26.5 | 992446 | 5/4/2008 | 2802-03-03-13 | 4.64 | 4.7 | 83047.1 | 10/16/2011 |
| Reach-03-03 | 49.26 | 26.6 | 914856.5 | 10/29/2001 | 2802-03-04-01 | 7.38 | 7.6 | 91046.6 | 10/22/2013 |
| Reach-03-05 | 46.56 | 26.4 | 866861.5 | 10/29/2001 | 2802-03-04-02 | 3.69 | 3.8 | 39195.2 | 10/22/2013 |
| Reach-03-07 | 44.59 | 25.9 | 806988.9 | 10/29/2001 | 2802-03-04-03 | 4.55 | 4.7 | 51944.6 | 10/22/2013 |
| Reach-03-09 | 23.87 | 22.2 | 475055.4 | 10/16/2011 | 2802-03-04-04 | 3.44 | 3.6 | 37632.2 | 10/22/2013 |
| Reach-03-11 | 10.17 | 9.6 | 203797.1 | 10/16/2011 | 2802-03-04-05 | 0.76 | 0.8 | 8097 | 10/22/2013 |
| Reach-04-14 | 5.95 | 6 | 107000.7 | 10/22/2013 | 2802-03-04-06 | 11.75 | 12.3 | 146400.1 | 10/22/2013 |
| SZ-04-14 | 8.03 | 8.2 | 130310 | 10/21/2013 | 2802-03-04-07 | 1.04 | 1.1 | 10547 | 10/22/2013 |
| 2802-03-01-01 | 0.57 | 0 | 0 | 1/1/1988 | 2802-03-04-08 | 2.99 | 3.1 | 34389.6 | 10/22/2013 |
| 2802-03-01-02 | 4.12 | 0 | 0 | 1/1/1988 | 2802-03-04-09 | 0.99 | 1 | 10698.8 | 10/22/2013 |
| 2802-03-01-03 | 0.6 | 0 | 0 | 1/1/1988 | 2802-03-04-10 | 0.71 | 0.7 | 7332.1 | 10/22/2013 |
| 2802-03-01-04 | 11.99 | 1.4 | 168.8 | 7/21/2010 | 2802-03-04-11 | 0.48 | 0.5 | 4855 | 10/22/2013 |
| 2802-03-01-05 | 1.02 | 0 | 0 | 1/1/1988 | 2802-03-04-12 | 1.97 | 2 | 22473.6 | 10/22/2013 |
| 2802-03-01-06 | 4.21 | 0 | 0 | 1/1/1988 | 2802-03-04-13 | 1.62 | 1.7 | 17191.8 | 10/22/2013 |
| 2802-03-01-07 | 0.62 | 0 | 3.7 | 10/26/2007 | 2802-03-04-14 | 2.07 | 2.2 | 23309.3 | 10/22/2013 |
| 2802-03-01-08 | 5.31 | 0 | 0 | 1/1/1988 | 2802-03-04-15 | 5.95 | 6.3 | 89152.5 | 10/22/2013 |
| 2802-03-01-09 | 7.32 | 0 | 0 | 1/1/1988 | 2802-03-04-16 | 3.27 | 3.4 | 42391.6 | 10/22/2013 |

Fuente: Autores (2019).

### 2.7.3. Oferta hídrica total superficial

La Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS) corresponde al volumen de agua que escurre por la superficie del suelo, que no se infiltra o se evapora, y se concentra en los cauces de los ríos o en los cuerpos de agua lenticos de una unidad hidrográfica (área, zona y subzona), para condiciones hidrológicas medias (promedio multianual), secas y húmedas anuales (IDEAM).

Para la estimación de la OHTS se implementa la metodología propuesta por el IDEAM que consiste en la relación de variables como la ETP, ETR, Precipitación, Temperatura y la variabilidad de estas en los periodos climáticos secos, húmedos y normales. (ver Figura 2-12, Figura 2-19, Figura 2-20, Figura 2-30 y Figura 2-31).

El IDEAM propone la estimación de las variables que componen la ecuación de oferta hídrica total superficial (OHTS) mediante las siguientes expresiones:

$$ESC = P - ETR$$

Donde,
ESC, Escorrentía media anual (estimada) (mm/año)
P, Precipitación media anual (mm/año)
ETR, Evapotranspiración real (mm/año) (ver Figura 2-20)

$$OHTS = ESC - A$$

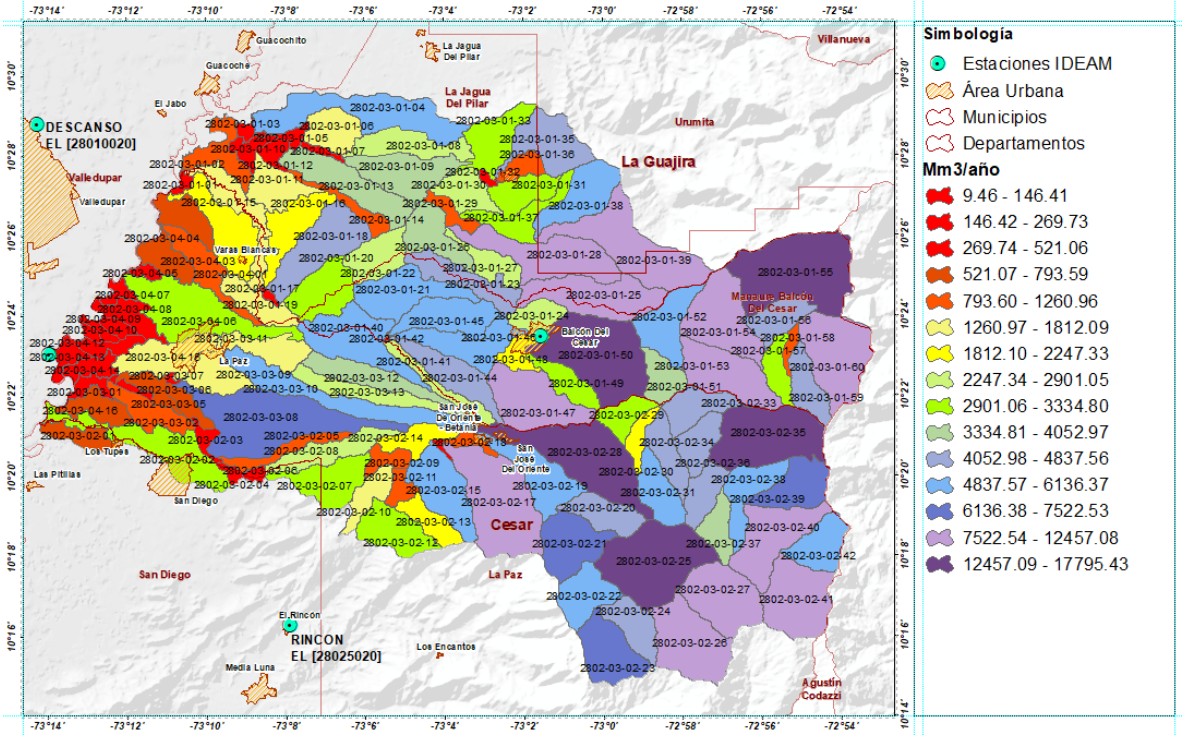
Donde.
OHTS, Es la oferta hídrica total superficial de la unidad hidrográfica (x1000m3/año)
ESC, Escorrentía media anual (estimada) (mm/año)
A, Área de la unidad hidrográfica (km2)

Establecido el proceso metodológico, se estima la oferta hídrica para los distintos periodos climatológicos (normal, seco y húmedo).

#### 2.7.3.1. Oferta hídrica total superficial en periodos climáticos normales

A continuación, se muestra la variación de la oferta hídrica en la cuenca en periodos climáticos normales. (ver Figura 2-194).

**Figura 2-194. OHTS Unidades hidrográficas de nivel III – Periodo climático normal**




Fuente: Autores (2019).

Como era de esperase las unidades hidrográficas que presenta mayor oferta hídrica son las que están ubicadas en la zona alta de la cuenca, donde las condiciones meteorológicas, la altura y el nivel bajo de evapotranspiración le permiten tener una mayor oferta de agua alcanzando valores máximos de hasta 17795.43 Mm3/año, mientras que en las unidades hidrográficas de la zona baja donde se presentan todas las características contrarias, la oferta de agua es menor y critica en algunos lugares alcanzando valores mínimos de hasta 9.46 Mm3/año. en la Tabla 2-105 se pueden evidenciar los valores de oferta para cada unidad hidrográfica nivel 3.

**Tabla 2-105. OHTS Unidades hidrográficas de nivel III – Periodo climatio normal**

| Código | Área (Km2) | ESC (mm/año) | OHTS | | Código | Área (Km2) | ESC (mm/año) | OHTS | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Lt/s | Mm3/año | | | | Lt/s | Mm3/año |
| 2802-03-01-01 | 0.57 | 183.62 | 3.34 | 104.04 | 2802-03-02-07 | 6.07 | 489.46 | 95.57 | 2972.75 |
| 2802-03-01-02 | 4.12 | 242.05 | 32.05 | 996.76 | 2802-03-02-08 | 5.01 | 525.60 | 84.70 | 2634.46 |
| 2802-03-01-03 | 0.60 | 279.34 | 5.39 | 167.52 | 2802-03-02-09 | 1.80 | 615.98 | 35.69 | 1110.01 |
| 2802-03-01-04 | 11.99 | 427.32 | 164.70 | 5122.80 | 2802-03-02-10 | 3.05 | 533.38 | 52.36 | 1628.64 |
| 2802-03-01-05 | 1.02 | 350.89 | 11.50 | 357.71 | 2802-03-02-11 | 1.54 | 610.81 | 30.31 | 942.85 |
| 2802-03-01-06 | 4.21 | 411.79 | 55.74 | 1733.77 | 2802-03-02-12 | 5.71 | 539.88 | 99.10 | 3082.28 |

| Código | Área (Km2) | ESC (mm/año) | OHTS | | Código | Área (Km2) | ESC (mm/año) | OHTS | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Lt/s | Mm3/año | | | | Lt/s | Mm3/año |
| 2802-03-01-07 | 0.62 | 409.92 | 8.13 | 252.85 | 2802-03-02-13 | 3.09 | 648.30 | 64.46 | 2004.86 |
| 2802-03-01-08 | 5.31 | 516.58 | 88.11 | 2740.54 | 2802-03-02-14 | 3.00 | 702.97 | 67.88 | 2111.35 |
| 2802-03-01-09 | 7.32 | 553.96 | 130.30 | 4052.97 | 2802-03-02-15 | 7.43 | 717.93 | 171.53 | 5335.30 |
| 2802-03-01-10 | 1.61 | 287.36 | 14.85 | 461.81 | 2802-03-02-16 | 0.27 | 755.55 | 6.54 | 203.50 |
| 2802-03-01-11 | 4.41 | 346.14 | 49.06 | 1525.94 | 2802-03-02-17 | 14.26 | 847.14 | 388.33 | 12078.69 |
| 2802-03-01-12 | 1.31 | 331.40 | 13.95 | 433.78 | 2802-03-02-18 | 1.16 | 825.84 | 30.93 | 962.04 |
| 2802-03-01-13 | 7.79 | 482.88 | 120.93 | 3761.27 | 2802-03-02-19 | 6.54 | 938.53 | 197.29 | 6136.37 |
| 2802-03-01-14 | 2.28 | 508.36 | 37.25 | 1158.55 | 2802-03-02-20 | 4.42 | 1035.98 | 147.27 | 4580.64 |
| 2802-03-01-15 | 5.56 | 292.88 | 52.38 | 1629.25 | 2802-03-02-21 | 6.98 | 989.88 | 222.09 | 6908.00 |
| 2802-03-01-16 | 5.62 | 400.03 | 72.25 | 2247.33 | 2802-03-02-22 | 5.19 | 1027.39 | 171.30 | 5328.12 |
| 2802-03-01-17 | 0.34 | 397.62 | 4.32 | 134.51 | 2802-03-02-23 | 6.76 | 1063.35 | 231.06 | 7186.77 |
| 2802-03-01-18 | 8.96 | 471.95 | 136.01 | 4230.47 | 2802-03-02-24 | 4.30 | 1100.70 | 152.34 | 4738.36 |
| 2802-03-01-19 | 3.88 | 377.05 | 47.04 | 1463.13 | 2802-03-02-25 | 14.09 | 1099.02 | 497.73 | 15481.39 |
| 2802-03-01-20 | 6.13 | 511.29 | 100.71 | 3132.48 | 2802-03-02-26 | 10.03 | 1126.81 | 363.51 | 11306.49 |
| 2802-03-01-21 | 7.38 | 695.06 | 164.96 | 5131.01 | 2802-03-02-27 | 8.80 | 1130.49 | 319.81 | 9947.40 |
| 2802-03-01-22 | 4.73 | 606.15 | 92.26 | 2869.53 | 2802-03-02-28 | 13.92 | 1003.86 | 449.18 | 13971.21 |
| 2802-03-01-23 | 5.59 | 818.07 | 147.13 | 4576.39 | 2802-03-02-29 | 3.02 | 1044.97 | 101.43 | 3154.84 |
| 2802-03-01-24 | 2.89 | 976.42 | 90.87 | 2826.50 | 2802-03-02-30 | 1.86 | 1063.29 | 63.55 | 1976.71 |
| 2802-03-01-25 | 9.63 | 987.65 | 305.88 | 9514.01 | 2802-03-02-31 | 4.58 | 1094.04 | 161.00 | 5007.86 |
| 2802-03-01-26 | 5.10 | 696.56 | 114.24 | 3553.44 | 2802-03-02-32 | 3.93 | 1094.82 | 138.44 | 4306.18 |
| 2802-03-01-27 | 3.16 | 843.78 | 85.86 | 2670.48 | 2802-03-02-33 | 4.38 | 1099.77 | 154.91 | 4818.36 |
| 2802-03-01-28 | 10.33 | 891.11 | 295.84 | 9201.94 | 2802-03-02-34 | 3.81 | 1116.32 | 136.88 | 4257.54 |
| 2802-03-01-29 | 1.66 | 689.51 | 36.80 | 1144.78 | 2802-03-02-35 | 12.17 | 1135.59 | 444.30 | 13819.51 |
| 2802-03-01-30 | 3.83 | 671.44 | 82.70 | 2572.20 | 2802-03-02-36 | 3.71 | 1131.19 | 135.10 | 4202.18 |
| 2802-03-01-31 | 4.14 | 738.61 | 98.34 | 3058.70 | 2802-03-02-37 | 3.12 | 1133.33 | 113.81 | 3539.92 |
| 2802-03-01-32 | 0.37 | 669.11 | 7.88 | 244.96 | 2802-03-02-38 | 5.14 | 1142.37 | 188.81 | 5872.66 |
| 2802-03-01-33 | 5.57 | 576.84 | 103.31 | 3213.37 | 2802-03-02-39 | 5.60 | 1140.68 | 205.33 | 6386.53 |
| 2802-03-01-34 | 0.02 | 677.80 | 0.46 | 14.30 | 2802-03-02-40 | 9.00 | 1137.68 | 329.35 | 10244.24 |
| 2802-03-01-35 | 7.09 | 633.81 | 144.50 | 4494.55 | 2802-03-02-41 | 9.45 | 1128.90 | 343.06 | 10670.42 |
| 2802-03-01-36 | 1.86 | 673.69 | 40.30 | 1253.63 | 2802-03-02-42 | 4.81 | 1133.72 | 175.42 | 5456.21 |
| 2802-03-01-37 | 4.24 | 786.34 | 107.21 | 3334.80 | 2802-03-03-01 | 1.30 | 208.19 | 8.67 | 269.73 |
| 2802-03-01-38 | 6.40 | 801.87 | 165.02 | 5132.89 | 2802-03-03-02 | 3.84 | 300.65 | 37.09 | 1153.50 |
| 2802-03-01-39 | 13.21 | 943.00 | 400.50 | 12457.08 | 2802-03-03-03 | 0.13 | 219.89 | 0.91 | 28.27 |
| 2802-03-01-40 | 9.43 | 606.75 | 183.90 | 5720.15 | 2802-03-03-04 | 0.56 | 257.52 | 4.66 | 144.81 |

| Código | Área (Km2) | ESC (mm/año) | OHTS | | Código | Área (Km2) | ESC (mm/año) | OHTS | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Lt/s | Mm3/año | | | | Lt/s | Mm3/año |
| 2802-03-01-41 | 3.18 | 796.84 | 81.43 | 2532.72 | 2802-03-03-05 | 2.14 | 275.30 | 18.93 | 588.77 |
| 2802-03-01-42 | 0.06 | 679.52 | 1.25 | 38.75 | 2802-03-03-06 | 1.75 | 341.18 | 19.18 | 596.52 |
| 2802-03-01-43 | 0.01 | 680.36 | 0.30 | 9.46 | 2802-03-03-07 | 0.22 | 293.88 | 2.08 | 64.83 |
| 2802-03-01-44 | 5.83 | 829.30 | 155.53 | 4837.56 | 2802-03-03-08 | 16.48 | 456.44 | 241.85 | 7522.53 |
| 2802-03-01-45 | 6.38 | 818.51 | 167.81 | 5219.53 | 2802-03-03-09 | 4.24 | 355.18 | 48.39 | 1505.24 |
| 2802-03-01-46 | 6.25 | 869.21 | 174.59 | 5430.45 | 2802-03-03-10 | 9.52 | 573.05 | 175.34 | 5453.76 |
| 2802-03-01-47 | 9.30 | 962.46 | 287.67 | 8947.72 | 2802-03-03-11 | 4.18 | 433.10 | 58.26 | 1812.09 |
| 2802-03-01-48 | 2.02 | 968.21 | 62.86 | 1955.30 | 2802-03-03-12 | 5.53 | 639.33 | 113.62 | 3534.08 |
| 2802-03-01-49 | 3.27 | 1007.99 | 105.93 | 3294.86 | 2802-03-03-13 | 4.64 | 625.21 | 93.27 | 2901.05 |
| 2802-03-01-50 | 14.57 | 1023.04 | 479.29 | 14907.97 | 2802-03-04-01 | 7.38 | 272.02 | 64.56 | 2008.12 |
| 2802-03-01-51 | 3.35 | 1066.15 | 114.99 | 3576.78 | 2802-03-04-02 | 3.68 | 195.23 | 23.13 | 719.41 |
| 2802-03-01-52 | 5.76 | 1047.39 | 194.01 | 6034.59 | 2802-03-04-03 | 4.55 | 252.97 | 36.98 | 1150.22 |
| 2802-03-01-53 | 8.45 | 1114.05 | 302.52 | 9409.52 | 2802-03-04-04 | 3.44 | 182.40 | 20.19 | 627.92 |
| 2802-03-01-54 | 9.33 | 1094.34 | 328.43 | 10215.54 | 2802-03-04-05 | 0.76 | 160.57 | 3.92 | 121.83 |
| 2802-03-01-55 | 16.25 | 1095.19 | 572.13 | 17795.43 | 2802-03-04-06 | 11.75 | 269.05 | 101.62 | 3160.73 |
| 2802-03-01-56 | 3.94 | 1133.46 | 143.48 | 4462.77 | 2802-03-04-07 | 1.04 | 141.38 | 4.71 | 146.41 |
| 2802-03-01-57 | 2.80 | 1143.88 | 102.88 | 3199.99 | 2802-03-04-08 | 2.99 | 174.48 | 16.75 | 521.06 |
| 2802-03-01-58 | 0.88 | 1146.77 | 32.57 | 1012.97 | 2802-03-04-09 | 0.99 | 166.78 | 5.32 | 165.51 |
| 2802-03-01-59 | 4.01 | 1144.67 | 147.76 | 4595.81 | 2802-03-04-10 | 0.71 | 155.03 | 3.52 | 109.57 |
| 2802-03-01-60 | 10.29 | 1141.67 | 377.62 | 11745.50 | 2802-03-04-11 | 0.48 | 147.91 | 2.30 | 71.57 |
| 2802-03-02-01 | 2.61 | 260.25 | 21.87 | 680.35 | 2802-03-04-12 | 1.97 | 177.24 | 11.21 | 348.77 |
| 2802-03-02-02 | 9.43 | 334.41 | 101.41 | 3154.16 | 2802-03-04-13 | 1.62 | 155.74 | 8.12 | 252.64 |
| 2802-03-02-03 | 1.08 | 381.09 | 13.28 | 412.94 | 2802-03-04-14 | 2.07 | 186.33 | 12.41 | 385.85 |
| 2802-03-02-04 | 0.62 | 405.96 | 8.05 | 250.52 | 2802-03-04-15 | 5.95 | 262.74 | 50.30 | 1564.46 |
| 2802-03-02-05 | 2.70 | 467.03 | 40.54 | 1260.96 | 2802-03-04-16 | 3.27 | 242.47 | 25.51 | 793.59 |
| 2802-03-02-06 | 0.59 | 421.42 | 7.98 | 248.18 | | | | | |

Fuente: Autores (2019).

De igual manera en la Tabla 2-106 se muestra la oferta hídrica por unidades hidrográficas abastecedoras.

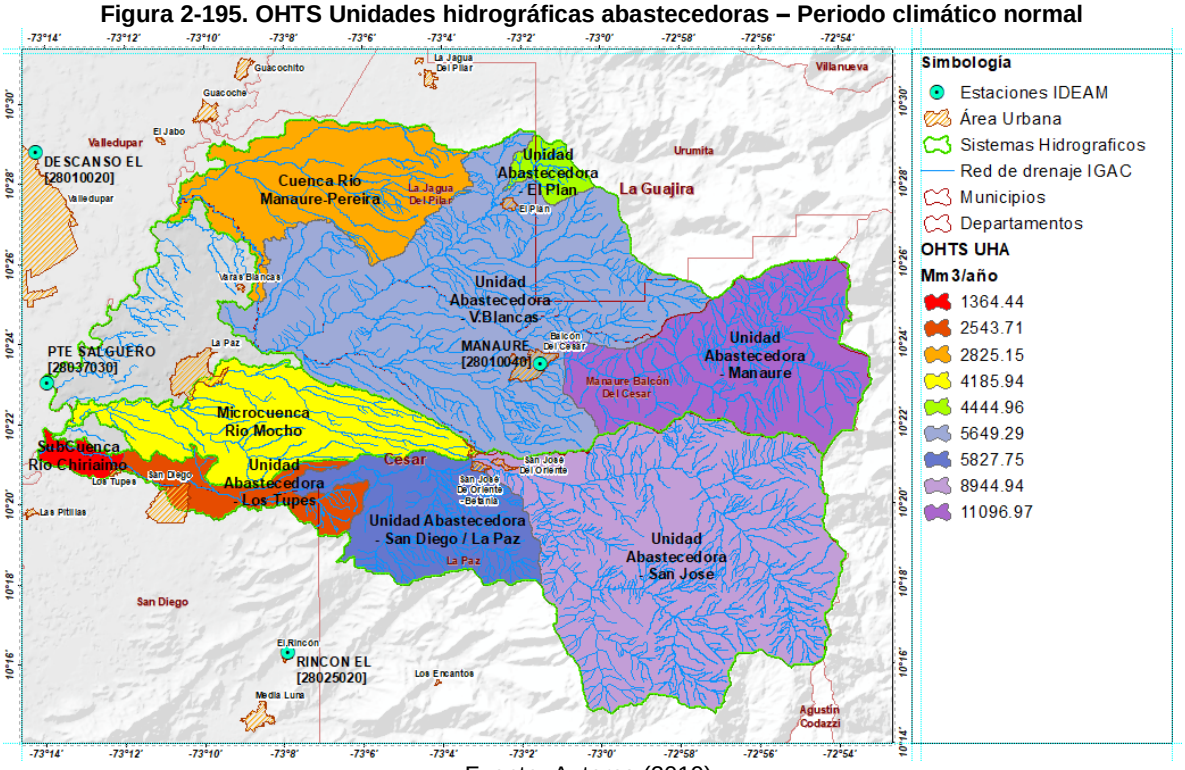
**Tabla 2-106. OHTS Unidades hidrográficas abastecedoras – Periodo climatio normal**

| U.H.A | Área | OHTS |
|---|---|---|
| Unidad Abastecedora - El Plan | 6.94 Km2 | 4444.96 Mm3/año |
| Unidad Abastecedora - Los Tupes | 220.28 Km2 | 2543.71 Mm3/año |
| Unidad Abastecedora - Manaure | 77.22 Km2 | 11096.97 Mm3/año |
| Unidad Abastecedora - San Diego / La Paz | 201.01 Km2 | 5827.75 Mm3/año |
| Unidad Abastecedora - San Jose | 155.63 Km2 | 8944.94 Mm3/año |
| Unidad Abastecedora - V.Blancas | 247.92 Km2 | 5649.29 Mm3/año |

Fuente: Autores (2019).

Seguidamente en la Figura 2-195, se espacializan las unidades hidrográficas abastecedoras y también se tienen en cuenta las zonas que no se catalogan como unidades abastecedoras.

**Figura 2-195. OHTS Unidades hidrográficas abastecedoras – Periodo climático normal**




Fuente: Autores (2019).

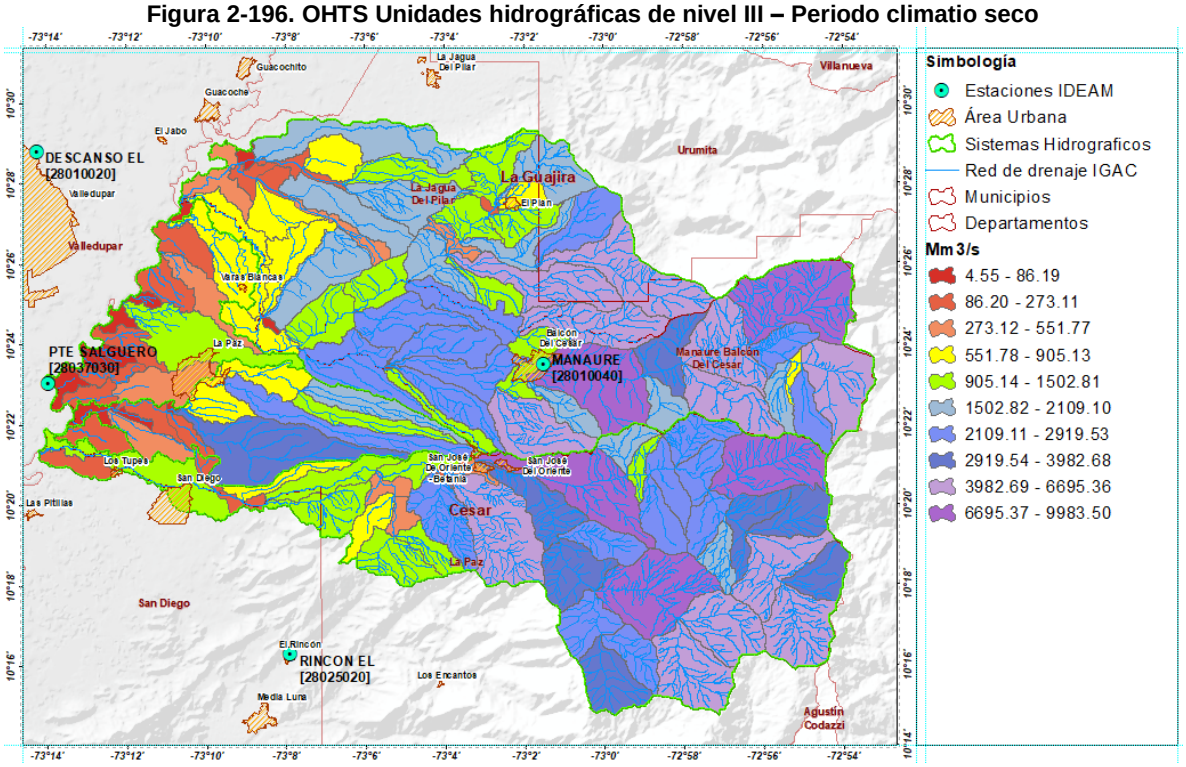
Las unidades abastecedoras con mayor oferta hídrica son la unidad abastecedora san José y Manaure con valores de 8944.94 y 11096.97 Mm3/año respectivamente, al igual que en el análisis de las unidades hidrográficas de nivel 3 estas presentan una mayor oferta por la zona en donde se encuentran y las que presentan una menor oferta hídrica son la unidades abastecedora los tupes y las zonas de la subcuenca del rio Chiriaimo y la cuenca del rio

Manaure Pereira que no son catalogadas como unidades abastecedoras, cabe decir que estas se ubican en las zonas más bajas de la cuenca y las características de esta puede estar generando poca oferta hídrica que estas presentan.

### 2.7.3.2. Oferta hídrica total superficial en periodos climáticos seco

En este capítulo se muestra la oferta hídrica superficial en periodos climáticos secos (ver Figura 2-196). Al igual que para los periodos climáticos normales, la distribución de los valores de oferta hídrica en las unidades hidrográficas de nivel 3, presenta el mismo comportamiento de mayor oferta en las zonas altas y menor oferta en las zonas baja, pero en este caso con niveles de oferta más bajos presentando valores máximos de 9983.50 Mm3/año y valores mínimos de hasta 4.55 Mm3/año, siendo estos últimos valores críticos.

**Figura 2-196. OHTS Unidades hidrográficas de nivel III – Periodo climatio seco**




Fuente: Autores (2019).

Seguidamente en la Tabla 2-107 se muestran los valores de oferta hídrica en periodos climáticos secos para cada una de las unidades hidrográficas de nivel 3.

**Tabla 2-107 OHTS Unidades hidrográficas de nivel III – Periodo climatio seco**

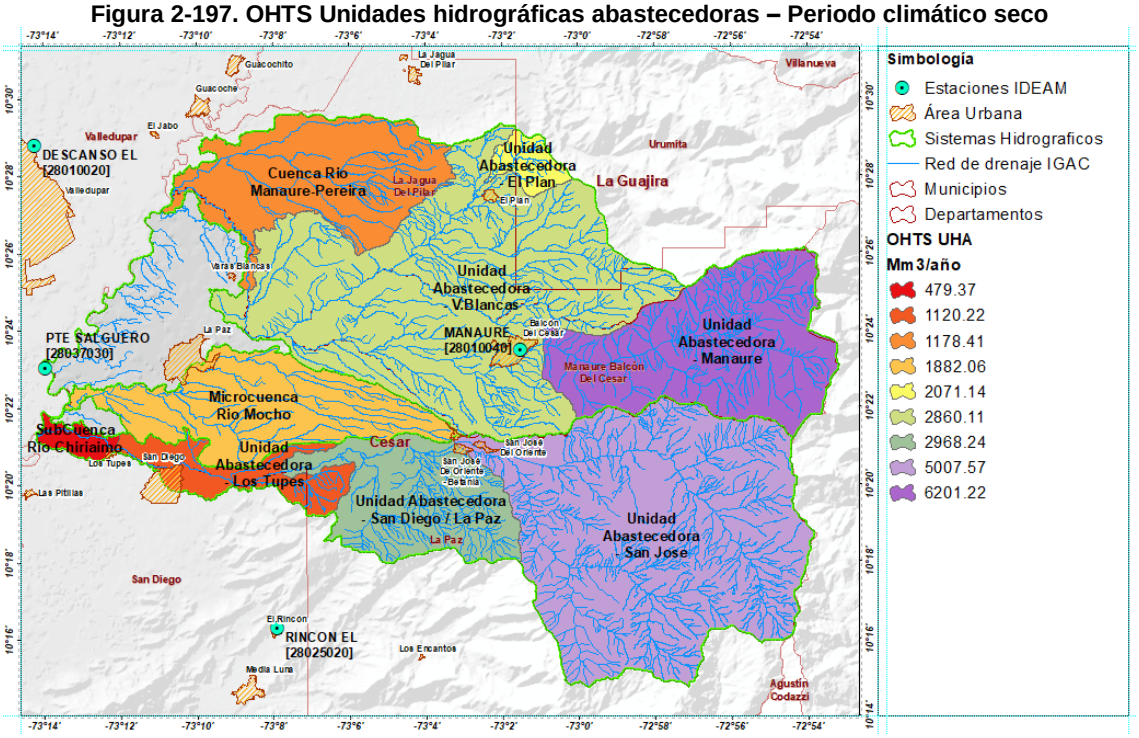
| Código | Área (Km2) | ESC (mm/año) | OHTS (Mm3/año) | Código | Área (Km2) | ESC (mm/año) | OHTS (Mm3/año) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01-01 | 0.57 | 54.32 | 30.78 | 2802-03-02-07 | 6.07 | 228.80 | 1389.62 |
| 2802-03-01-02 | 4.12 | 80.42 | 331.15 | 2802-03-02-08 | 5.01 | 245.71 | 1231.54 |
| 2802-03-01-03 | 0.60 | 97.85 | 58.68 | 2802-03-02-09 | 1.80 | 297.11 | 535.41 |
| 2802-03-01-04 | 11.99 | 175.93 | 2109.10 | 2802-03-02-10 | 3.05 | 254.04 | 775.70 |
| 2802-03-01-05 | 1.02 | 134.17 | 136.78 | 2802-03-02-11 | 1.54 | 296.16 | 457.15 |
| 2802-03-01-06 | 4.21 | 166.74 | 702.02 | 2802-03-02-12 | 5.71 | 259.67 | 1482.51 |
| 2802-03-01-07 | 0.62 | 165.78 | 102.26 | 2802-03-02-13 | 3.09 | 319.52 | 988.12 |
| 2802-03-01-08 | 5.31 | 225.81 | 1197.97 | 2802-03-02-14 | 3.00 | 346.93 | 1041.98 |
| 2802-03-01-09 | 7.32 | 247.81 | 1813.07 | 2802-03-02-15 | 7.43 | 358.82 | 2666.58 |
| 2802-03-01-10 | 1.61 | 101.90 | 163.77 | 2802-03-02-16 | 0.27 | 379.12 | 102.11 |
| 2802-03-01-11 | 4.41 | 132.05 | 582.15 | 2802-03-02-17 | 14.26 | 440.33 | 6278.38 |
| 2802-03-01-12 | 1.31 | 124.05 | 162.38 | 2802-03-02-18 | 1.16 | 423.21 | 493.01 |
| 2802-03-01-13 | 7.79 | 207.52 | 1616.44 | 2802-03-02-19 | 6.54 | 500.37 | 3271.53 |
| 2802-03-01-14 | 2.28 | 222.05 | 506.06 | 2802-03-02-20 | 4.42 | 569.95 | 2520.08 |
| 2802-03-01-15 | 5.56 | 105.79 | 588.52 | 2802-03-02-21 | 6.98 | 537.23 | 3749.13 |
| 2802-03-01-16 | 5.62 | 161.11 | 905.13 | 2802-03-02-22 | 5.19 | 562.95 | 2919.53 |
| 2802-03-01-17 | 0.34 | 161.15 | 54.52 | 2802-03-02-23 | 6.76 | 589.28 | 3982.68 |
| 2802-03-01-18 | 8.96 | 201.55 | 1806.66 | 2802-03-02-24 | 4.30 | 615.62 | 2650.17 |
| 2802-03-01-19 | 3.88 | 150.70 | 584.80 | 2802-03-02-25 | 14.09 | 615.78 | 8674.25 |
| 2802-03-01-20 | 6.13 | 225.11 | 1379.14 | 2802-03-02-26 | 10.03 | 637.79 | 6399.67 |
| 2802-03-01-21 | 7.38 | 335.27 | 2474.98 | 2802-03-02-27 | 8.80 | 641.73 | 5646.70 |
| 2802-03-01-22 | 4.73 | 279.90 | 1325.07 | 2802-03-02-28 | 13.92 | 546.05 | 7599.61 |
| 2802-03-01-23 | 5.59 | 413.01 | 2310.42 | 2802-03-02-29 | 3.02 | 575.42 | 1737.24 |
| 2802-03-01-24 | 2.89 | 519.15 | 1502.81 | 2802-03-02-30 | 1.86 | 589.25 | 1095.45 |
| 2802-03-01-25 | 9.63 | 530.41 | 5109.44 | 2802-03-02-31 | 4.58 | 612.11 | 2801.88 |
| 2802-03-01-26 | 5.10 | 334.87 | 1708.30 | 2802-03-02-32 | 3.93 | 612.50 | 2409.11 |
| 2802-03-01-27 | 3.16 | 429.28 | 1358.62 | 2802-03-02-33 | 4.38 | 616.72 | 2702.01 |
| 2802-03-01-28 | 10.33 | 462.43 | 4775.18 | 2802-03-02-34 | 3.81 | 628.76 | 2398.03 |
| 2802-03-01-29 | 1.66 | 330.11 | 548.07 | 2802-03-02-35 | 12.17 | 644.96 | 7848.83 |
| 2802-03-01-30 | 3.83 | 318.65 | 1220.72 | 2802-03-02-36 | 3.71 | 639.74 | 2376.52 |
| 2802-03-01-31 | 4.14 | 360.87 | 1494.43 | 2802-03-02-37 | 3.12 | 642.49 | 2006.79 |
| 2802-03-01-32 | 0.37 | 316.94 | 116.03 | 2802-03-02-38 | 5.14 | 649.52 | 3339.05 |
| 2802-03-01-33 | 5.57 | 260.87 | 1453.21 | 2802-03-02-39 | 5.60 | 650.04 | 3639.50 |

| Código | Área (Km2) | ESC (mm/año) | OHTS (Mm3/año) | Código | Área (Km2) | ESC (mm/año) | OHTS (Mm3/año) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01-34 | 0.02 | 322.30 | 6.80 | 2802-03-02-40 | 9.00 | 647.80 | 5833.15 |
| 2802-03-01-35 | 7.09 | 295.43 | 2094.96 | 2802-03-02-41 | 9.45 | 643.23 | 6079.85 |
| 2802-03-01-36 | 1.86 | 319.73 | 594.98 | 2802-03-02-42 | 4.81 | 646.55 | 3111.62 |
| 2802-03-01-37 | 4.24 | 391.81 | 1661.64 | 2802-03-03-01 | 1.30 | 66.52 | 86.19 |
| 2802-03-01-38 | 6.40 | 402.68 | 2577.63 | 2802-03-03-02 | 3.84 | 114.16 | 438.01 |
| 2802-03-01-39 | 13.21 | 500.87 | 6616.50 | 2802-03-03-03 | 0.13 | 71.87 | 9.24 |
| 2802-03-01-40 | 9.43 | 283.50 | 2672.68 | 2802-03-03-04 | 0.56 | 90.61 | 50.95 |
| 2802-03-01-41 | 3.18 | 402.20 | 1278.37 | 2802-03-03-05 | 2.14 | 99.82 | 213.48 |
| 2802-03-01-42 | 0.06 | 326.74 | 18.63 | 2802-03-03-06 | 1.75 | 135.88 | 237.57 |
| 2802-03-01-43 | 0.01 | 327.18 | 4.55 | 2802-03-03-07 | 0.22 | 108.87 | 24.02 |
| 2802-03-01-44 | 5.83 | 422.16 | 2462.59 | 2802-03-03-08 | 16.48 | 202.76 | 3341.72 |
| 2802-03-01-45 | 6.38 | 413.50 | 2636.85 | 2802-03-03-09 | 4.24 | 141.67 | 600.40 |
| 2802-03-01-46 | 6.25 | 447.16 | 2793.68 | 2802-03-03-10 | 9.52 | 268.44 | 2554.71 |
| 2802-03-01-47 | 9.30 | 512.75 | 4766.90 | 2802-03-03-11 | 4.18 | 183.50 | 767.75 |
| 2802-03-01-48 | 2.02 | 513.54 | 1037.08 | 2802-03-03-12 | 5.53 | 305.24 | 1687.30 |
| 2802-03-01-49 | 3.27 | 544.86 | 1781.00 | 2802-03-03-13 | 4.64 | 297.85 | 1382.08 |
| 2802-03-01-50 | 14.57 | 556.42 | 8108.22 | 2802-03-04-01 | 7.38 | 95.43 | 704.44 |
| 2802-03-01-51 | 3.35 | 591.22 | 1983.44 | 2802-03-04-02 | 3.68 | 59.66 | 219.83 |
| 2802-03-01-52 | 5.76 | 576.86 | 3323.63 | 2802-03-04-03 | 4.55 | 87.04 | 395.78 |
| 2802-03-01-53 | 8.45 | 627.40 | 5299.16 | 2802-03-04-04 | 3.44 | 54.29 | 186.90 |
| 2802-03-01-54 | 9.33 | 611.92 | 5712.15 | 2802-03-04-05 | 0.76 | 45.03 | 34.17 |
| 2802-03-01-55 | 16.25 | 614.42 | 9983.50 | 2802-03-04-06 | 11.75 | 96.30 | 1131.26 |
| 2802-03-01-56 | 3.94 | 641.92 | 2527.43 | 2802-03-04-07 | 1.04 | 37.42 | 38.75 |
| 2802-03-01-57 | 2.80 | 650.29 | 1819.17 | 2802-03-04-08 | 2.99 | 51.33 | 153.30 |
| 2802-03-01-58 | 0.88 | 652.45 | 576.33 | 2802-03-04-09 | 0.99 | 47.82 | 47.46 |
| 2802-03-01-59 | 4.01 | 652.26 | 2618.82 | 2802-03-04-10 | 0.71 | 43.04 | 30.42 |
| 2802-03-01-60 | 10.29 | 650.80 | 6695.36 | 2802-03-04-11 | 0.48 | 40.07 | 19.39 |
| 2802-03-02-01 | 2.61 | 92.77 | 242.53 | 2802-03-04-12 | 1.97 | 52.46 | 103.23 |
| 2802-03-02-02 | 9.43 | 135.85 | 1281.30 | 2802-03-04-13 | 1.62 | 43.33 | 70.30 |
| 2802-03-02-03 | 1.08 | 161.07 | 174.53 | 2802-03-04-14 | 2.07 | 56.45 | 116.90 |
| 2802-03-02-04 | 0.62 | 180.33 | 111.29 | 2802-03-04-15 | 5.95 | 92.66 | 551.77 |
| 2802-03-02-05 | 2.70 | 212.38 | 573.41 | 2802-03-04-16 | 3.27 | 83.44 | 273.11 |
| 2802-03-02-06 | 0.59 | 190.09 | 111.95 | | | | |

Fuente: Autores (2019).

La distribución de demandas por unidades hidrográficas abastecedoras presentaron los mismos resultados que para periodos climáticos secos, siendo las unidades abastecedoras de Manaure y San José las de mayor oferta con valores de 6201.22 y 5007.57 Mm3/año respectivamente y las de menor demanda fue la unidad hidrográfica de los tupes y las zonas de la Subcuenca rio Chiriaimo y la cuenca Manaure-Pereira, presentando valores mínimos de hasta 479.37 Mm3/año, como se evidencia en la Figura 2-197.

**Figura 2-197. OHTS Unidades hidrográficas abastecedoras – Periodo climático seco**




Fuente: Autores (2019).

A continuación, se muestran en la Tabla 2-108 los valores de oferta obtenidos para cada una de las unidades hidrográficas abastecedoras.

**Tabla 2-108. OHTS Unidades hidrográficas abastecedoras – Periodo climatio seco**

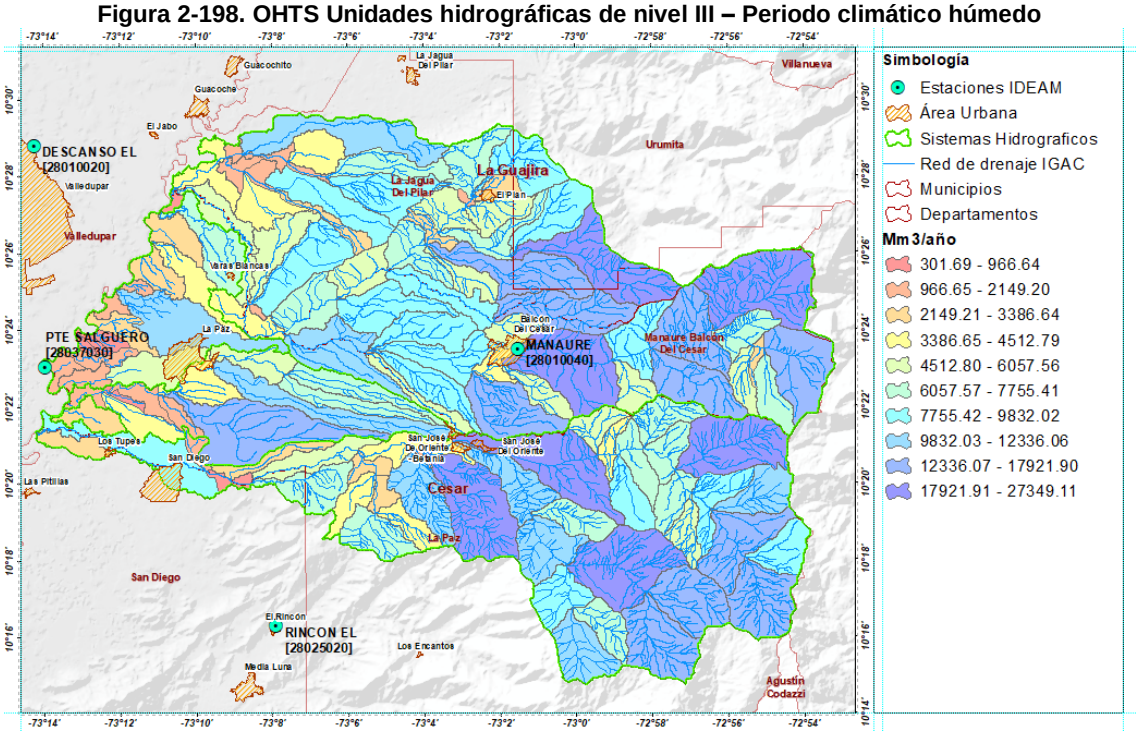
| U.H.A | Área | OHTS |
|---|---|---|
| Unidad Abastecedora - El Plan | 6.94 Km2 | 2071.14 Mm3/año |
| Unidad Abastecedora - Los Tupes | 220.28 Km2 | 1120.23 Mm3/año |
| Unidad Abastecedora - Manaure | 77.22 Km2 | 6201.22 Mm3/año |
| Unidad Abastecedora - San Diego / La Paz | 201.01 Km2 | 2968.24 Mm3/año |
| Unidad Abastecedora - San Jose | 155.63 Km2 | 5007.57 Mm3/año |
| Unidad Abastecedora - V.Blancas | 247.92 Km2 | 2860.11 Mm3/año |

Fuente: Autores (2019).

### 2.7.3.3. Oferta hídrica total superficial en periodos climáticos húmedos

La oferta hídrica en periodos climáticos húmedos presenta una distribución más homogénea (ver Figura 2-198), también se presenta un mayor número de unidades hidrográficas con altos valores de oferta, limitando a la mayoría de unidades hidrográficas que presentan los valores más bajos, a la zona más baja o más próxima al rio cesar, en este periodo se presentan valores máximos de oferta de hasta 27349.11 Mm3/año y valores mínimos de hasta 301.69Mm3/año.

**Figura 2-198. OHTS Unidades hidrográficas de nivel III – Periodo climático húmedo**




Fuente: Autores (2019).

Seguidamente en la Tabla 2-109 se muestran los valores de oferta hídrica en periodo climático húmedo para cada una de las unidades hidrográficas de nivel III.

**Tabla 2-109. OHTS Unidades hidrográficas de nivel III – Periodo climatio humedo**

| Código | Área (Km2) | ESC (mm/año) | OHTS (Mm3/año) | Código | Área (Km2) | ESC (mm/año) | OHTS (Mm3/año) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01-01 | 0.57 | 842.28 | 966.64 | 2802-03-02-07 | 6.07 | 1089.63 | 6528.88 |
| 2802-03-01-02 | 4.12 | 894.63 | 3634.60 | 2802-03-02-08 | 5.01 | 1135.75 | 5664.52 |
| 2802-03-01-03 | 0.60 | 928.03 | 1597.92 | 2802-03-02-09 | 1.80 | 1233.11 | 2437.63 |
| 2802-03-01-04 | 11.99 | 1072.86 | 12336.06 | 2802-03-02-10 | 3.05 | 1136.30 | 3580.64 |
| 2802-03-01-05 | 1.02 | 995.32 | 1282.88 | 2802-03-02-11 | 1.54 | 1223.00 | 2426.65 |

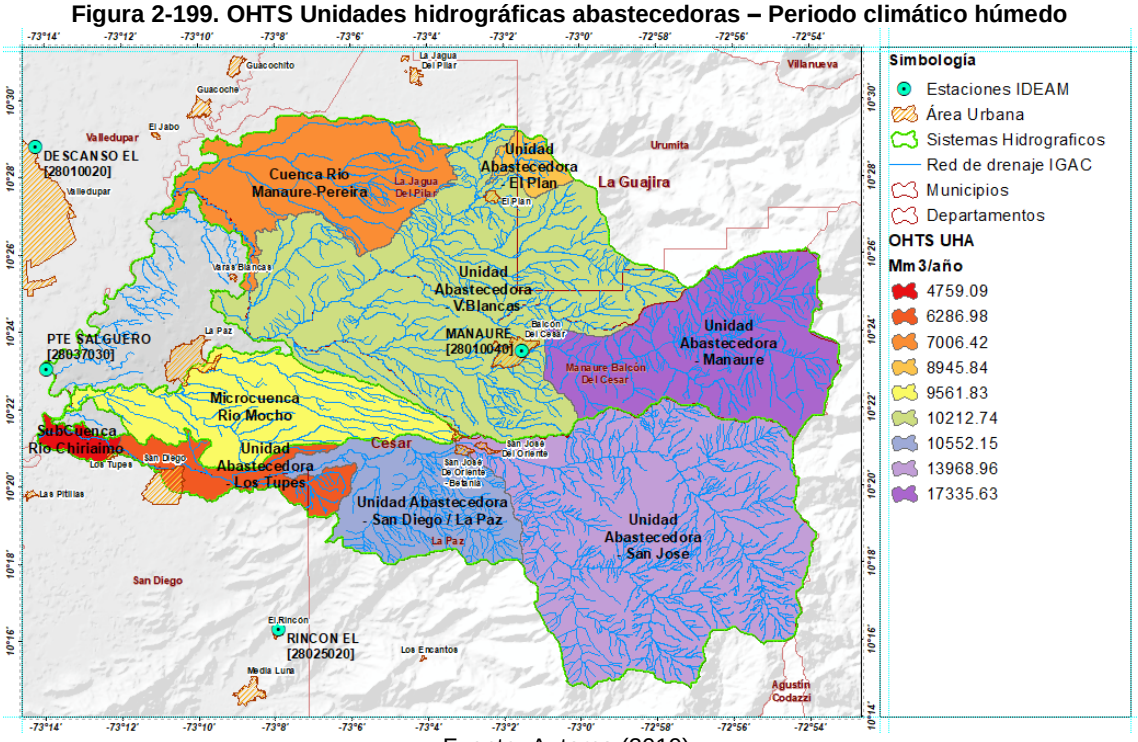
| Código | Área (Km2) | ESC (mm/año) | OHTS (Mm3/año) | Código | Área (Km2) | ESC (mm/año) | OHTS (Mm3/año) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01-06 | 4.21 | 1054.88 | 4488.25 | 2802-03-02-12 | 5.71 | 1138.46 | 6479.10 |
| 2802-03-01-07 | 0.62 | 1052.46 | 1568.60 | 2802-03-02-13 | 3.09 | 1257.72 | 4040.93 |
| 2802-03-01-08 | 5.31 | 1160.51 | 6398.34 | 2802-03-02-14 | 3.00 | 1328.07 | 4066.87 |
| 2802-03-01-09 | 7.32 | 1196.51 | 8652.94 | 2802-03-02-15 | 7.43 | 1334.87 | 10098.04 |
| 2802-03-01-10 | 1.61 | 935.66 | 1703.68 | 2802-03-02-16 | 0.27 | 1380.96 | 1772.01 |
| 2802-03-01-11 | 4.41 | 990.85 | 4421.67 | 2802-03-02-17 | 14.26 | 1463.12 | 20697.39 |
| 2802-03-01-12 | 1.31 | 976.76 | 1633.26 | 2802-03-02-18 | 1.16 | 1452.65 | 3527.48 |
| 2802-03-01-13 | 7.79 | 1124.62 | 8545.83 | 2802-03-02-19 | 6.54 | 1555.38 | 10158.01 |
| 2802-03-01-14 | 2.28 | 1149.29 | 3035.56 | 2802-03-02-20 | 4.42 | 1648.23 | 7755.41 |
| 2802-03-01-15 | 5.56 | 940.63 | 5239.58 | 2802-03-02-21 | 6.98 | 1602.98 | 11309.24 |
| 2802-03-01-16 | 5.62 | 1041.53 | 6057.56 | 2802-03-02-22 | 5.19 | 1643.69 | 8814.74 |
| 2802-03-01-17 | 0.34 | 1034.87 | 1632.28 | 2802-03-02-23 | 6.76 | 1678.20 | 11290.27 |
| 2802-03-01-18 | 8.96 | 1111.25 | 9753.43 | 2802-03-02-24 | 4.30 | 1718.58 | 7650.25 |
| 2802-03-01-19 | 3.88 | 1014.56 | 4253.99 | 2802-03-02-25 | 14.09 | 1712.55 | 23793.02 |
| 2802-03-01-20 | 6.13 | 1147.74 | 7079.90 | 2802-03-02-26 | 10.03 | 1736.83 | 17411.95 |
| 2802-03-01-21 | 7.38 | 1336.58 | 9832.02 | 2802-03-02-27 | 8.80 | 1737.02 | 15305.46 |
| 2802-03-01-22 | 4.73 | 1246.23 | 6002.71 | 2802-03-02-28 | 13.92 | 1620.07 | 22234.46 |
| 2802-03-01-23 | 5.59 | 1464.47 | 8261.42 | 2802-03-02-29 | 3.02 | 1658.84 | 5129.74 |
| 2802-03-01-24 | 2.89 | 1622.31 | 5267.87 | 2802-03-02-30 | 1.86 | 1675.80 | 3541.35 |
| 2802-03-01-25 | 9.63 | 1616.75 | 15371.57 | 2802-03-02-31 | 4.58 | 1706.85 | 8344.02 |
| 2802-03-01-26 | 5.10 | 1339.79 | 6742.65 | 2802-03-02-32 | 3.93 | 1707.98 | 6747.61 |
| 2802-03-01-27 | 3.16 | 1489.79 | 5127.55 | 2802-03-02-33 | 4.38 | 1710.90 | 7647.95 |
| 2802-03-01-28 | 10.33 | 1528.27 | 15658.74 | 2802-03-02-34 | 3.81 | 1729.07 | 7237.44 |
| 2802-03-01-29 | 1.66 | 1332.66 | 2983.96 | 2802-03-02-35 | 12.17 | 1743.57 | 21020.07 |
| 2802-03-01-30 | 3.83 | 1314.49 | 5037.96 | 2802-03-02-36 | 3.71 | 1745.06 | 6726.08 |
| 2802-03-01-31 | 4.14 | 1378.52 | 5697.40 | 2802-03-02-37 | 3.12 | 1743.86 | 5711.99 |
| 2802-03-01-32 | 0.37 | 1312.06 | 1438.24 | 2802-03-02-38 | 5.14 | 1752.48 | 9250.04 |
| 2802-03-01-33 | 5.57 | 1223.18 | 6842.26 | 2802-03-02-39 | 5.60 | 1745.24 | 10087.06 |
| 2802-03-01-34 | 0.02 | 1320.40 | 3965.66 | 2802-03-02-40 | 9.00 | 1742.26 | 15570.98 |
| 2802-03-01-35 | 7.09 | 1274.88 | 8916.60 | 2802-03-02-41 | 9.45 | 1727.23 | 16322.97 |
| 2802-03-01-36 | 1.86 | 1315.06 | 2695.76 | 2802-03-02-42 | 4.81 | 1732.88 | 8499.37 |
| 2802-03-01-37 | 4.24 | 1426.40 | 6337.86 | 2802-03-03-01 | 1.30 | 844.29 | 1288.21 |
| 2802-03-01-38 | 6.40 | 1432.65 | 9472.63 | 2802-03-03-02 | 3.84 | 923.06 | 3855.12 |

| Código | Área (Km2) | ESC (mm/año) | OHTS (Mm3/año) | Código | Área (Km2) | ESC (mm/año) | OHTS (Mm3/año) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01-39 | 13.21 | 1563.20 | 20424.34 | 2802-03-03-03 | 0.13 | 855.99 | 301.69 |
| 2802-03-01-40 | 9.43 | 1240.95 | 11508.36 | 2802-03-03-04 | 0.56 | 888.39 | 788.24 |
| 2802-03-01-41 | 3.18 | 1433.00 | 5196.05 | 2802-03-03-05 | 2.14 | 904.69 | 1933.89 |
| 2802-03-01-42 | 0.06 | 1317.04 | 3386.64 | 2802-03-03-06 | 1.75 | 961.03 | 2149.20 |
| 2802-03-01-43 | 0.01 | 1318.08 | 3853.96 | 2802-03-03-07 | 0.22 | 923.26 | 3643.98 |
| 2802-03-01-44 | 5.83 | 1469.24 | 8612.76 | 2802-03-03-08 | 16.48 | 1070.86 | 17119.24 |
| 2802-03-01-45 | 6.38 | 1464.50 | 9320.46 | 2802-03-03-09 | 4.24 | 981.44 | 4512.79 |
| 2802-03-01-46 | 6.25 | 1515.15 | 9287.77 | 2802-03-03-10 | 9.52 | 1199.22 | 11302.07 |
| 2802-03-01-47 | 9.30 | 1594.56 | 14982.90 | 2802-03-03-11 | 4.18 | 1062.51 | 4760.74 |
| 2802-03-01-48 | 2.02 | 1614.01 | 3840.57 | 2802-03-03-12 | 5.53 | 1270.37 | 7004.67 |
| 2802-03-01-49 | 3.27 | 1637.74 | 5839.81 | 2802-03-03-13 | 4.64 | 1253.52 | 6258.76 |
| 2802-03-01-50 | 14.57 | 1649.08 | 23506.91 | 2802-03-04-01 | 7.38 | 920.73 | 6704.44 |
| 2802-03-01-51 | 3.35 | 1678.45 | 5715.78 | 2802-03-04-02 | 3.68 | 850.95 | 3218.77 |
| 2802-03-01-52 | 5.76 | 1660.93 | 9757.35 | 2802-03-04-03 | 4.55 | 900.67 | 4305.73 |
| 2802-03-01-53 | 8.45 | 1725.55 | 14599.74 | 2802-03-04-04 | 3.44 | 835.42 | 3027.29 |
| 2802-03-01-54 | 9.33 | 1707.59 | 16040.97 | 2802-03-04-05 | 0.76 | 812.86 | 2104.79 |
| 2802-03-01-55 | 16.25 | 1701.23 | 27349.11 | 2802-03-04-06 | 11.75 | 911.20 | 10367.31 |
| 2802-03-01-56 | 3.94 | 1745.62 | 7013.07 | 2802-03-04-07 | 1.04 | 790.61 | 1254.49 |
| 2802-03-01-57 | 2.80 | 1755.04 | 5158.49 | 2802-03-04-08 | 2.99 | 820.62 | 2657.69 |
| 2802-03-01-58 | 0.88 | 1758.11 | 2919.77 | 2802-03-04-09 | 0.99 | 812.24 | 822.78 |
| 2802-03-01-59 | 4.01 | 1751.57 | 7536.34 | 2802-03-04-10 | 0.71 | 799.85 | 558.98 |
| 2802-03-01-60 | 10.29 | 1745.78 | 17921.90 | 2802-03-04-11 | 0.48 | 792.59 | 383.54 |
| 2802-03-02-01 | 2.61 | 884.68 | 2562.84 | 2802-03-04-12 | 1.97 | 820.04 | 1774.52 |
| 2802-03-02-02 | 9.43 | 945.20 | 8656.92 | 2802-03-04-13 | 1.62 | 797.70 | 1317.21 |
| 2802-03-02-03 | 1.08 | 989.49 | 1828.70 | 2802-03-04-14 | 2.07 | 826.28 | 1720.90 |
| 2802-03-02-04 | 0.62 | 1001.47 | 617.44 | 2802-03-04-15 | 5.95 | 898.66 | 5244.52 |
| 2802-03-02-05 | 2.70 | 1072.73 | 3090.82 | 2802-03-04-16 | 3.27 | 872.28 | 3302.08 |
| 2802-03-02-06 | 0.59 | 1015.90 | 687.06 | | | | |

Fuente: Autores (2019).

En el caso de las unidades hidrográficas abastecedoras (ver Figura 2-199), presentaron el mismo comportamiento que en los otros dos periodos climáticos, pero en este caso alcanzando valores máximos de 17335.63 Mm3/año para la unidad abastecedora Manaure y valores mínimos de 4759.09 Mm3/año para la zona de la subcuenca Rio Chiriaimo que no es catalogada como unidad abastecedora.

**Figura 2-199. OHTS Unidades hidrográficas abastecedoras – Periodo climático húmedo**




Fuente: Autores (2019).

A continuación, se muestran en la Tabla 2-110 los valores de oferta obtenidos para cada una de las unidades hidrográficas abastecedoras.

**Tabla 2-110. OHTS Unidades hidrográficas abastecedoras – Periodo climatio humedo**

| U.H.A | Área | OHTS |
|---|---|---|
| Unidad Abastecedora - El Plan | 6.94 Km2 | 8945.84 Mm3/año |
| Unidad Abastecedora - Los Tupes | 220.28 Km2 | 6286.98 Mm3/año |
| Unidad Abastecedora - Manaure | 77.22 Km2 | 17335.63 Mm3/año |
| Unidad Abastecedora - San Diego / La Paz | 201.01 Km2 | 10552.15 Mm3/año |
| Unidad Abastecedora - San Jose | 155.63 Km2 | 13968.96 Mm3/año |
| Unidad Abastecedora - V.Blancas | 247.92 Km2 | 10212.74 Mm3/año |

Fuente: Autores (2019).

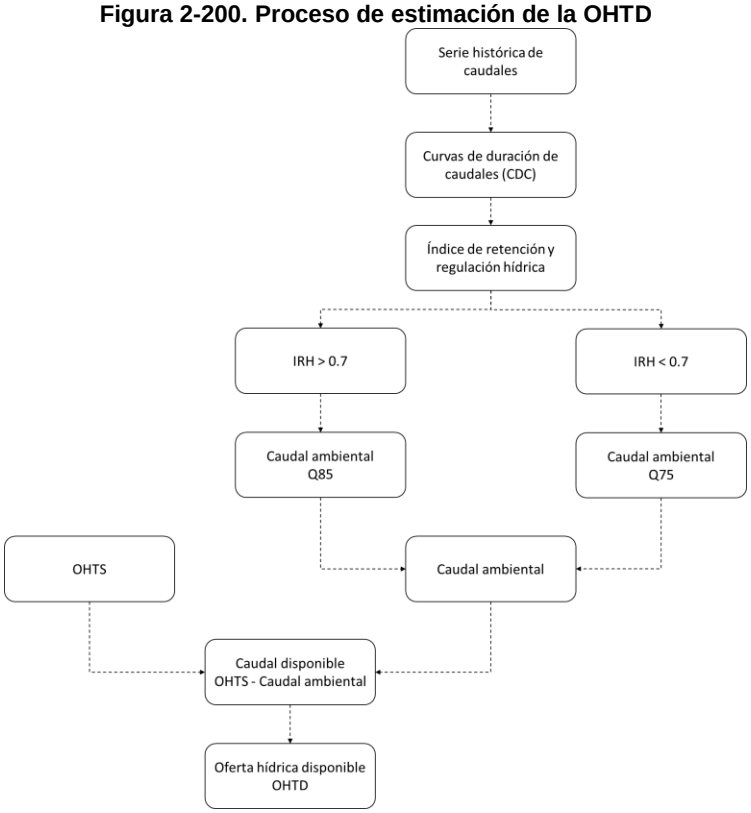
### 2.7.4. Estimación de la oferta hídrica disponible

La Oferta Hídrica Disponible (OHTD) es el volumen de agua promedio que resulta de sustraer a la OHTS el volumen de agua que garantizaría el uso para el funcionamiento de los ecosistemas y de los sistemas fluviales, y en alguna medida un caudal mínimo para usuarios que dependen de las fuentes hídricas asociadas a estos ecosistemas (caudal ambiental); es un valor que cobra importancia en la estimación del Índice de Uso de Agua (IUA) (IDEAM, 2010).

Asimismo, el caudal ambiental, de acuerdo al Decreto 3930 de 2010, es el volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas. En el contexto del ENA 2014 esta variable se estimó con un criterio que hace referencia al índice de Regulación Hídrica –IRH.

A continuación, se muestra el proceso propuesto por el IDEAM para la estimación de la OTHD. (ver Figura 2-196).

**Figura 2-200. Proceso de estimación de la OHTD**




Fuente: Modificado de IDEAM.

Los resultados del Índice de retención y regulación hídrica los pueden observar en el capítulo 2.7.7 “Cálculo de índices”, subcapítulo 2.7.7.2 “Índice de retención y regulación hídrica”.

Teniendo en cuenta los valores obtenidos en el IRH, se obtienen los valores de caudal ambiental detallados en la Tabla 2-111.

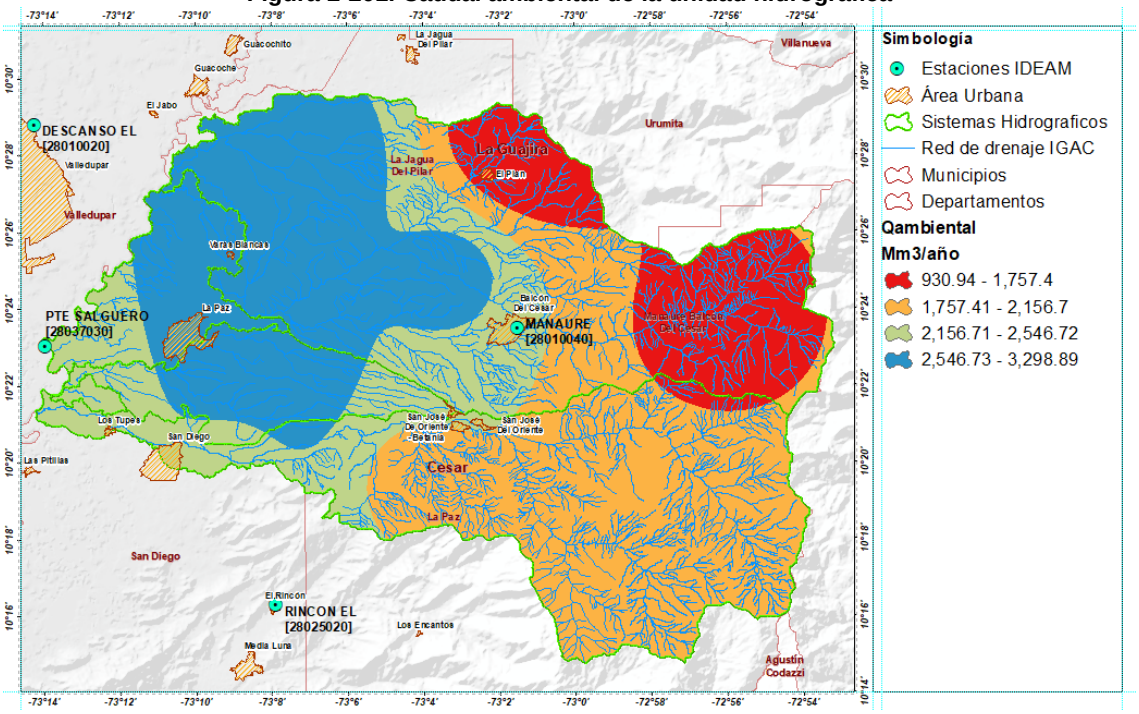
**Tabla 2-111. Caudal ambiental según el rango de IRH**

| Unidades hidrográficas abastecedoras - U.H Nivel II | IRH | Categoría | Q75 |
|---|---|---|---|
| Unidad Abastecedora - El Plan | 0.118 | Muy Baja retención y regulación hídrica | 29.93 Lt/s |
| Unidad Abastecedora - Los Tupes | 0.627 | Baja retención y regulación hídrica | 72.85 Lt/s |
| Unidad Abastecedora - Manaure | 0.574 | Baja retención y regulación hídrica | 49.84 Lt/s |
| Unidad Abastecedora - San Diego / La Paz | 0.632 | Baja retención y regulación hídrica | 64.67 Lt/s |
| Unidad Abastecedora - San Jose | 0.594 | Baja retención y regulación hídrica | 59.53 Lt/s |
| Unidad Abastecedora - V.Blancas | 0.667 | Moderada retención y regulación hídrica | 88.39 Lt/s |
| Cuenca Rio Manaure-Pereira | 0.670 | Moderada retención y regulación hídrica | 95.34 Lt/s |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 0.626 | Baja retención y regulación hídrica | 72.87 Lt/s |
| Microcuenca Rio Mocho | 0.612 | Baja retención y regulación hídrica | 106.06 Lt/s |

Fuente: Autores (2019).

Seguidamente los caudales ambientales son especializados y se muestran en la Figura 2-201.

**Figura 2-201. Caudal ambiental de la unidad hidrográfica**



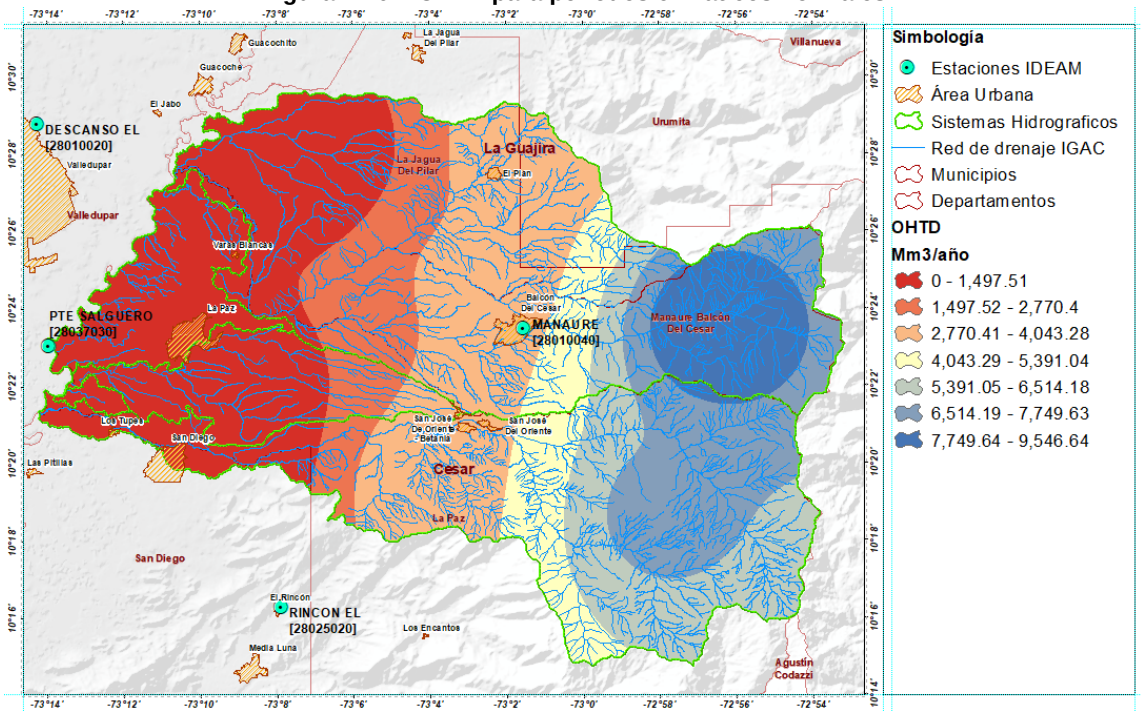

Fuente: Autores (2019).

Con base en la definición de caudal ambiental mencionada anteriormente, podemos entender a este como las cantidades de agua que se necesitan para mantener las funciones, usos y beneficios de una cuenca hidrográfica.

En la Figura 2-201 podemos observar que los valores más grandes de caudal ambiental se ubican en la zona baja de la cuenca y a su vez esta zona es la de menor oferta hídrica por lo que se hace necesario el uso de herramientas de gestión y prevención para garantizar la utilización sostenible del recurso en esta zona. Por otro lado, las zonas que disponen de un caudal ambiental menor son las próximas al departamento de la guajira, la cual es una zona con ecosistemas con características desérticas, los cuales tienen una mayor adaptación a las sequias y por lo tanto necesitan un menor volumen de agua para mantener las funciones normales del ecosistema. Por último, cabe mencionar que la mayor parte o la mayor extensión de la cuenca presenta caudales ambientales medios.

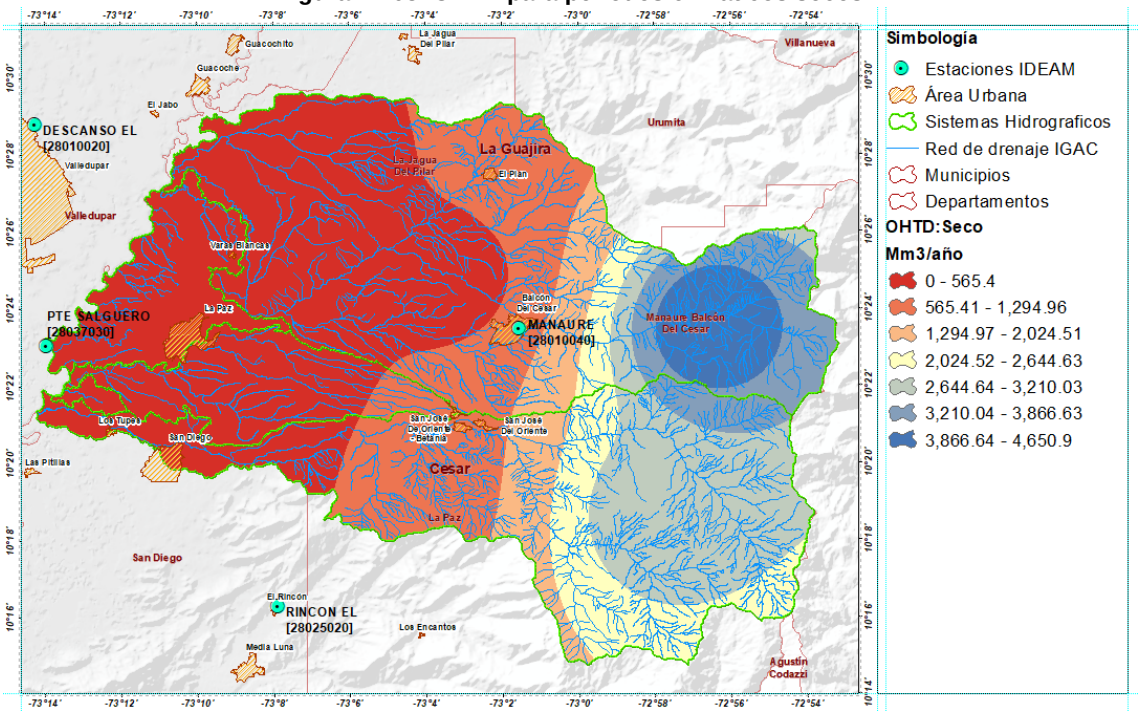
A continuación se muestran los resultados de la oferta hídrica disponible para periodos climáticos normales y secos (Figura 2-202 y Figura 2-203).

**Figura 2-202. OHTD para periodos climáticos normales**




Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-203. OHTD para periodos climáticos secos**




Fuente: Autores (2019).

Las ofertas hídricas disponibles para ambos periodos climáticos presentan la misma distribución, con las zonas de mayor oferta en la parte alta y más específicamente en una de las zonas donde se requiere un volumen más bajo de caudal ambiental y las zonas con menor oferta se ubican en la parte baja de la cuenca. En el periodo climático seco se observa que la extensión de las zonas con menor volumen de oferta hídrica alcanza a las zonas medias de la cuenca, los volúmenes de oferta disponible en periodo seco varían 0 a 4650.9 Mm3/año, mientras que en periodos climáticos normales varían de 0 a 9546.64 Mm3/año.

Por último, podemos concluir que la poca oferta hídrica disponible que se presenta en la zona baja de la cuenca está influenciada por diferentes factores mencionados a lo largo del presente diagnóstico, como lo son el relieve, el clima, la temperatura, la evapotranspiración, entre otros, factores o variables características de esta zona.

A continuación, se muestra en la Tabla 2-112, el consolidado de oferta hídrica total y oferta hídrica disponible por unidades hidrográficas abastecedoras.

**Tabla 2-112. OHTS y OHTD de las unidades hidrográficas abastecedoras**

| Unidades hidrográficas abastecedoras - U.H Nivel II | OHTS:Normal | OHTD:Normal | OHTS:Seco | OHTD:Seco |
|---|---|---|---|---|
| Unidad Abastecedora - El Plan | 4444.96 Mm3/año | 3514.06 Mm3/año | 2071.14 Mm3/año | 1140.24 Mm3/año |
| Unidad Abastecedora - Los Tupes | 2543.71 Mm3/año | 277.74 Mm3/año | 1120.23 Mm3/año | 0.00 Mm3/año |
| Unidad Abastecedora - Manaure | 11096.97 Mm3/año | 9546.65 Mm3/año | 6201.22 Mm3/año | 4650.90 Mm3/año |
| Unidad Abastecedora - San Diego / La Paz | 5827.75 Mm3/año | 3816.14 Mm3/año | 2968.24 Mm3/año | 956.63 Mm3/año |
| Unidad Abastecedora - San José | 8944.94 Mm3/año | 7093.34 Mm3/año | 5007.57 Mm3/año | 3155.97 Mm3/año |
| Unidad Abastecedora - V.Blancas | 5649.29 Mm3/año | 2899.88 Mm3/año | 2860.11 Mm3/año | 110.70 Mm3/año |
| Cuenca Rio Manaure-Pereira | 2825.15 Mm3/año | 0.00 Mm3/año | 1178.41 Mm3/año | 0.00 Mm3/año |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 1364.44 Mm3/año | 0.00 Mm3/año | 479.37 Mm3/año | 0.00 Mm3/año |
| Microcuenca Rio Mocho | 4185.94 Mm3/año | 886.93 Mm3/año | 1882.06 Mm3/año | 0.00 Mm3/año |

Fuente: Autores (2019).

### 2.7.5. Estimación de caudales máximos para diferentes periodos de retorno

La estimación de los caudales máximos para las unidades hidrográficas de nivel II y nivel III se dividen en dos etapas, en las cuales se exponen las metodologías seleccionadas para el cálculo de los valores de caudal que más se ajusten a la información disponible según las principales limitantes de homogeneidad espacial de las variables climatológicas[2].

#### 2.7.5.1. Estimación de caudales máximos para las unidades hidrográficas de nivel II

El análisis de caudales máximos se realiza mediante el método del análisis regional de frecuencias de caudales máximos instantáneos (DALRYMPLE, 1960) partiendo de los análisis de homogeneidad de las unidades hidrográficas evaluadas (ver ítem 2.7.1.3).

El método según el consolidado metodológico del Manual De Drenaje Para Carreteras de INVIAS siguiendo la siguiente metodología:

[2] Cuando las unidades hidrográficas superan un área de aproximadamente 250km2, es conveniente evaluar la cuenca utilizando métodos que estiman directamente la respuesta hidrológica de la misma cuenca basados en registros multianuales en el punto de interés o en zonas hidrológicamente homogéneas. Esto se debe a que en la evaluación de unidades grandes basados en métodos que asumen una homogeneidad tanto para la espacialización y temporalidad de la variable lluvia suelen sobre estimarse los valores de caudal, ya que, al aumentar la extensión de la unidad evaluada la probabilidad de que eventos de lluvia se presenten en toda su extensión de manera uniforme es baja o nula por lo que el asumir dicha hipótesis genera un escenario en donde toda la cuenca aporta grandes volúmenes de escurrimiento estimando caudales máximos de salida irreales.

Se calculan los valores de caudal máximo para los periodos de retorno establecidos en la GUIA POMCA en cada una de las estaciones hidrométricas (ver Tabla 2-113) siguiendo la metodología propuesta para el análisis de las precipitaciones máximas en 24 horas para distintos periodos de retorno (ver Análisis de frecuencia para la precipitación máxima en 24 horas).

**Tabla 2-113. Caudales máximos para distintos periodos de retorno de las estaciones hidrológicas utilizadas para el análisis de zonas hidrográficas homogéneas**

| Estación | Distri. | Periodos de retorno (años) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2.33 | 5 | 15 | 25 | 50 | 100 | 500 |
| Las Flores | GUMBEL | 40.08 m3/s | 58.26 m3/s | 81.42 m3/s | 91.78 m3/s | 105.66 m3/s | 119.44 m3/s | 151.27 m3/s |
| La Mina | PEARSON | 47.59 m3/s | 72.49 m3/s | 103.42 m3/s | 116.88 m3/s | 134.58 m3/s | 151.84 m3/s | 190.84 m3/s |
| Corral de piedra | NORMAL | 46.86 m3/s | 62.01 m3/s | 77.07 m3/s | 82.77 m3/s | 89.69 m3/s | 95.91 m3/s | 108.52 m3/s |
| Mariangola | LOG-NOR | 84.65 m3/s | 103.42 m3/s | 126.21 m3/s | 136.10 m3/s | 149.14 m3/s | 161.94 m3/s | 191.32 m3/s |

Fuente: Autores (2019).

Se calcula la relación generalizada para la región, entre el caudal con periodo de retorno de 2.33 años Q2.33 y el área de drenaje A, con base en los datos de cada una de las estaciones hidrométricas.

$$Q_{2.33} = f(A)$$

Para cada estación, se calcula la relación entre el caudal para cada periodo de retorno T definido (dando valores de periodos de retorno iguales a 2.33, 5, 15, 25, 50, 100 y 500 años) y el caudal con periodo de retorno de 2.33 años QT/Q2.33).

Se agrupan los análisis según los resultados de los grupos de zonas hidrográficas homogéneas y los test de homogeneidad desarrollados en el capítulo de hidrología.

Se calcula el valor promedio o el valor mediano de la relación QT/Q2.33 para la región para los diferentes periodos de retorno considerados, con base en los valores individuales para cada estación (ver Tabla 2-114).

Para una estación no aforada en la región con un área de drenaje A, el valor del caudal con un periodo de retorno determinado QT se calcula estableciendo, en primer lugar, el valor del Q2.33 con la relación generalizada Q2.33 = f (A) para la región y, luego, utilizando la relación generalizada QT/Q2.33 para la referida región.

**Tabla 2-114. Caudales máximos a la salida de las Unidades hidrográficas de nivel II para distintos periodos de retorno**

| U.H.NII | Área | Periodos de retorno | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2.33 | 5 | 15 | 25 | 50 | 100 | 500 |
| Cuenca Rio Manaure - Pereira | 306.20 Km2 | 44.73 m3/s | 64.12 m3/s | 87.22 m3/s | 97.10 m3/s | 110.01 m3/s | 122.52 m3/s | 150.60 m3/s |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 224.82 Km2 | 46.49 m3/s | 66.64 m3/s | 90.64 m3/s | 100.91 m3/s | 114.33 m3/s | 127.34 m3/s | 156.52 m3/s |

Fuente: Autores (2019).

La microcuenca del Rio Mocho es evaluada a partir de análisis de relación lluvia escorrentía (mismo método con el que se evaluaran las U.H.NIII y U.H.A) considerando que su área se ajusta perfectamente a las hipótesis manejadas por este tipo de modelos matemáticos.

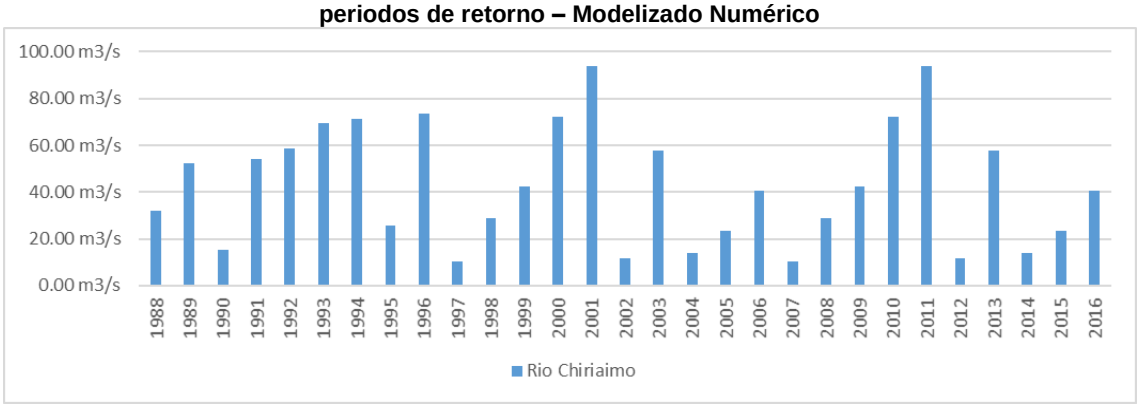
### 2.7.5.2. Estimación de caudales máximos para las unidades hidrográficas de nivel III y las unidades hidrográficas abastecedoras

El análisis para la determinación de los caudales máximos para distintos periodos de retorno en las unidades hidrográficas de nivel III y unidades hidrográficas abastecedoras parte de los resultados multianuales del modelizado en la herramienta computacional Hec-Ras (ver ítem 2.7.2.2). Para el análisis de los caudales máximos se sigue la siguiente metodología:

Se dividen 3 grupos de evaluación; el primero grupo corresponde a las unidades hidrográficas de nivel II que cumplen con las condiciones de área para aplicar métodos de transformación de lluvia escorrentía (Subcuenca Rio Chiriaimo). El segundo grupo corresponde a las unidades hidrográficas abastecedoras y finalmente el tercer grupo que corresponde a las unidades hidrográficas de nivel III incluyendo la microcuenca del Rio Mocho.

Para los primeros dos grupos se identifican los caudales máximos multianuales resultantes del modelizado numérico (ver Figura 2-204). Para mayor información referirse al ítem 2.7.2.2.

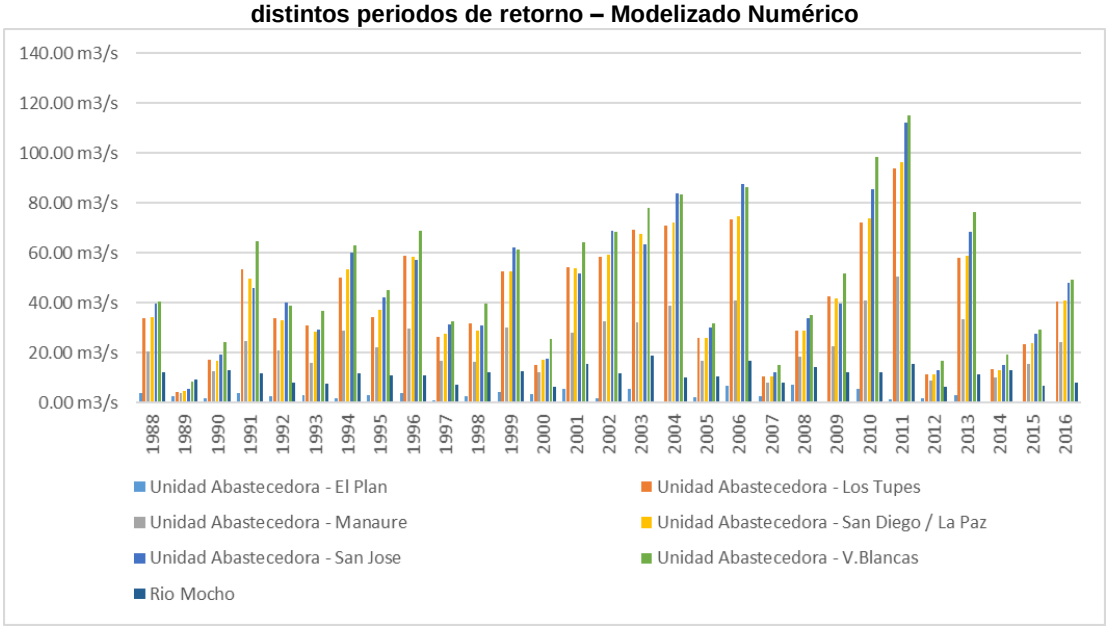
**Figura 2-204. Caudales máximos a la salida de las Unidades hidrográficas de nivel II para distintos periodos de retorno – Modelizado Numérico**




Fuente: Autores (2019).

Asimismo, en la Figura 2-205 se muestran los caudales máximos a la salida de las unidades hidrográficas abastecedoras para diferentes periodos de retorno.

**Figura 2-205. Caudales máximos a la salida de las Unidades hidrográficas abastecedoras para distintos periodos de retorno – Modelizado Numérico**




Fuente: Autores (2019).

Luego, se calculan los valores de caudal máximo para los periodos de retorno establecidos en la GUIA POMCA para cada una de las U.H del primer y segundo grupo (ver Tabla 2-115 y Tabla 2-116), siguiendo la metodología propuesta para el análisis de las precipitaciones máximas en 24 horas para distintos periodos de retorno (ver ítem Análisis de frecuencia para la precipitación máxima en 24 horas).

**Tabla 2-115. Caudales máximos a la salida de las Unidades hidrográficas del grupo 1 para distintos periodos de retorno – Modelizado Numérico**

| Unidad Abastecedora | Área | Metod. | Periodos de retorno | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2.33 | 5 | 15 | 25 | 50 | 100 | 500 |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 224.82 Km2 | GUMBEL | 43.87 m3/s | 65.18 m3/s | 92.33 m3/s | 104.47 m3/s | 120.74 m3/s | 136.89 m3/s | 174.21 m3/s |

Fuente: Autores (2019).

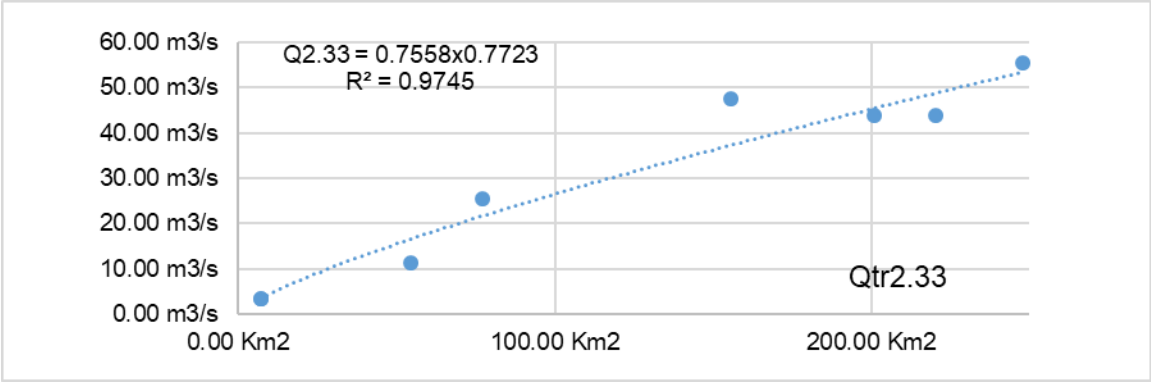
**Tabla 2-116. Caudales máximos a la salida de las Unidades hidrográficas del grupo 2 para distintos periodos de retorno – Modelizado Numérico**

| Unidad Abastecedora | Área | Método | Periodos de retorno | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2.33 | 5 | 15 | 25 | 50 | 100 | 500 |
| Microcuenca Rio Mocho | 54.52 Km2 | GUMBEL | 11.424 | 14.065 | 17.429 | 18.933 | 20.950 | 22.951 | 27.575 |
| Unidad Abastecedora - San Diego / La Paz | 201.01 Km2 | PEARSON | 43.728 | 59.913 | 77.528 | 84.605 | 93.508 | 101.812 | 119.501 |
| Unidad Abastecedora - San José | 155.63 Km2 | PEARSON | 47.505 | 66.305 | 87.665 | 96.479 | 107.741 | 118.409 | 141.615 |
| Unidad Abastecedora - Manaure | 77.22 Km2 | NORMAL | 25.373 | 32.822 | 40.229 | 43.033 | 46.437 | 49.499 | 55.697 |
| Unidad Abastecedora - El Plan | 6.94 Km2 | NORMAL | 3.514 | 4.693 | 5.866 | 6.310 | 6.850 | 7.334 | 8.316 |
| Unidad Abastecedora - Los Tupes | 220.28 Km2 | PEARSON | 43.775 | 59.629 | 76.666 | 83.455 | 91.955 | 99.846 | 116.543 |
| Unidad Abastecedora - V.Blancas | 247.92 Km2 | NORMAL | 55.453 | 73.155 | 90.758 | 97.420 | 105.510 | 112.786 | 127.516 |

Fuente: Autores (2019).

Para cada U.H perteneciente al segundo grupo, se le realiza el proceso metodológico de regionalización de caudales (ver Figura 2-206) expuesto en el punto anterior (ver ítem 2.7.5.1).

**Figura 2-206. Relación generalizada de las U.H del grupo 2 - Q_2.33=f(A)**




Fuente: Autores (2019).

**Tabla 2-117. Relaciones entre caudales para distintos periodos de retorno de las U.H del segundo grupo - QT/Q2.33**

| Periodos de retorno (años) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **2.33** | **5** | **15** | **25** | **50** | **100** | **500** |
| 1.00 | 1.33 | 1.68 | 1.82 | 2.00 | 2.16 | 2.50 |

Fuente: Autores (2019).

Finalmente, para las U.H del tercer grupo, se estima el caudal máximo para distintos periodos de retorno teniendo en cuenta los análisis desarrollados a las U.H de segundo grupo. (ver Tabla 2-118).

**Tabla 2-118. Caudales máximos (m3/s) para distintos periodos de retorno de las unidades hidrográficas de nivel II y el rio Mocho**

| Código de la UH | Área | Periodos de retorno | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **2.33** | **5** | **15** | **25** | **50** | **100** | **500** |
| Microcuenca Rio Mocho | 54.52 Km2 | 18.957 | 25.221 | 31.888 | 34.536 | 37.849 | 40.924 | 47.436 |
| 2802-03-01-01 | 0.57 Km2 | 0.521 | 0.754 | 0.953 | 1.032 | 1.131 | 1.223 | 1.418 |
| 2802-03-01-02 | 4.12 Km2 | 2.482 | 5.479 | 6.927 | 7.502 | 8.222 | 8.890 | 10.304 |
| 2802-03-01-03 | 0.60 Km2 | 0.545 | 0.798 | 1.009 | 1.093 | 1.197 | 1.295 | 1.501 |
| 2802-03-01-04 | 11.99 Km2 | 5.755 | 15.950 | 20.165 | 21.840 | 23.935 | 25.880 | 29.998 |
| 2802-03-01-05 | 1.02 Km2 | 0.827 | 1.356 | 1.715 | 1.857 | 2.035 | 2.201 | 2.551 |
| 2802-03-01-06 | 4.21 Km2 | 2.525 | 5.602 | 7.082 | 7.670 | 8.406 | 9.089 | 10.535 |
| 2802-03-01-07 | 0.62 Km2 | 0.557 | 0.821 | 1.038 | 1.124 | 1.232 | 1.332 | 1.543 |
| 2802-03-01-08 | 5.31 Km2 | 3.029 | 7.058 | 8.924 | 9.665 | 10.592 | 11.453 | 13.275 |
| 2802-03-01-09 | 7.32 Km2 | 3.901 | 9.734 | 12.307 | 13.329 | 14.608 | 15.794 | 18.307 |
| 2802-03-01-10 | 1.61 Km2 | 1.183 | 2.138 | 2.703 | 2.928 | 3.209 | 3.469 | 4.021 |
| 2802-03-01-11 | 4.41 Km2 | 2.619 | 5.865 | 7.415 | 8.031 | 8.802 | 9.517 | 11.031 |
| 2802-03-01-12 | 1.31 Km2 | 1.007 | 1.741 | 2.202 | 2.385 | 2.613 | 2.826 | 3.275 |
| 2802-03-01-13 | 7.79 Km2 | 4.099 | 10.363 | 13.102 | 14.190 | 15.552 | 16.815 | 19.491 |
| 2802-03-01-14 | 2.28 Km2 | 1.558 | 3.032 | 3.834 | 4.152 | 4.550 | 4.920 | 5.703 |
| 2802-03-01-15 | 5.56 Km2 | 3.145 | 7.401 | 9.357 | 10.134 | 11.107 | 12.009 | 13.920 |
| 2802-03-01-16 | 5.62 Km2 | 3.169 | 7.474 | 9.450 | 10.235 | 11.217 | 12.128 | 14.058 |
| 2802-03-01-17 | 0.34 Km2 | 0.347 | 0.450 | 0.569 | 0.616 | 0.675 | 0.730 | 0.846 |
| 2802-03-01-18 | 8.96 Km2 | 4.578 | 11.926 | 15.078 | 16.330 | 17.897 | 19.351 | 22.430 |
| 2802-03-01-19 | 3.88 Km2 | 2.368 | 5.163 | 6.527 | 7.069 | 7.748 | 8.377 | 9.710 |
| 2802-03-01-20 | 6.13 Km2 | 3.393 | 8.151 | 10.305 | 11.161 | 12.232 | 13.226 | 15.330 |
| 2802-03-01-21 | 7.38 Km2 | 3.929 | 9.821 | 12.417 | 13.449 | 14.739 | 15.936 | 18.472 |
| 2802-03-01-22 | 4.73 Km2 | 2.770 | 6.298 | 7.963 | 8.624 | 9.452 | 10.220 | 11.846 |
| 2802-03-01-23 | 5.59 Km2 | 3.159 | 7.443 | 9.410 | 10.191 | 11.169 | 12.077 | 13.998 |
| 2802-03-01-24 | 2.89 Km2 | 1.881 | 3.851 | 4.869 | 5.274 | 5.780 | 6.249 | 7.243 |
| 2802-03-01-25 | 9.63 Km2 | 4.845 | 12.816 | 16.204 | 17.549 | 19.233 | 20.796 | 24.104 |
| 2802-03-01-26 | 5.10 Km2 | 2.937 | 6.787 | 8.581 | 9.294 | 10.185 | 11.013 | 12.765 |
| 2802-03-01-27 | 3.16 Km2 | 2.017 | 4.211 | 5.324 | 5.766 | 6.319 | 6.832 | 7.919 |
| 2802-03-01-28 | 10.33 Km2 | 5.117 | 13.739 | 17.370 | 18.812 | 20.617 | 22.292 | 25.839 |
| 2802-03-01-29 | 1.66 Km2 | 1.214 | 2.209 | 2.793 | 3.025 | 3.315 | 3.584 | 4.154 |
| 2802-03-01-30 | 3.83 Km2 | 2.345 | 5.097 | 6.444 | 6.979 | 7.649 | 8.270 | 9.586 |

| Código de la UH | Área | Periodos de retorno | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2.33 | 5 | 15 | 25 | 50 | 100 | 500 |
| 2802-03-01-31 | 4.14 Km2 | 2.493 | 5.510 | 6.966 | 7.544 | 8.268 | 8.940 | 10.362 |
| 2802-03-01-32 | 0.37 Km2 | 0.369 | 0.487 | 0.616 | 0.667 | 0.731 | 0.790 | 0.916 |
| 2802-03-01-33 | 5.57 Km2 | 3.148 | 7.411 | 9.370 | 10.149 | 11.122 | 12.026 | 13.939 |
| 2802-03-01-34 | 0.02 Km2 | 0.039 | 0.028 | 0.035 | 0.038 | 0.042 | 0.046 | 0.053 |
| 2802-03-01-35 | 7.09 Km2 | 3.807 | 9.435 | 11.928 | 12.919 | 14.158 | 15.309 | 17.744 |
| 2802-03-01-36 | 1.86 Km2 | 1.328 | 2.476 | 3.130 | 3.390 | 3.715 | 4.017 | 4.656 |
| 2802-03-01-37 | 4.24 Km2 | 2.540 | 5.642 | 7.134 | 7.726 | 8.467 | 9.155 | 10.612 |
| 2802-03-01-38 | 6.40 Km2 | 3.512 | 8.516 | 10.767 | 11.661 | 12.780 | 13.819 | 16.017 |
| 2802-03-01-39 | 13.21 Km2 | 6.212 | 17.575 | 22.220 | 24.066 | 26.375 | 28.518 | 33.055 |
| 2802-03-01-40 | 9.43 Km2 | 4.763 | 12.543 | 15.858 | 17.175 | 18.823 | 20.352 | 23.590 |
| 2802-03-01-41 | 3.18 Km2 | 2.024 | 4.229 | 5.346 | 5.790 | 6.346 | 6.862 | 7.953 |
| 2802-03-01-42 | 0.06 Km2 | 0.085 | 0.076 | 0.096 | 0.104 | 0.114 | 0.123 | 0.143 |
| 2802-03-01-43 | 0.01 Km2 | 0.028 | 0.019 | 0.023 | 0.025 | 0.028 | 0.030 | 0.035 |
| 2802-03-01-44 | 5.83 Km2 | 3.264 | 7.761 | 9.812 | 10.627 | 11.647 | 12.593 | 14.596 |
| 2802-03-01-45 | 6.38 Km2 | 3.501 | 8.484 | 10.727 | 11.617 | 12.732 | 13.766 | 15.957 |
| 2802-03-01-46 | 6.25 Km2 | 3.445 | 8.312 | 10.509 | 11.382 | 12.474 | 13.487 | 15.633 |
| 2802-03-01-47 | 9.30 Km2 | 4.711 | 12.369 | 15.638 | 16.937 | 18.562 | 20.070 | 23.263 |
| 2802-03-01-48 | 2.02 Km2 | 1.416 | 2.687 | 3.397 | 3.679 | 4.032 | 4.360 | 5.053 |
| 2802-03-01-49 | 3.27 Km2 | 2.069 | 4.349 | 5.498 | 5.955 | 6.526 | 7.057 | 8.179 |
| 2802-03-01-50 | 14.57 Km2 | 6.710 | 19.387 | 24.512 | 26.547 | 29.094 | 31.458 | 36.464 |
| 2802-03-01-51 | 3.35 Km2 | 2.112 | 4.463 | 5.643 | 6.112 | 6.698 | 7.242 | 8.395 |
| 2802-03-01-52 | 5.76 Km2 | 3.233 | 7.665 | 9.691 | 10.496 | 11.503 | 12.438 | 14.417 |
| 2802-03-01-53 | 8.45 Km2 | 4.368 | 11.237 | 14.207 | 15.387 | 16.863 | 18.234 | 21.135 |
| 2802-03-01-54 | 9.33 Km2 | 4.726 | 12.419 | 15.702 | 17.006 | 18.638 | 20.152 | 23.358 |
| 2802-03-01-55 | 16.25 Km2 | 7.311 | 21.618 | 27.332 | 29.602 | 32.442 | 35.078 | 40.659 |
| 2802-03-01-56 | 3.94 Km2 | 2.396 | 5.238 | 6.623 | 7.173 | 7.861 | 8.500 | 9.852 |
| 2802-03-01-57 | 2.80 Km2 | 1.831 | 3.722 | 4.706 | 5.096 | 5.585 | 6.039 | 7.000 |
| 2802-03-01-58 | 0.88 Km2 | 0.739 | 1.175 | 1.486 | 1.609 | 1.764 | 1.907 | 2.210 |
| 2802-03-01-59 | 4.01 Km2 | 2.433 | 5.342 | 6.754 | 7.314 | 8.016 | 8.667 | 10.047 |
| 2802-03-01-60 | 10.29 Km2 | 5.102 | 13.687 | 17.305 | 18.742 | 20.541 | 22.210 | 25.743 |
| 2802-03-02-01 | 2.61 Km2 | 1.736 | 3.478 | 4.397 | 4.763 | 5.219 | 5.644 | 6.541 |
| 2802-03-02-02 | 9.43 Km2 | 4.765 | 12.549 | 15.865 | 17.183 | 18.831 | 20.362 | 23.601 |
| 2802-03-02-03 | 1.08 Km2 | 0.868 | 1.442 | 1.823 | 1.974 | 2.163 | 2.339 | 2.711 |
| 2802-03-02-04 | 0.62 Km2 | 0.557 | 0.821 | 1.038 | 1.124 | 1.232 | 1.332 | 1.544 |
| 2802-03-02-05 | 2.70 Km2 | 1.780 | 3.592 | 4.542 | 4.919 | 5.391 | 5.829 | 6.756 |
| 2802-03-02-06 | 0.59 Km2 | 0.537 | 0.784 | 0.991 | 1.073 | 1.176 | 1.271 | 1.474 |
| 2802-03-02-07 | 6.07 Km2 | 3.370 | 8.081 | 10.216 | 11.065 | 12.126 | 13.112 | 15.198 |
| 2802-03-02-08 | 5.01 Km2 | 2.897 | 6.668 | 8.431 | 9.131 | 10.007 | 10.820 | 12.542 |
| 2802-03-02-09 | 1.80 Km2 | 1.295 | 2.397 | 3.031 | 3.283 | 3.598 | 3.890 | 4.509 |
| 2802-03-02-10 | 3.05 Km2 | 1.961 | 4.062 | 5.136 | 5.563 | 6.096 | 6.592 | 7.641 |
| 2802-03-02-11 | 1.54 Km2 | 1.146 | 2.054 | 2.596 | 2.812 | 3.082 | 3.332 | 3.862 |
| 2802-03-02-12 | 5.71 Km2 | 3.210 | 7.596 | 9.603 | 10.401 | 11.399 | 12.325 | 14.286 |
| 2802-03-02-13 | 3.09 Km2 | 1.981 | 4.114 | 5.202 | 5.634 | 6.174 | 6.676 | 7.738 |
| 2802-03-02-14 | 3.00 Km2 | 1.936 | 3.996 | 5.052 | 5.472 | 5.997 | 6.484 | 7.515 |

| Código de la UH | Área | Periodos de retorno | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2.33 | 5 | 15 | 25 | 50 | 100 | 500 |
| 2802-03-02-15 | 7.43 Km2 | 3.950 | 9.887 | 12.500 | 13.538 | 14.837 | 16.043 | 18.596 |
| 2802-03-02-16 | 0.27 Km2 | 0.290 | 0.358 | 0.453 | 0.491 | 0.538 | 0.581 | 0.674 |
| 2802-03-02-17 | 14.26 Km2 | 6.596 | 18.970 | 23.984 | 25.975 | 28.468 | 30.781 | 35.678 |
| 2802-03-02-18 | 1.16 Km2 | 0.919 | 1.550 | 1.960 | 2.122 | 2.326 | 2.515 | 2.915 |
| 2802-03-02-19 | 6.54 Km2 | 3.571 | 8.699 | 10.998 | 11.911 | 13.054 | 14.115 | 16.361 |
| 2802-03-02-20 | 4.42 Km2 | 2.625 | 5.883 | 7.437 | 8.055 | 8.828 | 9.545 | 11.064 |
| 2802-03-02-21 | 6.98 Km2 | 3.759 | 9.285 | 11.739 | 12.713 | 13.933 | 15.065 | 17.462 |
| 2802-03-02-22 | 5.19 Km2 | 2.976 | 6.900 | 8.723 | 9.448 | 10.354 | 11.196 | 12.977 |
| 2802-03-02-23 | 6.76 Km2 | 3.665 | 8.992 | 11.369 | 12.313 | 13.494 | 14.590 | 16.912 |
| 2802-03-02-24 | 4.30 Km2 | 2.570 | 5.727 | 7.241 | 7.842 | 8.595 | 9.293 | 10.772 |
| 2802-03-02-25 | 14.09 Km2 | 6.534 | 18.741 | 23.695 | 25.663 | 28.125 | 30.410 | 35.248 |
| 2802-03-02-26 | 10.03 Km2 | 5.003 | 13.350 | 16.878 | 18.280 | 20.034 | 21.661 | 25.108 |
| 2802-03-02-27 | 8.80 Km2 | 4.511 | 11.707 | 14.801 | 16.030 | 17.568 | 18.996 | 22.018 |
| 2802-03-02-28 | 13.92 Km2 | 6.472 | 18.516 | 23.411 | 25.355 | 27.787 | 30.045 | 34.825 |
| 2802-03-02-29 | 3.02 Km2 | 1.944 | 4.017 | 5.078 | 5.500 | 6.028 | 6.518 | 7.555 |
| 2802-03-02-30 | 1.86 Km2 | 1.327 | 2.473 | 3.127 | 3.387 | 3.712 | 4.013 | 4.652 |
| 2802-03-02-31 | 4.58 Km2 | 2.697 | 6.090 | 7.700 | 8.339 | 9.139 | 9.882 | 11.454 |
| 2802-03-02-32 | 3.93 Km2 | 2.394 | 5.233 | 6.616 | 7.166 | 7.853 | 8.491 | 9.842 |
| 2802-03-02-33 | 4.38 Km2 | 2.606 | 5.829 | 7.370 | 7.982 | 8.747 | 9.458 | 10.963 |
| 2802-03-02-34 | 3.81 Km2 | 2.336 | 5.074 | 6.415 | 6.948 | 7.615 | 8.233 | 9.543 |
| 2802-03-02-35 | 12.17 Km2 | 5.823 | 16.191 | 20.470 | 22.170 | 24.297 | 26.271 | 30.451 |
| 2802-03-02-36 | 3.71 Km2 | 2.288 | 4.942 | 6.249 | 6.768 | 7.417 | 8.020 | 9.296 |
| 2802-03-02-37 | 3.12 Km2 | 1.997 | 4.156 | 5.254 | 5.690 | 6.236 | 6.743 | 7.816 |
| 2802-03-02-38 | 5.14 Km2 | 2.955 | 6.839 | 8.647 | 9.365 | 10.264 | 11.098 | 12.864 |
| 2802-03-02-39 | 5.60 Km2 | 3.161 | 7.449 | 9.418 | 10.200 | 11.179 | 12.087 | 14.010 |
| 2802-03-02-40 | 9.00 Km2 | 4.594 | 11.980 | 15.146 | 16.404 | 17.978 | 19.439 | 22.532 |
| 2802-03-02-41 | 9.45 Km2 | 4.773 | 12.575 | 15.899 | 17.220 | 18.872 | 20.405 | 23.652 |
| 2802-03-02-42 | 4.81 Km2 | 2.806 | 6.403 | 8.095 | 8.768 | 9.609 | 10.390 | 12.043 |
| 2802-03-03-01 | 1.30 Km2 | 0.999 | 1.724 | 2.179 | 2.360 | 2.587 | 2.797 | 3.242 |
| 2802-03-03-02 | 3.84 Km2 | 2.347 | 5.105 | 6.454 | 6.990 | 7.660 | 8.283 | 9.601 |
| 2802-03-03-03 | 0.13 Km2 | 0.162 | 0.171 | 0.216 | 0.234 | 0.257 | 0.278 | 0.322 |
| 2802-03-03-04 | 0.56 Km2 | 0.518 | 0.748 | 0.946 | 1.024 | 1.123 | 1.214 | 1.407 |
| 2802-03-03-05 | 2.14 Km2 | 1.482 | 2.845 | 3.597 | 3.896 | 4.270 | 4.617 | 5.352 |
| 2802-03-03-06 | 1.75 Km2 | 1.265 | 2.326 | 2.941 | 3.185 | 3.491 | 3.774 | 4.375 |
| 2802-03-03-07 | 0.22 Km2 | 0.248 | 0.294 | 0.371 | 0.402 | 0.440 | 0.476 | 0.552 |
| 2802-03-03-08 | 16.48 Km2 | 7.393 | 21.927 | 27.722 | 30.024 | 32.905 | 35.578 | 41.239 |
| 2802-03-03-09 | 4.24 Km2 | 2.539 | 5.638 | 7.129 | 7.721 | 8.461 | 9.149 | 10.605 |
| 2802-03-03-10 | 9.52 Km2 | 4.799 | 12.662 | 16.009 | 17.338 | 19.001 | 20.545 | 23.814 |
| 2802-03-03-11 | 4.18 Km2 | 2.513 | 5.566 | 7.038 | 7.622 | 8.354 | 9.032 | 10.469 |
| 2802-03-03-12 | 5.53 Km2 | 3.129 | 7.354 | 9.298 | 10.070 | 11.037 | 11.933 | 13.832 |
| 2802-03-03-13 | 4.64 Km2 | 2.726 | 6.173 | 7.805 | 8.453 | 9.264 | 10.017 | 11.611 |
| 2802-03-04-01 | 7.38 Km2 | 3.929 | 9.821 | 12.417 | 13.449 | 14.739 | 15.936 | 18.472 |
| 2802-03-04-02 | 3.68 Km2 | 2.274 | 4.903 | 6.198 | 6.713 | 7.357 | 7.955 | 9.221 |
| 2802-03-04-03 | 4.55 Km2 | 2.683 | 6.049 | 7.648 | 8.283 | 9.078 | 9.816 | 11.378 |

| Código de la UH | Área | Periodos de retorno | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2.33 | 5 | 15 | 25 | 50 | 100 | 500 |
| 2802-03-04-04 | 3.44 Km2 | 2.155 | 4.580 | 5.791 | 6.271 | 6.873 | 7.432 | 8.614 |
| 2802-03-04-05 | 0.76 Km2 | 0.655 | 1.009 | 1.276 | 1.382 | 1.515 | 1.638 | 1.899 |
| 2802-03-04-06 | 11.75 Km2 | 5.664 | 15.630 | 19.761 | 21.402 | 23.455 | 25.361 | 29.396 |
| 2802-03-04-07 | 1.04 Km2 | 0.837 | 1.378 | 1.742 | 1.887 | 2.068 | 2.236 | 2.591 |
| 2802-03-04-08 | 2.99 Km2 | 1.927 | 3.973 | 5.023 | 5.440 | 5.962 | 6.447 | 7.473 |
| 2802-03-04-09 | 0.99 Km2 | 0.810 | 1.320 | 1.669 | 1.808 | 1.981 | 2.142 | 2.483 |
| 2802-03-04-10 | 0.71 Km2 | 0.620 | 0.940 | 1.189 | 1.288 | 1.411 | 1.526 | 1.768 |
| 2802-03-04-11 | 0.48 Km2 | 0.460 | 0.644 | 0.814 | 0.882 | 0.966 | 1.045 | 1.211 |
| 2802-03-04-12 | 1.97 Km2 | 1.388 | 2.618 | 3.310 | 3.585 | 3.929 | 4.248 | 4.924 |
| 2802-03-04-13 | 1.62 Km2 | 1.192 | 2.158 | 2.729 | 2.955 | 3.239 | 3.502 | 4.059 |
| 2802-03-04-14 | 2.07 Km2 | 1.445 | 2.755 | 3.483 | 3.773 | 4.134 | 4.470 | 5.182 |
| 2802-03-04-15 | 5.95 Km2 | 3.318 | 7.922 | 10.016 | 10.848 | 11.889 | 12.855 | 14.900 |
| 2802-03-04-16 | 3.27 Km2 | 2.071 | 4.355 | 5.505 | 5.963 | 6.535 | 7.066 | 8.190 |

Fuente: Autores (2019).

### 2.7.6. Estimación de la demanda hídrica

La información para calcular la demanda de agua en la subzona hidrográfica, se obtuvo del consolidado de concesiones de aguas superficiales en territorio del departamento del Cesar, proporcionado por la Corporación Autónoma Regional Del Cesar (CORPOCESAR) y para los puntos de captación ubicados en el territorio del departamento de La Guajira proporcionado por la Corporación Autónoma Regional De La Guajira (CORPOGUAJIRA).

Las corporaciones remitieron en forma independiente sus bases de datos, las cuales fueron revisadas y unificadas. Pero al momento de especializar o ubicar los puntos de captación para poder identificar en que unidad hidrográfica se realiza la captación fue imposible, ya que las concesiones proporcionadas por CORPOCESAR no contaban con ubicación geográfica de la captación.

Teniendo en cuenta lo anterior y la información con la que se contaba, se procedió a realizar una distribución de estas concesiones dependiendo el uso del suelo y el municipio donde estos se encuentran, donde se identificaron dos tipos de usos del suelo correspondientes a pastoreo extensivo y construcciones; las demandas de las concesiones fueron asignadas con respecto al uso del agua, donde se asignaron usos de agua agropecuarios a suelos de pastoreo extensivo, usos de agua domestico a suelos de construcción y el resto de tipos de uso fue asignado proporcionalmente a ambas demandas (La demanda de otros usos es desproporcional respecto al total doméstico o agropecuario).

En la Tabla 2-119 se puede observar el resultado de las demandas al asignarlas a los distintos tipos de uso del suelo.

**Tabla 2-119. Caudales concesionados por las corporaciones autónomas regionales, asignados a los distintos tipos de uso del suelo.**

| Municipio | Uso del suelo | Uso del agua asociado | Demanda de agua (L/s) |
|---|---|---|---|
| Manaure | Pastoreo extensivo | Agropecuario | 129 |
| Manaure | Construcciones | Domestico | 37 |
| Urumita | Pastoreo extensivo | Agropecuario | 4,93 |
| Urumita | Construcciones | Domestico | 0,47 |
| San Diego | Pastoreo extensivo | Agropecuario | 1397,18 |
| San Diego | Construcciones | Domestico | 52,49 |
| La Jagua del Pilar | Pastoreo extensivo | Agropecuario | 1154,27 |
| La Jagua del Pilar | Construcciones | Domestico | 1,02 |
| La Paz | Pastoreo extensivo | Agropecuario | 1945,46 |
| La Paz | Construcciones | Domestico | 131,91 |
| La Paz | Otros | Industrial/Minero | 31,32 |

Fuente: Autores (2019), con información de CORPOGUAJIRA y CORPOCESAR.

### 2.7.6.1. Demanda de aguas superficiales por uso

Para estimar la demanda hídrica se realiza la estimación del volumen de agua demandado por todos los sectores establecidos dentro de la cuenca según las entidades ambientales. La demanda hídrica según el diccionario hidrológico de la UNESCO, hace referencia a “las cantidades de agua previstas para su distribución a los usuarios en períodos de tiempo determinados para usos específicos y a un precio dado”. Para fines del presente Plan de Ordenamiento de cuencas hidrográficas, se tuvo en cuenta la información suministrada por la corporación autónoma regional del Cesar CORPOCESAR y por la corporación autónoma regional de la guajira CORPOGUAJIRA, acerca de estimativos de población, tanto a nivel de cabeceras municipales, como de las veredas, que se encuentran localizadas en la cuenca y de las concesiones de aguas superficiales otorgadas por las corporaciones.

De acuerdo a las características de la cuenca y los usos que se presenta en la misma, la demanda total comprende el uso doméstico, uso industrial y uso agropecuario, estos dos últimos usos serán agrupados dentro de una sola clase para tener un mejor manejo de la información en el siguiente capítulo. por tal razón la demanda hídrica total se calculará como:

$$\mathrm{DH} = \mathrm{DUD} + (\mathrm{DUAP} + \mathrm{DUI})$$

Donde:

DT = Demanda Total de agua
DUD = Demanda de Agua para Uso Doméstico
DUAP = Demanda de Agua para Uso Agropecuario.
DUI = Demanda de Agua para uso Industrial.

- **Demanda por uso doméstico – DUD**

Esta se puede entender como la cantidad de agua consumida por la población urbana y rural para suplir sus necesidades, expresada en términos de volumen en litros por segundo. Para determinar la demanda por uso doméstico se tuvo en cuenta, los acueductos de las principales cabeceras municipales y los caudales concesionados para estos.

Se identificaron siete centros poblados dentro de subzona hidrográfica, de los cuales seis pertenecen al departamento del cesar correspondiente a los centros poblados de San Diego, La paz, Manaure balcón del cesar, San José de oriente, Los tupes y Varas blancas, y por otro lado el corregimiento El Plan, en el departamento de la guajira.

Los Acueductos de San diego, La Paz y San José de oriente, captan el agua del Rio Chiriaimo; para los dos primeros la captación del agua para prestar el servicio es regional, ya que atiende a estos dos municipios y son administrados por las empresas EMPAZ y EMPOSANDIEGO respectivamente, mientras que el sistema de acueducto de San José de oriente es administrado por la comunidad.

Esta se puede entender como la cantidad de agua consumida por la población urbana y rural para suplir sus necesidades, expresada en términos de volumen en litros por segundo. Para determinar la demanda por uso doméstico se tuvo en cuenta, los acueductos de las principales cabeceras municipales y los caudales concesionados para estos.

Se identificaron siete centros poblados dentro de subzona hidrográfica, de los cuales seis pertenecen al departamento del cesar correspondiente a los centros poblados de San Diego, La paz, Manaure balcón del cesar, San José de oriente, Los tupes y Varas blancas, y por otro lado el corregimiento El Plan, en el departamento de la guajira.

Los Acueductos de San diego, La Paz y San José de oriente, captan el agua del Rio Chiriaimo; para los dos primeros la captación del agua para prestar el servicio es regional, ya que atiende a estos dos municipios y son administrados por las empresas EMPAZ y EMPOSANDIEGO respectivamente, mientras que el sistema de acueducto de San José de oriente es administrado por la comunidad.

Así mismo, el acueducto del municipio de Manaure, tiene como fuente de captación el Rio Manaure; En la información suministrada por CORPOCESAR, no se evidencia la ubicación del punto de captación, por lo que se asume la unidad hidrográfica abastecedora como la delimitación del área desde el punto de inicio o de interacción del cauce principal más cercano con el municipio. El mismo procedimiento es aplicado al corregimiento de El Plan, en donde tampoco se cuenta con la ubicación del punto de captación. (ver Tabla 2-120).

Por otro lado, los acueductos de los corregimientos de los Tupes y Varas blancas, se abastecen de fuentes de agua subterránea, como lo son pozos y aljibes.

**Tabla 2-120. Caudales concesionados a los acueductos de las cabeceras municipales ubicadas dentro de la cuenca**

| Municipio | Abastecimiento | Caudal concesionado (lt/s) | X | Y |
|---|---|---|---|---|
| San Diego | Rio Chiriaimo | 90 | 1103784 | 1635276 |
| La Paz | Rio Chiriaimo | 36 | 1103784 | 1635276 |
| Manaure balcón del César | Rio Manaure | 37 | 1116295.5 | 1641364.2 |
| El Plan | Arroyo el chorro | - | 1113626.7 | 1648792.3 |
| San José de oriente | Rio Chiriaimo | - | 1112063 | 1635908 |

Fuente: Los Autores con información de CORPOGUAJIRA y CORPOCESAR, 2019.

Además de los principales centros poblados, existen otros usuarios con aguas en concesión, y que por lo general son de uso mixto.

Como se mencionó en el capítulo anterior estos caudales fueron asignados a un tipo de uso de suelo de construcción en el municipio donde se encuentran los puntos de captación.

- **Demanda por uso Agropecuario – DUAP**

La demanda por uso agropecuario se compone, de la demanda agrícola, en la cual la principal fuente de agua es la precipitación, pero los volúmenes adicionales necesarios para el desarrollo de cultivos, deben ser previstos por sistemas de riego y la demanda pecuaria la cual es el resultado de multiplicar el volumen de producción de animales de importancia comercial, por un factor de consumo promedio aproximado.

La demanda fijada para uso agropecuario corresponde a los caudales concesionados por las autoridades ambientales, para este tipo de uso del agua.

- **Demanda por uso Industrial – DUI**

Es la cantidad de agua consumida por los diferentes sectores de la industria manufacturera y extractiva.

En la demanda para uso industrial, se tienen en cuenta las concesiones de las empresas CEMENTOS Y CALIZAS DE LA PAZ S.A. " CECAPAZ S.A." dedicada a la minería y GEOAMBIENTAL S.A. dedicada a la extracción de hidrocarburos.

### 2.7.6.2. Cálculo de demanda hídrica por unidad hidrográfica

Teniendo en cuenta la información anterior, se agrupan y se clasifican las demandas por microcuencas o unidades hidrográficas de nivel 3 identificadas en el componente de hidrografía. En la Tabla 2-121 se presentan las demandas obtenidas para cada unidad hidrográfica.

**Tabla 2-121. Clasificación de demandas por unidades hidrográficas**

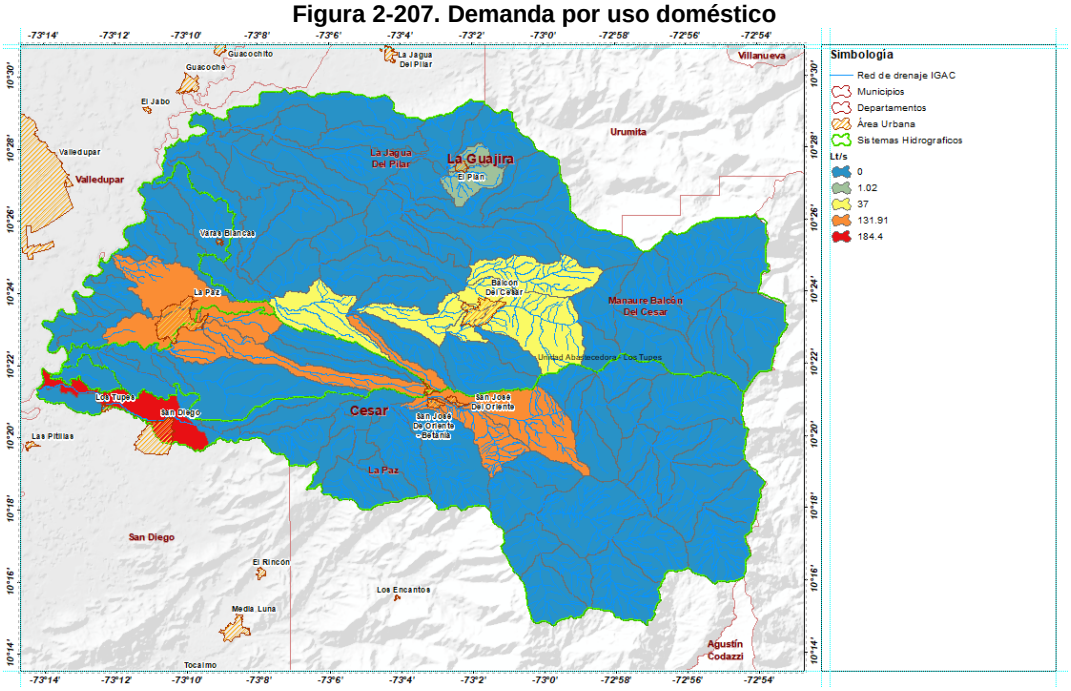
| Código | Uso Domestico | Uso Agropecuario | Código | Uso Domestico | Uso Agropecuario |
|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01-01 | 0 | 3099,73 | 2802-03-02-07 | 0 | 3342,64 |
| 2802-03-01-02 | 0 | 1154,27 | 2802-03-02-08 | 0 | 3342,64 |
| 2802-03-01-03 | 0 | 1154,27 | 2802-03-02-09 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-04 | 0 | 1154,27 | 2802-03-02-10 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-05 | 0 | 1154,27 | 2802-03-02-11 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-06 | 0 | 1154,27 | 2802-03-02-12 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-07 | 0 | 1154,27 | 2802-03-02-13 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-08 | 0 | 1154,27 | 2802-03-02-14 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-09 | 0 | 1154,27 | 2802-03-02-15 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-10 | 0 | 1154,27 | 2802-03-02-16 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-11 | 0 | 1154,27 | 2802-03-02-17 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-12 | 0 | 1154,27 | 2802-03-02-18 | 131,91 | 1945,46 |
| 2802-03-01-13 | 0 | 1154,27 | 2802-03-02-19 | 131,91 | 1945,46 |
| 2802-03-01-14 | 0 | 1154,27 | 2802-03-02-20 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-15 | 0 | 3099,73 | 2802-03-02-21 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-16 | 0 | 1154,27 | 2802-03-02-22 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-17 | 0 | 3099,73 | 2802-03-02-23 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-18 | 0 | 1154,27 | 2802-03-02-24 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-19 | 0 | 3099,73 | 2802-03-02-25 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-20 | 0 | 3228,73 | 2802-03-02-26 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-21 | 0 | 129 | 2802-03-02-27 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-22 | 0 | 1283,27 | 2802-03-02-28 | 131,91 | 2074,46 |
| 2802-03-01-23 | 0 | 1283,27 | 2802-03-02-29 | 0 | 2074,46 |
| 2802-03-01-24 | 37 | 129 | 2802-03-02-30 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-25 | 37 | 1288,2 | 2802-03-02-31 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-26 | 0 | 1154,27 | 2802-03-02-32 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-27 | 0 | 1154,27 | 2802-03-02-33 | 0 | 2074,46 |
| 2802-03-01-28 | 0 | 1159,2 | 2802-03-02-34 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-29 | 0 | 1154,27 | 2802-03-02-35 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-30 | 0 | 1154,27 | 2802-03-02-36 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-31 | 1,02 | 1159,2 | 2802-03-02-37 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-32 | 0 | 1154,27 | 2802-03-02-38 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-33 | 0 | 1159,2 | 2802-03-02-39 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-34 | 0 | 1154,27 | 2802-03-02-40 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-35 | 0 | 1159,2 | 2802-03-02-41 | 0 | 0 |
| 2802-03-01-36 | 1,02 | 1159,2 | 2802-03-02-42 | 0 | 0 |
| 2802-03-01-37 | 0 | 1159,2 | 2802-03-03-01 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-38 | 0 | 1159,2 | 2802-03-03-02 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-39 | 0 | 1288,2 | 2802-03-03-03 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-40 | 37 | 2074,46 | 2802-03-03-04 | 0 | 1945,46 |

| Código | Uso Domestico | Uso Agropecuario | Código | Uso Domestico | Uso Agropecuario |
|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01-41 | 131,91 | 2074,46 | 2802-03-03-05 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-42 | 0 | 129 | 2802-03-03-06 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-43 | 0 | 129 | 2802-03-03-07 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-44 | 0 | 2074,46 | 2802-03-03-08 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-45 | 0 | 129 | 2802-03-03-09 | 131,91 | 1945,46 |
| 2802-03-01-46 | 37 | 129 | 2802-03-03-10 | 131,91 | 1945,46 |
| 2802-03-01-47 | 0 | 2074,46 | 2802-03-03-11 | 131,91 | 1945,46 |
| 2802-03-01-48 | 37 | 129 | 2802-03-03-12 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-49 | 0 | 2074,46 | 2802-03-03-13 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-50 | 37 | 2074,46 | 2802-03-04-01 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-51 | 0 | 2074,46 | 2802-03-04-02 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-52 | 0 | 1283,27 | 2802-03-04-03 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-53 | 0 | 129 | 2802-03-04-04 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-54 | 0 | 129 | 2802-03-04-05 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-55 | 0 | 1283,27 | 2802-03-04-06 | 131,91 | 1945,46 |
| 2802-03-01-56 | 0 | 129 | 2802-03-04-07 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-57 | 0 | 129 | 2802-03-04-08 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-58 | 0 | 129 | 2802-03-04-09 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-59 | 0 | 129 | 2802-03-04-10 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-01-60 | 0 | 129 | 2802-03-04-11 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-02-01 | 0 | 1397,18 | 2802-03-04-12 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-02-02 | 184,4 | 3342,64 | 2802-03-04-13 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-02-03 | 0 | 1945,46 | 2802-03-04-14 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-02-04 | 0 | 3342,64 | 2802-03-04-15 | 131,91 | 1945,46 |
| 2802-03-02-05 | 0 | 1945,46 | 2802-03-04-16 | 0 | 1945,46 |
| 2802-03-02-06 | 0 | 3342,64 | | | |

Fuente: Autores (2019).

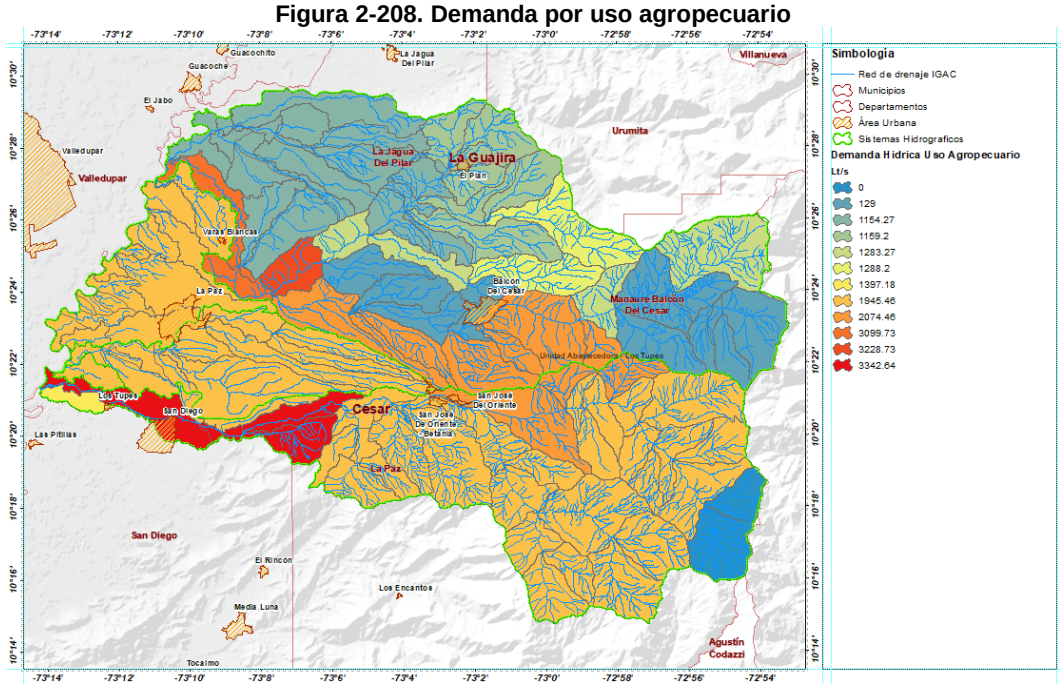
En la Figura 2-207, Figura 2-208 y Figura 2-209, se presenta la especialización de la demanda hídrica por unidades hidrográficas.

**Figura 2-207. Demanda por uso doméstico**



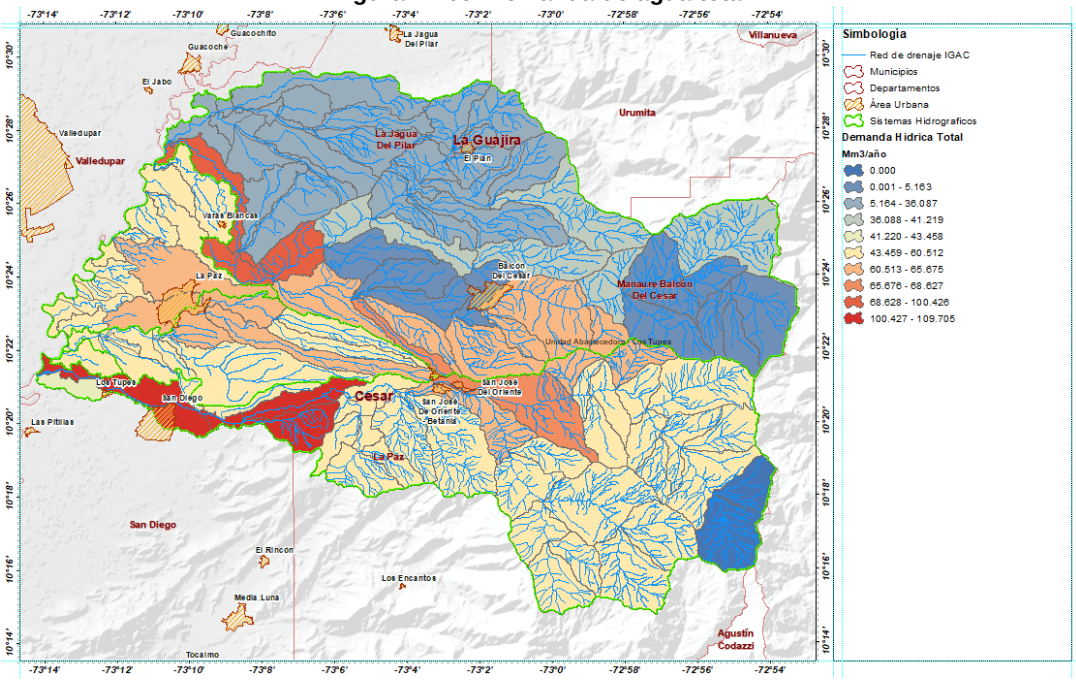

Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-208. Demanda por uso agropecuario**




Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-209. Demanda de agua total**




Fuente: Autores (2019).

En la Figura 2-207, se puede evidenciar que las unidades hidrográficas donde hay una mayor demanda de agua son las asociadas a las captaciones de acueductos municipales, la unidad hidrográfica que presenta un color rojo ubicada en la zona baja del Rio Chiriaimo, es en la que existe una mayor demanda que está asociada a la captación del acueducto regional que suministra agua a las cabeceras municipales de La Paz y San Diego.

Por otro lado, la Figura 2-208 nos muestra que las zonas con mayor demanda por uso agropecuario, corresponden a las unidades hidrográficas por las que discurren los Ríos Chiriaimo y Manaure-Pereira. Al igual que en el uso doméstico la zona o unidad hidrográfica con la mayor demanda corresponde a la ubicada en la zona baja del Rio Chiriaimo, seguida de las ubicadas en la zona baja del rio Manaure-Pereira. Esto nos indica que las actividades agrícolas y pecuarias que se realizan en la cuenca objeto de ordenación, tienen una gran dependencia de estos cuerpos de agua.

Por último, en la Figura 2-209, correspondiente a la demanda total o de la suma de todas las actividades, se puede resaltar que las unidades hidrográficas donde se presentan los menores valores de demandas de agua, son las ubicadas en las zonas altas y las zonas ubicadas al norte de la cuenca correspondientes a las que limitan y se encuentran en territorio de la guajira. Y las zonas de mayor demanda corresponden a las unidades hidrográficas ubicadas en las zonas bajas de los Ríos Chiriaimo y Manaure-Pereira en territorio del departamento del Cesar.

## 2.7.7. Cálculo de Índices

### 2.7.7.1. Índice de uso del agua superficial (IUA)

El índice de Uso del Agua (IUA) corresponde a la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios, en un período determinado y unidad espacial de análisis (área, zona, subzona, etc.) en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades temporales y espaciales (IDEAM, 2010).

La finalidad es representar el grado de presión de la demanda socioeconómica de agua sobre la OHTD en una unidad hidrográfica de estudio, evidenciando la relación directa del uso del agua respecto a su disponibilidad, y aportando elementos al análisis sobre la vulnerabilidad. En escenarios de escasez de agua señala la competencia por uso.

El propósito es apoyar el establecimiento de un estado de referencia que permita explicar las relaciones entre la oferta y la demanda de agua, y articule los procesos de transformación antrópica y de variabilidad con a) los efectos en las amenazas y vulnerabilidad hídrica de los ecosistemas, y b) las potencialidades y restricciones de los sistemas hídricos superficiales para el abastecimiento de la población y el aprovechamiento de diferentes actividades socioeconómicas. Para la estimación del IUA IDEAM propone la siguiente expresión:

$$IUA = \frac{DH}{OHTD} * 100$$

Donde DH, es la demanda hídrica total de las unidades hidrográficas evaluadas, mientras que la OHTD es la demanda hídrica total disponible. Los resultados del índice pueden interpretarse según la Tabla 2-122, la cual muestra los rangos, clases y descripción.

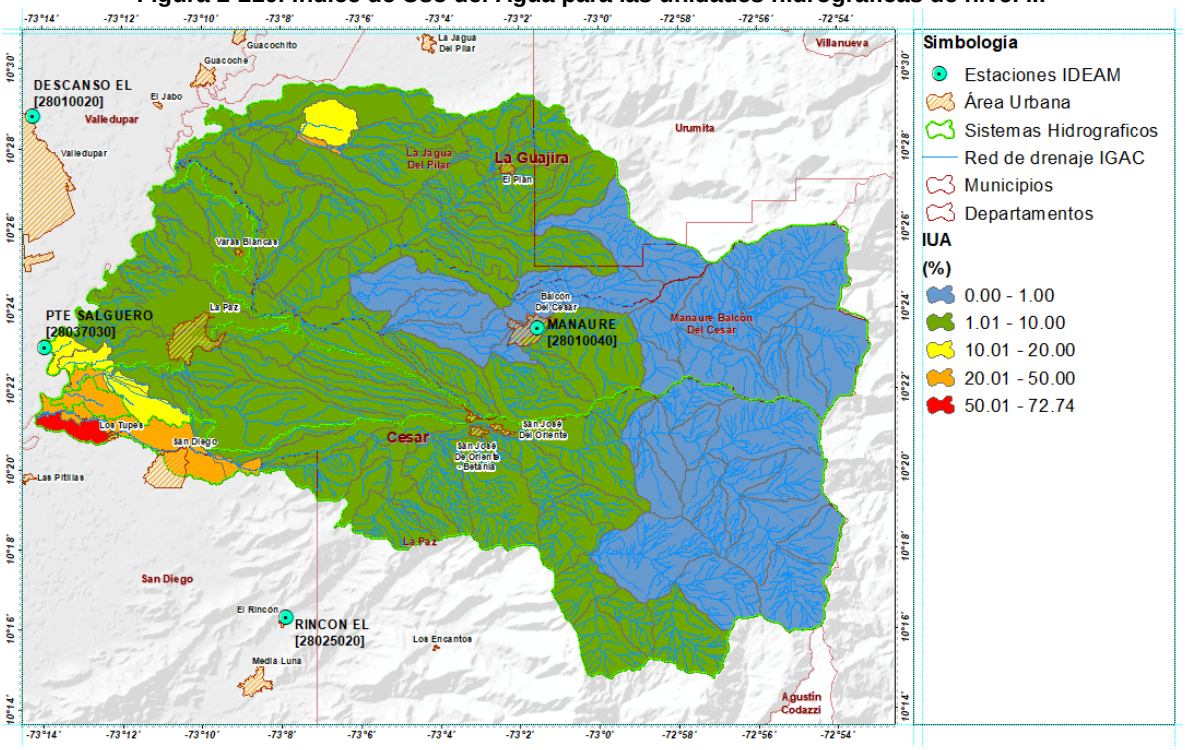
**Tabla 2-122. Clasificación del Índice de Uso del Agua**

| Rango Índice de Uso del Agua IUA | Categoría IUA | Índice de retención y regulación hídrica |
|---|---|---|
| > 100 | Critico | La presión supera las condiciones de la oferta superficial disponible |
| 50.01 - 100 | Muy alto | La presión de la demanda es muy alta respecto a la oferta superficial disponible |
| 20.01 - 50 | Alto | La presión de la demanda es alta respecto a la oferta superficial disponible |
| 10.01 - 20 | Moderado | La presión de la demanda es moderada respecto a la oferta superficial disponible |
| 1.0 - 10 | Bajo | La presión de la demanda es baja respecto a la oferta superficial disponible |
| < 1 | Muy bajo | La presión de la demanda no es significativa respecto a la oferta superficial disponible |

Fuente: IDEAM.

A continuación, se muestran los resultados del IUA para unidades hidrográficas de nivel III y para unidades hidrográficas abastecedoras. (ver Figura 2-210, Tabla 2-123 y Figura 2-211)

**Figura 2-210. Índice de Uso del Agua para las unidades hidrográficas de nivel III**




Fuente: Autores (2019).

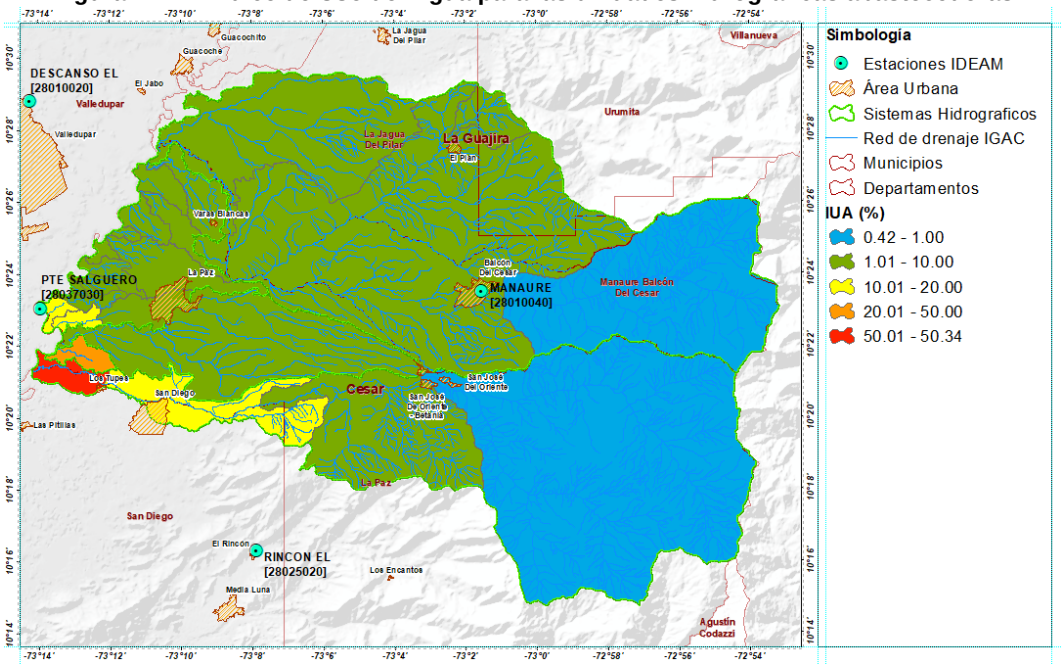
**Tabla 2-123 Índice de Uso del Agua para las unidades hidrográficas de nivel II**

| Código | IUA | Código | IUA | Código | IUA | Código | IUA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01-01 | 7.74 | 2802-03-01-40 | 3.46 | 2802-03-02-19 | 1.51 | 2802-03-04-03 | 4.92 |
| 2802-03-01-02 | 3.41 | 2802-03-01-41 | 2.32 | 2802-03-02-20 | 1.02 | 2802-03-04-04 | 4.99 |
| 2802-03-01-03 | 4.11 | 2802-03-01-42 | 0.17 | 2802-03-02-21 | 1.19 | 2802-03-04-05 | 5.27 |
| 2802-03-01-04 | 3.01 | 2802-03-01-43 | 0.17 | 2802-03-02-22 | 1.15 | 2802-03-04-06 | 5.81 |
| 2802-03-01-05 | 8.92 | 2802-03-01-44 | 2.15 | 2802-03-02-23 | 1.17 | 2802-03-04-07 | 5.98 |
| 2802-03-01-06 | 13.90 | 2802-03-01-45 | 0.14 | 2802-03-02-24 | 1.06 | 2802-03-04-08 | 6.49 |
| 2802-03-01-07 | 49.60 | 2802-03-01-46 | 0.17 | 2802-03-02-25 | 0.92 | 2802-03-04-09 | 7.42 |
| 2802-03-01-08 | 2.46 | 2802-03-01-47 | 1.65 | 2802-03-02-26 | 1.03 | 2802-03-04-10 | 8.16 |
| 2802-03-01-09 | 2.40 | 2802-03-01-48 | 0.15 | 2802-03-02-27 | 0.94 | 2802-03-04-11 | 8.70 |
| 2802-03-01-10 | 4.44 | 2802-03-01-49 | 1.47 | 2802-03-02-28 | 1.34 | 2802-03-04-12 | 9.20 |
| 2802-03-01-11 | 5.45 | 2802-03-01-50 | 1.32 | 2802-03-02-29 | 1.12 | 2802-03-04-13 | 13.07 |

| Código | IUA | Código | IUA | Código | IUA | Código | IUA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01-12 | 6.87 | 2802-03-01-51 | 0.92 | 2802-03-02-30 | 0.99 | 2802-03-04-14 | 14.35 |
| 2802-03-01-13 | 5.40 | 2802-03-01-52 | 0.54 | 2802-03-02-31 | 0.90 | 2802-03-04-15 | 7.62 |
| 2802-03-01-14 | 3.82 | 2802-03-01-53 | 0.05 | 2802-03-02-32 | 0.92 | 2802-03-04-16 | 39.80 |
| 2802-03-01-15 | 8.60 | 2802-03-01-54 | 0.04 | 2802-03-02-33 | 0.88 | | |
| 2802-03-01-16 | 3.89 | 2802-03-01-55 | 0.51 | 2802-03-02-34 | 0.87 | | |
| 2802-03-01-17 | 7.34 | 2802-03-01-56 | 0.05 | 2802-03-02-35 | 0.84 | | |
| 2802-03-01-18 | 2.92 | 2802-03-01-57 | 0.05 | 2802-03-02-36 | 0.88 | | |
| 2802-03-01-19 | 7.64 | 2802-03-01-58 | 0.05 | 2802-03-02-37 | 0.88 | | |
| 2802-03-01-20 | 6.33 | 2802-03-01-59 | 0.05 | 2802-03-02-38 | 0.89 | | |
| 2802-03-01-21 | 0.16 | 2802-03-01-60 | 0.05 | 2802-03-02-39 | 0.91 | | |
| 2802-03-01-22 | 2.01 | 2802-03-02-01 | 72.74 | 2802-03-02-40 | 0.93 | | |
| 2802-03-01-23 | 1.39 | 2802-03-02-02 | 23.09 | 2802-03-02-41 | 0.00 | | |
| 2802-03-01-24 | 0.15 | 2802-03-02-03 | 9.31 | 2802-03-02-42 | 0.00 | | |
| 2802-03-01-25 | 0.88 | 2802-03-02-04 | 25.51 | 2802-03-03-01 | 24.48 | | |
| 2802-03-01-26 | 1.40 | 2802-03-02-05 | 7.75 | 2802-03-03-02 | 11.09 | | |
| 2802-03-01-27 | 1.22 | 2802-03-02-06 | 31.11 | 2802-03-03-03 | 14.82 | | |
| 2802-03-01-28 | 1.02 | 2802-03-02-07 | 6.35 | 2802-03-03-04 | 11.73 | | |
| 2802-03-01-29 | 1.36 | 2802-03-02-08 | 6.94 | 2802-03-03-05 | 9.18 | | |
| 2802-03-01-30 | 1.30 | 2802-03-02-09 | 2.04 | 2802-03-03-06 | 7.80 | | |
| 2802-03-01-31 | 1.10 | 2802-03-02-10 | 2.17 | 2802-03-03-07 | 7.40 | | |
| 2802-03-01-32 | 1.18 | 2802-03-02-11 | 1.73 | 2802-03-03-08 | 6.45 | | |
| 2802-03-01-33 | 1.14 | 2802-03-02-12 | 1.89 | 2802-03-03-09 | 6.91 | | |
| 2802-03-01-34 | 1.14 | 2802-03-02-13 | 1.65 | 2802-03-03-10 | 3.58 | | |
| 2802-03-01-35 | 1.03 | 2802-03-02-14 | 1.91 | 2802-03-03-11 | 5.94 | | |
| 2802-03-01-36 | 1.06 | 2802-03-02-15 | 1.63 | 2802-03-03-12 | 2.97 | | |
| 2802-03-01-37 | 1.13 | 2802-03-02-16 | 1.72 | 2802-03-03-13 | 3.09 | | |
| 2802-03-01-38 | 1.00 | 2802-03-02-17 | 1.57 | 2802-03-04-01 | 5.02 | | |
| 2802-03-01-39 | 0.78 | 2802-03-02-18 | 1.83 | 2802-03-04-02 | 4.84 | | |

Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-211. Índice de Uso del Agua para las unidades hidrográficas abastecedoras**




Fuente: Autores (2019).

De acuerdo con los resultados se observa que la mayoría de las unidades hidrográficas presentan un IUA bajo y muy bajo (entre 0% y 10%), sin embargo, una minoría de las unidades hidrográficas ubicadas en la zona baja de la subcuenca Rio Chiriaimo con valores de IUA altos y muy altos (entre 20% y 72.74%), lo cual puede estar asociado a la captación del acueducto regional de los municipios de la Paz y San Diego. En general nos encontramos con una cuenca con baja presión al recurso hídrico.

### 2.7.7.2. Índice de retención y regulación hídrica (IRH)

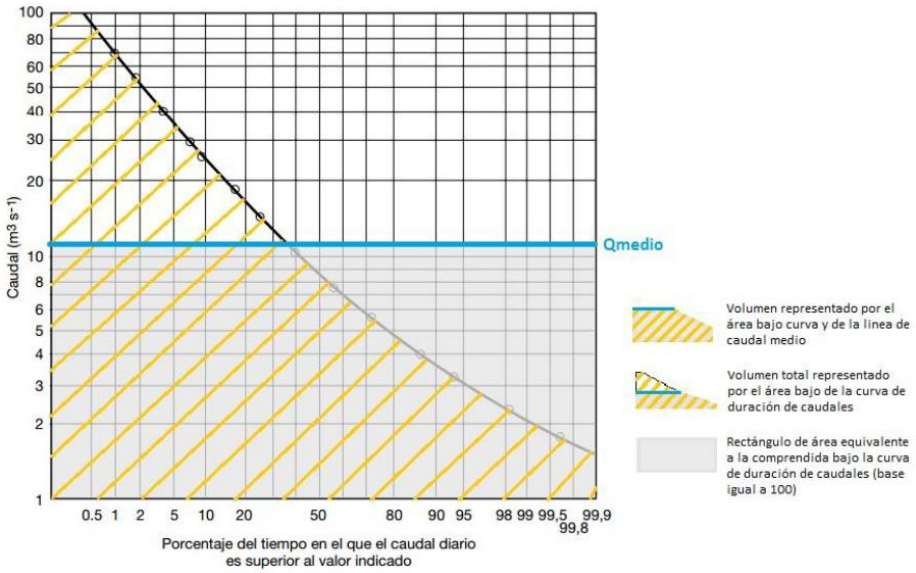
Este índice mide la capacidad de retención de humedad de las cuencas con base en la distribución de las series de frecuencias acumuladas de los caudales diarios. Este índice se mueve en el rango entre 0 y 1, siendo los valores más bajos los que se interpretan como de menor regulación. El IDEAM cuenta con una guía metodológica para la construcción del Índice de retención y regulación hídrica en el cual establece como principal insumo las CDC de las unidades hidrográficas evaluadas que sean instrumentadas. Esta misma guía propone para la generación del mapa de IRH en unidades no instrumentadas como el resultado de la interpolación de las entidades que cuentan con registros.

Para el análisis la determinación de este indicador, se utilizan los resultados del modelizado hidrológico en Hec-Hms ajustado y validado para posterior a ello, generar el mapa de espacialidad del IRH. La siguiente es una descripción de la metodología propuesta por el IDEAM. Para la estimación del IRH se utiliza la siguiente expresión matemática.

$$IRH = \frac{V_p}{V_t}$$

Donde Vp corresponde al área equivalente bajo la línea de caudal medio de la CDC y el Vt corresponde al área total bajo la curva de la CDC. (ver Figura 2-212).

**Figura 2-212. Partes de una CDC para la estimación del IRH**




Fuente: Modificada a partir de OMM (2011).

Estimados los valores de IRH para cada unidad hidrográfica de nivel II y unidad abastecedora, se categorizan los rangos de resultados numéricos para dar forma a la interpretación del índice mediante la Tabla 2-124, que contiene las diferentes categorías.

**Tabla 2-124. Categorías del IRH**

| Categoría ENA 2010 y 2014 | Rango |
|---|---|
| Muy alta | > 0,85 |
| Alta | 0,75 – 0,85 |
| Moderada | 0,65 - 0,75 |
| Baja | 0,50 - 0,65 |
| Muy baja | < 0,50 |

Fuente: IDEAM

Seguidamente se muestran los resultados del análisis para cada unidad hidrográfica evaluada. (ver Tabla 2-125 y Tabla 2-126).

**Tabla 2-125. Índice de retención y regulación hídrica para las unidades hidrográficas de nivel II (Desembocadura)**

| Unidad hidrográfica de nivel II | Nombre | | IRH | Categoría |
|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01 | Cuenca | Rio Manaure-Pereira | 0.670 | Moderada retención y regulación hídrica |
| 2802-03-02 | Subcuenca | Rio Chiriaimo | 0.626 | Baja retención y regulación hídrica |
| 2802-03-03 | Microcuenca | Rio Mocho | 0.612 | Baja retención y regulación hídrica |

Fuente: Autores (2019).

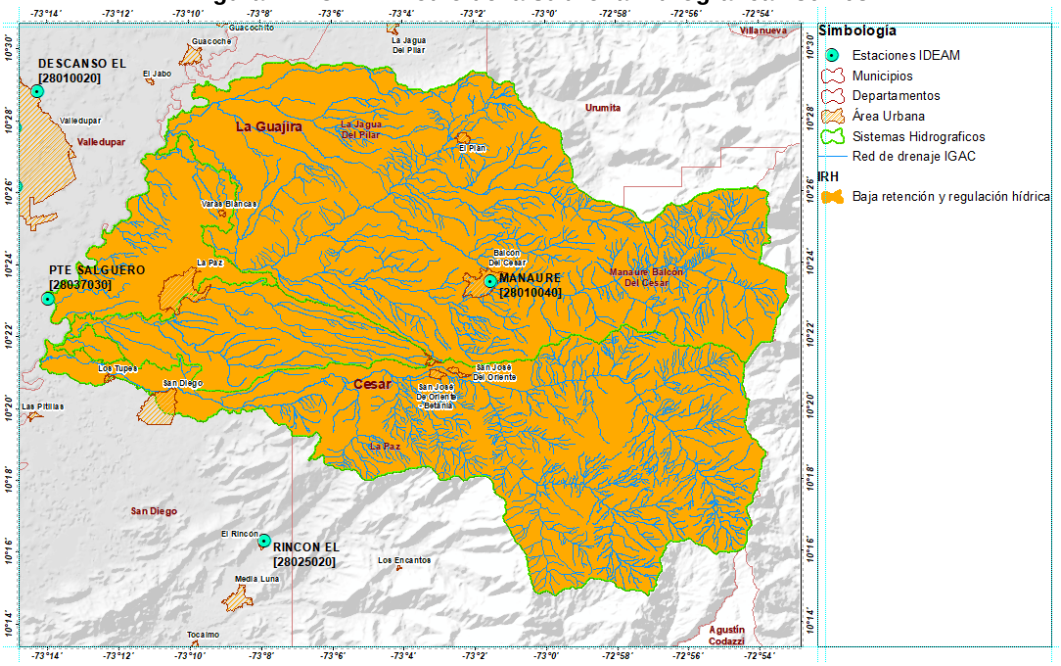
**Tabla 2-126. Índice de retención y regulación hídrica para las unidades hidrográficas Abastecedoras (Punto de salida o delimitación)**

| Unidades hidrográficas abastecedoras | IRH | Categoría |
|---|---|---|
| Unidad Abastecedora - El Plan | 0.118 | Muy Baja retención y regulación hídrica |
| Unidad Abastecedora - Los Tupes | 0.627 | Baja retención y regulación hídrica |
| Unidad Abastecedora - Manaure | 0.574 | Baja retención y regulación hídrica |
| Unidad Abastecedora - San Diego / La Paz | 0.632 | Baja retención y regulación hídrica |
| Unidad Abastecedora - San José | 0.594 | Baja retención y regulación hídrica |
| Unidad Abastecedora - V.Blancas | 0.667 | Moderada retención y regulación hídrica |

Fuente: Autores (2019).

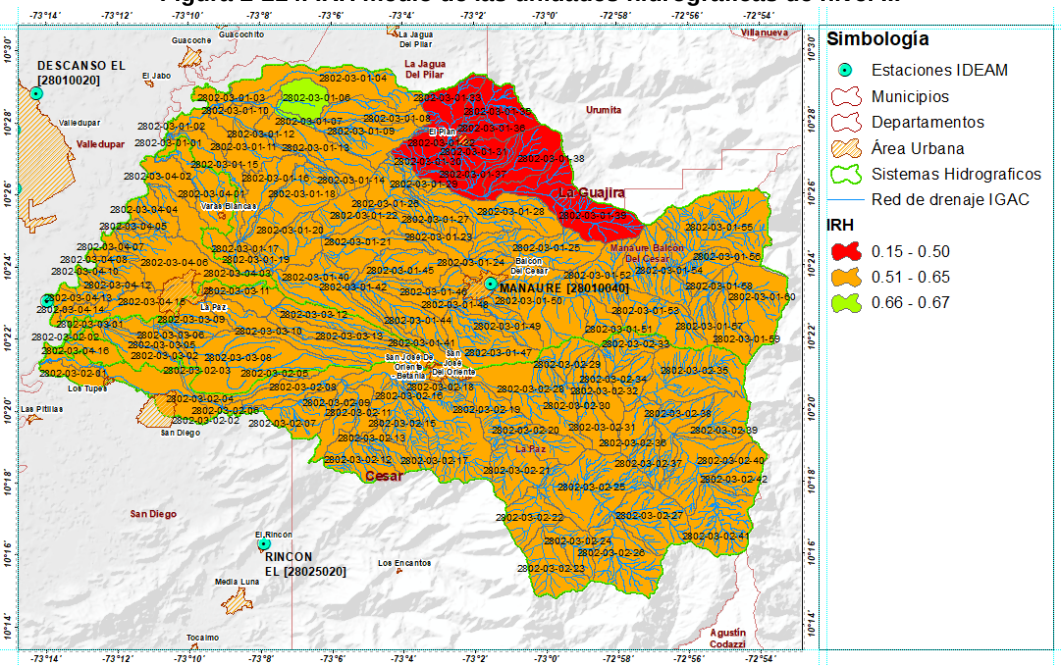
A partir de los valores del indicador y de las variables empleadas en su cálculo son ubicados en los centroides de las unidades hidrográficas evaluadas para su interpolación por el método IDW (Guía metodología de indicadores ambientales – Índice de retención y regulación hídrica, IDEAM). La interpolación permite especializar y obtener los valores del IRH para cada UH de nivel III, a las que posteriormente se les determino el índice promedio, proceso llevado a cabo también para las UH de nivel II con el fin de identificar el valor medio de las mismas. (Ver Figura 2-213, Figura 2-214 y Figura 2-215)

**Figura 2-213. IRH Medio de la subzona hidrográfica 2802-03**



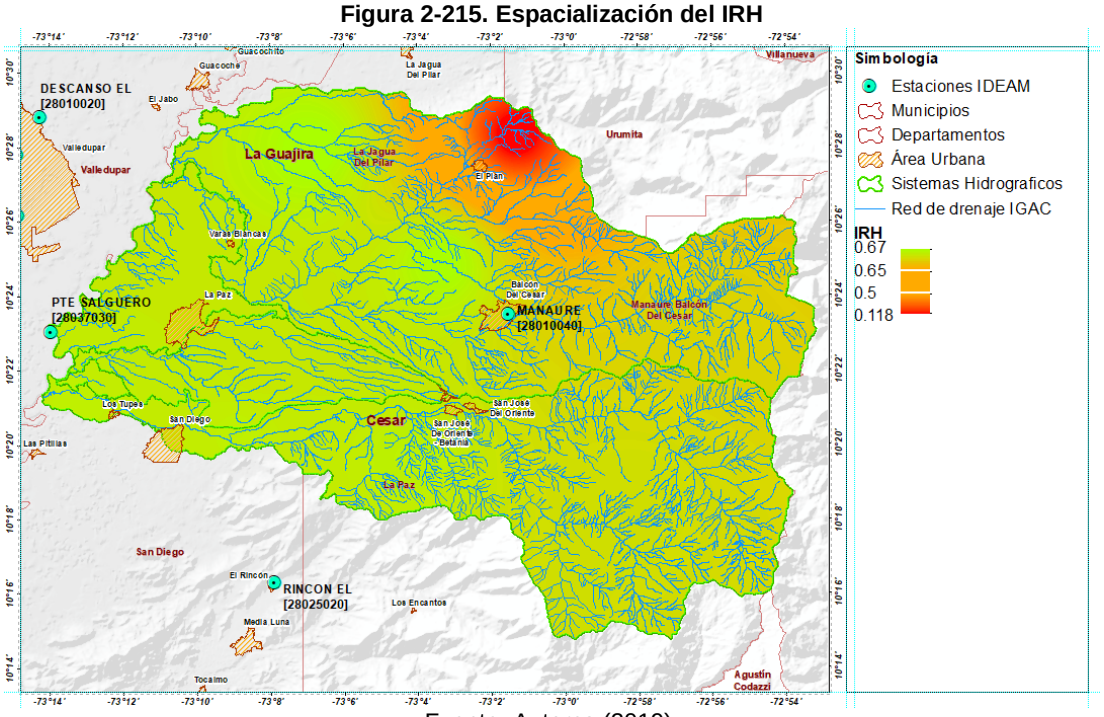

Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-214. IRH medio de las unidades hidrográficas de nivel III**




Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-215. Espacialización del IRH**




Fuente: Autores (2019).

Teniendo en cuenta tanto los resultados de IRH expuestos para los diferentes niveles de cuenca y unidades hidrográficas, se observa que la cuenca presenta en su mayoría niveles bajos y moderados de retención y regulación hídrica. Lo cual puede estar asociado principalmente a las altas y medianas pendientes, lo que origina flujos muy rápidos.

### 2.7.7.3. Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVH)

El índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH) relaciona de forma cualitativa a) el Índice de Uso del Agua – IUA, y b) el Índice de retención y regulación hídrica – IRH, mostrando la fragilidad de los sistemas hídricos superficiales de mantener la oferta de agua dadas sus condiciones de regulación y de demanda, pudiéndose presentar susceptibilidad al desabastecimiento. (ver Tabla 2-127).

La finalidad es representar la vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico señalando las zonas que, por el uso (relación oferta y demanda) y la regulación de agua, tienen una mayor o menor fragilidad ante diversas condiciones, como variabilidad climática, intensificación de amenazas, aumento en la demanda de agua o degradación de la cuenca.

El propósito es apoyar el establecimiento de un estado de referencia que permita explicar las relaciones entre la oferta y la demanda de agua, y articule los procesos de transformación antrópicos con a) los efectos en las amenazas y vulnerabilidad hídrica de

los ecosistemas por regulación hídrica, y b) las potencialidades y restricciones de los sistemas hídricos para el abastecimiento de la población y el aprovechamiento de diferentes actividades socioeconómicas (IDEAM, 2010).

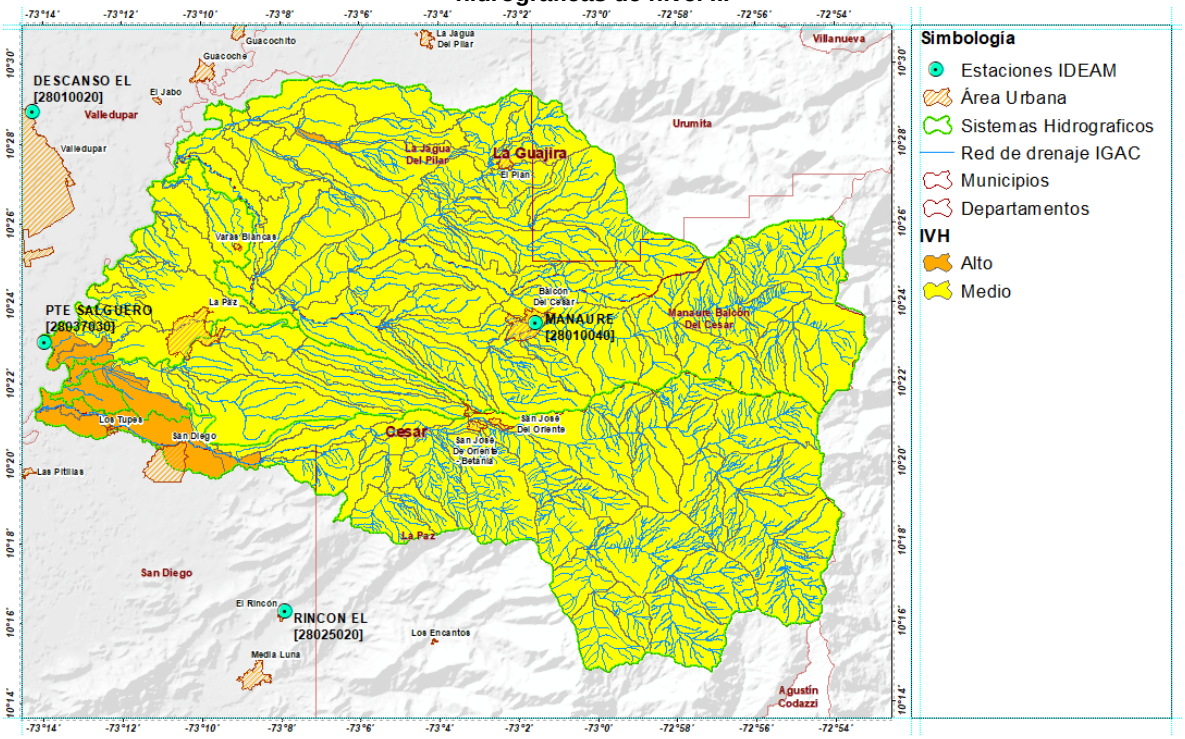
**Tabla 2-127. Formulario de estimación del IVH**

| Matriz de Asociación Índice de Vulnerabilidad Hídrica por desabastecimiento – IVH | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Índice de Uso del Agua IUA | Índice de retención y regulación hídrica IRH | | | |
| Categoría | Alto | Moderado | Bajo | Muy bajo |
| Muy bajo | Muy bajo | Bajo | Medio | Medio |
| Bajo | Bajo | Bajo | Medio | Medio |
| Medio | Medio | Medio | Alto | Alto |
| Alto | Medio | Alto | Alto | Muy alto |
| Muy alto | Medio | Alto | Alto | Muy alto |
| Critico | Muy alto | Muy alto | Muy alto | Muy alto |

Fuente: IDEAM

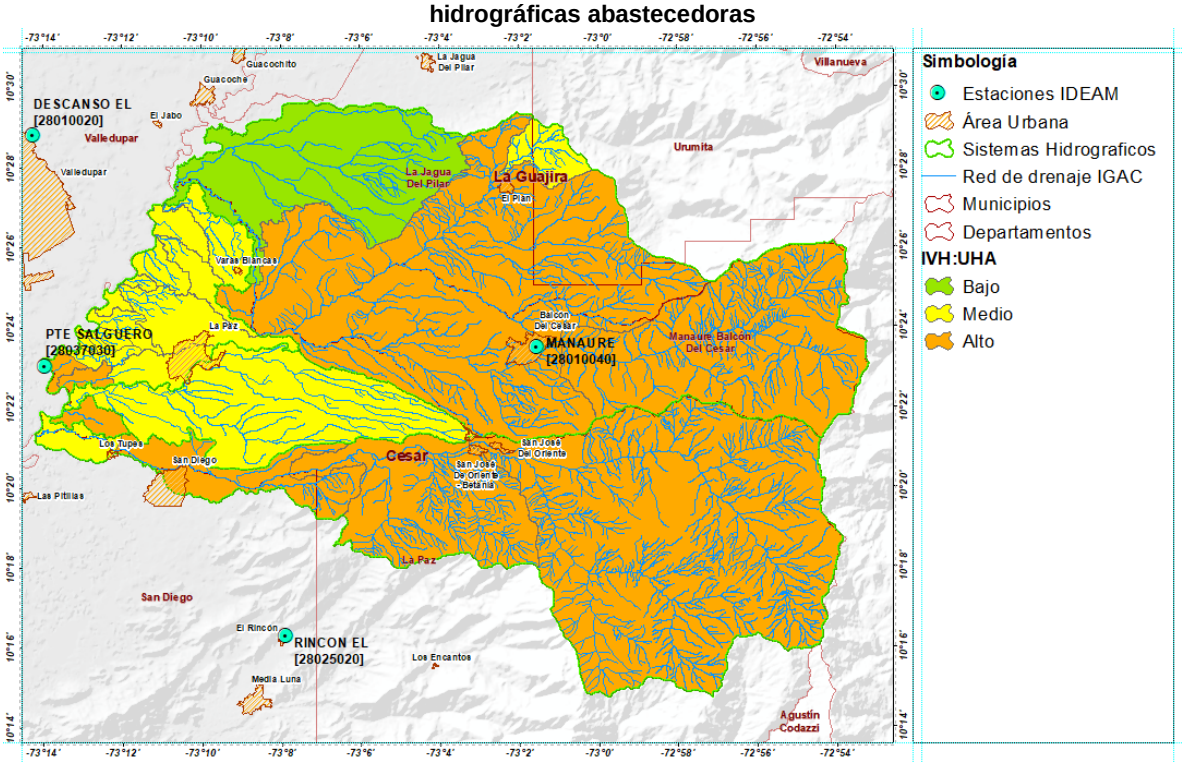
A continuación, se muestran los resultados del IVH para unidades hidrográficas de nivel lll y para unidades hidrográficas abastecedoras. (ver Figura 2-216 y Figura 2-217).

**Figura 2-216. Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVH) en las unidades hidrográficas de nivel III**




Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-217. Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVH) en las unidades hidrográficas abastecedoras**




Fuente: Autores (2019).

Teniendo en cuenta los resultados, se observa que los niveles del IVH presenta unas leves variaciones dependiendo si se analiza a unidades hidrográficas de nivel lll, las cuales presentan en más del 90% un IVH medio y en el resto un IVH alto, mientras que si se analiza a unidades hidrográficas abastecedoras hay un mayor porcentaje de estas con un IVH alto, presenta algunas zonas con IVH medio y la zona baja de cuenca Manaure-Pereira con un IVH bajo.

A partir de lo anterior y realizando una visión más general se puede catalogar la cuenca con un grado de fragilidad medio-alto por desabastecimiento hídrico.

### 2.7.7.4. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales (IVET)

La vulnerabilidad se expresa en relación con los índices morfométricos de torrencialidad e Índice de variabilidad. El Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT) es la relación entre los parámetros morfométricos como el coeficiente de compacidad o de forma, la pendiente media de la cuenca y la densidad de drenaje, los cuales son indicativos de la forma como se concentra la escorrentía, la oportunidad de infiltración, la velocidad y capacidad de arrastre de sedimentos en una cuenca, la eficiencia o rapidez de la escorrentía y de los sedimentos para salir de la cuenca luego de un evento de precipitación y con ello inferir

cual podría ser el nivel de susceptibilidad a procesos torrenciales (Rivas y Soto, 2009). El Índice de Variabilidad (IV) muestra el comportamiento de los caudales en una determinada cuenca definiendo una cuenca torrencial como aquella que presenta una mayor variabilidad, es decir, donde existen diferencias grandes entre los caudales mínimos que se presentan, y los valores máximos (ERA, 2013).

- Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT)

El proceso metodológico para la determinación del IMT consiste en determinar de primera mano los parámetros morfométricos de Densidad de drenaje, Pendiente media y coeficiente de compacidad junto con el área de drenaje de la cuenca (ver Tabla 2-128) que permite relacionar los valores para las unidades hidrográficas evaluadas con 5 categorías preestablecidas según el IDEAM (ERA, 2013).

**Tabla 2-128. parámetros morfométricos de Densidad de drenaje, Pendiente media y coeficiente de compacidad para las unidades hidrográficas abastecedoras.**

| Unidades hidrográficas abastecedoras - U.H Nivel II | Área | Densidad de drenaje | Coeficiente de compacidad | Pendiente media |
|---|---|---|---|---|
| Cuenca Rio Manaure-Pereira | 58.29 | 1.68 | 2.52 | 10.25 |
| Microcuenca Rio Mocho | 54.52 | 2.06 | 2.44 | 16.76 |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 4.79 | 1.08 | 2.38 | 3.55 |
| Unidad Abastecedora - El Plan | 6.94 | 2.65 | 1.82 | 33.61 |
| Unidad Abastecedora - Los Tupes | 19.27 | 1.92 | 3.11 | 14.27 |
| Unidad Abastecedora - Manaure | 77.22 | 2.96 | 1.76 | 56.69 |
| Unidad Abastecedora - San Diego / La Paz | 45.39 | 3.20 | 1.99 | 34.66 |
| Unidad Abastecedora - San Jose | 155.63 | 3.23 | 1.67 | 50.95 |
| Unidad Abastecedora - V.Blancas | 163.75 | 2.51 | 2.27 | 27.99 |

Fuente: Autores (2019).

Los parámetros morfométricos antes consolidados corresponden únicamente al área independiente de la unidad hidrográfica abastecedora, es decir, si la U.H.A presenta superposición con otra unidad aguas arriba (En el caso de la U.H.A de San Diego y La Paz con la U.H.A de San José), los valores de la unidad superpuesta no estarán contabilizados sobre la unidad aguas abajo, solo se tiene en cuenta el área de la cuenca independiente a la U.H.A aguas abajo. La Tabla 2-129 es la de relación del IMT para la selección de la categoría de torrencialidad según las variables morfométricas de las U.H.A.

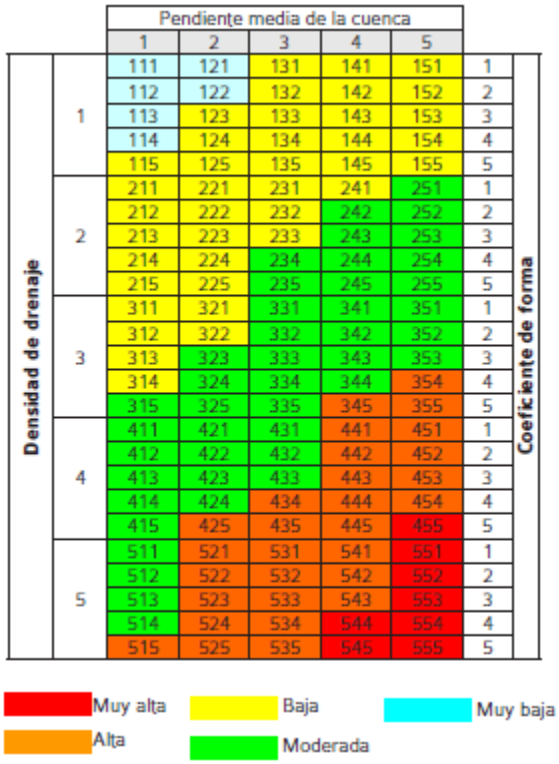
**Tabla 2-129. índices morfométricos y de variabilidad**

| Índice morfométrico | Área de la cuenca (km2) | Categorías | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Densidad de drenaje (km/km2) | <15 | <1.5 | 1.51-2.00 | 2.01-2.50 | 2.51-3.00 | >3.00 |
| | 16-50 | <1.2 | 1.21-1.80 | 1.81-2.00 | 2.01-2.50 | >2.50 |
| | >50 | <1 | 1.01-1.50 | 1.51-2.00 | 2.01-2.5 | >2.50 |
| | | Baja | Moderada | Moderada alta | Alta | Muy alta |
| Pendiente media de la cuenca (%) | <15 | <20 | 21-35 | 36-50 | 51-75 | >75 |
| | >50 | >50 | 16-30 | 30-45 | 46-65 | >65 |
| | | Accidentado | Fuerte | Muy fuerte | Escarpado | Muy escarpado |
| Coeficiente de compacidad | | <1.625 | 1.375-1.500 | 1.251-1.375 | 1.126-1.250 | 1.000-1.125 |
| | | Oval oblonga a rectangular oblonga | Oval redonda a oval oblonga | | Casi redonda a oval redonda | |

Fuente: Modificado de IDEAM, 2013.

La tabla de categorías de los parámetros morfométricos que componen el IMT se interpreta teniendo en cuenta el área aferente de la U.H.A evaluada y sus categorías por parámetros permiten relacionarlas para identificar la clasificación final del IMT según la Figura 2-218.

**Figura 2-218. Clasificación del índice de variabilidad**




Fuente: (Rivas y Soto, 2009)

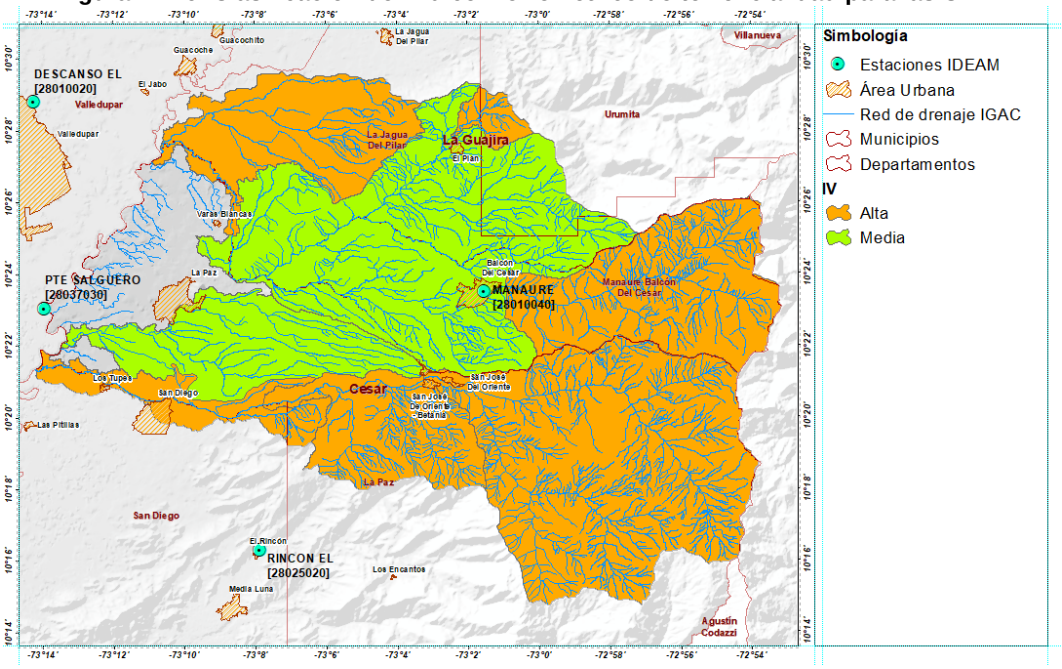
A continuación, se muestran los resultados del índice morfométrico de torrencialidad. (ver Tabla 2-130 y Figura 2-219).

**Tabla 2-130. Clasificación del índice morfométrico de torrencialidad para las U.H.A**

| Unidades hidrográficas abastecedoras - U.H Nivel II | IMT | |
|---|---|---|
| | Clasificación I.M | Categoría |
| Cuenca Rio Manaure-Pereira | 311 | Baja |
| Microcuenca Rio Mocho | 421 | Media |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 111 | Muy baja |
| Unidad Abastecedora - El Plan | 521 | Alta |
| Unidad Abastecedora - Los Tupes | 311 | Baja |
| Unidad Abastecedora - Manaure | 541 | Alta |
| Unidad Abastecedora - San Diego / La Paz | 531 | Alta |
| Unidad Abastecedora - San José | 541 | Alta |
| Unidad Abastecedora - V.Blancas | 521 | Alta |

Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-219. Clasificación del índice morfométrico de torrencialidad para las U.H.A**




Fuente: Autores (2019).

- Índice de variabilidad (IV)

Como se menciona anteriormente, el índice de variabilidad muestra el comportamiento de los caudales en una determinada cuenca definiendo una cuenca torrencial como aquella que presenta una mayor variabilidad, es decir, donde existen diferencias grandes entre los caudales mínimos que se presentan, y los valores máximos. (IDEAM, 2011).

Para obtener los resultados para el índice de variabilidad (IV) de la curva de duración de caudales medios, se calcula el logaritmo a cada uno de los caudales y el promedio de estos. Finalmente, para cada uno de los percentiles de la curva, se estima la relación (LogQ-LogQprom)^2 para posteriormente establecer el valor del IV mediante la siguiente fórmula establecida en la resolución número 0865 del ministerio MAVDT.

$$IV = \sqrt{\frac{\sum(\log Q_i \log Q_{Prom})^2}{n-1}}$$

Donde
$Q$prom: Caudal promedio
$Qi$: Caudal inicial

Los valores resultantes de la estimación de IV, se clasifican según los rangos de la Tabla 2-131.

**Tabla 2-131. Categorías del índice de variabilidad**

| Categoría | IV | Vulnerabilidad |
|---|---|---|
| 1 | <0.15 | Muy Baja |
| 2 | 0.16-0.30 | Baja |
| 3 | 0.31-0.45 | Media |
| 4 | 0.46-0.60 | Alta |
| 5 | >0.61 | Muy Alta |

Fuente: Lagos Pacheco & Gordillo Hernández, 2016.

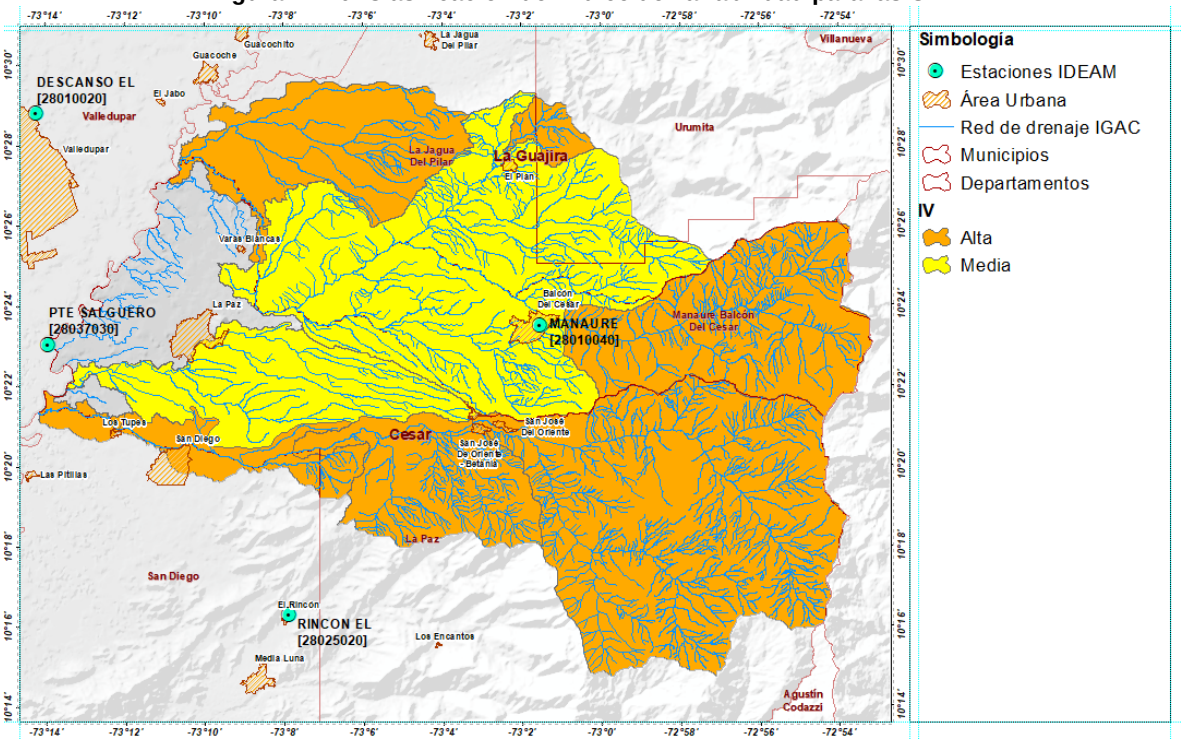
A continuación, se muestran los resultados del índice de variabilidad. (ver Tabla 2-132 y Figura 2-220).

**Tabla 2-132. Categorías del índice de variabilidad para las U.H.A**

| Unidades hidrográficas abastecedoras - U.H Nivel II | IV | |
|---|---|---|
| | Clasificación I.M | Categoría |
| Cuenca Rio Manaure-Pereira | 0.495 | Alta |
| Microcuenca Rio Mocho | 0.427 | Media |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 0.496 | Alta |
| Unidad Abastecedora - El Plan | 0.474 | Alta |
| Unidad Abastecedora - Los Tupes | 0.494 | Alta |
| Unidad Abastecedora - Manaure | 0.468 | Alta |
| Unidad Abastecedora - San Diego / La Paz | 0.496 | Alta |
| Unidad Abastecedora - San Jose | 0.506 | Alta |
| Unidad Abastecedora - V.Blancas | 0.353 | Media |

Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-220. Clasificación del índice de variabilidad para las U.H.A**




Fuente: Autores (2019).

- Estimación del Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales (IVET)

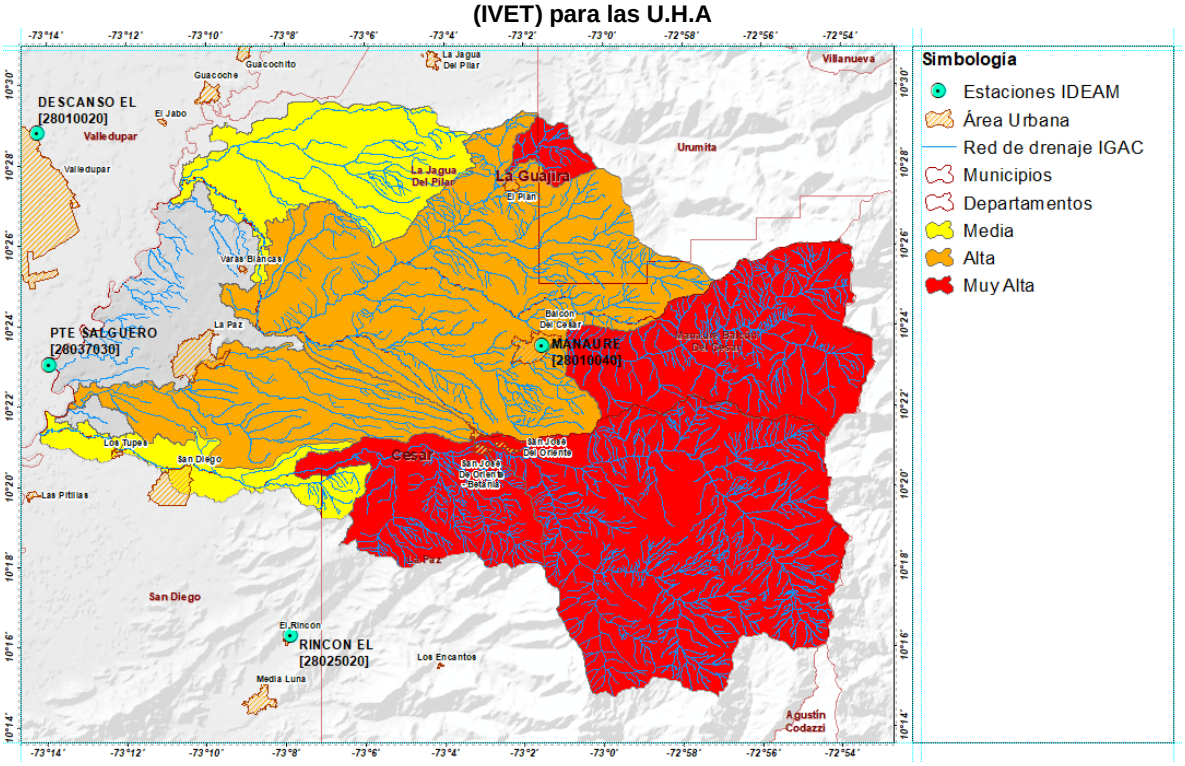
Estimado los índices que componen el IVET, mediante relación descrita en la Tabla 2-133, se determina el nivel de vulnerabilidad a eventos torrenciales en las unidades hidrográficas abastecedoras. (ver Figura 2-221).

**Tabla 2-133. Clasificación del índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales (IVET)**

| IV | IMT | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Muy Baja | Baja | Media | Alta | Muy Alta |
| Muy baja | Baja | Baja | Media | Alta | Alta |
| Baja | Baja | Media | Media | Alta | Muy Alta |
| Media | Baja | Media | Alta | Alta | Muy Alta |
| Alta | Media | Media | Alta | Muy Alta | Muy Alta |
| Muy alta | Media | Alta | Alta | Muy Alta | Muy Alta |

Fuente: ERA, 2013

**Figura 2-221. Clasificación del índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales (IVET) para las U.H.A**




Fuente: Autores (2019).

Los resultados del IVET, nos arroja que se tiene una cuenca con un alto grado de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales, los resultados nos arrojan una clasificación de muy alta, en la parte alta de la cuenca y una clasificación media en la zona media y parte de la zona baja de la cuenca, esto puede estar asociado en su gran parte al relieve y a los parámetros morfométricos característicos de la cuenca de los cuales se puede resaltar que se presentan pendientes muy elevadas.

## 2.8. CALIDAD DE AGUA

El análisis de la calidad del recurso hídrico se realizó con base a la revisión general de la información recopilada en diferentes fuentes, como las Corporaciones Autónomas Regionales que tienen jurisdicción en la cuenca (CORPOCESAR Y CORPOGUAJIRA), IDEAM, Sistema Único de Información de Servicios Públicos, Alcaldías, entre otros.

De acuerdo con la Guía técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas POMCA, la calidad hídrica en la cuenca debe ser determinada a través del análisis y ejecución de 6 actividades:

1. Identificación y evaluación de la red de monitoreo de calidad de agua existente.
2. Identificación de las actividades que se desarrollan en la zona por sector productivo que generan vertimientos y los sistemas de tratamiento y disposición final de las mismas (STAR).
3. Estimación de cargas contaminantes vertidas a las corrientes principales.
4. Descripción y análisis de factores contaminantes en el agua y suelos asociados al manejo y disposición final de residuos sólidos
5. Estimación de Índices de calidad.
6. Estimación de índice de alteración potencial de la calidad del agua.

En la Tabla 2-134 se presenta la relación de los documentos que se priorizaron de acuerdo a la pertinencia de la información para cada uno de los ítems o actividades a través de las cuales se determina el estado de la calidad del recurso hídrico superficial. En dicha tabla se relacionan doce (12) documentos que fueron analizados para esta temática, de acuerdo con la relevancia de su contenido para una u otra de las actividades referidas.

**Tabla 2-134. Documentos priorizados de acuerdo a su pertinencia**

| DOCUMENTO | ENTIDAD | PERTINENCIA |
|---|---|---|
| Guía técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS | La información es útil establece los criterios, procedimientos y metodologías para orientar a las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible en la formulación de planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográfica. |
| Formulación del Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental de la Subcuenca Hidrográfica del río Chiriaimo, municipios de La Paz y San Diego 2010 | CORPOCESAR | La información es pertinente, toda vez que permite identificar la red de monitoreo con la que cuenta la corporación y las concentraciones históricas de los parámetros que determinan la calidad de agua en las corrientes hídricas que son de jurisdicción. También contiene descripción de la subcuenca del río Chiriaimo, condiciones del sistema Productivo de la Subsubcuenca, identificación, caracterización y espacialización de los actores; lo anterior es relevante como iformación histórica y/o de antecedentes en los temas referidos. Y finalmene, aporta información acerca de la red de monitoreo con la que cuenta la |
| Formulación Del Plan De Ordenamiento y Manejo Ambiental de La Subcuenca Hidrográfica del Río Manaure, Municipio de Manaure 2010 | CORPOCESAR | |

| DOCUMENTO | ENTIDAD | PERTINENCIA |
|---|---|---|
| | | corporación sobre el rio Chiriaimo y Manaure, y las concentraciones históricas de los parámetros que determinan la calidad de agua en las corrientes hídricas que son de jurisdicción. |
| Plan de Ordenamiento del Recurso hídrico del Rio Cesar(PORH) | CORPOCESAR | La información es útil para analizar las actividades de los diferentes sectores productivos que dependen de la cuenca, así como las cargas contaminantes aportadas por estos.<br>Resumen de actividades de los diferentes sectores productivos que dependen de la cuenca, así como las cargas contaminantes aportadas por estos. |
| Establecimiento de las metas quinquenales de carga contaminante para los afluentes de la jurisdicción de CORPOCESAR periodo 2019-2023 | CORPOCESAR | La información es esencial para analizar las actividades de los diferentes sectores productivos que dependen de la cuenca, así como las cargas contaminantes aportadas por estos.<br>Características de las actividades de los sectores productivos que dependen de la cuenca, así como las cargas contaminantes aportadas por estos.<br>Información de usuarios de las cuencas de su jurisdicción, así como el estado de calidad de las mismas con el fin de soportar el cobro de la tasa retributiva a las personas e industrias que vierten a estas. |
| Establecimiento de objetivos de calidad hídrica periodo 2019-2029 | CORPOCESAR | La información es práctica para la determinación de los valores máximos permisibles de las fuentes hídricas de la jurisdicción de corpocesar |
| Tasa Retributivas 7 archivos: Calculo Factor Regional TR-2014 -2015-2016-2017-2018 | CORPOCESAR | La información es pertinente para establecer las cargas contaminantes recibidas por la cuenca. Información de usuarios de la cuenca de su jurisdicción. Cálculo de cargas contaminantes y valores a pagar por usuarios de tasas retributivas periodo 2014,2015,2016 y 2017. |
| Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimiento MV, municipio de Mamure 2010 | CORPOCESAR | La información es adecuada para establecer las cargas contaminantes recibidas por la cuenca y generalidades de saneamiento básico.<br>Descripción de las actividades productivas generadas en la cabecera urbana del municipio de Manaure.<br>Proyección de las cargas contaminantes recibidas por la cuenca y generalidades de saneamiento básico. |
| Establecimiento de las metas quinquenales de carga contaminante para los afluentes de la jurisdicción de Corpoguajira periodo 2015-2019 | CORPOGUAJIRA | La información es útil para analizar las actividades de los diferentes sectores productivos que dependen de la cuenca, así como las cargas contaminantes aportadas por estos. Características de las actividades de los sectores productivos que dependen de la cuenca, así como las cargas contaminantes aportadas por estos.<br>Información de usuarios de las cuencas de su jurisdicción, así como el estado de calidad de las mismas con el fin de soportar el cobro de la tasa retributiva a las personas e industrias que vierten a estas. |

| DOCUMENTO | ENTIDAD | PERTINENCIA |
|---|---|---|
| Establecimiento de objetivos de calidad hídrica periodo 2017-2027 | CORPOGUAJIRA | La información es apropiada para la determinación de los valores máximos permisibles de las fuentes hídricas de la jurisdicción de corpoguajira |
| Informe de la Súper Intendencia de Servicios Públicos Domiciliaria Empresas EMPAZ E.S.P y EMPOSANDIEGO E.S.P | SUPER INTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS | La información es relevante para identificar y evaluar los factores relevantes entorno a saneamiento básico (disposición final de residuos sólidos y vertimientos de aguas residuales |
| Documento Índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA) | IDEAM (2010) | La información es indispensable para identificar y evaluar las redes de monitoreo de la cuenca y la propuesta de la campaña de monitoreo. |

Fuente: Autores (2019).

### 2.8.1. Identificación y evaluación las redes de monitoreo existentes en la cuenca.

En este punto se identificaron y evaluaron las redes de monitoreo existentes en la cuenca, para determinar si los parámetros monitoreados brindan la información completa que permita categorizar la calidad del agua, conforme a los parámetros mínimos que se requieren para el cálculo del índice de calidad del agua (ICA) formulado por el IDEAM (2010a), y tales variables corresponden a las que se describen en la Tabla 2-135.

**Tabla 2-135. Variables fisicoquímicas mininas para identificar en las redes de monitoreo del recurso hídrico**

| Variable | Expresada como |
|---|---|
| Oxígeno Disuelto (OD) | % Saturación |
| Sólidos en suspensión | mg/L |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg/L |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L |
| Sólidos Suspendidos Totales (SST) | mg/L |
| Coliformes Fecales | NMP/1000 |
| Caudal | L/seg |
| Conductividad Eléctrica (C.E.) | µs/CM |
| pH Total | Unidades de pH |

Fuente: IDEAM (2010).

En este sentido se encontró que en la cuenca de los ríos Chiriaimo y Manaure existe la redes de monitorio que se presenta en la Tabla 2-136, especificando el cuerpo de agua monitoreado, el nombre del punto o estación de monitoreo, la localización, los parámetros monitoreados y la periodicidad o frecuencia de monitoreo.

**Tabla 2-136. Redes monitoreo presentes en la cuenca de los ríos Chiriaimo y Manaure**

| Cuerpo de agua monitoreado | Punto o Estación de la Red | Localización (coordenadas Geográficas) | | Parámetros monitoreados | Periodicidad o frecuencia de monitoreo (Fechas o Rango de tiempo) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | NORTE | OESTE | | |
| Rio Chiriaimo | Estación 1 Rio Chiriaimo, Puente el Tambo | 10°20.353 | 72°57.399 | pH, OD, T°, Conductividad, DBO, DQO, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Totales Volátiles, Alcalinidad Total, Color, Hierro total, Sólidos Disueltos, Magnesio, Fosfatos, Coliformes totales, Coliformes fecales | Época de estiaje y periodo de lluvias años 2009 y 2010 |
| Rio Chiriaimo | Estación 2 Rio Chiriaimo, cancha Tricolor | 10°20.951 | 73°02.653 | pH, OD, T°, Conductividad, DBO, DQO, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Totales Volátiles, Alcalinidad Total, Color, Hierro total, Sólidos Disueltos, Magnesio, Fosfatos, Coliformes totales, Coliformes fecales | Época de estiaje y periodo de lluvias años 2009 y 2010 |
| Rio Chiriaimo | Estación 3 Rio Chiriaimo, puente la Vega | 10°20.815 | 73°03.983 | pH, OD, T°, Conductividad, DBO, DQO, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Totales Volátiles, Alcalinidad Total, Color, Hierro total, Sólidos Disueltos, Magnesio, Fosfatos, Coliformes totales, Coliformes fecales | Época de estiaje y periodo de lluvias años 2009 y 2010 |
| Rio Chiriaimo | Estación 4 Rio Chiriaimo, Finca la parrilla | 10°20.242 | 73°09.478 | pH, OD, T°, Conductividad, DBO, DQO, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Totales Volátiles, Alcalinidad Total, Color, Hierro total, Sólidos Disueltos, Magnesio, Fosfatos, Coliformes totales, Coliformes fecales | Época de estiaje y periodo de lluvias años 2009 y 2010 |
| Rio Chiriaimo | Estación 5 Rio Chiriaimo, Puerto Palmarito | 10°21.104 | 73°11.478 | pH, OD, T°, Conductividad, DBO, DQO, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Totales Volátiles, Alcalinidad Total, Color, Hierro total, Sólidos Disueltos, Magnesio, Fosfatos, Coliformes totales, Coliformes fecales | Época de estiaje y periodo de lluvias años 2009 y 2010 |
| Rio Chiriaimo | Estación 6 Rio Chiriaimo, Reno | 10°21.404 | 73°13.841 | pH, OD, T°, Conductividad, DBO, DQO, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Totales Volátiles, Alcalinidad Total, Color, Hierro total, Sólidos Disueltos, Magnesio, Fosfatos, Coliformes totales, Coliformes fecales | Época de estiaje y periodo de lluvias años 2009 y 2010 |
| Rio Manaure | Estación 1 Arroyo Doña Flora | 10°22.331 | 72°57.308 | Conductividad,DBO5 ,DQO, Sólidos Totales ,Sólidos Suspendidos Totales, Alcalinidad, Dureza Total, Turbiedad, Hierro Total, Color Verdadero, Fosfatos, Calcio, Magnesio, Sodio, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Sulfatos, pH, OD, T° | Época de estiaje y periodo de lluvias años 2010 y 2011 |
| Rio Manaure | Estación 3 Rio Manaure, Balneario Los Caracolí | 9°51.203 | 73°10.294 | Conductividad,DBO5 ,DQO, Sólidos Totales ,Sólidos Suspendidos Totales, Alcalinidad, Dureza Total, Turbiedad, Hierro Total, Color | Época de estiaje y periodo de lluvias años 2010 y 2011 |

| Cuerpo de agua monitoreado | Punto o Estación de la Red | Localización (coordenadas Geográficas) | | Parámetros monitoreados | Periodicidad o frecuencia de monitoreo (Fechas o Rango de tiempo) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | NORTE | OESTE | | |
| | | | | Verdadero, Fosfatos, Calcio, Magnesio, Sodio, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Sulfatos, pH, OD, T° | |
| Rio Manaure | Estación 4 Después del Vert STAR Manaure | 10°23.024 | 73°02.211 | Conductividad,DBO5 ,DQO, Sólidos Totales ,Sólidos Suspendidos Totales, Alcalinidad, Dureza Total, Turbiedad, Hierro Total, Color Verdadero, Fosfatos, Calcio, Magnesio, Sodio, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Sulfatos, pH, OD,T° | Época de estiaje y periodo de lluvias años 2010 y 2011 |
| Rio Manaure | Estación 5 Balneario Casa Blanca | 10°23.471 | 73°05.419 | Conductividad,DBO5 ,DQO, Sólidos Totales ,Sólidos Suspendidos Totales, Alcalinidad, Dureza Total, Turbiedad, Hierro Total, Color Verdadero, Fosfatos, Calcio, Magnesio, Sodio, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Sulfatos, pH, OD, T° | Época de estiaje y periodo de lluvias años 2010 y 2011 |
| Rio Manaure | Estación 6 Finca Pereira | 10°24.248 | 73°08.733 | Conductividad,DBO5 ,DQO, Sólidos Totales ,Sólidos Suspendidos Totales, Alcalinidad, Dureza Total, Turbiedad, Hierro Total, Color Verdadero, Fosfatos, Calcio, Magnesio, Sodio, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Sulfatos, pH, OD, T° | Época de estiaje y periodo de lluvias años 2010 y 2011 |

Fuente: Autores (2019), con información obtenida de CORPOCESAR.

Además de las redes de monitoreo antes descritas, en la cuenca se han desarrollado monitoreos puntuales de la calidad de agua en el marco de la elaboración de estudios o instrumentos de planificación. En la Tabla 2-137 se presentan dichos monitoreos, especificando el estudio o instrumento de planificación que lo realiza, el cuerpo de agua monitoreado, la fecha de realización del monitoreo, la localización de las estaciones de monitoreo y los parámetros monitoreados.

**Tabla 2-137. Monitoreos puntuales de calidad de agua realizados sobre la cuenca de los ríos Chiriaimo y Manaure**

| Estudio o instrumento de planificación que realiza el monitorio | Cuerpo de agua monitoreado | Localización del punto de monitoreo | Coordenadas del punto de monitoreo | Fechas de Realización del monitoreo | Parámetros Monitoreados |
|---|---|---|---|---|---|
| Seguimiento usuarios de tasa retributiva (CORPOCESAR) | Rio Manaure | Antes del vertimiento cabecera municipal de Manaure | 10°23'12.3" N 73°02'23.5"O | 27 de febrero de 2013, 08 de septiembre de 2015, y septiembre 10 de 2016 y 2017 | pH,Oxígeno,Disuelto,Temperatura,Caudal,DBO, DQO,Sólidos Suspendidos Totales, Grasas y Aceite, Nitratos, Nitrógeno total Kjeeldah, Fosforo Tota, |

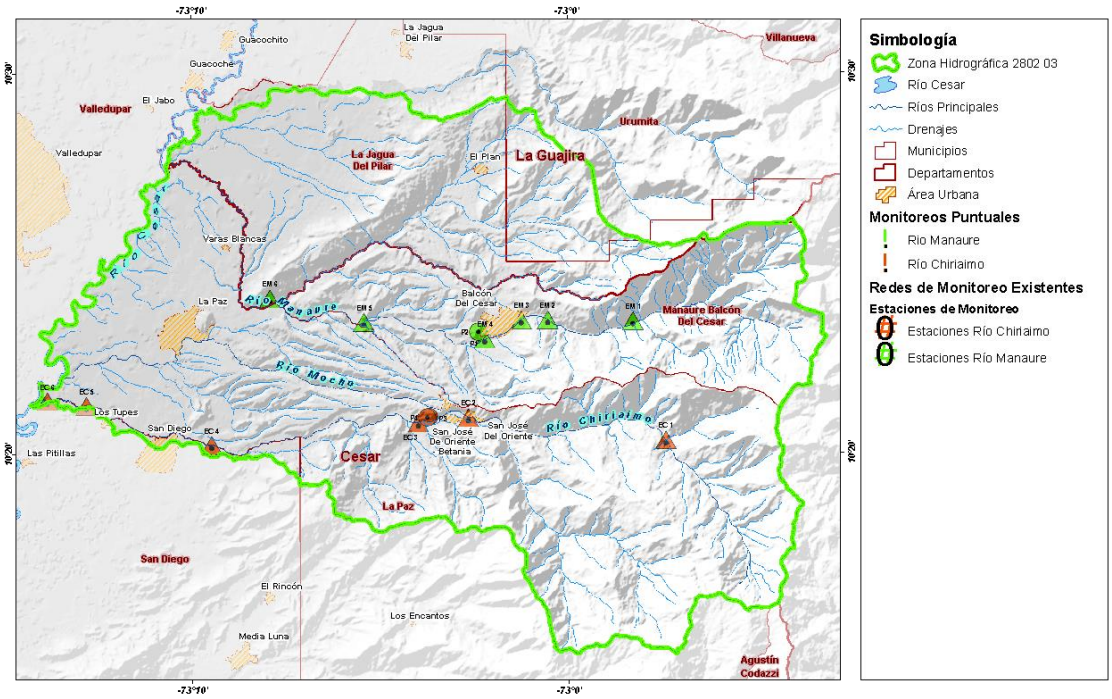
| Estudio o instrumento de planificación que realiza el monitorio | Cuerpo de agua monitoreado | Localización del punto de monitoreo | Coordenadas del punto de monitoreo | Fechas de Realización del monitoreo | Parámetros Monitoreados |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Conductividad, NMP De Coliformes Totales NMP,NMP de *Escherichia coli* NMP/100m |
| Seguimiento usuarios de tasa retributiva (CORPOCESAR) | Rio Manaure | Después del vertimiento cabecera municipal de Manaure | 10°23'12.2" N 73°02'22.8"O | 27 de febrero de 2013, 08 de septiembre de 2015, y septiembre 10 de 2016 y 2017 | pH,Oxígeno,Disuelto,Temperatura,Caudal,DBO5,DQO,Sólidos Suspendidos Totales, Grasas y Aceite, Nitratos, Nitrógeno total Kjeeldah, Fosforo Tota, Conductividad, NMP De Coliformes Totales NMP,NMP de *Escherichia coli* NMP/100m |
| Seguimiento usuarios de tasa retributiva (CORPOCESAR) | Rio Chiriaimo | Antes de vertimiento cabecera san José de oriente | 10°20'58.3"N 73°03'41.7"O | Febrero 27 de 2013, y 08 de septiembre de 2015 | pH,Oxígeno,Disuelto,Temperatura,Caudal,DBO5,DQO,Sólidos Suspendidos Totales, Grasas y Aceite, Nitratos, Nitrógeno total Kjeeldah, Fosforo Tota, Conductividad, NMP De Coliformes Totales NMP,NMP de *Escherichia coli* NMP/100m |
| Seguimiento usuarios de tasa retributiva (CORPOCESAR) | Rio Chiriaimo | Después del vertimiento cabecera san José de oriente | 10°20'57.1"N 73°03'44.3"O | Febrero 27 de 2013, y 08 de septiembre de 2015 | pH,Oxígeno,Disuelto,Temperatura,Caudal,DBO5,DQO,Sólidos Suspendidos Totales, Grasas y Aceite, Nitratos, Nitrógeno total Kjeeldah, Fosforo Tota, Conductividad, NMP De Coliformes Totales NMP,NMP de *Escherichia coli* NMP/100m |

Fuente: Autores (2019), con información obtenida de CORPOCESAR.

De acuerdo con la revisión general descrita en las Tabla 2-136 y Tabla 2-137, se contabilizaron en total quince (15) estaciones de calidad de agua, las cuales están bajo la administración y control de la Corporación Autónoma Regional del Cesar CORPOCESAR. Los análisis de los monitoreos se encuentran respaldados por laboratorios ambientales cuentan con certificación del IDEAM, tales como el laboratorio Microbiológico de Barranquilla (LABORMAR), laboratorio Nancy Flórez de la ciudad de Valledupar y SIAMA LTDA de la ciudad de Bucaramanga.

En el mapa de la Figura 2-222 se espacializan las estaciones y puntos de monitoreo antes descritos y que existen actualmente sobre la cuenca.

**Figura 2-222. Localización de las estaciones existentes para el monitoreo de calidad de agua en la cuenca de los ríos Chiriaimo y Manaure**




Fuente: Autores (2019).

De los puntos de monitoreo identificados se tiene que su representatividad conforme a las áreas en donde se concentran las actividades productivas o de servicios, son los ubicados en la cabecera municipal de Manaure y el corregimiento de San José de Oriente, ya que ellos evalúan calidad del agua, aguas arriba y aguas abajo del rio Manaure y Chiriaimo respectivamente.

### 2.8.2. Identificación de las actividades productivas desarrolladas en la subcuenca que generan vertimientos de aguas residuales, y del sistema de manejo y disposición final.

Para identificar las actividades que generan vertimientos por sector productivo en la cuenca y los sistemas de tratamiento y disposición final de las mismas (STAR), se parte del análisis de los documentos más actualizados y con mayor relevancia de los señalados en la Tabla 2-134, y cuyo contenido aporta en la identificación de actividades productivas.

De acuerdo con la revisión general de esta documentación, se identifica que los sectores productivos predominantes en la cuenca de los ríos Manaure y Chiriaimo son el agropecuario, pecuario, y explotación de materiales de construcción.

Según el estudio "Establecimiento de metas de carga contaminantes para los afluentes de la jurisdicción de CORPOCESAR" periodo 2019-2023, se observa que los municipios y corregimientos (Empresas Prestadoras de Servicio Público), son los sectores que generan la mayor parte de vertimiento sobre la cuenca de los ríos Manaure y Chiriaimo, tal como se describe a continuación.

### 2.8.2.1. Aguas Residuales Domésticas y No Domésticas

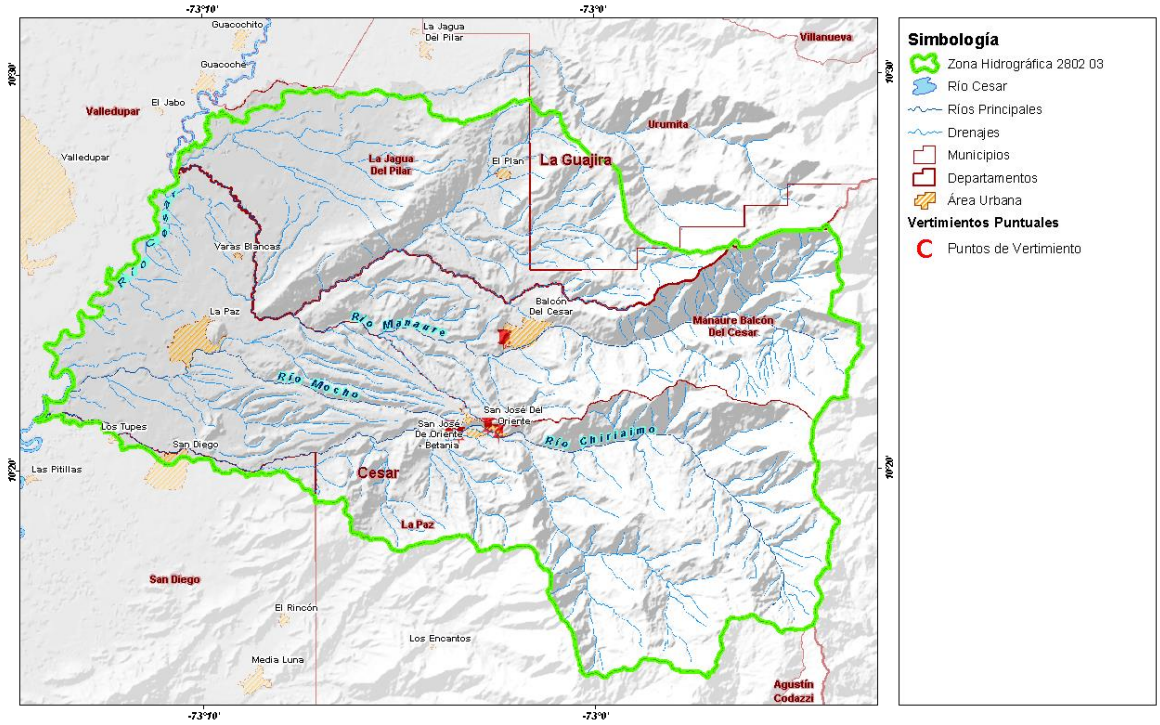
En la cuenca se identificaron seis puntos de vertimiento de aguas residuales domésticas. Dos a la altura de la cabecera municipal de Manaure, en el río Manaure y cuatro a la altura de la cabecera municipal de San José del Oriente, en el río Chiriaimo. Estos se relacionan en la Tabla 2-138 y se espacializan en la Figura 2-223.

**Tabla 2-138. Puntos de Vertimiento de aguas residuales domésticas localizados en la cuenca**

| Punto | Punto de Vertimiento | Coordenadas de localización | Cuerpo de Agua Receptor |
|---|---|---|---|
| 1 | Cabecera municipal de Manaure | 10°23'15.6" N - 73°02'15.5". O | Rio Manaure |
| 2 | Cabecera municipal de Manaure | 10°23'16.8" N - 73°02'18.9". O | Rio Manaure |
| 3 | Cabecera San José de Oriente | 10°20'59.2" N - 73°03'42.9" O | Rio Chiriaimo |
| 4 | Cabecera San José de Oriente | 10°20'50" N - 73°03'28" O | Rio Chiriaimo |
| 5 | Cabecera San José de Oriente | 10° 20' 53.6" N - 73° 2' 26.9" O | Rio Chiriaimo |
| 6 | Cabecera San José de Oriente | 10° 21' 2.5" N - 73° 2' 42.6" W | Rio Chiriaimo |

Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-223. Localización de los puntos de vertimiento de aguas residuales domésticas en la cuenca**




Fuente: Autores (2019).

Los mayores aportes de contaminación de aguas residuales de las cuencas de los ríos Manaure y Chiriaimo, son provenientes de los diferentes asentamientos humanos aglomerados y dispersos del corregimiento de San José de Oriente, Betania y la cabecera municipal de Manaure; esta situación fue identificada y validada en campo y viene siendo documentanda desde fuentes de secundarias tales como la Formulación del Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental de la Subcuenca Hidrográfica del río Chiriaimo y Manaure del año 2010 y el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimiento (PSMV) del municipio de Manaure del año 2010.

Otro aspecto importante es la identificación de las actividades productivas desarrolladas en la subcuenca que generan vertimientos de aguas residuales, y del sistema de manejo y disposición. A continuación, se resume en la Tabla 2-139, el número y características de las plantas de tratamiento de aguas residuales inicialmente reportadas en la recopilación de información secundaria, puntualmente en los documentos Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimiento, municipio de Manaure 2010 y Establecimiento de metas de cargas contaminantes periodo 2019-2023.

**Tabla 2-139. Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales**

| MUNICIPIO y/o CORREGIMIENTO | TIPO | ESTADO PTAR | FUENTE RECEPTORA |
|---|---|---|---|
| Manaure | Combinado, sanitario y pluviales | Colmatada y mal estado. | Rio Manaure |
| Manaure | Combinado, sanitario y pluviales | Buen funcionamiento. | Rio Manaure |
| San José de Oriente | Combinado, sanitario y pluviales | No se encuentra en operación, estructuras abandonadas | Rio Chiriaimo |
| San José de Oriente | Combinado, sanitario y pluviales | No se encuentra en operación, estructuras abandonadas. | Rio Chiriaimo |
| San José de Oriente | Combinado, sanitario y pluviales | No se encuentra en operación, estructuras abandonadas. | Rio Chiriaimo |
| Betania | Combinado, sanitario y pluviales | No se encuentra en operación, estructuras abandonadas. | Rio Chiriaimo |

Fuente: Autores (2019).

De acuerdo con la revisión general de las PTAR, se evidencia que actualmente los cuatro (4) Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en los corregimientos de San José de oriente y Betania se encuentran fuera de servicio, por lo cual se puede inferir que se realiza vertimiento de aguas residuales domesticas sin ningún tipo de tratamiento previo sobre las fuentes receptora (Rio Chiriaimo). En referencia a los dos (2) sistemas de tratamiento ubicados en la cabecera urbana del municipio de Manaure, uno de ellos se encuentra totalmente colmatado y el otro en funcionamiento óptimo, según los informes de seguimientos realizados por CORPOCESAR, al PSMV del municipio.

Por otro lado, es importante resaltar las afirmaciones más concluyentes de los estudios Formulación del Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental de la Subcuenca Hidrográfica del Río Chiriaimo (2010), Formulación del Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental de la Subcuenca Hidrográfica del Río Manaure (2010) y Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimiento municipio de Manaure (2010), para poder contrastar el avance y/o estado actual de las problemáticas identificadas en dichos estudios, los cuales establecieron que:

- Existe deficiente cobertura de servicio de alcantarillado y saneamiento básico, especialmente en las áreas rurales, sumado a esto, los sistemas de acueducto presentan problemas de fugas y mantenimiento lo que repercute en la disminución de la calidad y cantidad de agua que es llevada a los usuarios.
- Ausencia de regulación y control de vertimientos de porcícolas y avícolas que depositan aguas residuales y manejo de excretas directamente a fuentes hídricas de las cuencas del rio Manaure y Chiriaimo sin ningún tratamiento previo.
- De las granjas porcícolas también se derivan problemas de contaminación por olores y disposición de residuos. El cuerpo de agua que resulta ser más afectados por la producción Porcícolas son el rio Chiriaimo. Puntualmente a su paso por cabecera urbana de los corregimientos de San José de Oriente y Betania.

- La producción avícola también genera problemas importantes de contaminación por vertimientos sobre el cuerpo de agua (Rio Manaure). La gallinaza es vendida a los cultivadores de tomate y cebolla bajo cubierta, para la fertilización agrícola, estos la utilizan sin ningún tipo de control, ni tratamiento, lo que ha afectado las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo.

#### 2.8.2.2. El escurrimiento de aguas en zonas de producción agrícola

La subcuenca del río Manaure es aprovechada principalmente en cultivos de cacao, plátano, malanga, caña, yuca, cebolla, maíz, fríjol y frutales en menor escala. Estos cultivos generan impactos negativos sobre el suelo, la flora y el recurso hídrico, debido a prácticas agrícolas inadecuadas como tala y quema, así como el empleo de agroquímicos, constituyéndose en fuentes difusas de contaminación de los recursos naturales.

Las actividades cafeteras se destacan de manera especial como generadoras de vertimientos. El cultivo de café se practica en la zona de ladera y es representativo en las veredas el Cinco y Hondo del río, sectores con manejo y fomento del cultivo. A pesar de contar con asistencia técnica los campesinos continúan beneficiando el grano de manera tradicional afectando las aguas del río Manaure, con las aguas mieles producto del proceso de beneficio del café.

Lo anterioremente descrito fue identificado y validado en campo y viene siendo documentanda desde fuentes secundarias tales como la Formulación del Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental de la subcuenca hidrográfica del Río Manaure (2010).

#### 2.8.2.3. El escurrimiento de aguas en zonas de producción pecuaria

La subcuenca de los ríos Manaure y Chiriaimo, es aprovechada para la explotación pecuaria de ovinos, caprinos y porcinos, actividades que ocasionan transformación del ecosistema a partir de procesos de deforestación, erosión de laderas, arrastres de material en periodos de altas precipitaciones y deterioro del recurso hídrico, lo que genera perdida de la biodiversidad biológica; esta situación viene siendo documentanda desde fuentes secundarias tales como la Formulación del Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental de la subcuenca hidrográfica del Río Manaure (2010) y Formulación del Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental de la Subcuenca Hidrográfica del río Chiriaimo (2010).

En recorrido de campo el equipo técnico de la UNIONTEMPORAL POMCA 2019, evidenció dos (2) establecimiento de crías de cerdos que realizan está actividad sin su respectivo permiso de vertimiento y arrojan sus aguas servidas consideradas tipo no domésticas según lo dispuesto en la Resolución 0631 de 2015, proferida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, sin ningún tratamiento previo.

### 2.8.2.4. Aguas procedentes del desarrollo de actividades turísticas

La cuenca, desde hace algunos años, ha sido por excelencia el balcón turístico y recreativo en el departamento del Cesar, destacándose como los sitios naturales predilecos para el desarrollo de actividades turísticas: Salto Tequendama, Cueva de los 7 Caballeros, Paso de la Canoa, Paso de la Danta y el Chorrito; estas actividades se encuentran asociadas a una serie de potenciales impactos negativos y altamente significativos sobre el medio y especialmente sobre la calidad del recurso hídrico y el suelo.

### 2.8.2.5. Aguas procedentes actividades mineras de la cuenca de extracción de material de arrastre de los cauces

En la cuenca Media del Río Manaure y la cuenca baja del rio Chiriaimo, puntualmente al paso de estas dos importantes corrientes hídricas por las cabeceras urbanas de los municipios de Manaure y de Sandiego respectivamente, se evidencia la actividad de extracción de material de arrastre. En este sentido la extracción de piedra, arena, arcilla y otros elementos del cauce de los ríos podrían estar generado alteraciones significativas en las cuencas de los mismos, la muerte de peces, la desaparición de especies y de riesgo por inundaciones y avalanchas.

## 2.8.3. Estimación de cargas contaminantes vertidas a las corrientes principales

Es importante manifestar que la carga contaminante es la medida que representa la masa de contaminante por unidad de tiempo que es vertida por una corriente residual. Comúnmente se expresa en T/año, T/día, Kg/dy Kg/año. Su cálculo es determinado mediante la ecuación que se presenta a continuación, la cual atiende lo dispuesto en el artículo 2.2.9.7.2.1. y las directrices del parágrafo del artículo 2.2.9.7.5.4 del Decreto 1076 de 2015, en donde:

$$Cc = Q*C*0{,}0036*t$$

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

Para la estimación de cargas contaminantes vertidas sobre la cuenca de los ríos Manaure y Chiriaimo, se tomaron los resultados e información al respecto disponible en la Corporación Autónoma Regional del Cesar - CORPOCESAR, en el estudio de "Establecimiento de las metas quinquenales de carga contaminante para los afluentes de la jurisdicción de CORPOCESAR periodo 2014-2018".

### 2.8.3.1. Cargas Contaminantes en el Rio Manaure

De acuerdo con el estudio "Establecimiento de las metas quinquenales de carga contaminante para los afluentes de la jurisdicción de CORPOCESAR periodo 2014-2018", el tramo No. 21 correspondiente al rio Manaure, recibe una carga contaminante vertida de 57.957 Kg/año de Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO5) y de 63.245 Kg/año de Solidos suspendidos Totales, sobrepasando las cargas estimadas en el Acuerdo de Metas 007 del año 2017, proferido por el Consejo Directivo de CORPOCESAR, por medio del cual se ajustan las cargas contaminantes para los parámetros de Demanda Bioquímica de Oxigeno y Solidos Suspendidos Totales en el periodo 2016-2018, la cual es de 45.412 Kg/año, para ambos parámetros. (ver Tabla 2-140).

**Tabla 2-140. Rio Manaure: Vertimiento cabecera urbana del municipio de Manaure**

| TRAMO MANAURE | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| USUARIO | DBO | | | | SST | | | |
| | META AÑO 2018 | CC año 2018 | FR individual año 2018 | META AÑO 5 (2018) | META AÑO 2018 | CC año 2018 | FR individual año 2018 | META AÑO 5 (2018) |
| CABECERA MUNICIPAL MANAURE (ESPUMA E.S.P) | 45.412 | 57.957 | 3,77 | 45.412 | 45.412 | 63.245 | 3,89 | 45.412 |
| **TOTAL** | **45.412** | **57.957** | | **45.412** | **45.412** | **63.245** | | **45.412** |

Fuente: Autores (2019).

Es menester resaltar que las concentraciones, caudal y tiempo de vertimientos tenidos en cuenta para la proyección de cargas contaminantes del Tramo 21, fueron obtenidas de las caracterizaciones fisicoquímicas realizadas por CORPOCESAR en el año 2018, en donde el vertimiento de la cabecera municipal de Manaure, posee una concentración en DBO5 de 86,0 mg/L y en SST de 80 mg/L, un Tiempo de vertimiento de 24 horas continuas y un caudal en L/s de 25,0, como a continuación se describe en la Tabla 2-141.

**Tabla 2-141. Estimación de cargas contaminantes vertidas en el Tramo No. 21-Rio Manaure**

| CC mg/l DBO | CC mg/l SST | CAUDAL (LTS/S) | TIEMPO | KG – DBO /Día | KG – SST /Día | KG – DBO /mes | KG – SST /mes | KG – DBO /Año | KG – SST /Año |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 86,0 | 80 | 25,0 | 24 | 185,76 | 172,80 | 4829,76 | 5356,80 | 57957,12 | 63244,80 |

Fuente: Autores (2019).

### 2.8.3.2. Cargas Contaminantes en el Rio Chiriaimo

De acuerdo con el estudio "Establecimiento de las metas quinquenales de carga contaminante para los afluentes de la jurisdicción de CORPOCESAR periodo 2014-2018", el Tramo No.81 que corresponde al Rio Chiriaimo, recibe una carga contaminante vertida de 11.183 Kg/año de Demanda Bioquímica de Oxigeno y de 31.501 Kg/año de Solidos

suspendidos Totales, sobrepasando las cargas estimadas en el Acuerdo de Metas 007 del año 2017. La cual es de 11.353 Kg/año, para ambos parámetros. (ver Tabla 2-142).

**Tabla 2-142. Rio Chiriaimo: Vertimiento cabecera urbana del corregimiento de San José de Oriente**

| TRAMO SAN DIEGO | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| USUARIO | DBO5 | | | | SST | | | |
| | META AÑO 5 (2018) | CC año 2018 | FR individual año 2018 | META AÑO 5 (2018) | META AÑO 5 (2018) | CC año 2018 | FR individual año 2018 | META AÑO 5 (2018) |
| ALCALDÍA MUNICIPAL DE LA PAZ (Corregimiento San José de Oriente) | 11.353 | 9.835 | 1,87 | 11.353 | 11.353 | 20.117 | 4,53 | 11.353 |
| **TOTAL** | **11.353** | **11.183** | | **11.353** | **11.353** | **31.501** | | **11.353** |

Fuente: Autores (2019).

Las concentraciones, caudal y tiempo de vertimientos tenidos en cuenta para la proyección de cargas contaminantes del Tramo 81, fueron obtenidas de las caracterizaciones fisicoquímicas realizadas por CORPOCESAR en el año 2015; en donde el vertimiento de la cabecera urbana del corregimiento san José de Oriente, posee una concentración en DBO5 de 80,4 mg/L y en SST de 164 mg/L, un Tiempo de vertimiento de 24 horas continuas y un caudal en L/s de 3,879, como a continuación se describe en la Tabla 2-143.

**Tabla 2-143. Estimación de cargas contaminantes vertidas en el Tramo 81-Rio Chiriaimo**

| CC mg/l DBO | CC mg/l SST | CAUDAL (LTS/S) | TIEMPO | KG – DBO /Día | KG – SST /Día | KG – DBO /mes | KG – SST /mes | KG – DBO /Año | KG – SST /Año |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 80,4 | 164 | 3,879 | 24 | 26,95 | 54,96 | 808,37 | 1648,92 | 9808,24 | 20061,82 |

Fuente: Autores (2019).

### 2.8.4. Descripción y análisis de factores de contaminación en aguas y suelos asociados al manejo y disposición final de residuos sólidos

El saneamiento básico en la cuenca va ligado directamente a la calidad del recurso hídrico, por tal razón es indispensable la evaluación de los sistemas de disposición final de residuos sólidos domiciliarios, escombros, materiales de arrastre los cuales son arrojados a la cuencas y subcuencas de los ríos Manaure y Chiriaimo, provocando un impacto ambiental negativo, es decir utilizan las fuentes hídricas como receptoras de sus desechos sólidos, colocando en manifiesto un inadecuado manejo de las basuras, sistema de recolección y disposición final.

Es importante manifestar que las mayores afectaciones sobre las cuencas se encuentran en el recorrido de las fuentes hídricas por las cabeceras pobladas, es decir sobre el rio Manaure, en el componente urbano de la cabecera municipal y en zona media del rio donde es utilizada para fines recreativos.

Así mismo sobre el rio Chiriaimo, en su recorrido por la cabecera urbana del corregimiento de San José de Oriente, Betania, los Tupes y la cabecera municipal del municipio de San Diego.

En la actualidad el prestador de servicio en el municipio de Manaure (ESPUMA E.S.P) transporta los residuos sólidos recolectados en el casco urbano del municipio de Manaure Balcón del Cesar, al relleno Sanitario Los Corazones, identificado con NUSD 349, localizado en la ciudad de Valledupar, operado por el prestador EMPRESA DE SERVICIOS DE ASEO DE VALLEDUPAR S.A E.S. P - "ASEOUPAR S.A. E.S.P." (ID 2256). (Informe de la Súper Intendencia de Servicios Publico Domiciliarios, 2018). Los residuos sólidos recolectados en la cabecera municipal de Sandiego y el corregimiento de San José de Oriente, son dispuestos en el relleno sanitario de los Corazones ubicada en la ciudad de Valledupar.

En el sector de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de Manaure existe un botadero de basura y escombro a cielo abierto a menos de 50 metros del cauce principal del río Manaure. Los lixiviados de estos desechos van directamente al cauce del rio.

### 2.8.5. Estimación del Índice de Calidad del Agua (ICA) y del Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)

Se estimaron los índices de calidad del recurso hídrico, de acuerdo con la metodología desarrollada en el Estudio Nacional del Agua (2010), los Lineamientos conceptuales y metodológicos para las Evaluaciones Regionales del Agua publicados por el IDEAM y el Formato Común Hoja Metodológica (versión 1,00) del respectivo índice a desarrollar.

#### 2.2.1.1. Estimación del índice de calidad del agua (ICA)

El índice de calidad de agua permite caracterizar y representar la calidad de un cuerpo de agua mediante las calificaciones cuantitativas y descriptores cualitativos que se presentan en la Tabla 2-144, para diferentes puntos de monitoreo puntuales. En aguas superficiales, y en el caso del presente estudio, este indicador esta conformado por variables fisicoquímicas del agua, las cuales tiene una ponderación o peso relativo asignado.

**Tabla 2-144. Descriptores para representar el aplicativo del ICA**

| DESCRIPTORES | ÁMBITO NUMÉRICO | COLOR |
|---|---|---|
| Muy Malo | 0-0.25 | |
| Malo | 0.26-0.50 | |
| Regular | 0.51-0.70 | |
| Aceptable | 0.71-0.90 | |
| Bueno | 0.91-1.00 | |

Fuente: Estudio Nacional del agua, IDEAM (2010).

Teniendo en cuenta lo establecido en la metodología del IDEAM se estimó el ICA (con 6 variables) en los ríos Manaure y Chiriaimo donde, se consideraron seis puntos de monitoreo a lo largo de cada uno de estos, evaluando las variables requeridas por el índice; a las cuales, primeramente, se les calculó el subíndice y posteriormente se realizó una suma de estos con la aplicación de la fórmula de promedio ponderado que se muestra a continuación:

$$\mathrm{ICA} = \sum_{i=1}^{n} W_i I_{ikjt}$$

Donde:
*n:* Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador.
$W_i$: es el peso de importancia asignado a cada variable o subíndice de calidad.
$I_{ikjt}$: son los subíndices utilizados, obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente (i), para una determinada punto o estación de monitoreo (j), a partir de un valor registrado durante una medición realizada (k), en un determinado período de tiempo (t).

Se asumieron para cada variable las siguientes funciones y peso de ponderación:

- A: % de saturación de Oxígeno disuelto (OD), con un W = 0.17
  - ✓ $I_{\%\ satOD}$ = 1- (1- 0.01*% saturación de OD)
    NOTA:
    Cuando él % de saturación de OD > 100%
  - ✓ $I_{\%\ satOD}$ = 1- (0.01*% saturación de OD - 1)

- B: Demanda Química de Oxigeno ($mgO_2$/ L), con un W = 0.17
  - ✓ Si DQO< = 20 entonces $I_{DQO}$=0.91
  - ✓ Si 20< DQO<=25 entonces $I_{DQO}$= 0.71
  - ✓ Si 25< DQO<=40 entonces $I_{DQO}$= 0.51
  - ✓ Si 40< DQO<=80 entonces $I_{DQO}$= 0.26
  - ✓ Si 20 DQO> 80 entonces $I_{DQO}$= 0.125

- C: Sólidos Suspendidos Totales (SST en mg/l), con un W = 0.17
  - ✓ $I_{SST}$ = 1- (-0,02+0.003 x SST mg/l)
  - ✓ Si SST <= 4.5, entonces $I_{SST}$ =1
  - ✓ Si SST >= 320, entonces $I_{SST}$ =0

- D: Conductividad (CE en µS/cm), con un W = 0.17
  - ✓ $I_{CE}$ = 1-10^ (-3,26+1, 34Log10CE)
    Nota: Cuando $I_{CE}$ < 0 (negativo), entonces $I_{CE}$ = 0

- E: pH, con un W = 0.15
  - ✓ Si pH <4 entonces $I_{pH}$ =0,10
  - ✓ Si pH está entre 4 y 7 inclusive, entonces IpH = 0,02628419* e ^ (pH *0,520025)
  - ✓ Si pH está entre 7,1 y 8,0 entonces $I_{pH}$ = 1
  - ✓ Si pH está entre 8,1 y 11 entonces $I_{pH}$ = 1* e^ ((pH- 8)-0,5187742))
  - ✓ Si pH es > 11,1 $I_{pH}$ = 0,10

- F: Coliformes Fecales [Escherichia Coli] (NMP/100ml), con un W = 0.17
  - ✓ Si CF < 50/100ml entonces $I_{CF}$ = 0.98
  - ✓ Si 50/100ml <= CF < 1600/100ml entonces $I_{CF}$ = 0.98 * e ^ ((CF-50) * -9.917754E-4))
  - ✓ Si CF >= 1600/100ml entonces $I_{CF}$ = 0.10

Finalmente, se calcula el ICA promedio para el punto o estación de monitoreo evaluado y se presenta junto con el valor mínimo de ICA calculado y/o registrado. El ICA promedio se calcula mediante al siguiente formula:

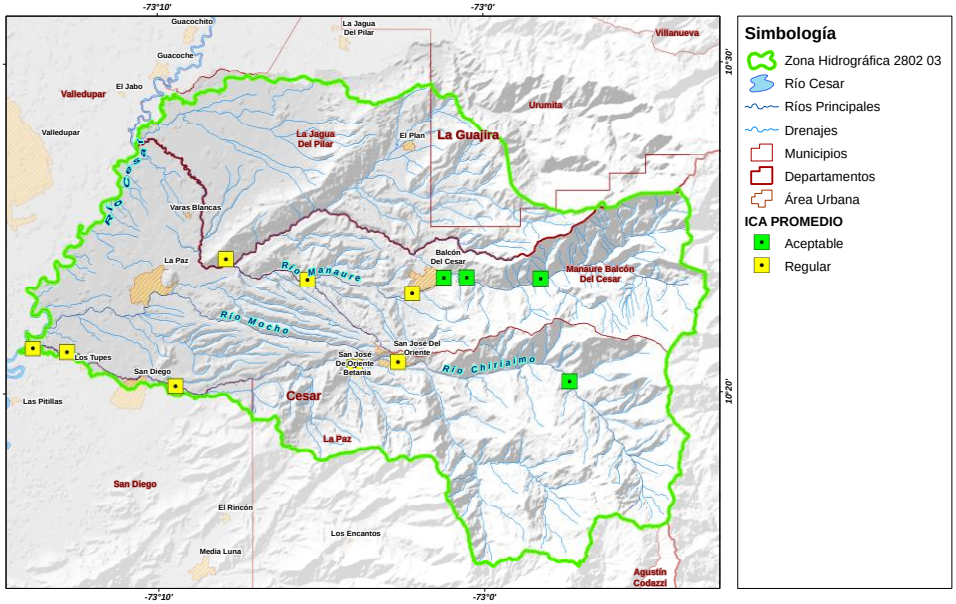
$$ICA\ Promedio_{njt} = \frac{\sum_{k=1}^{m}\left(\sum_{i=1}^{n} W_{i*} I_{ikjl}\right)}{m}$$

Donde:
*m*: Es el número de muestreos en los cuales se midieron las variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador.

A continuación, se presentan los resultados de las estimaciones del ICA calculado a partir de los resultados de la campaña de monitoreo realizada en el marco de los alcances técnicos de la presente consultoría e incluyendo los resultados de campañas de monitoreo anteriores, para articular y reflejar una condición promedio histórica; para esto se tuvieron en cuenta los resultados de monitoreo plasmados en los estudios Formulación del Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental de la Subcuenca Hidrográfica del río Chiriaimo (2010) y Formulación del Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental de la Subcuenca Hidrográfica del Río Manaure (2010).

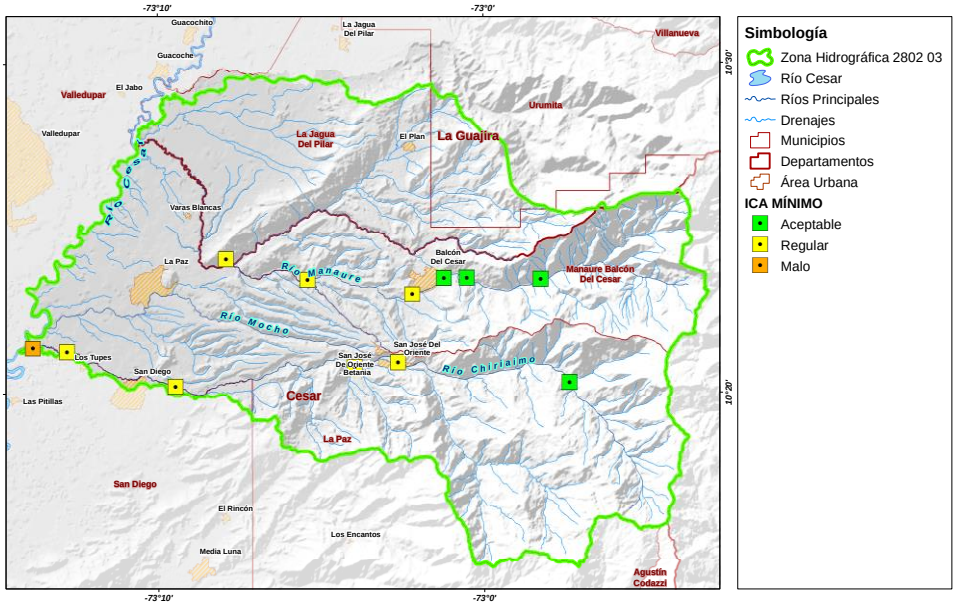
Los resultados por punto o estación de monitoreo se espacializan en la Figura 2-224 y Figura 2-225, y posteriormente de describen y analizan en detalle.

**Figura 2-224. Resultados de la estimación del ICA Promedio**




Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-225. Resultados de la estimación del ICA Mínimo**




Funete: Autores (2019).

- **Río Manaure**

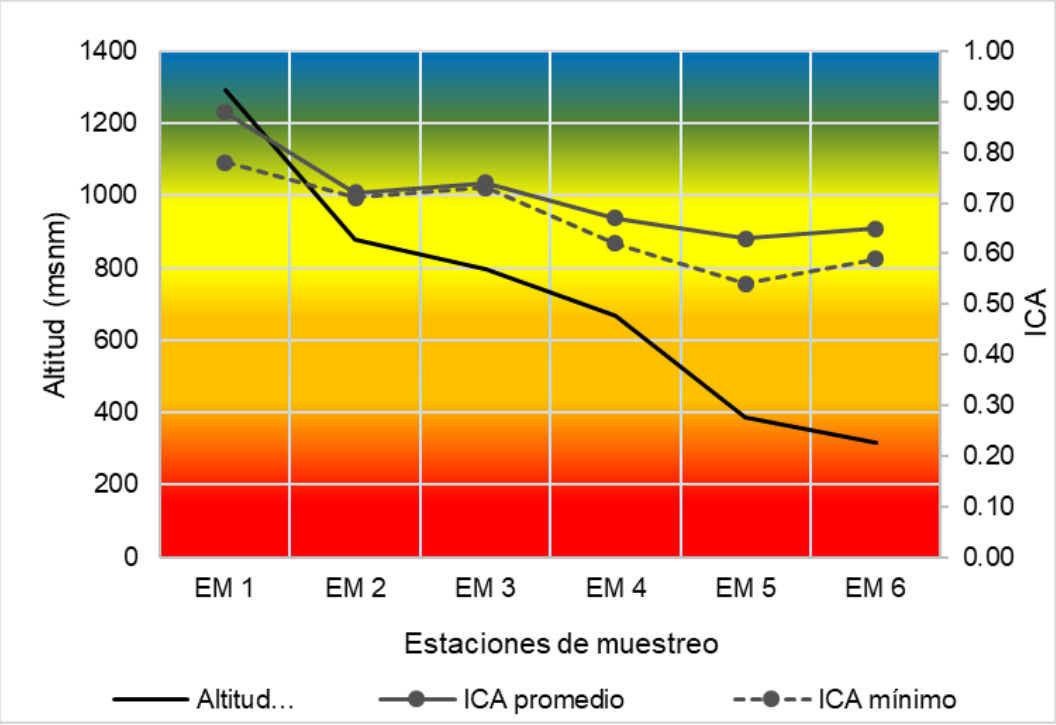
La estimación del índice de calidad para los diferentes puntos de muestreo sobre el río Manaure, se muestran en la Tabla 2-145 y Figura 2-226.

**Tabla 2-145. Estimación del ICA para cada uno de los puntos de muestreo sobre el Río Manaure**

| Corriente | Punto o Estación | Longitud - X | Latitud - Y | Altitud (msnm) | ICA promedio | Calificación ICA promedio | ICA mínimo | Calificación ICA mínimo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Manaure | EM 1 | 1121532 | 1640805 | 1292 | 0.88 | Aceptable | 0.78 | Aceptable |
| Manaure | EM 2 | 1117397 | 1640857 | 880 | 0.72 | Aceptable | 0.71 | Aceptable |
| Manaure | EM 3 | 1116114 | 1640846 | 795 | 0.74 | Aceptable | 0.73 | Aceptable |
| Manaure | EM 4 | 1114345 | 1639932 | 666 | 0.67 | Regular | 0.62 | Regular |
| Manaure | EM 5 | 1108484 | 1640739 | 387 | 0.63 | Regular | 0.54 | Regular |
| Manaure | EM 6 | 1103913 | 1641873 | 318 | 0.65 | Regular | 0.59 | Regular |

Fuente: Autores (2019), con datos de Formulación del Plan De Ordenamiento y Manejo Ambiental de La Subcuenca Hidrográfica del Río Manaure.

**Figura 2-226. Cálculo del ICA para el río Manaure**




Fuente: Autores (2019).

En el río Manaure predomina una calidad de agua Aceptable desde la Estación 1 a la 3, y una condición regular desde la Estación 4 a la 6; este comportamiento puede estar relacionado con que las estaciones de monitoreo 4, 5 y 6 se encuentran aguas abajo del centro poblado de Manaure Balcón del Cesar y del punto de vertimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales del mismo, con lo cual se aumenta la interacción entre las actividades socioeconómicas (culturales, recreativas, turísticas, etc.) y el rio, siendo estos aspectos claramente condicionantes de la calidad del recursos hídrico.

Otra forma de explicar este comportamiento es que la parte alta y media de la cuenca, y en mientras se desciendo en altura, aparentemente se encuentra menos expuesta a la incidencia de factores antrópicos (sociales, culturales y económicos) que deterioren la calidad del recurso hídrico.

Cabe destacar que en el caso del rio Manaure no se presentaron variaciones entre el ICA promedio y el ICA mínimo calculado.

- **Río Chiriaimo**

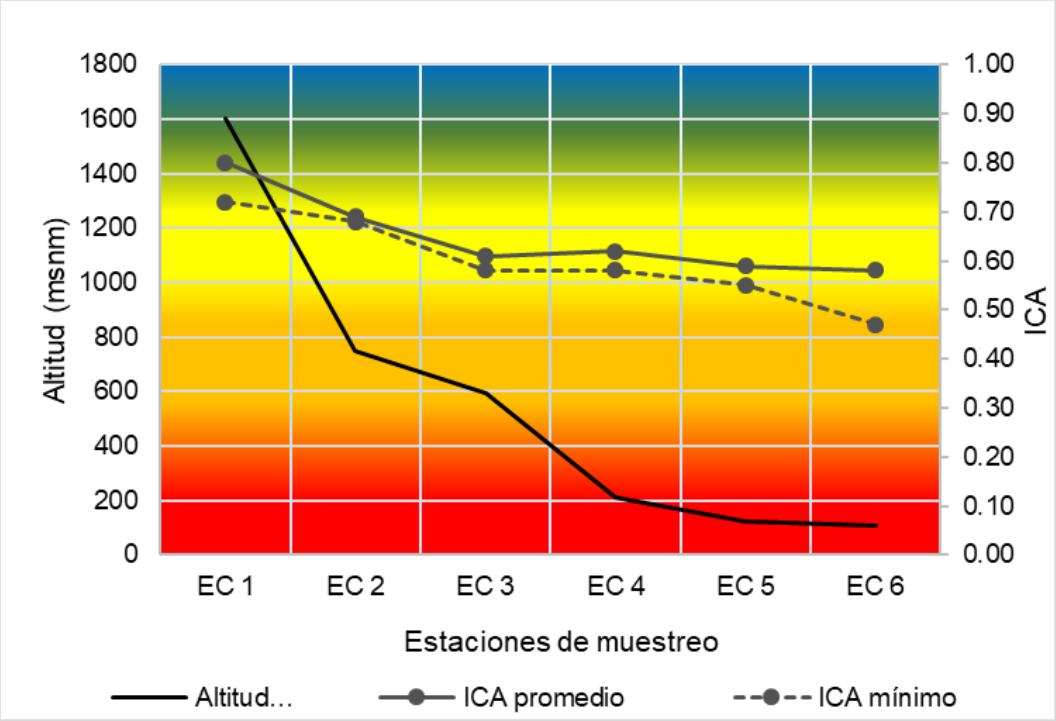
La estimación del índice de calidad para los diferentes puntos de muestreo sobre el río Chiriaimo, se muestra en la Tabla 2-146 y Figura 2-227.

**Tabla 2-146. Estimación del ICA para cada uno de los puntos de muestreo sobre el río Chiriaimo**

| Corriente | Punto o Estación | Longitud - X | Latitud - Y | Altitud (msnm) | ICA promedio | Calificación ICA promedio | ICA mínimo | Calificación ICA mínimo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Chiriaimo | EC 1 | 1123142 | 1635037 | 1603 | 0.80 | Aceptable | 0.72 | Aceptable |
| Chiriaimo | EC 2 | 1113550 | 1636109 | 749 | 0.69 | Regular | 0.68 | Regular |
| Chiriaimo | EC 3 | 1111122 | 1635851 | 597 | 0.61 | Regular | 0.58 | Regular |
| Chiriaimo | EC 4 | 1101090 | 1634765 | 213 | 0.62 | Regular | 0.58 | Regular |
| Chiriaimo | EC 5 | 1095016 | 1636660 | 124 | 0.59 | Regular | 0.55 | Regular |
| Chiriaimo | EC 6 | 1093118 | 1636883 | 110 | 0.58 | Regular | 0.47 | Malo |

Fuente: Autores (2019), con datos de Formulación del Plan De Ordenamiento y Manejo Ambiental de La Subcuenca Hidrográfica del Río Chiriaimo.

**Figura 2-227. Cálculo del ICA para el río Chiriaimo**




Fuente: Autores (2019).

La corriente del río Chiriaimo presenta una calidad de agua Aceptable sólo en la Estación 1, siendo esta además la ubicada en la parte más alta de la cuenca, y en adelante el resto de estaciones (2, 3, 4, 5 y 6) se mantienen con una calidad regular; este comportamiento está relacionado posiblemente al estado de conservación y poca intervención antrópica en la parte alta y a los mayores aportes de afluentes y/o arrastre de contaminantes en la parte media y baja del río, dada su interacción con los centros poblados de San José de Oriente, Betania, San Diego y Los Tupes.

Es de resaltar que entre el ICA promedio y el Ica mínimo calculado, sólo la estación 6 presentó diferencias de calificación, esta variación puede estar asociada a que dicha estación se ubica en la parte más baja de la cuenca, donde tiende a presentarse una mayor exposición a la incidencia de factores antrópicos (sociales, culturales y económicos), sumado a la disminución del caudal durante periodos climáticos secos lo que favorece el aumento en las concentraciones de algunos contaminantes.

### 2.2.1.2. Estimación del índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL)

La estimación de este indicador tiene como propósito determinar la vulnerabilidad del recurso hídrico ante una potencial alteración de la calidad del agua en los sistemas hídricos superficiales, en función de la presión por contaminantes sobre las condiciones de oferta hídrica total superficial en las unidades de análisis.

El resultado de la estimación del IACAL es un valor númerico asociado a cinco categorías de clasificación y que a su vez representa una calificación del nivel de presión, a la que puede estar sometido el recurso hídrico superficial, dada las cargas contaminantes (estimada para diferentes variables fisicoquímicas básicas) y la oferta hídrica total superficial en las unidades de análisis.

Su cálculo corresponde al promedio de las categorías de clasificación, asignadas a los cocientes que surgen de dividir las cargas contaminantes estimadas para las variables fisicoquímicas seleccionadas (de acuerdo con la disponibilidad de información) entre la oferta hídrica superficial.

Las fórmulas de cálculo del indicador son las siguientes (una para año medio y una para año seco):

$$IACAL_{jt-\text{añomedio}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} catiacal_{ijt-\text{añomedio}}}{n} \quad IACAL_{jt-\text{añoseco}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} catiacal_{ijt-\text{añoseco}}}{n}$$

$$catiacal_{ijt-\text{añomedio}} = \frac{C_{ijt}}{O_{\text{añomedio}}} \qquad catiacal_{ijt-\text{añoseco}} = \frac{C_{ijt}}{O_{\text{añoseco}}}$$

Donde:
$IACAL_{jt-\text{año}}$ Es el Índice de alteración potencial de la calidad del agua de una unidad hidrográfica de análisis j durante el período de tiempo t, evaluado para una oferta hídrica propia de un año medio y un año seco, respectivamente.
$catiacal_{ijt-\text{año}}$ Es la categoría de clasificación de la vulnerabilidad por la potencial alteración de la calidad del agua que representa el valor de la presión de la carga estimada de la variable de calidad i que se puede estar vertiendo a la unidad hidrográfica de análisis j durante el período de tiempo t dividido por la oferta hídrica propia de un año medio y un año seco, respectivamente.
$n$ Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador.
$C_{ijt}$ Es la carga de la variable de calidad i que se puede estar vertiendo a la unidad hidrográfica de análisis j durante el período de tiempo t.
$O_{\text{año}}$ Es la oferta hídrica estimada para un año medio y para un año seco, respectivamente.

Los valores obtenidos, tanto para año medio como para año seco, en cada una de las categorías de clasificación se comparan con los rangos establecidos en tablas de referencia del Formato Común Hoja Metodológica (versión 1,00) de este índice, para cada una de las variables. En la misma fuente metodológica también se establece los rangos de los valores alternativos que puede tomar el IACAL, la categoría de clasificación que se le asigna a cada uno de ellos, la calificación del nivel de presión al que corresponde y el color que la representa; en la Tabla 2-147 se registra dicha relación.

**Tabla 2-147. Valores optativos del IACAL de acuerdo con los rangos, categorías y descriptores de pre**

| Categoría de Presión | Descriptor de Presión | Rangos IACAL |
|---|---|---|
| 1 | Baja | 1,0 ≤ IACAL ≤ 1,5 |
| 2 | Moderada | 1.5 < IACAL ≤ 2,5 |
| 3 | Media Alta | 2.5 < IACAL ≤ 3,5 |
| 4 | Alta | 3.5 < IACAL < 4,5 |
| 5 | Muy Alta | 4,5 ≤ IACAL ≤ 5,0 |

Fuente: Formato Común Hoja Metodológica (versión 1,00) – IACAL.

Para el cálculo del IACAL, se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones, de acuerdo a las consultas y revisiones de la información disponible:

- Las unidades de análisis corresponden a la zonificación de unidades hidrográfica definida para la cuenca en el ítem 2.4.2 del presente documento.
- Los resultados de este índice en el presente estudio, se agregaron a escala de unidades hidrográficas de nivel 2 y nivel 3 y para las condiciones hidrológicas de un año medio (normal) y de un año seco.
- Los valores de oferta hídrica total superficial utilizados son los definidos y calculados para la presente consultoria y que se describen en el ítem 2.7.3 de este documento.
- Se utilizaron las estimaciones de cargas contaminantes sobre los ríos Manaure y Chiriaimo, que están disponible para diferentes varibles en la Corporación Autónoma Regional del Cesar – CORPOCESAR, las cuales están descritas en el ítem 2.8.3 del presente documento. Asumiendo que dichas cargas obedecen a muestreos de vertimientos de aguas residuales o a insumos necesarios para poder estimar presuntivamente cargas contaminantes.
- Para el caso del río Mocho no se cuenta con información o estimaciones sobre cargas contaminantes; y respecto a los cauces en la zona tributaria al rio Cesar, estos se consideran cauces efimeros de bajo caudal sin tendencia de vertimientos. En ambos y dada las circunstancias descritas se asume como resultado del índice una condición de presión a la contaminanción Baja.

Los resultados de las estimaciones del IACAL por categorías y descriptores de presión, de presentan en la Tabla 2-148.

**Tabla 2-148. Estimación del IACAL por categorías y descriptores de presión**

| Unidades hidrográficas Nivel II | Unidades hidrográficas Nivel III | Categoría de Presión $IACAL_{añomedio}$ | Descriptor de Presión $IACAL_{añomedio}$ | Categoría de Presión $IACAL_{añoseco}$ | Descriptor de Presión $IACAL_{añoseco}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-01 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-02 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-03 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-04 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-05 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-06 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-07 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-08 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-09 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-10 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-11 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-12 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-13 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-14 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-15 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-16 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-17 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-18 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-19 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-20 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-21 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-22 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-23 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-24 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-25 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |

| Unidades hidrográficas Nivel II | Unidades hidrográficas Nivel III | Categoría de Presión $IACAL_{añomedio}$ | Descriptor de Presión $IACAL_{añomedio}$ | Categoría de Presión $IACAL_{añoseco}$ | Descriptor de Presión $IACAL_{añoseco}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-26 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-27 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-28 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-29 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-30 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-31 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-32 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-33 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-34 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-35 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-36 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-37 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-38 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-39 | 4 | Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-40 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-41 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-42 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-43 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-44 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-45 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-46 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-47 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-48 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-49 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-50 | 4 | Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-51 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-52 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |

| Unidades hidrográficas Nivel II | Unidades hidrográficas Nivel III | Categoría de Presión $IACAL_{añomedio}$ | Descriptor de Presión $IACAL_{añomedio}$ | Categoría de Presión $IACAL_{añoseco}$ | Descriptor de Presión $IACAL_{añoseco}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-53 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-54 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-55 | 4 | Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-56 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-57 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-58 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-59 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Cuenca Rio Manaure – Pereira | 2802-03-01-60 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-01 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-02 | 4 | Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-03 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-04 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-05 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-06 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-07 | 4 | Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-08 | 4 | Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-09 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-10 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-11 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-12 | 4 | Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-13 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-14 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-15 | 4 | Alta | 4 | Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-16 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-17 | 3 | Media Alta | 4 | Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-18 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-19 | 4 | Alta | 4 | Alta |

| Unidades hidrográficas Nivel II | Unidades hidrográficas Nivel III | Categoría de Presión $IACAL_{añomedio}$ | Descriptor de Presión $IACAL_{añomedio}$ | Categoría de Presión $IACAL_{añoseco}$ | Descriptor de Presión $IACAL_{añoseco}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-20 | 4 | Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-21 | 4 | Alta | 4 | Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-22 | 4 | Alta | 4 | Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-23 | 4 | Alta | 4 | Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-24 | 4 | Alta | 4 | Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-25 | 3 | Media Alta | 3 | Media Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-26 | 3 | Media Alta | 4 | Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-27 | 3 | Media Alta | 4 | Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-28 | 3 | Media Alta | 4 | Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-29 | 4 | Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-30 | 5 | Muy Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-31 | 4 | Alta | 4 | Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-32 | 4 | Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-33 | 4 | Alta | 4 | Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-34 | 4 | Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-35 | 3 | Media Alta | 4 | Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-36 | 4 | Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-37 | 4 | Alta | 5 | Muy Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-38 | 4 | Alta | 4 | Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-39 | 4 | Alta | 4 | Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-40 | 3 | Media Alta | 4 | Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-41 | 3 | Media Alta | 4 | Alta |
| Subcuenca Rio Chiriaimo | 2802-03-02-42 | 4 | Alta | 4 | Alta |
| Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-01 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-02 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-03 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-04 | 1 | Baja | 1 | Baja |

| Unidades hidrográficas Nivel II | Unidades hidrográficas Nivel III | Categoría de Presión $IACAL_{añomedio}$ | Descriptor de Presión $IACAL_{añomedio}$ | Categoría de Presión $IACAL_{añoseco}$ | Descriptor de Presión $IACAL_{añoseco}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-05 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-06 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-07 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-08 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-09 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-10 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-11 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-12 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Rio Mocho | 2802-03-03-13 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Zona tributaria del Rio Cesar | 2802-03-04-01 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Zona tributaria del Rio Cesar | 2802-03-04-02 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Zona tributaria del Rio Cesar | 2802-03-04-03 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Zona tributaria del Rio Cesar | 2802-03-04-04 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Zona tributaria del Rio Cesar | 2802-03-04-05 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Zona tributaria del Rio Cesar | 2802-03-04-06 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Zona tributaria del Rio Cesar | 2802-03-04-07 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Zona tributaria del Rio Cesar | 2802-03-04-08 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Zona tributaria del Rio Cesar | 2802-03-04-09 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Zona tributaria del Rio Cesar | 2802-03-04-10 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Zona tributaria del Rio Cesar | 2802-03-04-11 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Zona tributaria del Rio Cesar | 2802-03-04-12 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Zona tributaria del Rio Cesar | 2802-03-04-13 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Zona tributaria del Rio Cesar | 2802-03-04-14 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Zona tributaria del Rio Cesar | 2802-03-04-15 | 1 | Baja | 1 | Baja |
| Microcuenca Zona tributaria del Rio Cesar | 2802-03-04-16 | 1 | Baja | 1 | Baja |

Fuente: Autores (2019).

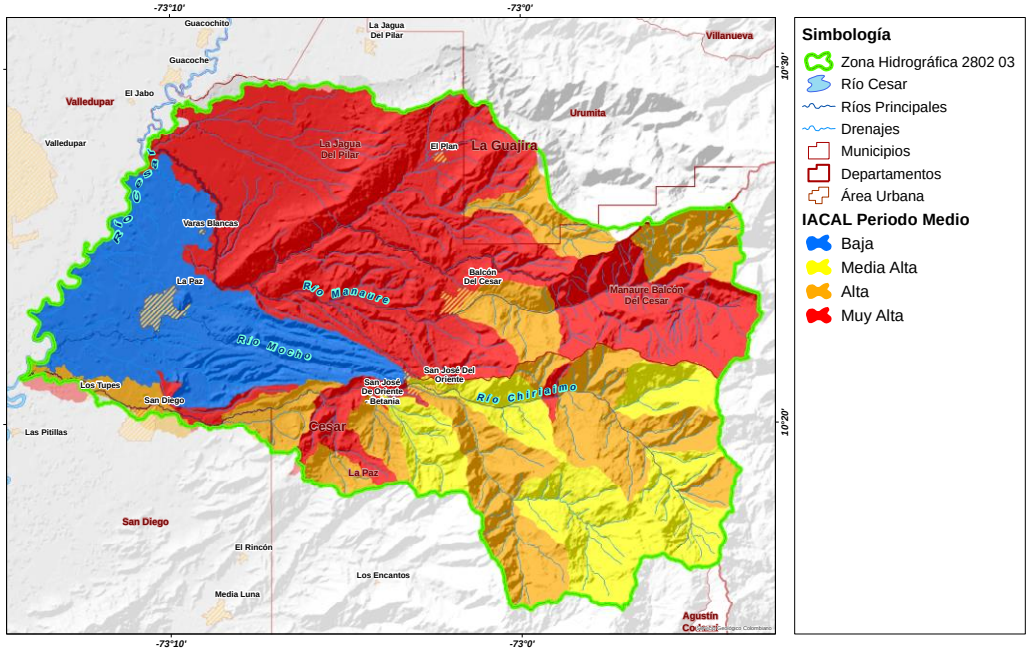
Estos resultados permiten identificar como zonas susceptibles a la contaminación las categorías de amenaza calificadas como Muy Alta y Alta, siendo un indicativo de la probabilidad de afectación por cargas contaminantes, y/o de la posible ocurrencia de un evento severo de alteración de la calidad. Lo cual puede ser interpreatdo como un reflejo de la vulnerabilidad a la contaminación a que puede estar sometida la unidad hidrográfica de análisis.

El índice de alteración potencial de la calidad del agua también representa en este caso la capacidad de autodepuración y recuperación de la calidad del recurso hídrico en la unidad hidrográfica de análisis, el cual se ve altamente influenciada por la variabilidad climática; razón por la cual se analiza el índice para un periodo climático medio y un seco, de modo que se contemple la disponibilidad natural y/o regulada de dicho recurso hídrico.

En general, las zonas con calificación Muy Alta y Alta son las que presentan mayor potencial de alteración de la calidad de agua, en la medida que se presenten e incrementen las cargas contaminantes vertidas, dado que se reduce la capacidad natural de autodepuración del sistema hídrico superficial que las recibe (lo cual se profundiza durante un periodo climático seco); como condición consecuente general, se pierde la aptitud del recurso hídrico para ciertos usos específicos y se afecta la calidad de los servicios ecosistémicos y/o ambientales que prestan los sistemas hídricos superficiales asociados.

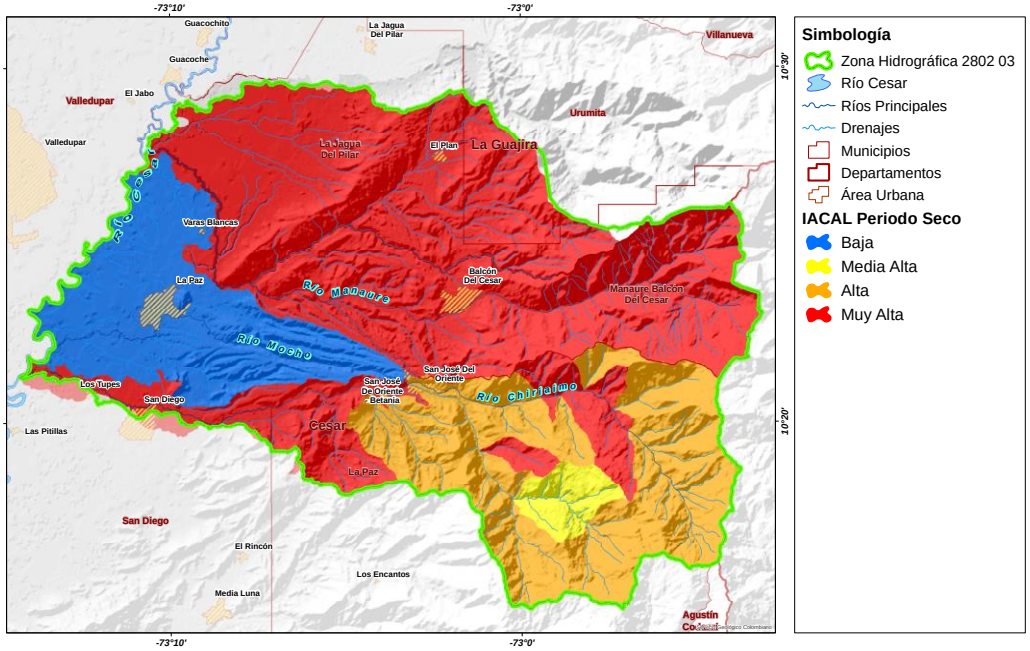
La espacialización de los resultados de las estimaciones del IACAL por descriptores de presión, se ilustran en la Figura 2-228 para un periodo medio y en la Figura 2-229 para un periodo seco.

**Figura 2-228. Resultados de la estimación del IACAL para un año medio**




Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-229. Resultados de la estimación del IACAL para un año seco**




Funete: Autores (2019).

Teniendo como base el documento soporte de objetivos de calidad en la jurisdicción de CORPOCESAR, periodo 2019-2029 se presentan las Tabla 2-149 y Tabla 2-150, como complemento del indicador en la alteración potencial de la calidad del agua (IACAL), de los tramos de los ríos Manaure y Chiriaimo.

**Tabla 2-149. Cumplimiento de objetivos de calidad hídrica de CORPOCESAR para el rio Manaure**

| OBJETIVO DE CALIDAD TRAMO MANAURE – RIO MANAURE | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **CUENCA**: MAGDALENA | | | | |
| **SUBCUENCA**: CESAR | | | | |
| **RÍO**: MANAURE | | | | |
| **TRAMO** : URBANO | | | | |
| **MUNICIPIO**: MUNICIPIO DE MANAURE | | | | |
| **USO ACTUAL PREPONDERANTE (P):** AGRÍCOLA | | | | |
| **PROHIBICIONES :** DESCARGAS DE VERTIMIENTOS QUE NO CUMPLAN CON LA NORMA DE VERTIMIENTOS RESOLUCIÓN 0631 DE 2015 Y/O LA NORMA QUE LA MODIFIQUE | | | | |
| **INDICADORES DE CALIDAD** | | | | |
| **PARÁMETRO** | **UNIDADES** | **USO FUTURO PREPONDERANTE (P):CORTO PLAZO DOS (2) (AGRÍCOLA)** | **USO FUTURO PREPONDERANTE (P) MEDIANO PLAZO CINCO (5) AÑOS (AGRÍCOLA)** | **USO FUTURO PREPONDERANTE (P) LARGO PLAZO DIEZ (10) AÑOS( FINES RECREATIVOS MEDIANTE (CONTACTO SECUNDARIO)** |
| TEMPERATURA, T | ºC | 6,0 a 9,0 | 6,0 a 9,0 | 6,0 a 9,0 |
| OXÍGENO DISUELTO (OD) | mg/L | ≥6 | ≥6 | ≥8 |
| SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) | mg/L | <30 | <30 | <20 |
| DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5) | mg/L | <20 | <20 | <10 |
| SOLIDOS FLOTANTES | Presencia | Ausentes | Ausentes | Ausentes |
| OLORES OFENSIVOS | Presencia | Ausentes | Ausentes | Ausentes |
| GRASAS Y ACEITES | mg/L | <10 | <10 | <10 |
| SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (SAAM) | mg/L | <0.5 | <0.5 | 0.5 |
| NITRATOS | mg/L | <10 | <10 | <10 |
| NITRITOS | mg/L | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| FOSFATOS | mg/L | <1 | <1 | <1 |
| SULFATOS | mg/L | <30 | <30 | <30 |
| SUSTANCIAS TOXICAS | Presencia | Ausentes | Ausentes | Ausentes |
| COLIFORMES TOTALES | NMP/100mL | 5000 | 5000 | 5000 |
| COLIFORMES FECALES | NMP/100mL | 2000 | 2000 | 10000 |
| Fundamento ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5. Decreto 1076 de 2015, TRANSITORIO. Criterios de calidad para uso agrícola. PARÁGRAFO 1º. El NMP de Coliformes totales no deberá exceder de 5.000 cuando se use el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto. El NMP de Coliformes fecales no deberá exceder de 1.000 ARTÍCULO 2.2.3.3.9.8. TRANSITORIO. Criterios de calidad para fines recreativos mediante contacto secundario. | | | | |

Fuente: CORPOCESAR.

En la Tabla 2-150 se puede notar que el parámetro Solidos Suspendidos Totales SST, pasando por la zona media del rio Chiriaimo, se encuentran sobrepasando los límites permisibles a corto, mediano y largo plazo exigidos en la Resolución 1418 de 2008, proferida por el Consejo Directivo de CORPOCESAR, la cual demanda un valor máximo permisibles de 50 mg/l para SST. Lo anterior puede ser verificados con los resultados de laboratorio reportados por CORPOCESAR, en el año 2015 en sus muestreos realizados en su misión de control y seguimientos de los tramos en su jurisdicción.

**Tabla 2-150. Cumplimiento de objetivos de calidad hídrica de CORPOCESAR para el rio Chiriaimo**

| **OBJETIVO DE CALIDAD TRAMO SAN DIEGO – SUBTRAMO CHIRIAIMO** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **CUENCA**: MAGDALENA | | | | |
| **SUBCUENCA**: CESAR | | | | |
| **CUERPO DE AGUA:** RIO CHIRIAIMO | | | | |
| **SUBTRAMO** RIO CHIRIAIMO | | | | |
| **MUNICIPIO**: MUNICIPIO DE SANDIEGO | | | | |
| **USO ACTUAL PREPONDERANTE (P):** AGRÍCOLA | | | | |
| **PROHIBICIONES :** DESCARGAS DE VERTIMIENTOS QUE NO CUMPLAN CON LA NORMA DE VERTIMIENTOS RESOLUCIÓN 0631 DE 2015 Y/O LA NORMA QUE LA MODIFIQUE | | | | |
| **INDICADORES DE CALIDAD** | | | | |
| **PARÁMETRO** | **UNIDADES** | **USO FUTURO PREPONDERANTE (P):CORTO PLAZO DOS (2) (AGRÍCOLA)** | **USO FUTURO PREPONDERANTE (P) MEDIANO PLAZO CINCO (5) AÑOS( AGRÍCOLA)** | **USO FUTURO PREPONDERANTE (P) LARGO PLAZO DIEZ (10) AÑOS(AGRÍCOLA)** |
| pH | U pH | 6 a 8,0 | 6 a 8,0 | 6 a 8,0 |
| OXÍGENO DISUELTO (OD) | mg/L | ≥4 | ≥4 | ≥4 |
| SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) | mg/L | <50 | <50 | <50 |
| DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5) | mg/L | <20 | <20 | <20 |
| SOLIDOS FLOTANTES | Presencia | Ausentes | Ausentes | Ausentes |
| OLORES OFENSIVOS | Presencia | Ausentes | Ausentes | Ausentes |
| GRASAS Y ACEITES | mg/L | <10 | <10 | <10 |
| SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (SAAM) | mg/L | <0.5 | <0.5 | <0.5 |
| NITRATOS | mg/L | <10 | <10 | <10 |
| NITRITOS | mg/L | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| FOSFATOS | mg/L | <1 | <1 | <1 |
| SULFATOS | mg/L | <30 | <30 | <30 |
| SUSTANCIAS TOXICAS | Presencia | Ausentes | Ausentes | Ausentes |
| COLIFORMES TOTALES | NMP/100mL | 5000 | 5000 | 5000 |
| COLIFORMES FECALES | NMP/100mL | 2000 | 2000 | 2000 |
| Fundamento ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5. Decreto 1076 de 2015, TRANSITORIO. Criterios de calidad para uso agrícola. PARÁGRAFO 1º. El NMP de Coliformes totales no deberá exceder de 5.000 cuando se use el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto. El NMP de Coliformes fecales no deberá exceder de 1.000. | | | | |

Fuente: CORPOCESAR.

## 2.9. GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología es el estudio de las formas del relieve terrestre, su sentido práctico permite utilizarla eventualmente hacia la descripción y explicación de la forma y evolución del relieve y el estudio de sus procesos de modelado. Como ciencia auxiliar adquiere gran importancia en un estudio de suelos, ya que existe una relación estrecha entre las unidades geomorfológicas y las unidades edáficas; entender la evolución de la superficie de la corteza terrestre y sus geoformas resultantes, constituye una valiosa ayuda para comprender la génesis y evolución de los suelos presentes en ellas (IGAC, 2000).

Para generar la geomorfología de la cuenca se tienen en cuenta también las directrices establecidas por el protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto, elaborado por el Fondo Adaptación en el año 2014. En este sentido se implementa un proceso metodológico que aplica siete pasos. El primero corresponde a la definición de ambientes morfogenéticos, el segundo a un primer momento de interpretación de sensores remotos, el tercero a la definición de los sistemas del terreno, el cuarto a un segundo momento de interpretación de sensores remotos, el quinto a definición de unidades de terreno, sexto a control de campo y el séptimo y último a la generación del mapa de geomorfología a escala 1:25:000.

### 2.9.1. Definición de ambientes morfogenéticos

Los ambientes morfogenéticos hacen referencia a un tipo general de medio biofísico, originado y controlado por un estilo de geodinámica interna o externa. Este es el primer nivel de jerarquía para agrupar las geoformas, pasando posteriormente por terrenos y finalmente unidades del terreno que es el alcance actual de este proyecto.

La división de este concepto se da en seis taxa, según (Zinck, 1987):

- *Ambiente estructural:* controlado por la geodinámica interna a través de la tectónica (basculamiento, plegamiento, corrimiento, fallamiento) y/o del volcanismo.
- *Ambiente deposicional:* controlado por la deposición de materiales detríticos, solubles y/o biogénicos, transportados por agua, viento, hielo, movimiento en masa, o gravedad.
- *Ambiente erosional* (o denudacional): controlado por procesos de disección y remoción de materiales transportados por agua, viento, hielo, movimiento en masa, o gravedad.
- *Ambiente disolucional:* controlado por procesos de disolución de rocas generando erosión química (carst en rocas calcáreas, pseudocarst en rocas no-calcáreas).
- *Ambiente residual*: caracterizado por la presencia de rasgos de relieve en sobrevivencia (p.e. inselberg).
- *Ambiente mixto*: por ejemplo, un ambiente estructural disectado por erosión.

Dentro de la zona de estudio se encuentran cinco de los seis ambientes correspondientes a un ambiente estructural, marcado en la zona nor-oeste de la cuenca con evidencia de facetas triangulares, al igual que hay evidencias de silletas, desclasamiento y otros elementos que evidencian la presencia de fuerzas tectónicas en la zona. El ambiente deposicional marcado principalmente por los drenajes de la zona y su parte oeste con una gran planicie de depositación. El ambiente erosional marcado por la erosión dada en los cauces y en laderas altas por fenómenos de remoción en masa. El ambiente disolucional marcada en la parte central de la cuenca dada a la presencia de cavernas y disolución de carbonatos. El ambiente mixto dado por la interacción de cada una de estas evidencias entre sí. A continuación, se evidencia de la Figura 2-230 a la Figura 2-233 se observan los tipos de ambientes.

**Figura 2-230. Ambiente Estructural**



Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-231. Ambiente deposicional**



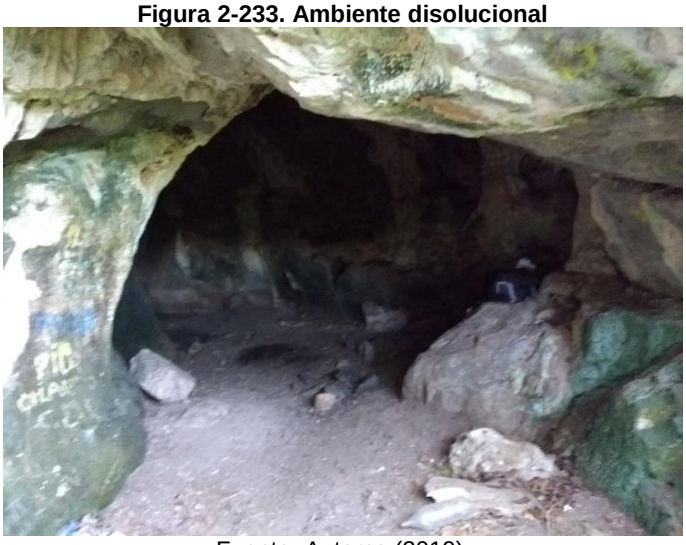
Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-232. Ambiente mixto (erosional y estructural)**



Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-233. Ambiente disolucional**

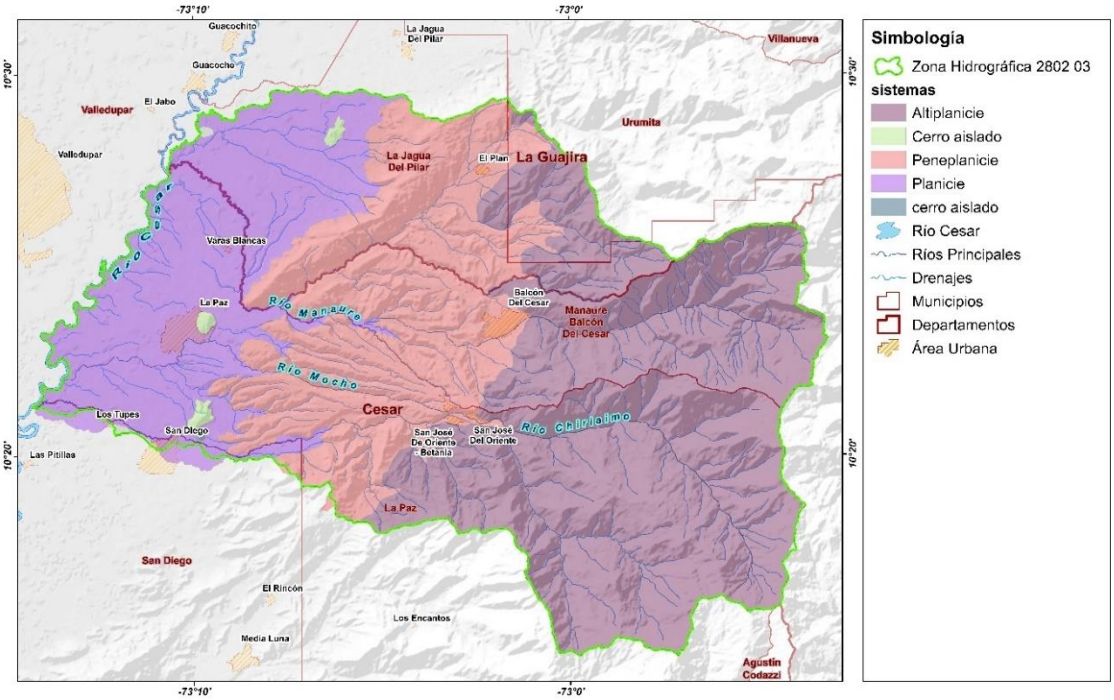


Fuente: Autores (2019).

### 2.9.2. Interpretación de sensores remotos

La interpretación inicial de este componente busca diferenciar zonas que visualicen componentes generales que den características geomorfológicas tal como se observa en la Figura 2-234, donde hay tres grandes zonas definidas en el área de estudio como son: la zona plana donde se evidencia depositos cuaternarios, en la parte más oeste; en la parte central de la cuenca se diferencian relieves correspondientes a una zona de piedemonte y finalmente en la parte más este un relieve que marca la zona orogénica.

**Figura 2-234. Sistemas de terrenos en la zona de estudio**




Fuente: Autores (2019).

### 2.9.3. Definición de los sistemas de terreno

Para el estudio, descripción y clasificación de los sistemas de terreno de la zona que comprende el actual estudio, se utilizó el sistema geomorfológico taxonómico multicategórico Jerarquizado de (ZINCK A.,1987) Este sistema de clasificación de geoformas reconoce siete taxa al nivel categórico de paisaje geomorfológico: valle, planicie, peneplanicie (peniplanicie), altiplanicie, piedemonte, lomerío, y montaña, las cuales definenen como:

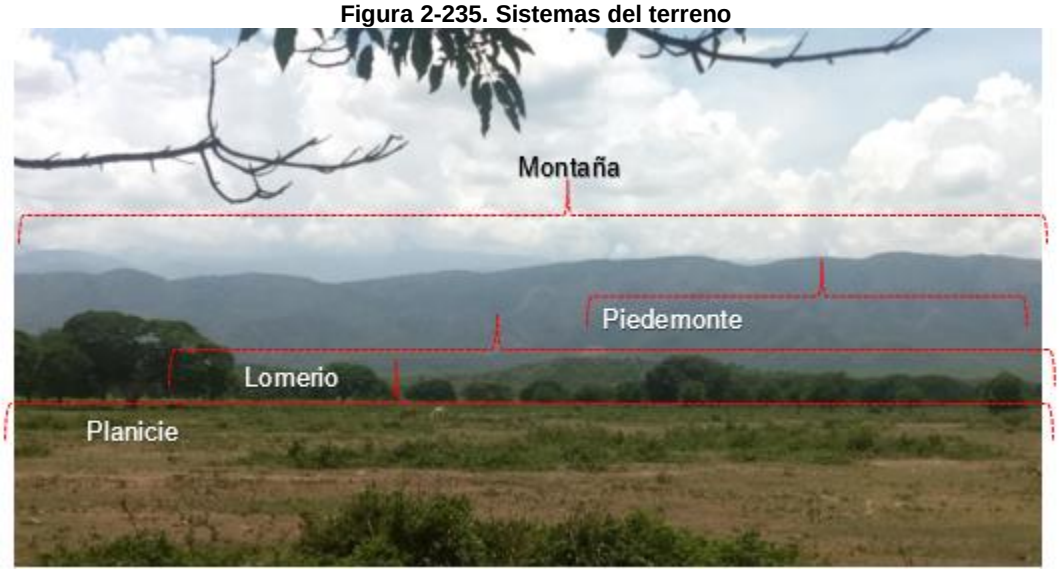
- *Valle:* porción de terreno alargada y plana, intercalada entre dos zonas circundantes de relieve más alto (p.e. piedemonte, altiplanicie, lomerío, o montaña). Un valle está

generalmente drenado por un solo río. Son frecuentes las confluencias de corrientes de agua.

- *Planicie:* porción de terreno extensa, plana, no confinada, de posición baja, con poca energía de relieve (1-10 m de diferencia de altura relativa) y pendientes suaves, generalmente menores a 3%.
- *Peneplanicie:* porción de terreno ligeramente ondulada, caracterizada por una repetición sistemática de cerros bajos, redondeados (colinas) o alargados (lomas), con cimas de similar altura, separados por una densa red hidrográfica de patrón reticular. Las colinas y lomas se forman ya sea por disección de una planicie o altiplanicie anterior, o por erosión y aplanamiento de una superficie originalmente quebrada.
- *Altiplanicie* (*altiplano, planalto, plateau*): porción de terreno relativamente elevada, extensa, plana, comúnmente limitada por lo menos en un lado por una caída brusca (escarpe) a terrenos más bajos. Se origina frecuentemente por levantamiento tectónico de una planicie anterior, subsecuentemente subdividida por la incisión de profundas gargantas y valles. La superficie topográfica es tabular o ligeramente ondulada, porque la erosión es mayormente de entalle lineal. El paisaje de altiplanicie es independiente de la altitud, siempre y cuando cumpla con las características diagnósticas de esta geoforma, como son posición alta, topografía tabular, y escarpes en sus bordes o a lo largo de los cursos de agua que la entallan.
- *Piedemonte:* porción de terreno inclinada al pie de unidades de paisaje más elevadas (p.e. altiplanicie, montaña). Su composición interna es generalmente heterogénea e incluye: colinas y lomas desarrolladas en el substrato precuaternario, expuesto por exhumación después de que la cobertura aluvial del Cuaternaria ha sido removida por erosión; al igual que abanicos y glacis, a menudo en posición de terraza (abanico-terraza, glacis-terraza), compuestos por material detrítico del Cuaternario transportado por torrentes desde terrenos altos circundantes.
- *Lomerío:* porción de terreno quebrada, caracterizada por una repetición de colinas redondas o lomas alargadas, con cumbres a alturas variables, separadas por una red hidrográfica moderadamente densa y vallecitos coluvio-aluviales
- *Montaña:* porción de terreno elevada, escabrosa, profundamente disectada, caracterizada por: alturas relativas importantes con relación a las unidades de paisaje circundantes y la disección interna, generando una energía de relieve entre las áreas montañosas y los valles intercalados.

Las definiciones anteriormente mencionadas se vienen desarrollando desde el primer momento de fotointerpretación que se evidencia en la Figura 2-234 y se detallan en la Figura 2-235.

**Figura 2-235. Sistemas del terreno**

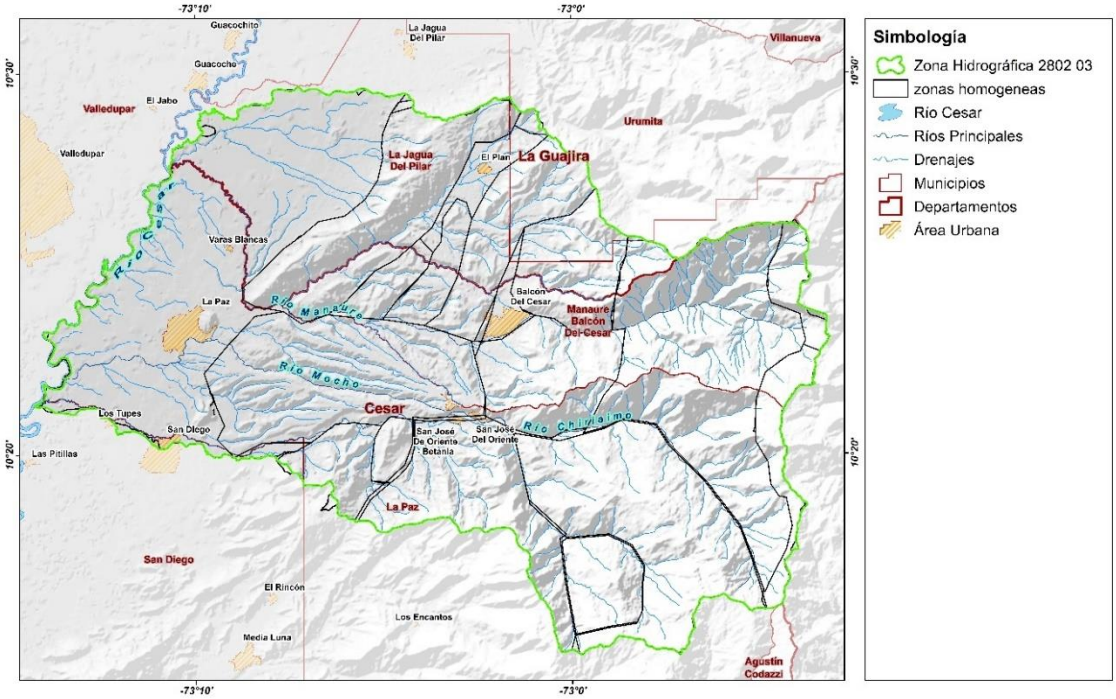



Fuente: Autores (2019).

### 2.9.4. Segundo momento de interpretación de sensores remotos

En el segundo momento de fotointerpretación se busca delimitar geoformas con rasgos específicos del relieve basado en pendientes, formas, curvatura, entre otros aspectos que permiten ir delimitando características específicas de paisajes o sistemas con patrones de un componte de las unidades de terreno ya establecidas. En la Figura 2-236 se evidencian las zonas diferenciadas con características comunes que serán evaluadas en campo para continuar delimitando cada uno de las unidades existentes en el área.

**Figura 2-236. Fotointerpretación morfológica**




Fuente: Autores (2019).

### 2.9.5. Definición de unidades de terreno

La definición de unidades esta complementada por dos conceptos importantes llamados formas del terreno dado por Zinck (1987) la cual define la forma del terreno como el concepto genérico del nivel inferior del sistema, correspondiendo así a la unidad geomorfológica elementa la cual puede ser dividida por medio de fases. El otro concepto relevante para las unidades de terreno es dado por Carvajal (2011) y expresa la importancia de la división de unidades y subunidades como elemento más detallado dentro de cada terreno. Para este trabajo se incorporará por medio del glosario de términos que maneja el Servicio Geológico Colombiano en su propuesta metodológica para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa. A continuación, se van a definir las formas del terreno con las unidades que son aplicables para la zona de estudio actual partiendo de su ambiente.

#### 2.9.5.1. Ambiente Denudacional

Se incluyen las geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que han remodelado y dejado remanentes de las geoformas preexistentes y además crean nuevas por acumulación de sedimentos.

- **Altiplano (Da)**

Superficie plana con pendiente suavemente inclinada a muy inclinada, limitadas por vertientes de pendiente inclinadas a muy escarpadas, generadas a partir de levantamientos tectónicos y por procesos de denudación y erosión intensa. Se compone de dos partes, una el altiplano de morfología colinada a alomada generada a partir de antiguos procesos denudacionales (meteorización, erosión y acumulación) y fluviales regionales, y las vertientes de altiplanicie, de longitud largas a extremadamente largas, afectadas por procesos denudacionales acentuados de erosión y acumulación.

- **Cerro residual (Dcrs)**

Prominencia topográfica sobresaliente y aislada de morfología alomada o colinada de cimas redondeadas a planas y con ondulaciones, de laderas rectas a convexas, largas a muy largas, de pendiente escarpada asociadas a rocas más competentes de las circundantes y el desarrollo de suelos residuales gruesos. Su origen se asocia a procesos de meteorización.

- **Cerro remanente o relicto (Dcrem)**

Prominencias topográficas aisladas de morfología colinada, alomada o montañosa que sobresale de la topografía circundante de cimas agudas a redondeadas, con laderas de longitud moderadamente corta a moderadamente largas, de forma convexas. Su origen se asocia a procesos de erosión y meteorización diferencial acentuada y antigua, se incluyen los cerros semienterrados en sedimentos mucho más recientes. diferenciales intensos que han actuado en climas húmedos tropicales antiguos.

- **Cima (Dc)**

Cresta de forma convexa plana y amplia, se presentan como franjas alargadas que bordean algunas divisorias de aguas, de pendiente plana a inclinada, con anchos entre 200 a 800 metros, limitadas por laderas cuya inclinación puede ser moderada a escarpada. Generadas a partir de procesos meteorización y erosión intensa, sumado a los procesos de origen antrópico. Esta condición de zonas aplanadas ha sido aprovechada para el asentamiento de la población.

- **Colina residual (Dcr)**

Elevación del terreno entre 200 y 399 metros sobre su nivel de base local, con cimas redondeadas y amplias, de laderas cortas a moderadamente largas de forma convexa a recta y pendiente inclinada a abrupta, con índice de relieve bajo a moderado. Estas geoformas son originadas por procesos tectónicos o por periodos de denudación cuya configuración se halla estrechamente ligada a los factores litológicos locales. Se dan en zonas estructurales tabulares o suavemente inclinadas y afectadas por procesos

denudacionales y de meteorización posteriores. Se asocian a materiales de constitución homogénea y a suelos residuales de espesor superior a 3 metros.

- **Glacis (Dg)**

Superficie de erosión suavemente inclinada, de longitud moderadamente larga a muy larga, de formas cóncavas, esculpida en roca por procesos de escorrentía superficial en el pie de una montaña en condiciones climáticas áridas a semiáridas. Se origina esencialmente por la erosión, al removerse gradualmente una capa de rocas de poca resistencia que descansa sobre otra de alta resistencia; al ser erosionada esta última disminuye la intensidad de la disección y se incrementa la acumulación en la base. Localmente hacia la base se encuentra cubierta por delgadas capas de grava de origen aluvial producto del arrastre de materiales asociados con el mencionado proceso.

- **Loma residual (Dlor)**

Prominencias topográficas con una altura menor de 200 metros sobre su nivel de base local, de morfología alomada y elongada, con relieve relativo baja, de laderas cortas a muy cortas, de forma convexa, Las pendientes varían entre muy inclinadas a muy abruptas, constituidas de suelos residuales con espesor superior a 3 metros, localmente pueden estar cubiertos por delgados depósitos de cenizas volcánicas y delgados niveles de material coluvial. Su origen está asociado a procesos intensos de meteorización y erosión diferencial.

- **Lomeríos Indiferenciados (Dl)**

Porción de terreno extensa de morfología alomada o colinada, caracterizada por una repetición de colinas redondas o lomas alargadas, con cumbres a alturas variables, separadas por una red hidrográfica moderadamente densa y vallecitos coluvio-aluviales.

- **Planicie (Dp)**

Porción de terreno extensa, plana, no confinada, de posición baja, con índice de relieve relativo muy bajo y pendiente plana a suave, generalmente menores a 5°. Varios ríos contribuyen a formar un sistema fluvial complejo. Difluencias de corrientes de agua son frecuentes.

#### 2.9.5.2. Ambiente fluvial y lagunar

Las geoformas de origen fluvial y lagunar están originadas por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y acumulación o sedimentación de materiales en las zonas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de corrientes perennes, durante la época seca. De esta manera es posible encontrar geoformas aledañas a ríos y quebradas y en el fondo de los cauces, cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando éstas pierden su capacidad de arrastre.

Las unidades de origen aluvial identificadas hasta el momento y su definición se listan a continuación.

- **Abanico fluviotorrencial (Faa)**

Superficie en forma de cono, de laderas cóncavo convexas, de morfología plana, aterrazada, formado donde una corriente desemboca en una zona plana. Su origen está asociado a la acumulación torrencial y fluvial en forma radial. Los depósitos aluviales se depositan radialmente desde el ápice del abanico localizado en la salida de la corriente de las montañas. Los canales fluyen radialmente, cortando el abanico, siendo más profundos en el ápice del abanico y más someros al alejarse de él. Su tamaño puede alcanzar varios kilómetros de largo y ancho.

- **Cauce aluvial (Fca)**

Canal de forma irregular excavado por corrientes perennes o estacionales, dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales y que, dependiendo de factores como pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos y caudal, pueden persistir por grandes distancias.

- **Laguna (Flg)**

Depósito natural de agua, de dimensiones inferiores tanto en área como en profundidad a los lagos. Esa profundidad varía de acuerdo a las condiciones ambientales donde se halle y el grado de colmatación (acumulación de sedimentos) que haya sufrido. Las algunas de origen fluvial, están relacionadas con la inundación de antiguas depresiones durante la época de alta pluviosidad, las cuales pueden permanecer incluso en épocas secas ya que son pobremente drenadas.

- **Plano o llanura de inundación (Fpi)**

Franja de terreno plana, de morfología baja y ondulada eventualmente inundable. Se presenta bordeando los cauces fluviales y se limita localmente por escarpes de terraza. Se incluyen los planos fluviales menores en formas de “U” o “V” y conos coluviales menores, localizados en los flancos de los valles intramontanos. Estas geoformas también se pueden presentar controladas principalmente por estructuras sinclinales. Se constituye de sedimentos finos producto de la sedimentación durante eventos de inundación fluvial.

### 2.9.5.3. Ambiente Estructural

Corresponde a las geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra, especialmente las asociadas a plegamientos y fallamientos, cuya expresión morfológica está definida por la litología y la disposición estructural, al plegamiento de las rocas superiores de la corteza

terrestre y que aún conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas en diverso grado por los procesos de denudación.

- **Espinazo (Se)**

Sierra simétrica elongada de crestas agudas a redondeadas y morfología colinada o alomada, definida por intercalación de estratos de roca de diferente consistencia, dispuestos en la ladera estructural en un patrón escalonado de lajas triangulares o chevrones labrados por la escorrentía, gracias a su diferente resistencia. Puede presentarse simétrico en sus flancos con inclinaciones entre 20° y 45° y asimétricos con inclinaciones entre 21° y 45°. Se presenta como un conjunto de cerros alineados y elongados afectados por erosión diferencial de rocas resistentes y blandas y por disección acentuada.

- **Cerro estructural (Sce)**

Prominencia topográfica aislada de morfología montañosa o colinada, con laderas de longitud corta a moderadamente larga, de forma cóncava o irregular, poco disectadas, con de pendientes muy abruptas a escarpadas, las cuales han sido parcialmente aisladas de las zonas montañosas por fallamiento. Sin presencia de procesos erosivos o movimientos en masa.

- **Cuesta (Sc)**

Sierra asimétricas elongadas y amplias de morfología colinada o alomada definida por el basculamiento suave (10° – 25°) de capas de rocas resistentes y blandas. Formada como consecuencia de la incisión o fallamiento perpendicular al buzamiento de estratos sedimentarios suavemente plegados o basculados.

- **Gancho de flexión (Sgf)**

Espolón estructural de morfología alomada y en forma de gancho en vista de planta, por efecto combinado del desplazamiento lateral y la incisión erosiva posterior a lo largo de una falla de rumbo.

- **Faceta triangular (Sft)**

Superficie planar abrupta, recta con una geometría en planta triangular o trapezoidal (base amplia y angosta hacia arriba), cuyo origen se debe al truncamiento y desplazamiento vertical o lateral de relieves estructurales o interfluvios por procesos de fallamiento y erosión diferencial posterior.

### 2.9.5.4. Ambiente kárstico

Son geoformas originadas por meteorización química de rocas compuestas por minerales solubles en agua (caliza, dolomía, yeso), que origina terrenos esculpidos de configuración compleja con relieves positivos o negativos.

- **Torre Cárstica (Ktc)**

Elevación del terreno prominente y aislada de roca caliza, de altura variable, generalmente de forma cónica, rematados en punta roma o puntiaguda que han quedado como remanentes en zonas de depresiones ovaladas o circulares como producto de procesos intensos de meteorización y disolución.

- **Plano encañonado por carstificación (Kcñ)**

Zona plana limitada por paredes verticales a subverticales, generado por procesos de disección y erosión fluvial y disolución intensa, la cual se concentra en las fisuras y fracturas en rocas calcáreas.

### 2.9.5.5. Ambiente Antropogénico

Corresponden a geoformas originadas como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno, en la mayoría de los casos con el objetivo de realizar construcción de vivienda, obras de ingeniería, disposición de desechos o escombros y adecuación de nuevas vías, que modifica la morfología natural del terreno.

- **Explotación minera (Aemc)**

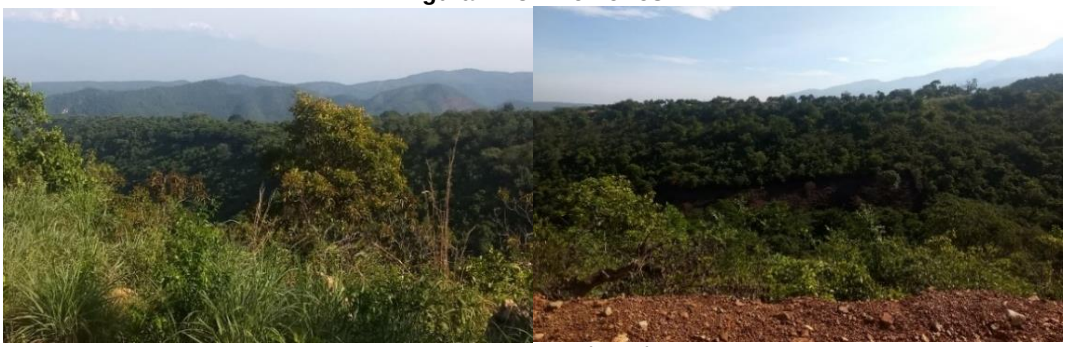
Son extensas áreas dedicadas a la extracción de materiales y minerales a cielo abierto, cuyo proceso extractivo se realiza en la superficie del terreno, y con maquinarias mineras de gran tamaño.

### 2.9.6. Control de campo

Teniendo la fotointerpretación, la zona de estudio se parte en zonas estratégicas para realizar los recorridos, que permiten rectificar la fotointerpretación y ajustar geoformas que dado la calidad de la imagen y el DEM no se hacían evidentes. A continuación, se presentarán un par de imágenes colectadas que muestran características generales observadas y levantadas en campo.

En la Figura 2-237 se pueden observar unos cuerpos alargados, cóncavos con pendiente medias a altas que hacen parte de un conjunto montañoso predominante en la zona media de la cuenca, haciendo parte del piedemonte.

**Figura 2-237. Lomeríos**



Fuente: Autores (2019).

La Figura 2-238 evidencia un sistema orogénico de gran altura con pendientes largas, de filos estrechos, laderas continuas; que dan cuenta de una formación favorecida por agentes estructurales.

**Figura 2-238. Cerros estructurales**



Fuente: Autores (2019).

La Figura 2-239 evidencia uno de los valles en “v” más marcados en la zona, que evidencia un componente litológico más fuerte en la base y que agentes erosivos han redondeado las laderas; el cauce de este rio es estrecho y en la parte frontal de la foto se evidencia una zona amplia donde logra tener planicies y terrazas colgadas, este tipo de geoformas son típicos en la alta montaña.

**Figura 2-239. Valle en V**



Fuente: Autores (2019).

La Figura 2-240 representa unas montañas de pendiente y longitud variables, mostrándose con alta rugosidad y evidencia de procesos morfodinámicos modeladores de paisaje, tal como los movimientos en masa; además, se resalta que son cuerpos anchos y de altura media a alta, haciendo parte de la zona de piedemonte.

**Figura 2-240. Lomos residuales**



Fuente: Autores (2019).

La Figura 2-241 tiene dos fotografías que resaltan las disoluciones químicas que hay en la zona, permitiendo dar formación a cavernas o cuevas que se pueden considerar paisajes karsticos, caracterizados por ser de pendientes fuertes, presentar zonas de debilidad que van permitiendo generar canales de desplazamiento dado la disolución de la roca. Las cavidades son de forma y tamaños diversos.

**Figura 2-241. Paisajes Karsticos**



Fuente: Autores (2019).

La Figura 2-242 presenta dos geoformas marcadas comprobando la existencia de paisajes mixtos; en la parte más al fondo de la imagen se observa un cuerpo montañoso de pendiente que varía de media a escarpada, además se logran identificar facetas triangulares en su cara frontal. En la parte más cercana de la foto se logra evidencia una planicie con pendiente baja que se asocia a planicies de falla.

**Figura 2-242. Paisaje mixto**



Fuente: Autores (2019).

## 2.9.7. Mapas de geomorfología a escala 1:25:000

La zona de estudio se encuentra enmarcada en un relieve heterogéneo, producto de la morfogénesis característica de un ambiente estructural, erosional, acompañado de algunas situaciones deposicionales y de disolución, que han ido imprimiendo unas características particulares y que le dan unas connotaciones especiales en relación con el uso y manejo de las tierras.

Siguiendo el modelo de Zinck 1989 y Carvajal 2011 se tiene que la zona de estudio se puede resumir tal como se evidencia en la Tabla 2-151.

**Tabla 2-151. Geomorfología zona de estudio**

| Geoestructura | Terrenos | Ambiente | Unidad Carvajal | Sigla Unidad | Forma del terreno |
|---|---|---|---|---|---|
| Cordillera y Geosinclinal | Altiplanicie | Denudacional | Altiplano | Da | Meseta |
| | | | Loma residual | Dlor | Hogback |
| | | | Lomeríos Indiferenciados | Dl | Hogback |
| | | | Planicie | Dp | Llanura |
| | | | Cerro remanente o relicto | Dcrem | cerro testigo |
| | | | Cerro residual | Dcrs | loma |
| | | | Colina residual | Dcr | Colina |

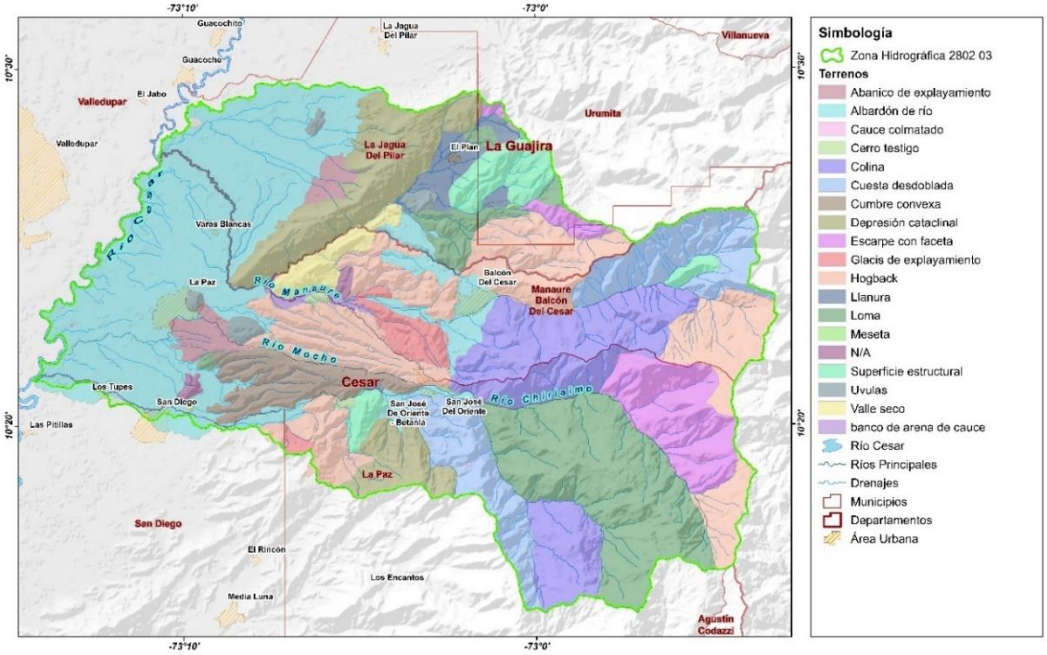
| Geoestructura | Terrenos | Ambiente | Unidad Carvajal | Sigla Unidad | Forma del terreno |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Estructural | Cerro estructural | Sce | Superficie estructural |
| | | | Cuesta | Sc | Depresión cataclinal |
| | | | Espinazo | Se | Hogback |
| | | | Faceta triangular | Sft | escarpe con faceta |
| | | | Gancho de flexión | Sgf | Superficie estructural |
| | | Deposicional | Laguna | Flg | cauce colmatado |
| | | | Plano o llanura de inundación | Fpi | Albardón de río |
| | | Disolucional | Torre Cárstica | Ktc | Uvulas |
| | | Antropogénico | Explotación minera | Aemc | n/a |
| | Peneplanicie | Antropogénico | Explotación minera | Aemc | n/a |
| | | Deposicional | Cauce aluvial | Fca | banco de arena de cauce |
| | | | Abanico fluviotorrencial | Faa | Abanico de explayamiento |
| | | | Plano o llanura de inundación | Fpi | Albardón de río |
| | | | Abanico fluviotorrencial | Faa | Abanico de explayamiento |
| | | Denudacional | Altiplano | Da | Meseta |
| | | | Loma residual | Dlor | Hogback |
| | | | Lomeríos Indiferenciados | Dl | Hogback |
| | | | Glacis | Dg | Glacis de explayamiento |
| | | | Planicie | Dp | Llanura |
| | | | Cerro remanente o relicto | Dcrem | cerro testigo |
| | | | Cerro residual | Dcrs | Loma |
| | | | Cima | Dc | cumbre convexa |
| | | Estructural | Cuesta | Sc | Depresión cataclinal |
| | | | Cerro estructural | Sce | Superficie estructural |
| | | | Faceta triangular | Sft | escarpe con faceta |
| | | Disolucional | Plano encañonado por carstificación | Kcñ | valle seco |
| | | | Torre Cárstica | Ktc | uvulas |
| | Planicie | Estructural | Cuesta | Sc | Depresión cataclinal |
| | | Antropogénico | Explotación minera | Aemc | n/a |
| | | Deposicional | Laguna | Flg | cauce colmatado |

| Geoestructura | Terrenos | Ambiente | Unidad Carvajal | Sigla Unidad | Forma del terreno |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Plano o llanura de inundación | Fpi | Albardón de río |
| | | | Cauce aluvial | Fca | banco de arena de cauce |
| | | Denudacional | Cerro remanente o relicto | Dcrem | cerro testigo |
| | | | Cerro residual | Dcrs | Loma |
| | | | Cima | Dc | cumbre convexa |
| | | | Glacis | Dg | Glacis de explayamiento |
| | | | Loma residual | Dlor | Hogback |
| | | | Lomeríos Indiferenciados | Dl | Hogback |
| | | Disolucional | Plano encañonado por carstificación | Kcñ | valle seco |
| | | | Torre Cárstica | Ktc | Uvulas |

Fuente: Autores (2019), a partir de Zinck (1987) y Carvajal (2011).

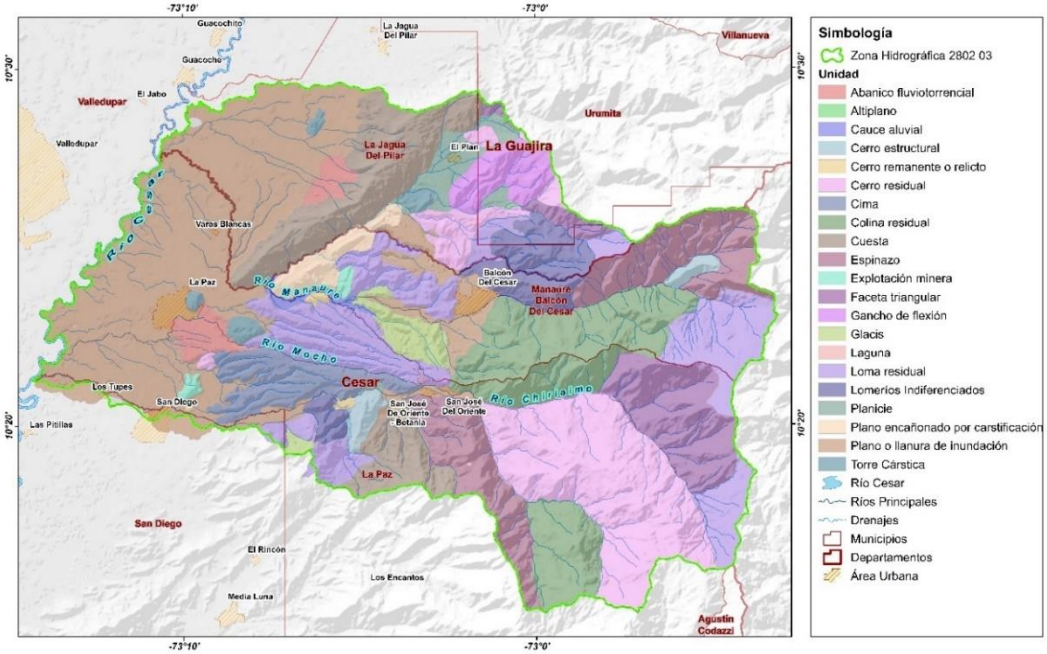
Finalmente, para la zona de estudio se obtiene la Figura 2-243, que corresponde Unidades geomorfológicas compuestas por geoformas del terreno caracterizados por su geometría, historia y dinámica, Zinck (2012) y la Figura 2-244 corresponde equivalentes al nivel jerárquico de “Subunidad” definidas en metodológica de (Carvajal, 2011).

**Figura 2-243. Unidades geomorfológicas Zinck**




Fuente: Autores (2019), a partir de la clasificación Zinck (1987).

**Figura 2-244. Subunidades geomorfológicas Carvajal**




Fuente: Autores (2019) a partir de la clasificación Carvajal (2011).

## 2.10. CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS

En el plan de ordenamiento y manejo de una cuenca hidrográfica, resulta esencial saber el uso potencial del suelo de la cuenca para poder determinar las actividades que se pueden llevar a cabo en los suelos sin que se erosione y pierda el recurso. El Anexo A de la Guía para la formación de POMCA, requiere que el mapa de capacidad de uso del suelo de la cuenca sea elaborado a escala 1:25000 y para lograrlo solicita tener en cuenta la metodología propuesta por el IGAC (Metodología para levantamientos de suelos (IGAC, 2011) para POMCAS, lo cual se abordó agotando las siguientes fases metodológicas:

### 2.10.1. Fase de compilación y análisis de la información

En la revisión bibliográfica se compilaron dos estudios que se refieren específicamente a esta temática: el “Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento del Cesar” a escala 1:100.000 y el Estudio Semidetallado de Suelos y Zonificación de Tierras en la Media y Baja Guajira a escala 1:25.000.

El estudio de suelos del Cesar, por su escala, genera la necesidad de realizar trabajos para aumentar el detalle de la escala a 1:25000, pero en la elaboración de la cartografía, pero las unidades cartográficas de suelos ya están definidas por el IGAC, es decir que con el trabajo de campo y laboratorio se aumenta la riqueza pedológica de las unidades cartográficas, pero no se cambian, esto es competencia del IGAC.

El estudio de suelos de la Media y Baja Guajira, a escala 1:25000, cumple con los estándares del POMCA y por tanto no demanda de ajustes, sin embargo, el territorio de la cuenca Manaure solo es una fracción en el estudio semidetallado de la media y baja Guajira.

El material recopilado para la información base del componente Capacidad de uso del suelo incluye:

- Cartografía base en escala semidetallada o general del IGAC
- Estudios de suelos, geológicos, geomorfológicos, climatológicos, ecológicos
- Estudios socio económicos, de uso y tenencia de la tierra
- Fotografías aéreas recientes con escala entre 1:20.000 y 1:30.000

Con la información obtenida fue posible plantear los siguientes análisis, tanto para el departamento del Cesar como para el departamento de La Guajira.

#### 2.10.1.1. Características de los suelos en la Cuenca en el departamento del Cesar (Escala 1:100.000)

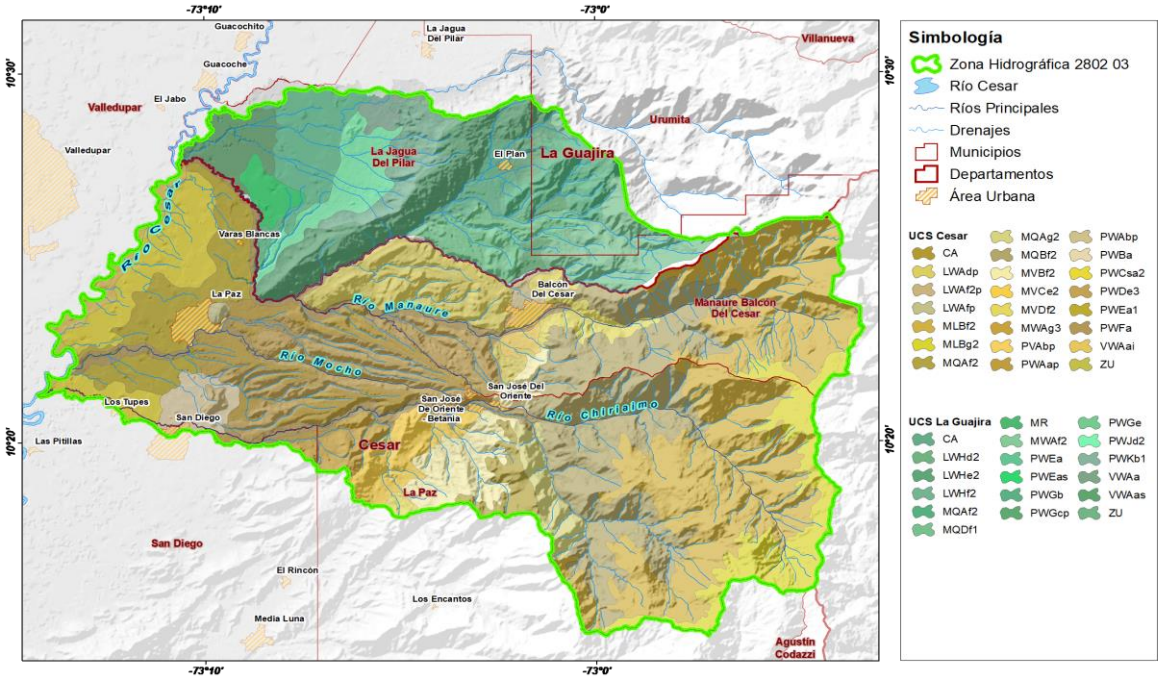
Para la zona correspondiente al Departamento del Cesar, el estudio general de suelos agrupa los suelos en las unidades cartográficas: asociaciones, consociaciones, grupos indiferenciados y complejos, con sus respectivas fases cartográficas, a la vez que hace la zonificación de tierras por capacidad de uso y manejo (IGAC, 2017).

La nomenclatura establecida para la identificación de las unidades cartográficas usa tres letras mayúsculas, que representan el paisaje, el clima y el contenido pedológico. Las letras mayúsculas van acompañadas por subíndices alfanuméricos que indican las fases cartográficas por rango de pendiente, grado de erosión, pedregosidad, salinidad y encharcamientos (IGAC, 2010). Los símbolos usados son:

- Para el paisaje: M (montaña), L (lomerío), P (piedemonte), R (planicie) y V (valle).
- Para el clima: E (Extremadamente frío), G (muy frío, muy húmedo), Q (templado húmedo), V (cálido húmedo); W (cálido seco).
- Para la pendiente: a (0-3%); b (3-7%); c (7-12%); d (12-25%); e (25-50%); f (50-75%); g (mayor del 75%).
- Grado de erosión: 1: Ligero; 2: Moderado; 3: Severo;
- Otras características de las fases son la pedregosidad (p); inundabilidad mayor a 3 meses (i); presencia de sales en el perfil (s).

Las unidades cartográficas se describen a continuación y se espacializan en la Figura 2-245 la cual fue reconstruida para el presente POMCA con la ayuda de las herramientas del sistema de información geográfica.

**Figura 2-245. Unidades Cartográficas de Suelos**




Fuente: Autores (2019), modificado del IGAC (2017).

**Asociación MLB:** suelos en paisaje de montaña, en clima frío y frío húmedo, en relieve de lomas y sobre rocas sedimentarias principalmente areniscas; las principales características de los suelos es que están en relieve moderado a fuertemente escarpado, con pendientes entre 50% a 75% y más de 75 %; son superficiales a muy superficiales, bien drenados, con texturas gruesas presentan erosión ligera y moderada, reacción muy fuertemente ácida y fertilidad natural baja. Los componentes pedológicos son Typic Udorthents (50%), Typic Humudepts (40%) y afloramientos rocosos (10%) con pendientes entre 50 y 75% y mayores a 75%; con grado de erosión moderada, para tener la asociación MLB con fases de pendiente y grado de erosión f2 y g2: MLBf2 y MLBg2.

**Asociación MQA:** suelos de montaña, con clima templado húmedo en relieve de filos y vigas, desarrollados a partir de la meteorización de rocas ígneas y granodiorita; muy superficiales y superficiales, bien drenados, de texturas gruesas, moderadamente ácidos a neutros y fertilidad natural baja. Los componentes pedológicos son Typic Udorthents (50%), Lithic Hapludolls (30%) y una inclusión de Typic Dystrudepts (20%);

Presenta pendientes entre 50 y 75% y mayores al 75% y erosión moderada para tener las fases f2 y g2: MQAf2 y MQAg2.

Para el área de estudio se encuentran en el paisaje de montaña (parte alta de la cuenca), las asociaciones MLB, MQA, MQB, MVB, MVC, MVD; en el paisaje de lomerío está la

asociación LWA; en el paisaje de piedemonte las asociaciones PVA, PWB, PWC, PWD, PWD y PWF y la consociación PWA.

**Asociación MQB**: Suelos de montaña, en clima templado húmedo, relieve de lomas, desarrollados a partir de la meteorización de rocas sedimentarias, principalmente areniscas y arcillolitas; moderadamente superficiales; bien drenados; de texturas gruesas; moderadamente ácidos a neutros y fertilidad natural baja; con pendientes entre 50 y 75 % y erosión moderada para una fase f2: MQBf2.

**Asociación MVB**: Suelos de montaña, en clima cálido húmedo; en relieve de vigas y filos; desarrollados a partir de la meteorización de rocas metamórficas, principalmente esquistos y filitas; moderadamente profundos y superficiales; bien drenados; de texturas medias y en sectores con texturas finas; extremadamente a fuertemente ácidos y fertilidad natural baja; con pendientes entre 50 y 75 % y erosión moderada para una fase f2: MVBf2.

**Asociación MVC**: Suelos de montaña, en clima cálido húmedo; en relieve de vigas y filos; desarrollados a partir de la meteorización de rocas volcano sedimentarias principalmente diabasas y conglomerados; muy superficiales y superficiales; texturas medias y gruesas; ligeramente alcalinos a medianamente alcalinos en profundidad y fertilidad natural baja; los componentes pedológicos son *Lithic Humudepts* (60%), *Typic Hapludolls* (20%) y *Afloramientos rocosos* (20%); con pendientes entre el 25% y el 50%y erosión moderada, para una fase e2 y un componente MVCe2.

**Asociación MVD**: Suelos de montaña, en clima cálido húmedo; en relieve de lomas y colinas; desarrollados a partir de la meteorización de rocas sedimentarias, principalmente limolitas; moderadamente superficiales; bien drenados; texturas medias; muy fuertemente ácidos y fertilidad natural muy baja; los componentes pedológicos son *Typic Udorthents* (40%), *Typic Eutodepts* (35%) y *Typic Dystrudepts* (25%); con pendientes entre 50 y 75%y erosión moderada, para una fase f2 y componente MVDf2.

**Asociación LWA**: suelos de lomerío en clima cálido seco, en lomas y colinas; desarrollados a partir de la meteorización de rocas sedimentarias, principalmente areniscas y calizas; muy superficiales y superficiales; texturas moderadamente finas y gruesas, bien drenados, moderadamente alcalinos y ligeramente ácidos, fertilidad natural moderada y alta. Los suelos son *Typic Ustorthents* (20%), *Lithic Ustorthents* (30%) y *Lithic Haplustolls* (20%); con pendientes entre 12 y 25% y 50 y 75%, con erosión moderada y pedregosidad en superficie y en profundidad para unas fases dp y f2p; los suelos son: LWAdp y LWAf2p.

Por su parte las zonas bajas de la cuenca se tienen los suelos formados en paisaje de piedemonte y en clima cálido húmedo PV y en clima cálido seco y cálido muy seco PW.

**Asociación PVA**: suelos de piedemonte en clima cálido húmedo, relieve de abanicos torrenciales, desarrollados en sedimentos coluvioaluviales gruesos en matriz arcillosa; moderadamente profundos, texturas gruesas en superficie y en profundidad

moderadamente gruesas, bien drenados, fuertemente ácidos, fertilidad natural muy baja; con pendiente entre 3 y 7% y pedregosidad en superficie para la fase bp, el contenido pedológico está representado por *Typic Udorthents* (70%) y una inclusión de *Typic Dystrudepts* (30%). La unidad cartográfica es PVAbp.

**Consociación PWA**: suelos de piedemonte en clima cálido seco y muy seco en relieve de abanicos torrenciales, sobre sedimentos coluvioaluviales gruesos; muy superficiales y moderadamente profundos, texturas moderadamente gruesas, bien drenados, moderadamente ácido y fertilidad natural moderada; con pendientes entre 0 y 3% y pedregosidad para la fase ap y unidad cartográfica LWAap; los componentes taxonómicos son *Typic Ustorthents* (80%) y la inclusión *Typic Dystrustepts* (20%).

**Asociación PWB**: suelos desarrollados sobre sedimentos coluvioaluviales medios y dinos de abanicos recientes, profundos y muy superficiales, texturas medias y moderadamente gruesas, bien y pobremente drenados, neutros y moderadamente ácidos, fertilidad natural moderada, con pendiente del 0 al 3% para la fase a; el contenido taxonómico es *Fluventic Haplustepts* (80%) y *Typic Endoaquolls* (40%) y la unidad cartográfica es PWBa.

**Asociación PWC**: sobre sedimentos coluvio aluviales medios y finos de abanicos subrecientes, muy superficiales moderadamente profundos, texturas medias y moderadamente finas, bien e imperfectamente drenados, con altos contenidos de sales, fertilidad natural baja y muy baja, con pendiente entre 0 y 3% y grado de erosión leva a moderado para la fase sa2; los componentes taxonómicos son *Typic Haplu*stepts (50) y *Oxic Dystrustepts* (50) y la unidad cartográfica presente PWCsa2

**Consociación PWD**: Suelos sobre sedimentos coluvioaluviales mixtos en lomas; superficiales con texturas medias y moderadamente finas, bien e imperfectamente drenados, moderada y muy fuertemente ácidos, fertilidad natural baja; con pendientes entre 25 y 50% y grado severo de erosión, para una fase e3; el contenido taxonómico es Typic Ustorthents (80%) y la inclusión de *Typic Haplustolls* (20%) y la unidad cartográfica es PWDe3.

**Asociación PWE**: suelos sobre sedimentos coluvio aluviales medios y finos de glacis; profundos y superficiales; texturas gruesas y finas, bien y moderadamente bien drenados, ligera y moderadamente ácidos, fertilidad natural alta y muy alta; con pendiente entre 0 y 3% y grado de erosión ligero, para la fase a1 y unidad cartográfica PWEa1 y contenido taxonómico *Fluventic Haplustepts* (50%); *Typic Haplusterts* (30%) y la inclusión *Fluventic Haplustolls* (20%).

**Complejo PWF**: suelos sobre suelos sobre sedimentos coluvioaluviales medios y gruesos en vallecitos; profundos y moderadamente profundos, texturas gruesas y moderadamente finas, excesiva y moderadamente bien drenados, moderada y ligeramente ácidos, fertilidad natural baja y moderada; el contenido taxonómico es *Typic Ustipsa*mments (%0%) y *Aquic*

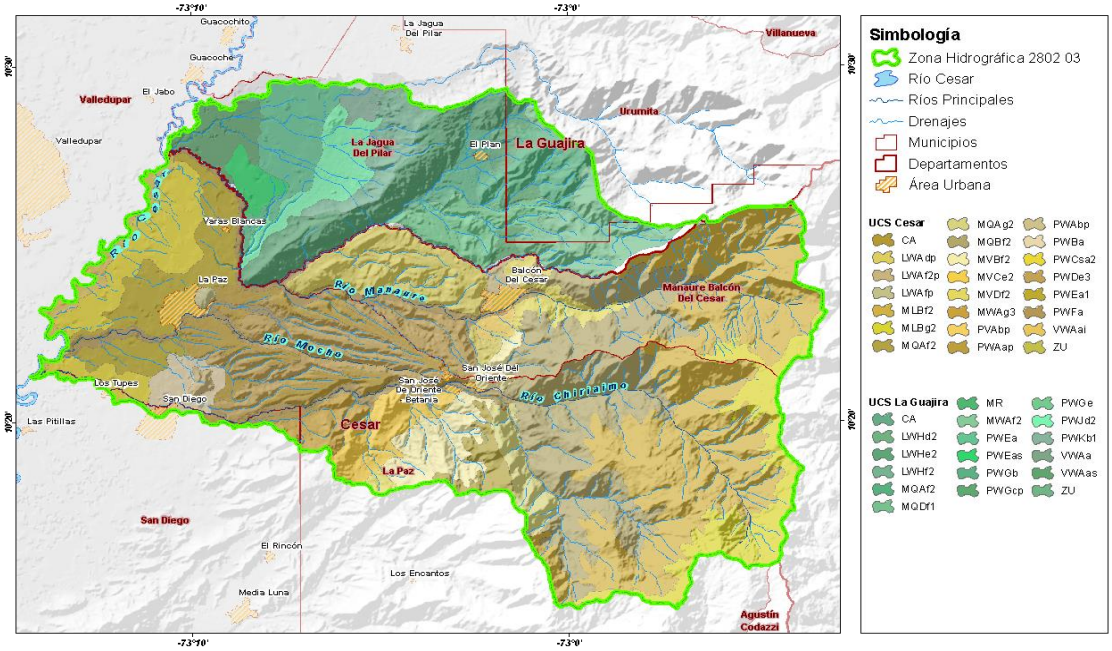
*Ustifluven*ts (50%). Con una pendiente entre el 0 y el 3%, para una fase a y una unidad cartográfica PWFa.

De la revisión anterior, para el Cesar se tiene que, los suelos presentan limitaciones debidas principalmente a:

- Profundidad efectiva: son suelos muy superficiales y superficiales.
- Pedregosidad en superficie y en el perfil, siendo un impedimento para el laboreo.
- Pendientes altas: potencian la erosión por escorrentía en época de lluvia y la erosión por viento en época seca, presentando erosión moderada.
- Déficit de humedad: para la parte norte del departamento del Cesar ocurren períodos secos en los que hay ausencia de humedad en la sección control del suelo por más de 90 días acumulativos, por lo que hay un régimen de humedad ústico para el suelo. Adicionalmente parte de la cuenca está sobre clima cálido muy seco y seco y premontano con transición seco a húmedo, necesitando riego para los cultivos
- Salinidad: los suelos en clima cálido seco y muy seco y ubicados sobre las terrazas del río Cesar presentan salinidad.
- Saturaciones altas en aluminio y altos contenidos de sodio: algunos suelos presentan estas condiciones, siendo limitantes para la fertilidad.
- Los suelos sobre las zonas planas presentan inundaciones y encharcamientos prolongados y tienen drenaje natural muy pobre.

Las condiciones anteriores permiten una clasificación de uso y capacidad del suelo en las clases agrológicas de la 3 a la 8, es decir, son suelos con limitaciones moderadas a extremadamente severas debidas a déficit de humedad, clima, profundidad efectiva, pedregosidad, algunos con alta contenido de sodio y otros con alto contenido de aluminio. La Figura 2-246 que también fue reconstruida para este POMCA con la ayuda de las herramientas del sistema de información geográfica, muestra la clasificación por capacidad de uso a escala 1:100.000 del IGAC (2017).

**Figura 2-246. Capacidad de uso del suelo del estudio general de suelos**

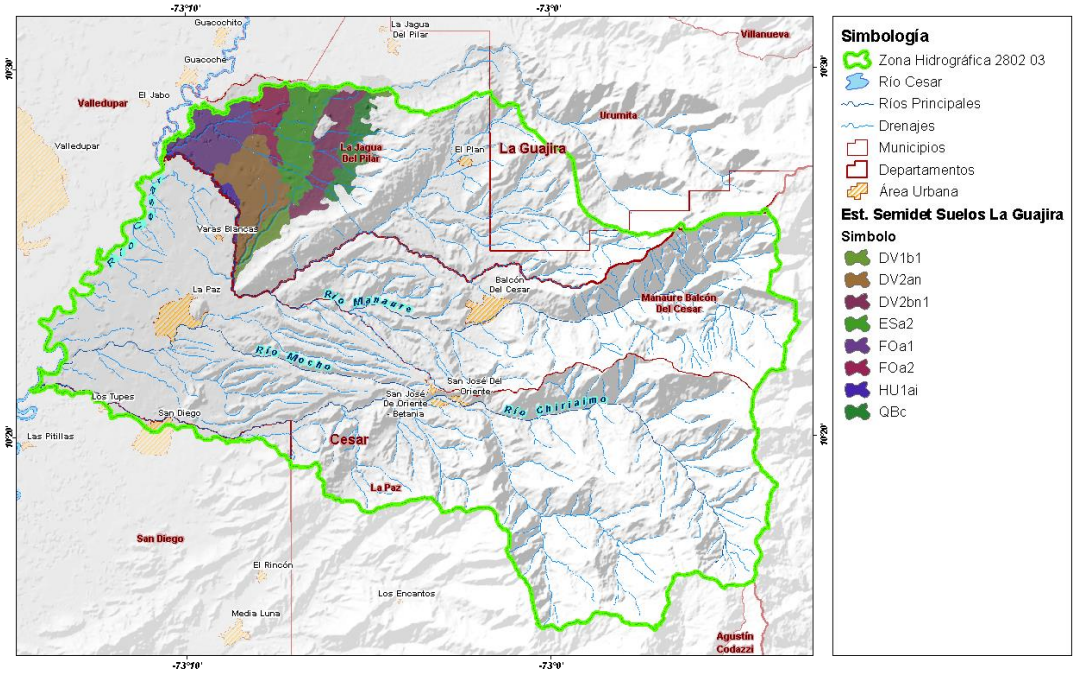



Fuente: Autores (2019), modificado del IGAC (2017).

### 2.10.1.2. Revisión de la cartografía de suelos del sector de La Guajira

Los suelos correspondientes al sector de la Guajira, pertenecen a las consociaciones Dios Verá 1 (DV1) Dios verá (DV2). (ver Figura 2-247).

**Figura 2-247. Suelos semidetallados de La Guajira**




Fuente: Autores (2019), modificado del IGAC (2017).

La consociación DV1 son suelos Typic Haplustepts familia esquelética francosa, semiactiva, isohipertérmica; ubicado en las estribaciones de la Serranía del Perijá; con suelos formados a partir de la meteorización de rocas sedimentarias clásticas de origen coluvio-aluvial, sobre abanicos en terraza; en clima cálido seco y precipitación inferior a 1000 mm anuales; son suelos con limitantes debidos a pedregosidad superficial y en profundidad, con texturas arcillosas y franco limosas con gravilla; con pendientes desde 1% al 12% y erosión ligera y moderada para tener las fases DV1a, DV1a1, DV1b, DV1b1, DV1c1 y DV1c2. Los limitantes para el uso y manejo son la pedregosidad que limita la mecanización y la distribución de lluvias que condicionan las actividades agrícolas.

La consociación DV2 son *Typic calciustolls*, familia fina activa isohipertérmica; ubicados en piedemonte, sobre abanicos recientes, derivados a partir de sedimentos de coluvio-aluviales, moderadamente finos calcáreos, moderadamente profundos y bien drenados; en bosque seco tropical con pp promedio entre 800 y 1000 mm al año; con pendientes entre el 1 y el 12 %, grado de erosión ligera a moderada y presencia de sodio, para las fases DV2an, DV2an1, DV2bn, DV2bn1, DV2bn2 y DV2cn1.

El uso del suelo ha generado procesos erosivos que condiciona el uso actual a ganadería extensiva en pasturas degradadas de baja productividad. Los suelos tienen como limitante la baja retención de humedad, la baja precipitación y altos contenidos de sodio a partir de los 55 cm de profundidad.

### 2.10.2. Fase de levantamiento

La fase de levantamiento de campo se llevó a cabo entre el 23 de julio y el 3 de agosto de 2019 (12 días) y debido a las difíciles condiciones de acceso a las zonas de muestreo, al reducido tiempo y a condiciones de seguridad, se hicieron muestreos según la metodología del mapeo libre, estos puntos se orientaron a lo largo de caminos y carreteras, tratando de cubrir tres grandes zonas definidas en la fase de revisión bibliográfica, a saber, Montaña, Lomerío y zonas planas. En este recorrido de campo se hicieron observaciones de comprobación, chequeo y verificación.

Los puntos de muestreo se hicieron en escarpes, taludes de carretera y sitios aledaños de fácil acceso, tratando de cubrir los límites de las asociaciones del estudio general de suelos; cada observación edáfica incluyó características inherentes al desarrollo del suelo: clima, material parental, pendiente, vegetación, uso actual del suelo, entre otras; se hicieron alrededor de 350 puntos de muestreo, de estos, alrededor de 250 fueron observaciones detalladas (50), mediante minicalicatas o cajuelas y observaciones de comprobación (200) con barreno, las demás observaciones fueron de fase y otras referentes a los factores de formación del suelo.

A continuación, se describen en qué consisten estos tipos de observaciones.

- Observaciones detalladas: en estas se identifican las características necesarias para clasificar el suelo y establecer el límite de variación de las unidades taxonómicas. Las minicalicatas o cajuelas son huecos de 30 a 50 cm de lado por 50 cm de profundidad, donde se obtiene información del horizonte A y B, la información del horizonte C se obtiene con muestras sacadas con el barreno, en suelos muy duros se hace con barra.
- Observaciones de comprobación: son las que verifican la información del contenido pedológico obtenido mediante las calicatas o las minicalicatas. Estas se realizan con barreno hasta una profundidad de 120 cm donde se comprueba color, textura y otras características de los suelos previamente identificados.
- Las observaciones de Fase consistieron en anotaciones sobre pedregosidad, pendiente, textura del horizonte A, susceptibilidad a inundación, y otras características importantes para el uso y manejo del suelo.

Para los 638,4577 $km^2$ (63845,77 Ha), área total de la cuenca de los ríos Manaure y Chiriaimo, se definió un área de exploración detallada (AED) de aproximadamente 80 $km^2$ equivalente al 12.5% del área total de la cuenca, de esta se seleccionó un área de 4520 ha (45,2 $km^2$), correspondiente al 9,4% en los municipios de Manaure Balcón del Cesar, La Paz y San Diego y finalmente se muestreó un área de 1,5 $km^2$, en los 12 días de muestreo (23 de julio a 3 de agosto); El área de la Jagua del Pilar y Urumita no se muestreó porque esta parte de la cuenca ya cuenta con el estudio a escala semidetallada.

En los municipios de Manaure Balcón del Cesar, La Paz, y San Diego (9,4% del área total), están representadas las unidades geomorfológicas a nivel de forma de terreno, con sus respectivas variaciones de clima edáfico y pendientes. Los 87.5% del área total que queda por fuera de AED, es decir el área de Exploración por verificar (AEV), se verificó mediante observaciones de comprobación (barreno y otras) y por medio del mapa de imágenes satelitales, estudios previos y cartografía adicional.

La geología de la zona de la cual se deriva el material parental para los suelos se ilustra en el mapa geológico de zona, presentado en la Figura 2-53.

La litología corresponde a:

- Depósitos aluviales y aluvio-torrenciales del cuaternario, ubicados principalmente en la parte media de la cuenca, estos depósitos están conformados por clastos de todas las litologías provenientes de la parte alta y media de la cuenca, mediante los procesos de movimientos en masa;
- Rocas sedimentarias compuestas por limolitas rojas silíceas con areniscas blancas pardas y rojizas de grano fino a grueso y con intercalaciones de rocas volcánicas tipo ignimbritas y tobas de la formación La Quinta (Jurásico), ubicadas hacia la parte alta y media de la cuenca;
- Rocas sedimentarias de la formación Manaure (Pérmico), compuestas por arenitas, margas, calizas y limolitas silíceas. Las arenitas son de grano fino y localmente de grano medio, en algunos afloramientos el material es de baja plasticidad y textura arenosa, presentando condiciones de buena permeabilidad y conductividad hidráulica.
- Rocas sedimentarias de la Formación Rionegro, compuestas por areniscas feldespáticas blancas a rosadas de grano grueso, conglomerados heterogéneos, arenitas de grano fino y lodolitas interestratificadas, se ubica hacia la divisoria de la cuenca en la parte alta.
- Rocas sedimentarias de la Formación Cogollo (Cretáceo): constituidas por calizas fosilíferas, gris azulosas y gris oscuro con intercalaciones de lutitas carbonosas, hacia la base están presentes calizas arenosas y areniscas calcáreas, hay desarrollo de paisajes kársticos. La formación Cogollo está hacia la Guajira y parte de la carretera Manaure – La Paz atraviesa la Formación; la reserva de los Tananeos está sobre esta formación y se presentan suelos con muy buena saturación de bases y con alta pedregosidad en superficie.
- Rocas sedimentarias de la Formación Cachiri (Devónico-Carbonífero): conglomerado basal con arenitas ferruginosas, micáceas y shales arenosos calcáreos, hacia el tope conglomerados con arcillolitas, calizas, lutitas arenosas calcáreas de grano fino y calizas fosilíferas negras.
- Rocas metamórficas de la serie Perijá (Cámbrico-Ordovícico): filitas, cuarcitas, metaconglomerados y metarenitas calcáreas

La geomorfología se clasificó de acuerdo con el sistema jerárquico de Zinck modificado (1987, 2012), definiendo las siguientes formas de terreno cartografíables a escala 1:25.000:

- Geoformas aluviales y coluviales: Abanico de explayamiento (abanico fluvio-torrencial), glacis de explayamiento, albardón de río, cauce colmatado, cauce aluvial, banco de arena de cauce, llanura
- Geoformas estructurales: cerro testigo, cuesta desdoblada, cuesta, depresión cataclinal, escarpe con faceta, hogback, superficie estructural.
- Geoformas "*banales*": colinas, lomas, cumbres convexas, mesetas
- Geoformas cársticas: uvala, valle seco

La Tabla 2-152 ilustra las formas del terreno de acuerdo con la clasificación de Zinck (1987, 2012).

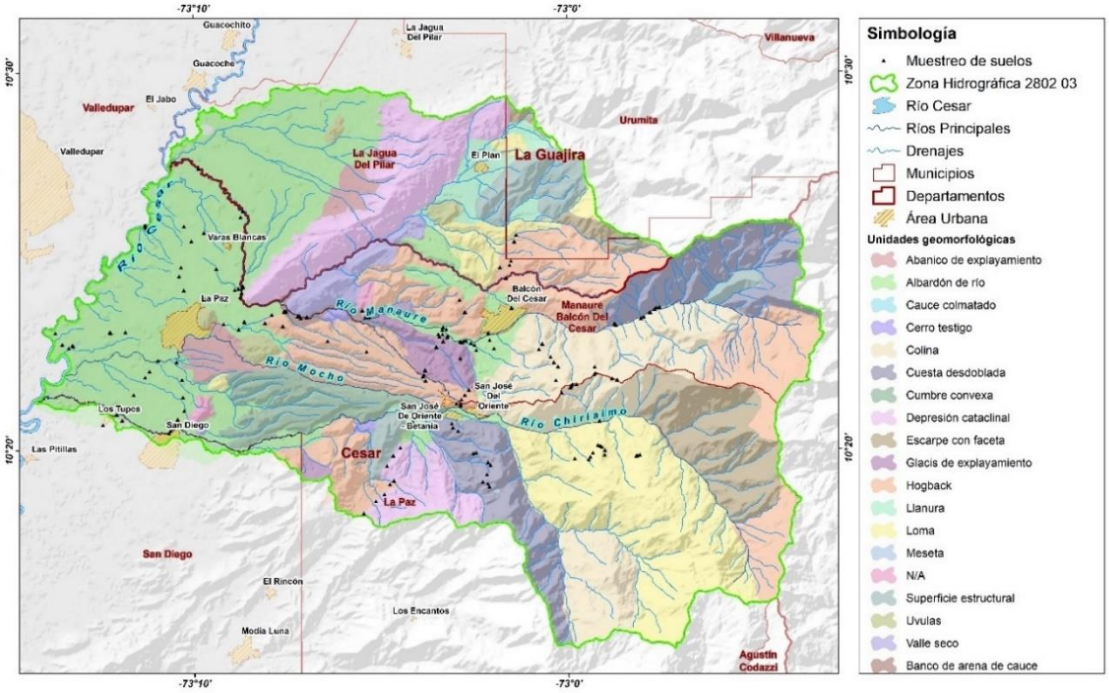
**Tabla 2-152. Formas del terreno para la cuenca Manaure Chiriaimo**

| Paisaje | Atributos del paisaje | Tipo de relieve | Forma del terreno |
|---|---|---|---|
| | | Hogback | Plano inclinado |
| | | Dorso de cuesta | Plano inclinado |
| Montaña | Estructural | Cuesta desdoblada o frente de cuesta | Escarpe y pie de talud |
| | | Escarpe con facetas | Ladera |
| | Erosional | Cumbre convexa | Ladera |
| | | Lomas | Ladera |
| Lomerío | Estructural | Depresión cataclinal o dorso de cuesta | Plano inclinado |
| | | Uvala (dolina>1 ha) | depresión |
| | | Valle seco | vega |
| | | Cerro testigo | ladera |
| | Erosional | Cerro testigo | ladera |
| | | colinas | ladera |
| Piedemonte | estructural | Hogback | Plano inclinado |
| | | Glacis coluvio aluvial | Plano inclinado |
| | depósito | Abanico aterrazado | Plano inclinado |
| | | Abanicos de explayamiento | Parte proximal |
| | | | Parte media |
| | | | Parte distal |
| | | Vallecitos estrechos | vega |
| Valle aluvial | Depósito | Llanuras aluviales | Dique o albardón de río |
| | | Terraza aluvial | plano |
| | | Plano de desborde o banco de arena de cauce | vega |

Fuente: Autores (2019).

La Figura 2-248 ilustra las unidades geomorfológicas con los puntos de las observaciones detalladas, de comprobación y de chequeo.

**Figura 2-248. Mapa de puntos de las observaciones detalladas sobre unidades geomorfológicas**




Fuente: Autores (2019), modificado del IGAC (2017).

La Tabla 2-90 ilustra los rangos de pendientes definidos por el IGAC (2013), si bien en el instructivo de códigos para el levantamiento de suelos (IGAC 2014) los rangos están más finamente divididos, se usa la clasificación del 2013 para cuantificar los porcentajes de cada categoría de pendiente en el área de la cuenca. (ver Tabla 2-153).

**Tabla 2-153. Rangos de pendientes y área (%) que ocupa cada rango en la cuenca**

| Símbolo | Gradiente | Descripción | Área en la cuenca | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Km² | ha | % |
| a | 0-3 | plano | 130,073594 | 13007,35938 | 20,37 |
| b | 3-7 | Ligeramente inclinado | 63,894844 | 6389,484375 | 10,01. |
| c | 7-12 | Moderadamente inclinado | 66,820781 | 6682,078125 | 10,47 |
| d | 12-25 | Fuertemente inclinado | 192,635 | 19263,5 | 30,17 |
| e | 25-50 | Ligeramente escarpado | 155,232344 | 15523,23438 | 24.31 |
| f | 50-75 | Moderadamente escarpado | 29,80125 | 2980,125 | 4,67 |
| g | >75 | Fuertemente escarpado | 0 | 0 | 0 |
| **Área total** | | | **638,457813** | **63845,78125** | **100** |

Fuente: Autores (2019), modificado del IGAC (2013).

El 20,37% del área de la cuenca es zona plana con un gradiente de 0-3% (ver Figura 2-249), se ubica hacia la parte baja de la cuenca y presenta un clima cálido semiárido. (ver Figura 2-24).

El 30,17% del área de la cuenca presenta pendientes fuertemente inclinadas (12 a 25%), se distribuyen en la parte media, en la zona de lomerío y piedemonte y comienzo de la parte alta o zona de montaña (ver Figura 2-249), con climas cálido semihúmedo y templado húmedo. (ver Figura 2-24).

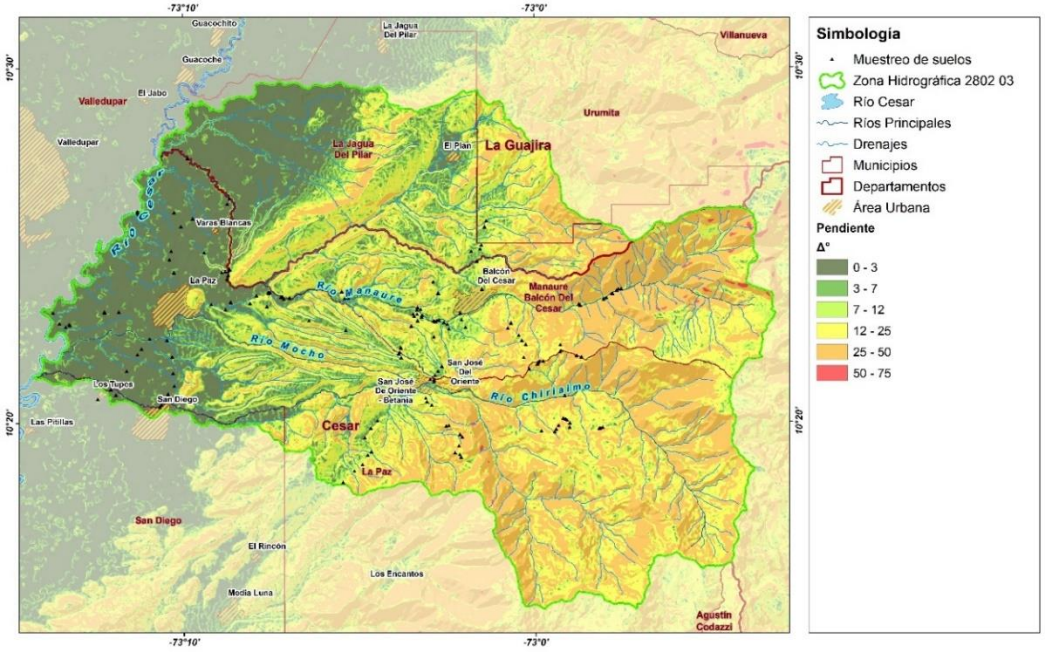
El 24,31% del área está con pendientes ligeramente escarpadas (25-50%) y se ubican hacia la parte montañosa de la cuenca, con climas templado semihúmedo, templado húmedo, frío semihúmedo y frío húmedo. (ver Figura 2-24).

Las zonas con categorías de pendientes ligeramente inclinadas (10,01%) y moderadamente inclinadas (10,47%), están hacia la parte de lomerío y piedemonte (ver Figura 2-249) y con climas cálido semihúmedo y templado semihúmedo. (ver Figura 2-24).

El área con pendiente moderadamente escarpada (50 a 75%), representa el 4,67 de la cuenca y se encuentra hacia la parte alta de la serranía del Perijá. (ver Figura 2-24).

La Figura 2-249 ilustra los rangos de pendiente de la cuenca y los puntos donde se hicieron los muestreos de suelos.

**Figura 2-249. Puntos de muestreo de suelos en el mapa de pendientes**




Fuente: Los Autores (2019).

Las pendientes fuertemente inclinadas a ligeramente escarpadas en la parte alta de la cuenca favorecen los movimientos en masa y el poco desarrollo del suelo; es común la alta pedregosidad en superficie y en el interior del perfil del suelo. En las altas pendientes se forman perfiles de meteorización con poco espesor y el desarrollo de suelo es incipiente. (ver Figura 2-250); en las zonas de baja pendiente, ya sea en la parte alta o baja de la cuenca, se acumulan los materiales y se produce mayor meteorización e igualmente la pedogénesis comienza nuevamente en la medida que se acumulan los materiales.

**Figura 2-250. Desarrollo incipiente de suelo y altas pendientes, parte alta de la cuenca del río Manaure**



Desarrollo incipiente de suelo, vereda hondo del río

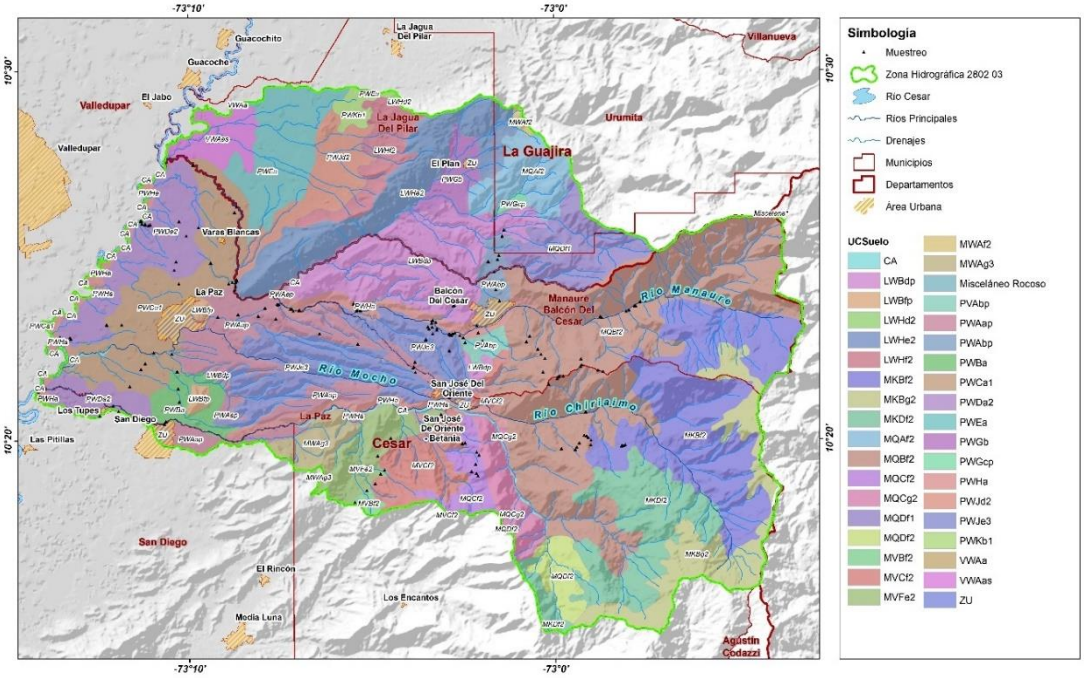


Altas pendientes, Vereda San Antonio

Fuente: Autores (2019).

La Figura 2-251 muestra las unidades cartográficas de suelos del estudio general de suelos del departamento del Cesar (IGAC, 2017) con los puntos de muestreo tomados en el trabajo de campo.

**Figura 2-251. Puntos de muestreo sobre unidades cartográficas del estudio general de suelos**




Fuente: Autores (2019), modificado del IGAC (2017).

Los puntos de muestreo se hicieron a lo largo de transectos y entre dos puntos dados, se tomó una franja de 20 m de ancho con centro en la línea de unión de los dos puntos y en esa franja se verificó el contenido pedológico con observaciones de comprobación, igualmente, en el sitio donde se hizo la observación detallada o de comprobación se chequeo alrededor del punto, en un área circular con un radio de 20 m.

### 2.10.2.1. Descripción y muestreo de Suelos

Con la información obtenida en las cajuelas y en las observaciones de comprobación se logró establecer las características morfológicas, químicas y físicas de los suelos, además de algunas variaciones en el paisaje, confirmando y aumentando el contenido pedológico de las unidades cartográficas definidas por el IGAC.

Para la identificación de las minicalicatas y perfiles se asignaron letras mayúsculas acompañadas de un número arábigo consecutivo y del nombre de la localidad, así: P1-vía al cielo (perfil 1 vía al cielo, Manaure), etc. En cada minicalicata se describieron las características del entorno, el material parental, la morfología de los horizontes A y B, se chequeo la reacción del suelo para determinar carbonatos y materia orgánica y se determinó pH. Se tomó muestra de los horizontes de algunas minicalicatas para análisis de laboratorio y se clasificó preliminarmente el suelo hasta nivel de familia.

Para la clasificación taxonómica de los suelos identificados en el levantamiento, se usó la clasificación del departamento de agricultura de los Estados Unidos del año 2014 (USDA, 2014).

La clasificación taxonómica va desde orden, suborden, gran grupo, subgrupo, familia y serie. En este estudio se llegó hasta la categoría de familia. Los criterios usados para el nivel de familia fueron: textura y régimen de temperatura edáfico.

El régimen de humedad se definió con base en las características macromorfológicas, las propiedades físicas relacionadas con el drenaje natural, la presencia de la napa de agua y la distribución de las lluvias.

### 2.10.3. Fase de análisis de laboratorio

Posterior al reconocimiento de los suelos en campo, las muestras tomadas de los perfiles modales se enviaron al laboratorio de suelos, para análisis físicos y químicos que ayudaron a clasificar los suelos hasta nivel de familia.

Los análisis incluyeron determinación de la capacidad de intercambio catiónico, contenidos de calcio, magnesio, potasio, sodio, fósforo, aluminio de cambio, saturación de bases, carbón orgánico, textura y pH, esta información es relevante para evaluar la fertilidad de los suelos y dar un referente sobre las limitantes y potencialidades de las tierras en sus contenidos químicos y texturales. Además de los análisis anteriores se determinó densidad aparente, densidad real y análisis de conductividad eléctrica y contenido de sodio para evaluar salinidad, pues parte del área se encuentra en clima cálido árido y cálido semiárido de acuerdo con la clasificación de Caldas- Lang (Figura 2-24).

### 2.10.4. Fase de resultados de la clasificación taxonómica

Para determinar la capacidad de uso de las tierras se requiere tener una caracterización básica de los suelos y no el detalle y rigor de un levantamiento de suelos a la misma escala el cual incluye aspectos taxonómicos que no son objeto de realización por parte del POMCA.

De acuerdo con lo anterior se identificaron varios tipos de suelos, que se clasificaron hasta el nivel de familia y se agruparon en las fases correspondientes a las unidades cartográficas definidas por el IGAC.

A continuación, se describen los suelos hallados.

### 2.10.4.1. Suelos de Montaña

Los suelos descritos en paisaje de montaña, pertenecientes a la Asociación MQC Fase moderadamente escarpada y erosión moderada; en geoformas estructurales de cuesta desdoblada (frente de cuesta); desarrollados a partir de la meteorización de areniscas de grano medio a fino, predominan las pendientes ligeramente escarpadas (25-50 %), pero el perfil descrito se halla en la parte baja del pie de talud de un frente de cuesta con pendiente fuertemente inclinada, en clima templado húmedo, el suelo se clasificó como *Typic Dystrudepts* familia Francosa fina, isotérmica. Asociación MQC fase d2. (ver Figura 2-252).

**Figura 2-252. Typic Dystrudepts familia Francosa fina, isotérmica. Asociación MQC fase d2**



Fuente: Autores (2019).

A la Asociación MQA fase d2 se le agregó un nuevo componente, el suelo *Typic Udorthents* familia esquelético-francosa, isotérmica, en una nueva fase con pendiente moderadamente inclinada (25-50%), por hallarse en un plano inclinado de cuesta. (ver Figura 2-253).

**Figura 2-253. Typic Udorthents familia esquelética-francosa, isotérmica, de la Asociación MQA fase d2**



Fuente: Fuente: Autores (2019).

### 2.10.4.2. Suelos de Lomerío

A la Asociación LWB fase a2 se le agregó un nuevo componente, el suelo *Lithic Haplusterts* familia Arcillosa, Isohipertérmica. (ver Figura 2-254).

**Figura 2-254. Lithic Haplusterts familia Arcillosa, Isohipertérmica de la Asociación LWBa2**



Fuente: Fuente: Autores (2019).

### 2.10.4.3. Suelos de Piedemonte

A la Asociación PWA en la fase ap se le agrega un nuevo componente, el suelo *Calcic Haplustalfs* familia esquelético-arenosa, isohipertérmico, calcárea. (ver Figura 2-255).

Y en la fase bp se le agrega el suelo *Entic Udic Haplusterts* Familia esquelético-arcillosa, isohipertérmica. (ver Figura 2-256).

Para la Consociación PWDa2 se agrega el componente *Calcic Haplustalfs* familia Limosa-gruesa, Isohipertérmica, calcárea. (ver Figura 2-257).

Para la Asociación PWC fase sa1 se agrega el suelo *Calcic Haplustalf* Familia francosa fina, isohipertérmica, calcárea; en la imagen de la derecha se observa el grado de erosión de los suelos. (ver Figura 2-258).

**Figura 2-255. Calcic Haplustalfs familia Esquelético-arenosa, isohipertérmica, calcárea en la Asociación PWAap**



Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-256. Entic Udic Haplusterts Familia esquelético-arcillosa, isohipertérmica; asociación PWAbp**



Fuente: Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-257. Calcic Haplustalfs familia Limosa-gruesa, Isohipertérmica, calcárea de la Consociación PWDa2**



Fuente: Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-258. Calcic Haplustalf Familia francosa fina, isohipertérmica, calcárea**



Fuente: Fuente: Autores (2019).

Después del levantamiento de campo y de clasificar los perfiles, las principales limitantes de las tierras de la cuenca son las altas pendientes, la pedregosidad en superficie y en el perfil del suelo, los suelos muy superficiales a superficiales, el déficit de humedad climática y edáfica, los contenidos de carbonatos en las zonas planas y en suelos derivados de materiales margosos. La susceptibilidad a encharcamientos y la erosión laminar.

### 2.10.5. Fase de evaluación de tierras por capacidad de uso

La evaluación de tierras por su capacidad de uso es la metodología desarrollada por la USDA, empleada y modificada por el IGAC, para determinar las características de uso y manejo de las tierras de acuerdo con las limitaciones que estas presenten y en función de los factores clima, suelo, relieve, erosión y humedad. Estas características permiten establecer usos y limitaciones, por lo cual se adoptan como parámetros de ordenamiento. La estructura del sistema de clasificación comprende tres categorías: clases, subclases y grupos de manejo o unidades de capacidad, que se usan en categorías de acuerdo con el nivel de detalle.

#### 2.10.5.1. Clases

Las clases agrupan suelos que presentan el mismo grado relativo de riesgos o limitaciones, estas se conocen comúnmente como clases agrológicas y se designan con números arábigos de 1 a 8; en estas designaciones, los riesgos de daños al suelo o sus limitaciones en el uso se hacen progresivamente mayores a medida que se sube en la clase.

A continuación, de acuerdo con el IGAC (2014) se especifican las características de cada clase de manejo:

Clase 1: Las tierras de esta categoría no tienen limitaciones, si las presentan son muy pocas, leves y fáciles de corregir para uso agropecuario. Son tierras aptas para ganadería intensiva con pastos de corte y para una amplia diversidad de cultivos. Tienen relieve plano

a ligeramente plano; con buen drenaje, buena permeabilidad, sin inundaciones, buena capacidad de retención de agua, buena saturación de elementos necesarios para la nutrición de las plantas.

Clase 2: en esta clase se agrupan los suelos con limitaciones ligeras que pueden reducir la posibilidad de elección de plantas para cultivo, se usan en cultivos transitorios, perennes, semiperennes y ganadería intensiva con pastos mejorados y requieren prácticas de manejo fáciles de aplicar, incluyendo conservación para prevenir y/o evitar la degradación y mejorar la relación agua-aire.

Clase 3: agrupa las tierras con limitantes moderadas y restricción para el uso ya sea por erosión, pendiente, características del suelo, humedad, esta clase requiere prácticas de manejo.

Clase 4: tiene limitaciones severas que las restringen a cultivos específicos y requieren prácticas de manejo y conservación difíciles de aplicar y costosas.

Clase 5: con limitantes severas que se pueden manejar o modificar con altos costos. En su estado natural el uso de la tierra está limitado a agricultura transitoria, ganadería estacional, agroforestería, conservación de los recursos naturales y ecoturismo.

Clase 6: tienen limitantes severas y son aptas únicamente para algunos cultivos semi perennes o perennes, semi densos y densos; también se pueden desarrollar sistemas agroforestales y forestales. Puede llevarse a cabo ganadería con prácticas de manejo silvo pastoriles. El cultivo de productos agrícolas debe llevarse de forma paralela a prácticas de conservación adecuadas.

Clase 7: con limitaciones fuertemente severas, que las hacen inadecuadas para cultivos; tienen aptitud forestal; el bosque es de carácter protector, pero puede ser productor en un uso sostenible en condiciones de relieve y/o topografía que faciliten el anclaje de las raíces de los árboles, excepcionalmente se pueden establecer sistemas agroforestales como el café con sombrío con prácticas de conservación de suelos y manejo de aguas, para prevenir y controlar procesos de erosión. Es necesario mantener cobertura vegetal permanente de múltiples estratos por la alta susceptibilidad de los suelos al deterioro. Se debe excluir la ganadería totalmente del área ocupada por las tierras de esta unidad de capacidad

Clase 8: son tierras con vulnerabilidad extrema (áreas muy escarpadas) o importantes como ecosistemas estratégicos (páramo) para la regulación del recurso hídrico y por su interés científico, se deben deben destinar a la conservación o recuperación del ecosistema en caso de que haya sido deteriorado. En esta clase se incluyen tierras misceláneas como las tierras malas (bad lands) o misceláneos erosionados, playas, dunas, glaciares, afloramientos rocosos, cárcavas, fosos de grava y de cantera, vaciaderos, cauces de ríos, tierras de ripio, minas de sal, tierras de escoria, calvas y tierras ubicadas a alturas superiores a los 3.600 m.s.n.m. Los páramos, manglares, humedales y algunas áreas muy

escarpadas, entre otras, son lugares muy atractivos para desarrollar programas de investigación científica, turismo ecológico y recreación controlada.

Las anteriores 8 clases se agrupan en tres grandes grupos (IGAC, 2014):

- De la 1 a la 4 son tierras que se pueden usar en agricultura y ganadería, bajo sistemas de producción cuyo manejo va de muy intensivo (clase 1) a manejo muy restringido (clase 4) incrementando en cada clase, las prácticas de manejo y conservación. La clase 4 Puede manejarse bajo sistemas de agroforestería.
- De la 5 a la 7 son tierras que se pueden usar de forma restringida en actividades agrícolas, ganaderas, agroforestales y/o forestales; la clase 5 no es apta para agricultura convencional por limitantes diferentes a la erosión, como son condiciones de inundación o alta pedregosidad en superficie o en el perfil
- La clase 8 son tierras que solo pueden usarse para conservación, preservación y ecoturismo.

### 2.10.5.2. Subclases

La subclase es una categoría del sistema, que especifica en las clases 2 a la 8, uno o más factores limitantes generales y específicos para las unidades cartográficas de suelos (UCS). Es decir, la subclase agrupa tierras que poseen los mismos factores o limitantes.

Los limitantes que determinan la clasificación son cinco y se designan con letras minúsculas que se agregan al número de la clase; estas son:

p: pendiente

e: erosión actual

h: exceso de humedad en el suelo por tabla de agua o encharcamientos e inundaciones

s: limitaciones físicas o químicas del suelo

c: clima adverso

Las limitaciones descritas pueden ser en algunos casos temporales, por ejemplo, algunos encharcamientos o fertilidad natural, que pueden corregirse con buenos drenajes y prácticas de fertilización o ambos. La mayoría de los limitantes son de carácter permanente, como pendientes pronunciadas, poca profundidad efectiva de los suelos o clima desfavorable. De la misma manera una clase puede estar afectada por una o varias limitaciones.

### 2.10.5.3. Grupos de manejo

La tercera categoría del sistema son los grupos de manejo, en ésta se reúnen las tierras de una misma subclase y que tienen el mismo grado y número de limitaciones específicas comunes, potencialidades similares y lo más importante, que tienen una respuesta similar a las prácticas de manejo que se deben aplicar para poder ser utilizadas de manera adecuada.

De esta manera se tiene que, suelos de diferentes UCS con ciertas limitantes clasifican en una clase por capacidad, por ejemplo, humedad y clima; luego se agrupan los suelos por limitantes similares para obtener la subclase, por ejemplo, una subclase es por humedad y otra es por clima, al hacer esto se agrupan los suelos que responden a un mismo tratamiento y una misma práctica de conservación; se obtienen así los grupos de manejo.

El grupo de manejo se identifica con un número arábigo, comenzando con el número 1 colocado a continuación de la subclase y separado por un guion (-); por ejemplo: grupo de capacidad 2p-1, 2p-2, 2s-1, 2s-2, 4e-1, 4e-2, etc.; estos se determinan para dar un uso y manejo específico a los suelos.

Con los datos obtenidos del trabajo de campo y los resultados del laboratorio de suelos se realiza el análisis y correspondiente evaluación mediante la metodología de las clases agrológicas del IGAC, para obtener las diferentes clases de tierras de acuerdo con la oferta específica de cada cuenca.

Luego de determinar la capacidad de uso de las tierras, a cada unidad clasificada se le asigna un uso principal propuesto, que debe estar totalmente acorde con la capacidad; esta asignación de usos genera un nuevo mapa, denominado de usos propuestos el cual será clave en la fase de zonificación.

De acuerdo con lo anterior, la construcción del mapa de capacidad de uso configura las potencialidades de las tierras, las cuales definen posteriormente al ser integradas con la información de cobertura, los conflictos de uso.

Las tierras y suelos de la cuenca Manaure- Chiriaimo, de acuerdo con la información de campo y la revisión preliminar de información, presentan limitantes debido a:

- Pendiente (p): el 59.16% del área de la cuenca tiene pendientes mayores al 12% (ver Tabla 2-90 y Figura 2-249); las pendientes fuertemente inclinadas (12-25%), ligeramente escarpadas (24,31%) y moderadamente escarpadas (4,67%), son

susceptibles a movimientos gravitacionales como deslizamientos, caídas de roca, flujos fluvio torrenciales, reptación y escorrentía.

- Erosión (e): tanto en zonas de pendiente como en zonas planas hay evidencias de erosión por aguas de escorrentía, uso inadecuado o excesivo de ganadería y cultivos limpios.
- Suelos (s): las limitantes de suelos incluyen:
    - Salinidad: En las áreas planas en la parte baja de la cuenca, predomina la evapotranspiración sobre la precipitación y hay salinidad leve en el suelo, esta es un limitante para los cultivos si no se hacen prácticas adecuadas de manejo para prevenir el aumento de sales en el perfil del suelo.
    - Pedregosidad: en la cuenca predomina la pedregosidad en superficie del suelo y en el perfil del suelo, tanto en zonas de pendiente como en muchas zonas planas.
    - Baja fertilidad: los suelos desarrollados a partir de la meteorización de areniscas, lodolitas y rocas ígneas félsicas presentan baja saturación de bases.
- Humedad (h): esta limitante esta definida para suelos que están en la llanura de desborde o cubeta de desborde del río Cesar, los ríos Manaure y Chiriamo y sus tributarios llegan de zonas con altas pendientes e incisan sus depósitos, forman áreas con limitantes de humedad, no cartografiables a escala 1:25.000, en las zonas aledañas al cauce en los pequeños vallecitos.
- Clima (c): la alta temperatura de la parte baja de la cuenca sumada a una disminución en la precipitación, hace que la evapotranspiración sea mayor que la precipitación, causando déficit hídrico en el suelo afectando la poca disponibilidad de agua para las plantas, requiriendo riego; en la parte alta de la cuenca, la intensidad de las lluvias detona los movimientos en masa en zonas pendientes.

La pendiente alta, la erosión por la superficie del suelo por cultivo limpio y la pedregosidad en superficie se ilustran en la fotografía de la Figura 2-259, el cultivo es cilantro en la vereda hondo del río al sureste del casco urbano de Manaure.

La fotografía de la Figura 2-260 ilustra la eflorescencia de sales y carbonatos en el perfil del suelo, en las terrazas aluviales del río Cesar (La Paz), y la fotografía de la Figura 2-261, ilustra la erosión grado moderado en las planicies aluviales que hay entre la Paz, San Diego y el río Cesar.

Así se establece que a escala 1:25.000 no hay unidades cartografiables de terreno que estén dentro de la clase 1 y 2 de capacidad de uso, las tierras se ubican desde la clase 3 hacia la 8. Las clases de uso identificadas en campo concuerdan con las clases definidas por el IGAC en el levantamiento general y se amplían hacia los límites de las clases

definidas. En la Figura 2-262 se evidencian las clases definidas en el levantamiento general que son las mismas encontradas en campo.

**Figura 2-259. Fotografías que ilustran los limitantes de pendiente alta, pedregosidad, suelos descubierto (vereda Hondo del río**



Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-260. Eflorescencias de carbonatos y sales en el perfil del suelo. Finca de don Francisco, Terraza aluvial del río Cesar**



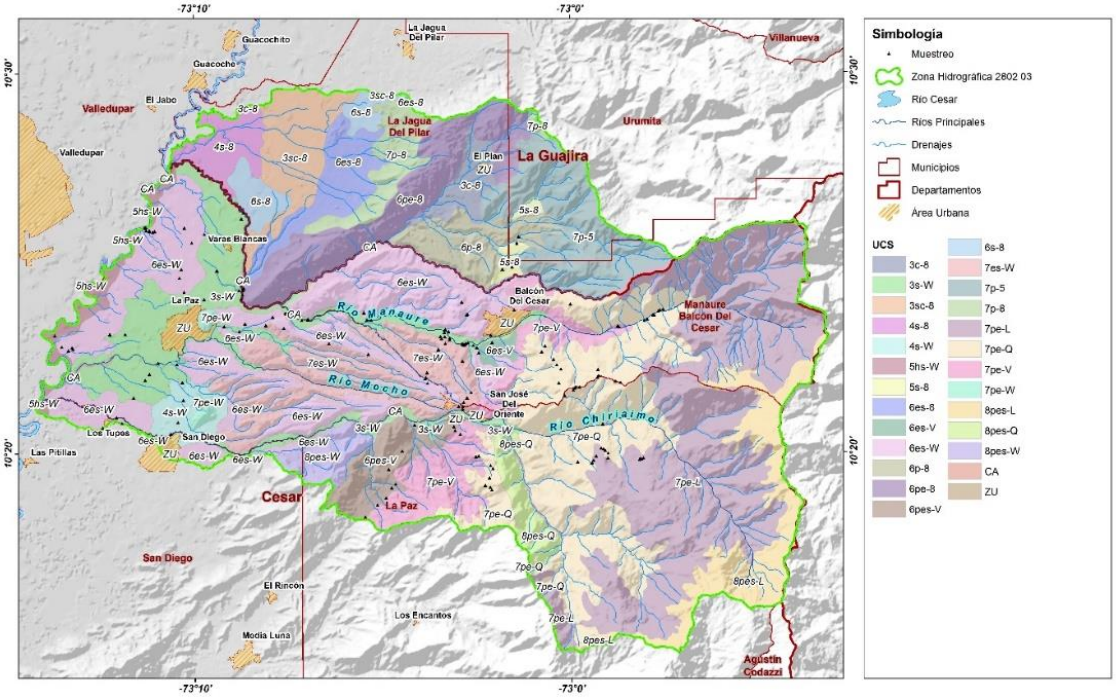
Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-261. Erosión moderada (grado 2), en el plano aluvial del río Cesar, en la carretera Valledupar-La Paz, Sector Universidad Nacional de Colombia, sede la Paz**



Fuente: Autores (2019).

**Figura 2-262. Puntos de muestreo de suelos sobre Clases de capacidad de uso de la cuenca**



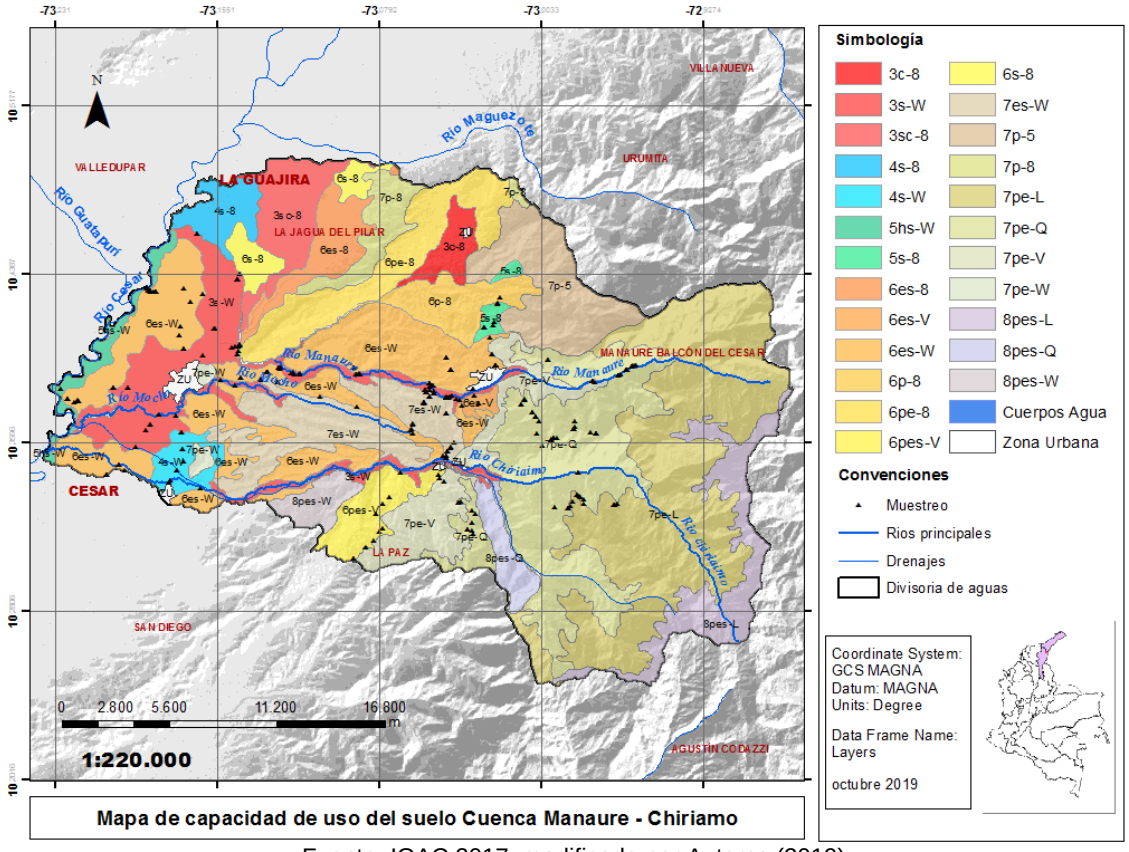

Fuente: Autores (2019), modificado del IGAC (2017).

## 2.10.6. Mapa de capacidad de uso del suelo

Luego de agotas y abordadas las fases metodológicas descritas anteriormente, como insumos necesarios para la elaboración del mapa de capacidad de uso del suelo de la cuenca a escala 1:25000, a continuación se presenta el mismo. (ver Figura 2-263).

Así, se establece que a escala 1:25.000 no hay unidades cartografiables de terreno que estén dentro de la clase 1 y 2 de capacidad de uso, las tierras se ubican desde la clase 3 hacia la 8. Las clases de uso identificadas en campo concuerdan con las clases definidas por el IGAC en el levantamiento general y se amplían hacia los límites de las clases definidas. En la Figura 2-263 se evidencian las clases definidas en el levantamiento general que son las mismas encontradas en campo.

**Figura 2-263. Mapa de capacidad de uso del suelo para la cuenca: Clases de capacidad de uso de la cuenca, con los puntos de muestreo de suelos**




Fuente: IGAC 2017, modificado por Autores (2019).

La Tabla 2-154 explica cada unidad de capacidad de uso, las unidades cartográficas que se hallan en esa unidad de capacidad de uso, las características principales y el área en cada unida de capacidad de uso y el porcentaje del área. Las unidades de capacidad de uso definidas para el estudio general de suelos y usadas como guía para incluir algunas otras después del trabajo de campo fueron:

**Tabla 2-154. Características de las unidades de capacidad de uso de las tierras de la cuenca Manaure-Chiriaimo; los colores corresponden a los designados por el IGAC (2014) para las clases agrológicas**

| Clase agrologica | Subclase y grupo de manejo | Características | Área | % |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 3c-8 | Las tierras de esta clase tienen pendientes desde plana a ligeramente inclinadas; con erosión leve a moderada; fertilidad moderada; precipitaciones durante un semestre, pero al siguiente semestre se necesita riego; clima cálido semiárido. | 761,05 | 1,19 |
| | 3s-W | Pendientes menores al 7%; presenta salinidad, con drenaje moderado a imperfecto; grado de erosión leve a moderado y en clima cálido semiárido, requiere riego. | 4743,73 | 7,43 |
| | 3sc-8 | | | |
| 4 | 4s-8 | Los suelos son moderadamente profundos, están en clima cálido semiárido y presentan afectaciones por sales y erosión leve a moderada; requieren riego y practicas de manejo para evitar el aumento de sales en el perfil. | 1038,54 | 1,63 |
| | 4s-W | | 762,96 | 1,19 |
| 5 | 5hs-W | Suelos inundables en planicies y vallecitos, con encharcamientos prolongados, napa de agua cercana a la superficie y en clima cálido árido y cálido semiárido; fertilidad moderada a baja, fuertemente ácidos y alcalinos | 632,67 | 0,99 |
| | 5s-8 | | 291,38 | 0,46 |
| 6 | 6es-8 | Erosión moderada; profundidad efectiva moderada; contenidos medios a altos de sales; profundidad superficial a moderada; pendientes de planas a fuertemente inclinadas; clima cálido semiárido a semihúmedo | 1483,88 | 2,32 |
| | 6es-V | | 193,59 | 0,3 |
| | 6es-W | | 8640,1 | 13,53 |
| | 6p-8 | Terrenos con alta pedregosidad en superficie y en el perfil; con erosión leve a moderada: en clima cálido semiárido a semihúmedo; superficiales a moderadamente profundos; reacción moderadamente ácida a ligeramente alcalina. | 1502,15 | 2,35 |
| | 6pe-8 | | 3160,03 | 4,95 |
| | 6pes-V | | 1328,08 | 2,08 |
| | 6s-8 | Terrenos planos a fuertemente inclinados: clima cálido semiárido; contenido medio de sales; profundidad efectiva moderada | 843,41 | 1,32 |
| 7 | 7es-W | Suelos en clima cálido semihúmedo; en abanicos fluvio torrenciales; ligeramente inclinados a ligeramente escarpados; superficiales a moderadamente profundos; erosión moderada; contenidos altos de carbonatos. | 37725,61 | 5,83 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 7p-5 | Suelos con alta pedregosidad en superficie y en el perfil, superficiales a moderadamente profundos; en climas cálido semiárido, semihúmedo, templado semihúmedo, húmedo y frío húmedo y semihúmedo; con pendientes fuertemente inclinadas a ligeramente escarpadas; reacción moderadamente ácida a ligeramente alcalina; | 3242,42 | 5,08 |
| | 7p-8 | | 1255,36 | 1,97 |
| | 7pe-L | | 11765,9 | 18,42 |
| | 7pe-Q | | 8461,87 | 13,25 |
| | 7pe-V | | 2672,43 | 4,18 |
| | 7pe-W | | 231,38 | 0,36 |
| 8 | 8pes-L | Suelos con alta pedregosidad en superficie y en el perfil, con erosión moderada a severa; superficiales a moderadamente profundos; ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos en clima cálido semiseco y semihúmedo, templado semihúmedo y húmedo y páramo bajo húmedo. | 2793,79 | 4,37 |
| | 8pes-Q | | 776,17 | 1,22 |
| | 8pes-W | | 848,8 | 1,33 |
| CA | CA | Cuerpos de Agua | 377,73 | 0,59 |
| ZU | ZU | Zona Urbana | 436,73 | 0,68 |

Fuente: Guía POMCA.

Las principales limitantes en la cuenca son las altas pendientes, la pedregosidad en superficie y en el perfil y el déficit de humedad en los suelos, al menos durante un semestre, debido al efecto de la sombra orográfica de la serranía del Perijá.

Los usos potenciales del suelo son aquellos en los cuales se puede usar el suelo sin que haya degradación y pérdida de éste, con las características de las unidades anteriores, se deben implementar las siguientes prácticas de manejo para cada unidad de capacidad:

Las unidades de la clase agrológica 3c-8, 3sc-8, 3s-W, 4s-8 y 4s-W en clima cálido semiárido y semihúmedo, tienen como principales limitantes la erosión por sobreutilización en pastoreo y la acumulación de sales solubles por déficit de humedad; se deben usar en cultivos con variedades mejoradas como arroz, sorgo, algodón, soya, maíz, frijol, patilla, cacao, plátano, yuca, papaya, piña, mango, melón; pastos mejorados y leguminosas para ganadería. Dentro de las prácticas de manejo se hace necesario implementar riego debido al déficit de humedad en al menos un semestre al año, aplicación de materia orgánica, control de la acidez en zonas con pH ligeramente ácidos y adecuados métodos de riego para evitar la acumulación de sales solubles en el perfil del suelo, en las zonas que presentan ligera salinidad. Las zonas planas en llanura aluvial son mecanizables y no tienen limitante de pedregosidad.

La unidad de manejo 5hs-W son suelos cuyas limitantes principales son encharcamientos prolongados por nivel freático cercano a la superficie (h), profundidad efectiva muy

superficial y superficial, reacción fuertemente ácida en zonas encharcadas que produce fertilidad baja, en zonas con mejor drenaje, en terrazas levantadas hay presencia de sodio. Las zonas con encharcamientos prolongados se deben mantener en conservación de humedales, pues estas áreas se ubican hacia al cauce activo del río Cesar y las zonas con mejor drenaje se pueden usar en cultivos de ciclo muy corto.

La unidad de manejo 5s-8 presenta limitantes debidos a suelos muy superficiales a superficiales, con fragmentos de roca en superficie, déficit de humedad, contenidos altos de carbonatos, con pendientes ligeramente inclinadas presenta erosión leve a moderada, y por estar en clima cálido semihúmedo, los suelos presentan déficit de humedad. Se recomiendan sistemas silvo-pastoriles y cultivos de frutales arbóreos. Las prácticas de manejo deben incluir control de la erosión y riego tecnificado para evitar acumulación de sales y erosión por escorrentía.

Las unidades 6es-8, 6es-V, 6esW y 6s-8 presentan limitantes debidas a condiciones en el suelo como acumulación de sales solubles, pedregosidad en superficie y con pendientes desde planas a pendientes fuertemente inclinadas presentan erosión moderada, con déficit de humedad por más de seis meses al año por estar en clima cálido semiárido y semihúmedo y con texturas arenosas presenta baja retención de humedad. Estos suelos se desarrollan en la parte distal y media de los abanicos fluvio torrenciales de la cuenca. Se recomiendan cultivos de ciclo corto y sistemas agroforestales, silvo pastoriles y plantaciones forestales. Las prácticas de manejo deben incluir riego por goteo, aplicación fraccionada de fertilizantes, incorporación de materia orgánica y cultivos que usen cobertura en el suelo.

Las clases 6p-8, 6pe-8, 6pes-V ´presentan abundante pedregosidad en superficie y en el perfil, erosión moderada, superficiales a moderadamente profundos, baja retención de humedad y déficit de humedad, los que se hallan en materiales parentales calcáreos presentan sales solubles. Se recomiendan cultivos de ciclo corto con riego por goteo, sistemas agroforestales, silvopastoriles y agrosilvopastoriles.

Los grupos de manejo 7es-W, 7p-5, 7p-8, 7pe-L, 7pe-Q, 7pe-V, 7pe-W, 8pes-L y 8pes-Q, tienen suelos ubicados en pendientes desde fuertemente inclinadas a ligeramente escarpadas, con erosión moderada a severa, se ubican en las vertientes de los abanicos fluviotorrenciales y de las colinas en el sector de lomerío, así como en las vertientes de la zona de montaña; presentan déficit de humedad, tienen texturas gruesas y baja retención de humedad; se recomienda que estén bajo sistemas forestales y en conservación del ecosistema.

En las zonas de montaña son comunes áreas planas a ligeramente inclinadas, muy pequeñas, no cartografiables a escalas 1:25.000, que son adecuadas para cultivos con prácticas de manejo que eviten la erosión y labranza mínima pues tienen alta pedregosidad.

## 2.11. COBERTURA Y USOS DE LA TIERRA

De acuerdo con las indicaciones de la guía para la formulación del POMCA, el estudio de coberturas y uso de la tierra tiene ocho objetivos: el primero busca determinar las coberturas de la tierra (Corine Land Cover) a escala 1:25.000; el segundo determina el uso de la tierra en la cuenca a escala también a 1:25.000; el tercero desarrolla un análisis multitemporal de coberturas de la tierra; el cuarto realiza una caracterización especial de la vegetación natural relictual de la cuenca; el quinto calcula la presión de la población sobre los diferentes tipos de cobertura naturales; el sexto calcula y analiza el índice de ambiente crítico, el séptimo calcula el índice de estado actual de las coberturas naturales, y el octavo y último define medidas de protección de la cuenca por ser una cuenca abastecedora de acueducto.

### 2.11.1. Determinación del Uso y Cobertura la Tierra

De acuerdo con los alcances técnicos establecidos por la Unión Temporal POMCA 2019, los obtenidos con los recursos proporcionados a los intérpretes en campo, de las imágenes satelitales suministradas tanto por el IGAC como por CorpoCesar y siguiendo los lineamientos del Anexo A, de la Guía Técnica para la formulación de Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas hidrográficas -POMCA, emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se realizó el levantamiento y verificación de coberturas terrestres para el año 2019, para las cuencas Chiriaimo y Manaure teniendo en cuenta la siguiente metodología:

### 2.11.2. Desarrollo metodológico para la determinación de la Cobertura Terrestre Actual

Se empleó la metodología CORINE LandCover para la construcción del mapa de coberturas terrestres, en la cual se realizó previamente la planificación para el trabajo de campo en el área de aferencia de las cuencas. La metodología partió de seleccionar las visitas a la mayor cantidad de coberturas donde existieran dudas en la interpretación y fuera posible su acceso en menor tiempo y optimizando recursos. Para ello se seleccionaron previamente las áreas a verificar de acuerdo con dos criterios:

- Que fueran representativas de la región en la que se encuentra el área delimitada de las cuencas y si fuera posible que se encuentren todas las unidades de paisaje del área de estudio.
- Que se contara con vías de acceso y se pudiera garantizar la seguridad de los intérpretes.

Luego de esta etapa se desarrollaron tres fases:

### 2.11.2.1. Fase 1 Precampo

Se realizó la revisión de las imágenes disponibles de todos los años, incluyendo las anteriores a 2009 de los satélites Landsat, Sentinel, RapidEye y UltraCam, de diferentes instituciones (IGAC, IDEAM, IAvH, entre otros) para su obtención y procesamiento.

Posteriormente se adquirieron Imagines satelitales recientes del satélite SENTINEL 2 propiedad de la Agencia Espacial Europea (ESA), con resolución espacial en visible e infrarrojos de 10 m, multiespectral, de Julio 20 de 2019.

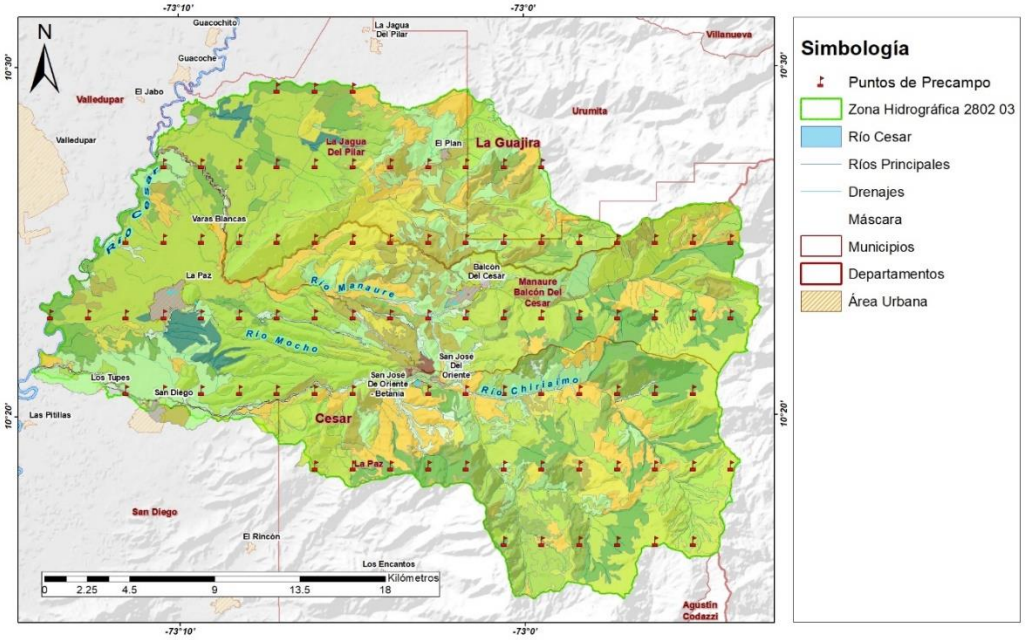
Se procesó la información básica y se verificó el sistema de coordenadas y la cobertura espacial de las imágenes y cartografía.

Se utilizaron las cinco (5) bandas disponibles, para la interpretación de la imagen satelital, esto teniendo en cuenta que las Bandas en infrarrojo (NIR y REDEDGE), son sensibles tanto a la cantidad de humedad en la superficie y los pigmentos de las plantas, si como los suelos desnudos y áreas artificializadas.

Para la clasificación de coberturas se empleó la Metodología CORINE Land Cover para Colombia a escala (1:100.000), elaborada por el IGAC, apoyados en el trabajo de campo y tomando para la interpretación imágenes de mayor resolución (10 m) para llegar a la escala requerida (1:25.000).

Se construyó a través del Software ArcGIS, un mapa para verificación de coberturas en campo tomando como base la información de coberturas disponible para Colombia el cual fue generado por el IDEAM a escala 1:100.000 y las Imagines satelitales recientes del satélite SENTINEL 2, las cuales permitieron identificar 16 diferentes tipos de coberturas con Nivel 3. (ver Figura 2-264).

**Figura 2-264. Mapa de Sitos de verificación inicialmente establecidos para el trabajo de campo**




Fuente: Autores (2019).

Se establecieron ochenta y cuatro (84) puntos de verificación, los cuales fueron transferidos junto con la imagen satelital y la divisoria de aguas de las cuencas al GPS. Esto con el fin de realizar la búsqueda de las coordenadas en campo y realizar la comprobación. Se incluyó, además la obtención de nuevos puntos de verificación en el transcurso de la ejecución y avance del trabajo de campo.

Se realizó la logística necesaria para el trabajo de campo, lo cual implico el ajuste y cargue de información del GPS, transporte a los sitios, acompañamiento de la población, etc. Se imprimieron los formularios de campo con la siguiente información. Número, vereda, coordenada x, coordenada y, cobertura mapa, cobertura en campo, forma de vida y observaciones y se creó un shapefile de puntos de verificación en campo.

### 2.11.2.2. Fase 2 Campo

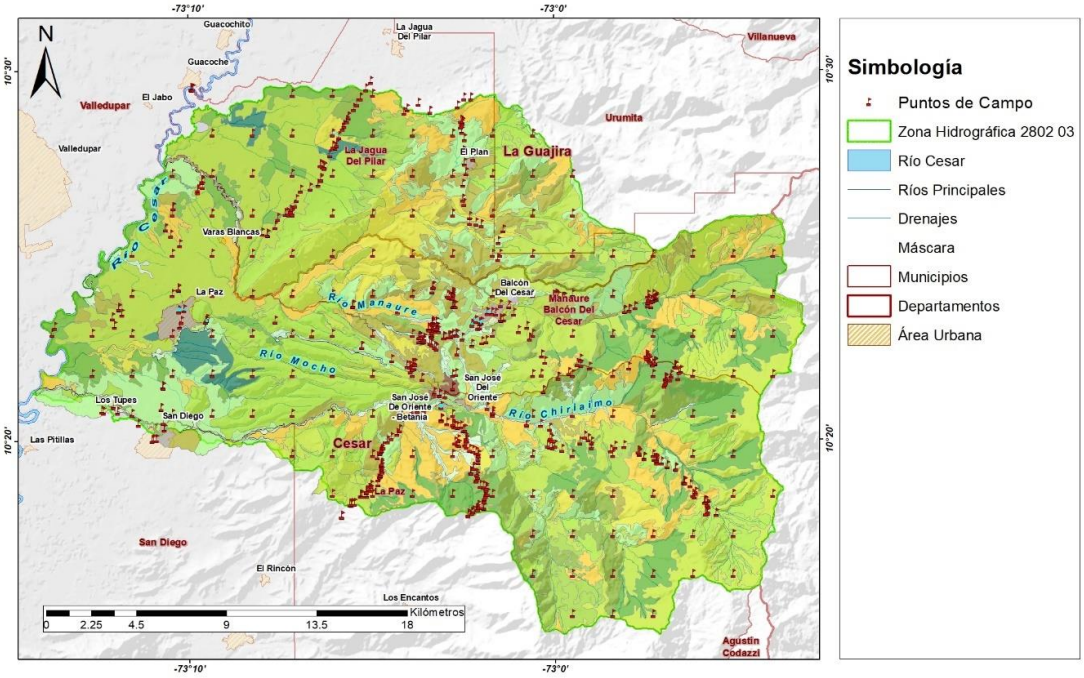
Utilizando las imágenes satelitales impresas y con los archivos de la interpretación disponibles (vías, drenajes, zonas de interés e imágenes satelitales) cargadas en el GPS, se siguió la ruta propuesta para verificación, observando y registrando puntos para cada cambio de cobertura, almacenando la información en el shapefile de puntos de verificación en campo construido.

Se realizó la descripción de la cobertura observada, y se registró en el formulario de campo de acuerdo a la leyenda de la metodología CORINE LandCover modificada por el IGAC

(nivel 4 y 5), identificada en la interpretación, se tomó además foto de la cobertura y de la forma de vida. También se realizaron anotaciones sobre el mapa impreso y cuando fue posible se realizaron los ajustes de delimitación de los polígonos verificados.

Se ejecutó la inclusión de trecientos cincuenta (350) puntos adicionales de verificación, sobre los cuales se realizó la corroboración de la cobertura presente, de acuerdo con el mapa inicial de verificación de campo, para la actualización y ajuste del mapa final. (ver Figura 2-265).

**Figura 2-265. Mapa de Sitos de verificación finales establecidos para el trabajo de campo**




Fuente: Autores (2019).

Esta verificación permitió ajustar el mapa de coberturas de la tierra, actualizando coberturas que en la imagen no coincidían con lo identificado en campo.

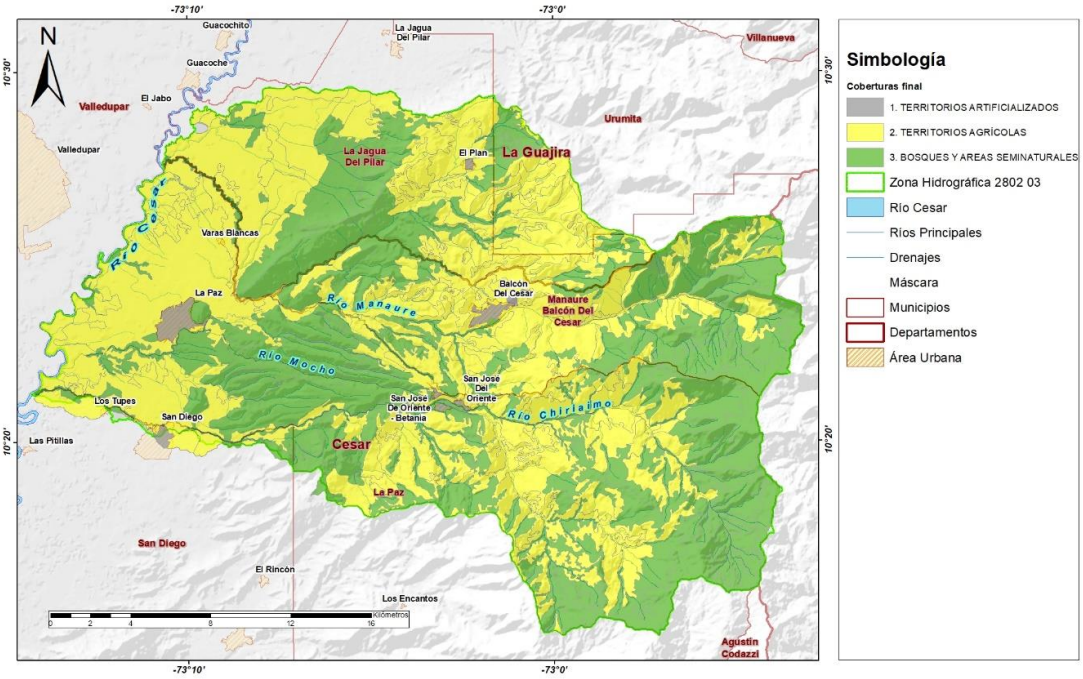
### 2.11.2.3. Fase 3 Poscampo

Con los resultados obtenidos de la validación de campo, se realizó la Digitalización de las coberturas de la tierra y como producto final de la misma se elaboró el mapa de Coberturas y Usos de la Tierra en las cuencas Manaure y Chiriaimo.

## 2.11.3. Descripción de las coberturas actuales de la tierra

Revisando la información de las coberturas de la tierra para el área de aferencia de las cuencas Chiriaimo y Manaure y de acuerdo con la Metodología CORINE Land Cover, se encontró un total de 18 tipos de cobertura, agrupadas en cuatro (4) niveles principales. (ver Figura 2-266 y Tabla 2-155).

**Figura 2-266. Coberturas de la tierra nivel I para las cuencas Chiriaimo y Manaure**




Fuente: Autores (2019).

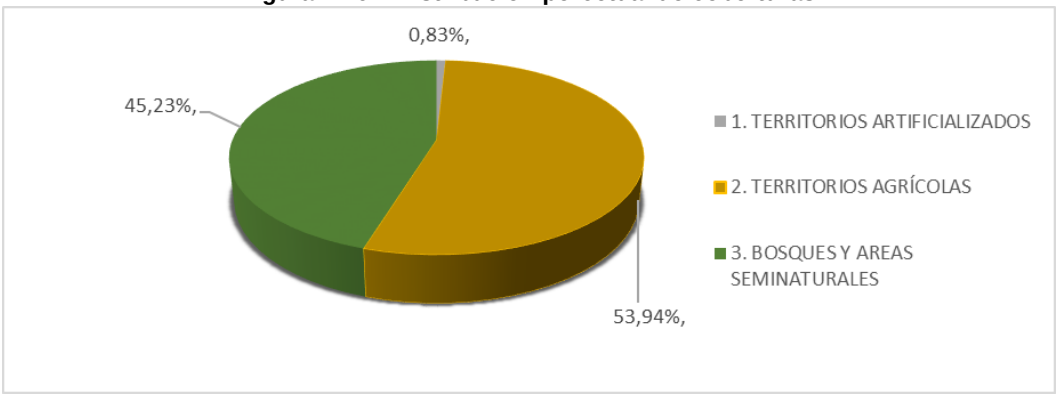
**Tabla 2-155. Distribución por área y porcentual de las coberturas nivel I**

| Coberturas Nivel 1 | Área total (Ha) | % |
|---|---|---|
| 1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS | 531.98 | 0.83% |
| 2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS | 34437.51 | 53.94% |
| 3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES | 28877.54 | 45.23% |
| **Total general** | **63847.03** | **100%** |

Fuente: Autores (2019).

Al establecer la distribución porcentual de las coberturas (ver Figura 2-267), se encuentra que los territorios agrícolas presentan la mayor proporción en las cuencas, con el 53.94%del total del área que correspondiente a 34437.51hectáreas, seguida de Bosques y áreas seminaturales, con el 45.23%, correspondientes a 28877.54 hectáreas y finalmente los territorios artificializados en menor proporción con 0.83% que equivale a 531.98 hectáreas.

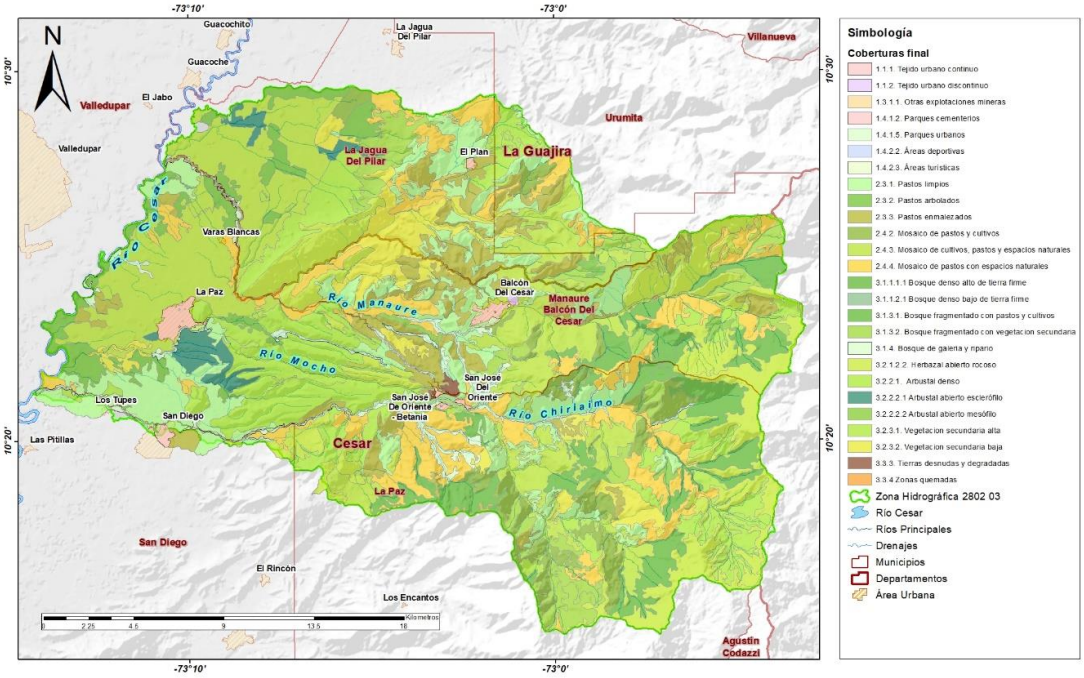
**Figura 2-267. Distribución porcetual de coberturas**




Fuente: Autores (2019).

Para los niveles 3, 4 y 5 al que se levantaron las coberturas de la tierra, se encuentra que la más representativa son los Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales, que ocupan el 18.80%del total del área de las cuencas con 12000.61 hectáreas, seguida por los Pastos limpios, Herbazal abierto rocoso y los Mosaicos de pastos con espacios naturales con 7236.42 hectáreas, 6913.90 hectáreas y 6420.10 hectáreas respectivamente, correspondientes al 11.33%, 10.83% y 10.06%. (ver Figura 2-268 y Tabla 2-156).

**Figura 2-268. Coberturas de la tierra último nivel de las cuencas Chiriaimo y Manaure para el año 2019**




Fuente: Autores (2019).

**Tabla 2-156. Coberturas de la tierra último nivel de las cuencas Chiriaimo y Manaure para el año 2019**

| Coberturas Finales | Área total (Ha) | % |
|---|---|---|
| 1.1.1. Tejido urbano continuo | 487.46 | 0.76% |
| 1.1.2. Tejido urbano discontinuo | 36.54 | 0.06% |
| 1.3.1.1. Otras explotaciones mineras | 0.21 | 0.00% |
| 1.4.1.2. Parques cementerios | 1.46 | 0.00% |
| 1.4.1.5. Parques urbanos | 0.58 | 0.00% |
| 1.4.2.2. Áreas deportivas | 3.08 | 0.00% |
| 1.4.2.2. Áreas deportivas | 2.64 | 0.00% |
| 1.4.2.3. Áreas turísticas | 7236.42 | 11.33% |
| 2.3.1. Pastos limpios | 2256.47 | 3.53% |
| 2.3.2. Pastos arbolados | 4192.89 | 6.57% |
| 2.3.3. Pastos enmalezados | 2331.03 | 3.65% |
| 2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos | 12000.61 | 18.80% |
| 2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | 6420.10 | 10.06% |
| 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales | 2696.87 | 4.22% |
| 3.1.1.1. Bosque denso alto | 1.17 | 0.00% |
| 3.1.1.2. Bosque denso bajo | 1897.79 | 2.97% |
| 3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos | 3275.21 | 5.13% |
| 3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria | 1443.92 | 2.26% |
| 3.1.4. Bosque de galería y ripario | 6913.90 | 10.83% |
| 3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso | 6128.98 | 9.60% |
| 3.2.2.1. Arbustal denso | 890.86 | 1.40% |
| 3.2.2.2. Arbustal abierto | 247.03 | 0.39% |
| 3.2.3.1. Vegetación secundaria alta | 2354.41 | 3.69% |
| 3.2.3.2. Vegetación secundaria baja | 2941.48 | 4.61% |
| 3.3.3. Tierras desnudas y degradadas | 81.05 | 0.13% |
| 3.3.4. Zonas quemadas | 4.88 | 0.01% |
| **Total general** | **63847.03** | **100%** |

Fuente: Autores (2019).

Los Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales, se encuentran en parches de tamaños variados algunas veces concentrados, estos se ubican principalmente en las zonas de la parte media y alta de las cuencas Chiriaimo y Manaure, sobre las cadenas montañosas hacia el oriente de las cuencas, que se extienden sobre una gran matriz de áreas de Herbazales abiertos rocosos y espacios naturales.

Se encuentra para las cuencas que los Herbazales abiertos rocosos y los arbustales densos que ocupan el 10.83% y 9.60% respectivamente, se encuentran como las coberturas más intervenidas principalmente por las quemas para el establecimiento de cultivos y potreros, que impactan de negativamente la regeneración natural, representada por los brinzales y latizales.

Por lo general en los Herbazales, se queman las zonas bajas aledañas a las vías y carreteras para el establecimiento de cultivos transitorios y permanentes con algunos excedentes para la venta a nivel regional, en los arbustales se presenta que el ganado en general utiliza estas áreas naturales como refugio del sol y paso hacía las fuentes de agua, ocasionando el deterioro de la regeneración por el pisoteo constante y el consumo de algunas especies apetecidas por el ganado.

A continuación, se presenta la descripción general para los niveles 4 y 5 de cada una de las dieciocho (18) coberturas de la tierra identificadas, para el área de las cuencas Chiriaimo y Manaure.

### 2.11.4. Territorios Artificializados

Esta cobertura está vinculada a las áreas que fueron transformadas por el hombre para crear su entorno de convivencia y desarrollo, como lo son las áreas urbanas, poblaciones, infraestructura vial, zonas de extracción de materiales, zonas de desarrollo de actividades comerciales y áreas verdes artificializadas.

En las cuencas Chiriaimo y Manaure, se identificaron ocho (8) tipos de coberturas con nivel 4 de territorios artificializados, correspondientes a los tejidos urbanos continuo y discontinuo, que incluyen algunos parques, áreas deportivas y cementerios, sitios de explotación de calizas y de materiales de construcción

Dentro de las coberturas identificadas para el nivel 4 de la metodología CORINE Land Cover modificada por el IGAC, sobresale el tejido urbano continuo y discontinuo, con el 0,76% del área total de las cuencas, con 487.46 hectáreas conjuntamente. (ver Tabla 2-157).

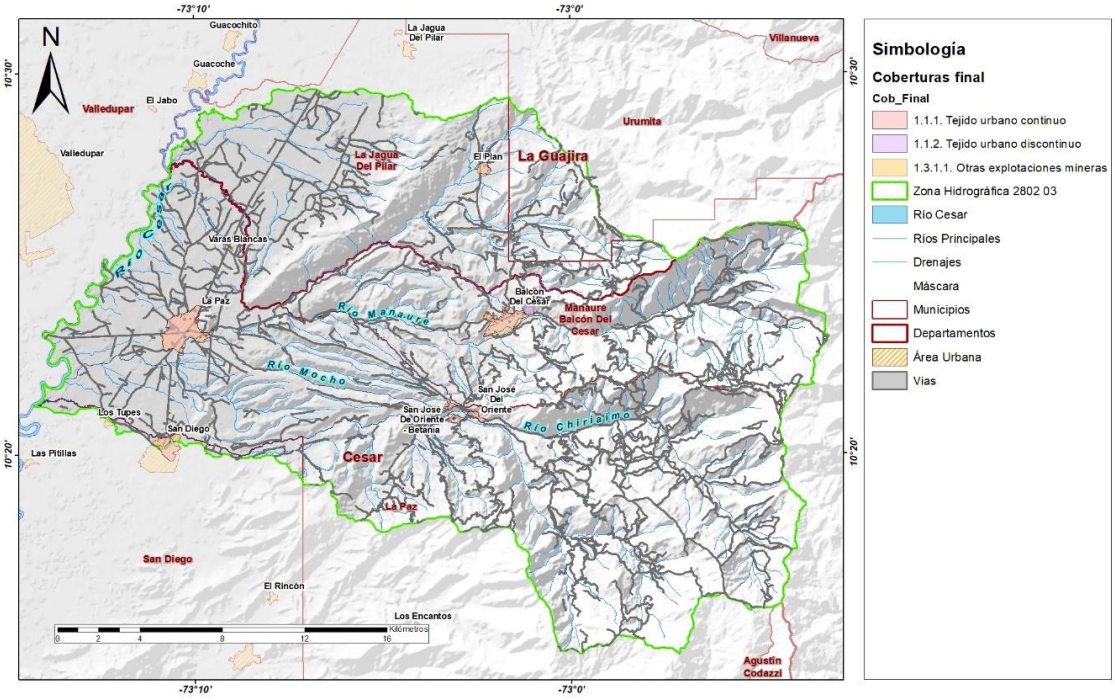
**Tabla 2-157. Distribución de los territorios artificializados para las cuencas Chiriaimo y Manaure**

| Coberturas Finales | Área total (Ha) | % |
|---|---|---|
| 1.1.1. Tejido urbano continuo | 487.46 | 0.76% |
| 1.1.2. Tejido urbano discontinuo | 36.54 | 0.06% |
| 1.3.1.1. Otras explotaciones mineras | 0.21 | 0.00% |
| 1.4.1.2. Parques cementerios | 1.46 | 0.00% |
| 1.4.1.5. Parques urbanos | 0.58 | 0.00% |
| 1.4.2.2. Areas deportivas | 0.13 | 0.00% |
| 1.4.2.2. Áreas deportivas | 2.95 | 0.00% |
| 1.4.2.3. Áreas turísticas | 2.64 | 0.00% |
| **Total general** | **531.98** | **0.83%** |

Fuente: Autores (2019).

Se encontró dentro del tejido urbano continuo elemento de dotación institucionales como Parques urbanos, Parques cementerios, Áreas deportivas, Áreas deportivas, Áreas turísticas, y zonas con Otras explotaciones mineras. (ver Figura 2-269).

**Figura 2-269. Distribución de los territorios artificializados para las cuencas Chiriaimo y Manaure**




Fuente: Autores (2019).

### 2.11.4.1. Tejido urbano continuo

Son zonas que presentan un alto nivel de artificialización, principalmente por la antropización del paisaje para el establecimiento de asentamientos humanos, los cuales cuentan con la prestación de servicios tanto públicos, como sociales. Estos fenómenos de antropización del paisaje en la región con el aumento de la población, han generado el aumento del tamaño de los centros poblados, representados principalmente por los cascos urbanos de los municipios de La Paz el corregimiento San José y en menor proporción de Manaure Balcón de Cesar. (ver Figura 2-270).

**Figura 2-270. Tejido urbano continuo para las cuencas Chiriaimo y Manaure**



a) Municipio de La Paz b) Municipio de Manaure Balcón de Cesar

Fuente: Autores (2019).

### 2.11.4.2. Tejido urbano discontinuo

Estás áreas las conforman las edificaciones y las zonas verdes adyacentes, las cuales cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, el resto del área está cubierta por vegetación de zonas verdes o áreas sin construir.

Para la delimitación de esta unidad se puede presentar dificultad cuando otras coberturas de tipo natural y seminatural se mezclan con áreas clasificadas como zonas urbanas. Para tal fin, se tuvo en cuenta el criterio del área mínima cartografiable.

La cobertura de tejido urbano discontinuo para el área total de las cuencas Chiriaimo y Manaure ocupa tan solo el 0,06% del área total, con una extensión de 36.54 hectáreas, representada en la zona por los caseríos y cascos urbanos dispersos o con baja densidad poblacional. (ver Figura 2-271).

**Figura 2-271. Tejido urbano discontinuo municipio de La Paz**



Fuente: Autores (2019).

### 2.11.4.3. Explotación de materiales de construcción

En estas zonas se realiza la extracción o acumulación de materiales asociados con actividades mineras, de construcción, industrial y vertimiento de residuos de diferente origen (IDEAM, 2010).

Para las cuencas Chiriaimo y Manaure, se identificaron tres áreas dedicadas a este tipo de explotación, con un área total de 0.21 hectáreas correspondientes a menos del 0.1% del total de la superficie de las cuencas. Estas explotaciones mineras se encuentran ubicadas principalmente en los costados de la vía Manaure Balcón de Cesar – La Paz, en sitios de fácil acceso y en donde las condiciones geológicas y edáficas, han generado afloramientos aptos para la extracción de material de relleno y construcción y explotación de calizas. (ver Figura 2-272).

**Figura 2-272. Explotación de materiales de construcción y calizas (Mina Cal y Man) vereda La Tomita**



Fuente: Autores (2019).

## 2.11.5. Territorios Agrícolas

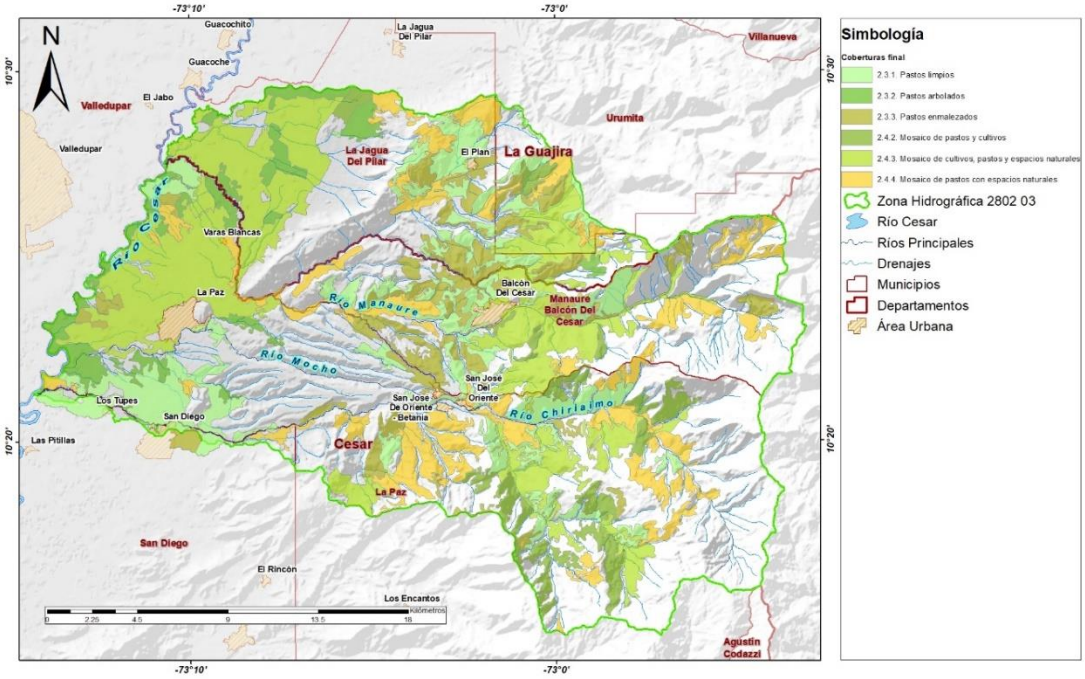
Son zonas que han sido destinadas principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea como cultivos asociados con pastos en rotación y en descanso o barbecho. Esta integra las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas, en las cuales también se pueden dar usos pecuarios además de los agrícolas (IDEAM 2010).

Esta agrupación de coberturas ocupa la mayor extensión en ambas cuencas, con 53.94%, equivalente a 34437.51 hectáreas. Esto debido a que la vocación y las actividades productivas tradicionales en la zona, se han enfocado en la ganadería y la agricultura principalmente. La mayor parte de las áreas agrícolas en las cuencas, se asocian con ganaderías extensivas ubicadas principalmente hacia el occidente. (ver Figura 2-273).

La mayor parte de la extensión de las cuencas Chiriaimo y Manaure, está ocupada por los Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales con 18.80%, seguidos por los Pastos limpios con 11.33% y por los Mosaicos de pastos con espacios naturales 10.06%. En menor proporción se encuentran los pastos enmalezados y los Mosaico de pastos y cultivos que ocupan el 6.57 y el 3.65% respectivamente, los cuales están conformados por parcelas pequeñas con diferentes tipos de cultivos y diferentes clases de pasturas con poca extensión.

Por lo general estos mosaicos en los territorios agrícolas, presentan espacios naturales pequeños, que no alcanzan el área mínima cartografiable (1 Hectarea), dentro de los que se destacan parches de cultivos transitorios y permanentes con bosques o vegetación secundaria y algunos corredores de bosques de galería. (ver Figura 2-273 y Tabla 2-158).

**Figura 2-273. Distribución espacial de los territorios agrícolas en las cuencas Chiriaimo y Manaure**




Fuente: Autores (2019).

**Tabla 2-158. Distribución de los territorios agrícolas en las cuencas Chiriaimo y Manaure**

| Coberturas Finales | Área total (Ha) | % |
|---|---|---|
| 2.3.1. Pastos limpios | 7236.42 | 11.33% |
| 2.3.2. Pastos arbolados | 2256.47 | 3.53% |
| 2.3.3. Pastos enmalezados | 4192.89 | 6.57% |
| 2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos | 2331.03 | 3.65% |
| 2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | 12000.61 | 18.80% |
| 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales | 6420.10 | 10.06% |
| **Total general** | **34437.51** | **53.94%** |

Fuente: Autores (2019).

### 2.11.5.1. Pastos Limpios

Estas coberturas pertenecen a las áreas cubiertas con hierba densa, de composición florística donde predomina principalmente la familia Poaceae. Estas áreas han sido destinadas al pastoreo permanente por un período de dos o más años. Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales, especialmente cuando están ubicadas en zonas bajas o en depresiones del terreno.

Según el IDEAM (2010), la característica principal de esta cobertura, es que su presencia se debe esencialmente a la acción antrópica, especialmente por su establecimiento y manejo, con la introducción de especies que no son nativas principalmente.

Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%. La realización de prácticas de manejo (limpieza, encalamiento y /o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas. En Colombia, se encuentran coberturas de pastos limpios asociadas con una amplia variedad de relieves y climas, con un desarrollo condicionado principalmente a las prácticas de manejo utilizadas según el nivel tecnológico disponible o las costumbres de cada región (IDEAM, 2010).

Las coberturas de pastos representan entre 30% y 70% de la superficie total del mosaico. Estos se conforman principalmente por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o ripario, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas y que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural (IDEAM 2010).

En las cuencas esta cobertura tiene una extensión de 7236.42 hectáreas, equivalente al 11.33%. Esta cobertura presenta espacios naturales no intervenidos que pueden ser vegetación en estados secundarios sucesiones y pastos manejados, con uso de ganadería extensiva y conservación. (ver Figura 2-274).

**Figura 2-274. Pastos limpios**



Fuente: Autores (2019).

### 2.11.5.2. Pastos Arbolados

Esta cobertura incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han establecido potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor a 30% y menor a 50% del área total de la unidad de pastos. En Colombia, se ubican en general sobre áreas planas ganaderas de climas cálidos, principalmente en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Córdoba, Cesar, Magdalena, Santander, Sucre, Valle del Cauca y Caldas (IDEAM, 2010).

Los pastos arbolados se alternan en las cuencas Chiriaimo y Manaure con los pastos enmalezados y limpios, ocupando un área correspondiente al 3.53% equivalente a 2256.47 hectáreas. Adicionalmente se presentan las mismas variedades del pasto limpio y están mezclados con árboles de especies nativas o introducidas para el sombrío del ganado y la extracción selectiva esporádica de madera y leña. Los pastos arbolados se identificaron también como áreas pequeñas y fraccionadas dentro de los diferentes tipos de mosaicos que se definieron. (ver Figura 2-275).

**Figura 2-275. Pastos arbolados**



Fuente: Autores (2019).

### 2.11.5.3. Pastos Enmalezados

Según IDEAM (2010), son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas que conforman asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura de la vegetación secundaria es menor a un metro y medio.

En las cuencas Chiriaimo y Manaure, los pastos enmalezados ocupan el 6.57%del área total, con 4192.89 hectáreas y se encuentran en las áreas donde la actividad ganadera extensiva ha sido desatendida o sobre terrenos abandonados, donde la maleza y especies arbóreas y arbustivas, se han empezado a desarrollar como consecuencia de la regeneración natural, la cual no presenta una estructura definida y presenta alturas menores a 1.5 metros. (ver Figura 2-276).

**Figura 2-276. Pastos enmalezados**



Fuente: Autores (2019).

### 2.11.5.4. Mosaico de pastos y cultivos

Agrupa las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual (IDEAM, 2010).

Estos mosaicos de pastos y cultivos presentan arreglos geométricos característicos para las imágenes que facilitan su interpretación; igualmente una amplia gama de tonalidades y colores, debido a sus diferentes estados vegetativos y las variadas prácticas de manejo.

Pueden inclusive presentar confusión con la unidad de mosaico de cultivos, por la similitud en el patrón espacial, requiriendo para su identificación y clasificación el uso de información secundaria como fotografías aéreas, mapas temáticos, control de campo y otra información agrícola (IDEAM, 2010).

En las cuencas este mosaico, ocupa 3.65%del total del área las cuencas, correspondiente a 2331.03 hectáreas. Estas áreas son aprovechadas en muchos casos, para la producción de “pancoger” de cultivos como plátano, y yuca con menor proporción de algunos excedentes de cacao, aguacate y café que salen a la venta a nivel regional, combinados con el pastoreo. (ver Figura 2-277).

**Figura 2-277. Mosaico de pastos y cultivos**



Fuente: Autores (2019).

### 2.11.5.5. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales

Comprende las superficies terrestres del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales. En este mosaico, el patrón de distribución de las coberturas no puede ser representado individualmente por su pequeño tamaño (IDEAM, 2010).

Las áreas de cultivos y pastos ocupan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o riparios, vegetación secundaria o en transición, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas, que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural (IDEAM, 2010).

Estos mosaicos son los de mayor extensión en las cuencas Chiririaimo y Manaure, se mezclan bajo la forma de pequeños lotes de café, maíz, yuca, plátano, aguacate, cacao, hacia el oriente, y en menor proporción ají dulce, melón, patilla y papaya, hacia el occidente, con áreas de pastos limpios, enmalezados o arbolados y espacios naturales, conformados por relictos de bosques naturales, arbustales o vegetación secundaria. Esta cobertura ocupa un área de 12000.61 hectáreas correspondientes al 18.80%. (ver Figura 2-278).

**Figura 2-278. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales**



Fuente: Autores (2019).

### 2.11.5.6. Mosaico de pastos con espacios naturales

Según el IDEAM (2010), está constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos combinados con espacios naturales. Este patrón de distribución de las zonas de pastos y de espacios naturales no puede ser representado individualmente y las parcelas de pastos presentan un área menor al área mínima cartografiable

Las coberturas de pastos representan entre 30% y 70% de la superficie total del mosaico. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o ripario, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas y que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural (IDEAM 2010).

Representa el 10.06% de las cuencas, abarcando 6420.10 hectáreas. Esta cobertura cuenta con espacios naturales no intervenidos de vegetación que se encuentran en estados secundarios sucesiones y pastos manejados, con uso de ganadería extensiva y conservación. (ver Figura 2-279).

**Figura 2-279. Mosaico de pastos con espacios naturales**



Fuente: Autores (2019).

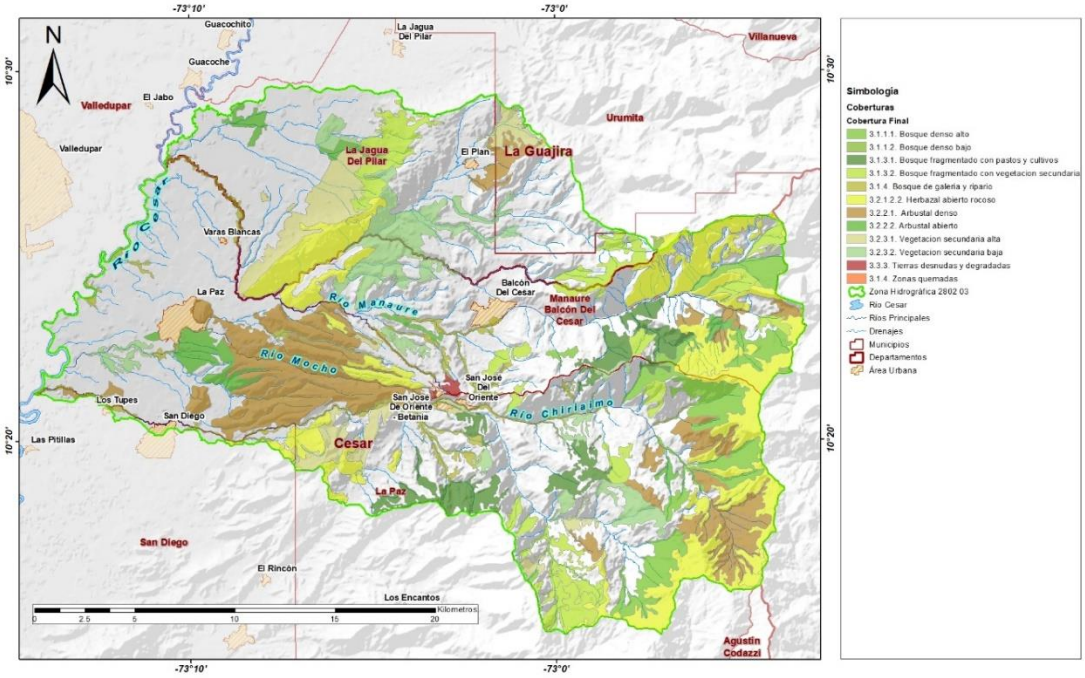
### 2.11.6. Bosques y Áreas Semi naturales

Comprende el conjunto de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrollados sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales que son el resultado de procesos climáticos; también por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación (IDEAM, 2010).

Para esta categoría la leyenda de coberturas de la tierra de Colombia, incluye otras coberturas que son el resultado de una fuerte intervención antrópica, como son las plantaciones forestales y la vegetación secundaria o en transición (IDEAM, 2010).

En esta categoría para la cuenca se encuentran los bosques naturales, la vegetación intervenida y en regeneración, así como las áreas en proceso de transformación para cultivos y las que han sufrido procesos de degradación. Ocupan el 45.45% del área de las cuencas y corresponde a 28852.28 hectáreas. (ver Figura 2-280 y  Tabla 2-159).

**Figura 2-280. Distribución de los Bosques y Áreas Semi naturales**




Fuente: Autores (2019).

**Tabla 2-159. Distribución de las áreas naturales y seminaturales de las cuencas Chiriaimo y Manaure**

| Coberturas Finales | Área total (Ha) | % |
|---|---|---|
| 3.1.1.1. Bosque denso alto | 2697.71 | 4.25% |
| 3.1.1.2. Bosque denso bajo | 36.51 | 0.06% |
| 3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos | 1898.43 | 2.99% |
| 3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria | 3275.07 | 5.16% |
| 3.1.4. Bosque de galería y ripario | 1434.08 | 2.26% |
| 3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso | 6896.27 | 10.86% |
| 3.2.2.1. Arbustal denso | 6094.43 | 9.60% |
| 3.2.2.2. Arbustal abierto | 1137.93 | 1.79% |
| 3.2.3.1. Vegetación secundaria alta | 2354.48 | 3.71% |
| 3.2.3.2. Vegetación secundaria baja | 2941.45 | 4.63% |
| 3.3.3. Tierras desnudas y degradadas | 81.05 | 0.13% |
| 3.3.4. Zonas quemadas | 4.88 | 0.01% |
| **Total general** | 28852.28 | **45.45%** |

Fuente: Autores (2019).

### 2.11.6.1. Bosque denso alto de tierra firme

Es una comunidad vegetal dominada por árboles que forman un estrato de copas continuo cuya área representa más de 70% del área total de la unidad o formación identificada, y con altura del dosel superior a cinco (5) metros. Estas formaciones vegetales han sido intervenidas de manera selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IDEAM, 2010).

Esta cobertura ocupa el 4.22% del área total de las cuencas Chiriaimo y Manaure, correspondiente a 2696.87 hectáreas y se caracterizan por estar ubicados en las partes altas y medias de las mismas. En general se trata de áreas de bosques intervenidos selectivamente para la extracción de maderas valiosas. Se ubican principalmente sobre las zonas altas, ubicadas hacia el nororiente y noroccidente de las cuencas. (ver Figura 2-281).

**Figura 2-281. Bosque denso alto de tierra firme**



Fuente: Autores (2019).

### 2.11.6.2. Bosque denso bajo de tierra firme

Agrupa a las áreas con vegetación de tipo arbóreo, caracterizada por un estrato más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y con altura del dosel entre cinco (5) y quince (15) metros, y que se encuentra localizada en zonas en donde no hay presencia de inundaciones periódicas (IDEAM, 2010).

En las cuencas esta cobertura ocupa menos del 0.01% del total, correspondiente a 1.17hectáreas, siendo una de las coberturas menos representativa en extensión, no solamente dentro de las de tipo natural, sino para todas las demás coberturas. En general,

este tipo de bosque presenta un alto grado de intervención selectiva, con extracción de especies valiosas, dando origen a la modificación de la estructura y composición prístina, transformándola en una cobertura un poco menos compleja. (ver Figura 2-282).

**Figura 2-282. Bosque denso bajo de tierra firme**



Fuente: Autores (2019).

### 2.11.6.3. Bosque fragmentado con pastos y cultivos

Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales donde se ha presentado intervención humana de tal manera que el bosque mantiene su estructura original. Las áreas de intervención están representadas en zonas de pastos y cultivos, las cuales se observan como parches de variadas formas y distribución irregular dentro de la matriz del bosque. Las áreas de pastos y cultivos deben representar entre 5% y 30% del área total de la unidad de bosque natural. La distancia entre fragmentos de intervención no debe ser mayor a 250 metros (IDEAM, 2010).

Esta cobertura en las cuencas ocupa 2.97% del área total de la cuenca que equivale a 1897.79 hectáreas y se presenta como resultado de las intervenciones a las coberturas de bosque para el establecimiento de pastos y cultivos en la cuenca principalmente. (ver Figura 2-283).

**Figura 2-283. Bosque fragmentado con pastos y cultivos**



Fuente: Autores (2019).

### 2.11.6.4. Bosque fragmentado con vegetación secundaria

Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales donde se presentó intervención humana y recuperación del bosque, de tal manera que el bosque mantiene su estructura original. Las áreas de intervención están representadas en zonas de vegetación secundaria, las cuales se observan como parches de variadas formas que se distribuyen de forma irregular en la matriz de bosque. Su origen es debido al abandono de áreas de pastos y cultivos, donde ocurre un proceso de regeneración natural del bosque en los primeros estados de sucesión vegetal. Los parches de intervención deben representar entre 5% y 50% del área total de la unidad. La distancia entre fragmentos de intervención no debe ser mayor a 250 metros (IDEAM, 2010).

Para las cuencas Chiriaimo y Manaure, esta cobertura ocupa un área de 3275.21 hectáreas, que representa el 5.13% del área total y se origina principalmente por el abandono de cultivos y pastos por más de 4 años en zonas intervenidas aledañas a las coberturas de bosque denso. (ver Figura 2-284).

**Figura 2-284. Bosque fragmentado con vegetación secundaria**



Fuente: Autores (2019).

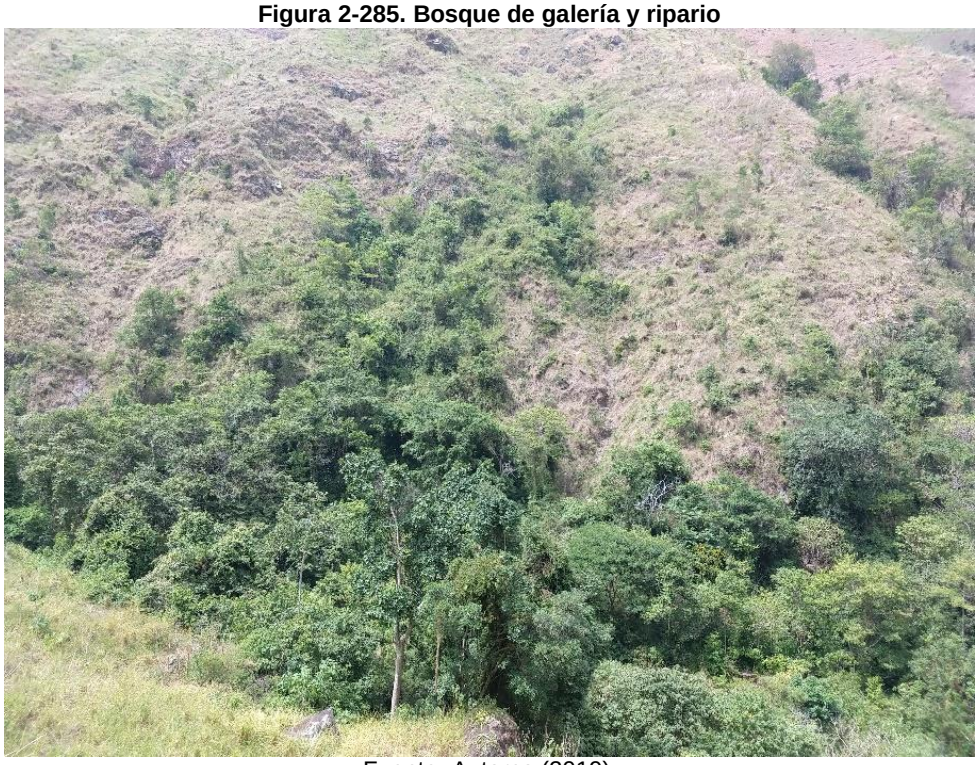
### 2.11.6.5. Bosques Ripario y /o de galería

Según el IDEAM (2010), esta agrupa las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, y a que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Cuando la presencia de estas franjas de bosques ocurre en regiones de sabanas se conoce como bosque de galería o cañadas, las otras franjas de bosque en cursos de agua de zonas andinas son conocidas como bosque ripario.

Los bosques de galería se encuentran como una de las coberturas de mayor importancia ecosistémica, debido a la capacidad de conectividad entre diferentes coberturas naturales, conformando corredores de movilidad para diferentes especies, además de su carácter protector de las fuentes y corrientes hídricas. Esta cobertura se encuentra muy intervenida, por los procesos de deforestación de las riberas para el establecimiento de pasturas.

Los bosques de galería para las cuencas, ocupan el 2.26% del total de la superficie, con 1443.92 hectáreas, a pesar que muchos de los corredores de galería no son cartografíables debido a que presentan un ancho muy pequeño. (ver Figura 2-285).

**Figura 2-285. Bosque de galería y ripario**



Fuente: Autores (2019).

### 2.11.6.6. Herbazal abierto rocoso

Corresponde a las áreas dominadas por vegetación natural herbácea abierta que presentan una cobertura entre 30% y 70%. En ningún caso se pueden presentar elementos arbóreos. Se desarrollan sobre áreas de sustratos predominantemente rocosos y pedregosos que no retienen humedad. (IDEAM 2010).

Esta cobertura natural es la que mayor área en las cuencas ocupa y la componen especies herbáceas naturales ubicadas sobre las laderas rocosas de las montañas que en este caso corresponden aproximadamente al 10.83% del total de las cuencas, con 6913.90 hectáreas. Esta vegetación de bajo porte, crece de manera natural iniciando procesos sucesiones. (ver Figura 2-286).

**Figura 2-286. Herbazal abierto rocoso**



Fuente: Autores (2019).

### 2.11.6.7. Arbustal denso

Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida (FAO, 2001). Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbustivos, los cuales forman un dosel irregular, el cual representa más de 70% del área total de la unidad.

La unidad puede contener elementos arbóreos dispersos. Esta formación vegetal no ha sido intervenida o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y sus características funcionales (IGAC, 1999). Esta cobertura ocupa el 9.60% del total de la superficie de las cuencas, con 6128.98 hectáreas y se encuentra distribuida de forma uniforme por ambas las cuencas, bajo la forma de manchas de forma y tamaño variable. (ver Figura 2-287).

**Figura 2-287. Arbustal denso**



Fuente: Autores (2019).

### 2.11.6.8. Arbustal abierto esclerófilo

Este tipo de arbustal abierto está caracterizado por presentar una vegetación esclerófila compuesta por arbustos achaparrados y por árboles pequeños, caracterizados por tener hojas duras y caducifolias, con cutícula gruesa y suculenta, por ejemplo, los cactus y/o plantas espinosas. Comprende numerosas especies adaptadas a los climas áridos tales como el Trupillo (*Prosopis juliflora DC.*) y el Dividivi (*Caesalpinia coriaria (Jacq.) Willd.*), entre otros (IDEAM, 2010).

Para las cuencas esta cobertura ocupa un 1.40% del área total correspondiente a 890.86 hectáreas. Esta formación vegetal ha sido parcialmente intervenida realizando intervenciones selectivas, pero aún conserva rasgos de su estructura original y sus características funcionales. (ver Figura 2-288).

**Figura 2-288. Arbustal abierto esclerófilo**



Fuente: Autores (2019).

### 2.11.6.9. Arbustal abierto mesófilo

Este tipo de arbustal abierto está caracterizado por presentar una vegetación mesófila compuesta por una comunidad vegetal donde predominan los arbustos achaparrados y árboles pequeños, que se localizan en zonas húmedas, caracterizadas por su considerable precipitación y humedad atmosférica durante casi todo el año (IDEAM, 2010).

Esta cobertura natural ocupa el 0.39% del total de las cuencas y la componen especies herbáceas naturales que se ubican sobre las laderas y las cimas rocosas de las montañas, con 247.03 hectáreas. Esta vegetación, crece de manera natural iniciando procesos sucesiones. (ver Figura 2-289).

**Figura 2-289. Arbustal abierto mesófilo**



Fuente: Autores (2019).

### 2.11.6.10. Vegetación secundaria alta

Son aquellas áreas cubiertas por vegetación principalmente arbórea con dosel irregular y presencia ocasional de arbustos, palmas y enredaderas, que corresponde a los estadios intermedios de la sucesión vegetal, después de presentarse un proceso de deforestación de los bosques o aforestación de los pastizales. Se desarrolla luego de varios años de la intervención original, generalmente después de la etapa secundaria baja. Según el tiempo transcurrido se podrán encontrar comunidades de árboles formadas por una sola especie o por varias.

En las cuencas Chiriaimo y Manaure esta cobertura ocupa 3.69% del área total que equivale a 2354.41 hectáreas y se presenta principalmente en la parte baja y media de las cuencas. Dada principalmente por el abandono de zonas destinadas anteriormente a pastoreo y cultivos. (ver Figura 2-290).

**Figura 2-290 Vegetación secundaria alta**



Fuente: Autores (2019).

### 2.11.6.11. Vegetación secundaria baja

Son aquellas áreas cubiertas por vegetación principalmente arbustiva y herbácea con dosel irregular y presencia ocasional de árboles y enredaderas, que corresponde a los estadios iniciales de la sucesión vegetal después de presentarse un proceso de deforestación de los bosques o aforestación de los pastizales. Se desarrolla posterior a la intervención original y, generalmente, están conformadas por comunidades de arbustos y herbáceas formadas por muchas especies. La vegetación secundaria comúnmente corresponde a una vegetación de tipo arbustivo herbáceo de ciclo corto, con alturas que no superan los cinco metros y de cobertura densa. Por lo general corresponde con una fase de colonización de inductores preclimáticos, donde especies de una fase más avanzada se establecen y comienzan a emerger.

Al establecer el área que se encuentra en vegetación secundaria baja para las cuencas, se observa que esta posee el 4.61% del área total, equivalente a 2941.48Hectáreas, que al igual que para la vegetación secundaria alta, su origen está dado por las actividades realizadas para el establecimiento de cultivos y pasturas, pero posteriormente estos fueron abandonados, dando paso al proceso de regeneración natural. (ver Figura 2-291).

**Figura 2-291. Vegetación secundaria baja**



Fuente: Autores (2019).

### 2.11.6.12. Tierras desnudas y degradadas

Esta cobertura corresponde a superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema y /o condiciones climáticas extremas. Se incluyen las áreas donde se presentan tierras salinizadas, en proceso de desertificación o con procesos de erosión que originan cárcavas (IDEAM, 2010).

En Colombia, la unidad se localiza principalmente en las áreas planas de la región Caribe y en las planicies de los valles de los ríos Magdalena y Cauca, principalmente de los departamentos de Cesar, Guajira, Magdalena, Bolívar, Atlántico, Sucre, Tolima, Huila y Valle del Cauca (IDEAM, 2010).

Se encontró esta cobertura asociada principalmente a zonas deterioradas por la sobre explotación para la siembra de cultivos como el maíz y zonas deterioradas igualmente por el pastoreo. Ocupa un 0.13%% del área, con 81.05 hectáreas. (ver Figura 2-292).

**Figura 2-292. Tierras desnudas y degradadas**



Fuente: Autores (2019).

### 2.11.6.13. Zonas quemadas

Comprende las zonas afectadas por incendios recientes, donde los materiales carbonizados todavía están presentes. Estas zonas hacen referencia a los territorios afectados por incendios localizados tanto en áreas naturales como seminaturales, tales como bosques, cultivos, sabanas y arbustales (IDEAM, 2010).

Las zonas quemadas ocupan el 0.01% del área total de las cuencas, con 4.88 hectáreas. Esta práctica se desarrolla principalmente para la limpieza o desmonte rápido de áreas para ser sembradas o resembradas. (ver Figura 2-293).

**Figura 2-293. Zonas quemadas**



Fuente: Autores (2019).

### 2.11.7. Descripción de los usos actuales de la tierra

Para la determinación del uso actual del suelo, se tomó como insumo principal el mapa de coberturas de la tierra, actualizadas de acuerdo con lo presentado en numerales anteriores y se homologaron con los usos establecidos en la tabla denominada “Usos principales determinados por la capacidad de uso de los suelos” que se presenta en el Anexo A de la Guía de formulación de POMCAS. Según la tabla “Usos principales determinados por la capacidad de uso de los suelos” del Anexo A de la Guía de formulación de POMCAS, no se establece categoría de usos para las zonas con infraestructura (Tejido urbano continuo, Tejido urbano discontinuo, Red vial y territorios asociados) ni para la Explotación de materiales de construcción, por lo que para estas zonas se va a aplicar la denominación de construcciones para este tipo de coberturas presentes en las cuencas.

De acuerdo con este levantamiento, se obtuvieron los resultados que se presentan a continuación, dentro de los cuales se destaca el predominio de las áreas dedicadas al uso ganadero, principalmente para explotaciones de tipo extensivo, representadas por las coberturas de pastos limpios, enmalezados o arbolados, así como los mosaicos compuestos por este tipo de áreas. (ver Tabla 2-160).

**Tabla 2-160. Usos de la tierra según las coberturas de la tierra de las cuencas Chiriaimo y Manaure**

| Usos del suelo | Cobertura final | Área total (Ha) | % |
|---|---|---|---|
| Construcciones | 1.1.1. Tejido urbano continuo | 487.46 | 0.76% |
| | 1.1.2. Tejido urbano discontinuo | 36.54 | 0.06% |
| | 1.3.1.1. Otras explotaciones mineras | 0.21 | 0.00% |
| | 1.4.1.2. Parques cementerios | 1.46 | 0.00% |
| | 1.4.1.5. Parques urbanos | 0.58 | 0.00% |
| | 1.4.2.2. Áreas deportivas | 0.13 | 0.00% |
| | 1.4.2.2. Áreas deportivas | 2.95 | 0.00% |
| | 1.4.2.3. Áreas turísticas | 2.64 | 0.00% |
| Pastoreo extensivo | 2.3.1. Pastos limpios | 7236.42 | 11.33% |
| | 2.3.2. Pastos arbolados | 2256.47 | 3.53% |
| | 2.3.3. Pastos enmalezados | 4192.89 | 6.57% |
| | 2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos | 2331.03 | 3.65% |
| | 2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | 12000.61 | 18.80% |
| | 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales | 6420.10 | 10.06% |
| Sistema forestal protector | 3.1.1.1.1 Bosque denso alto de tierra firme | 2696.87 | 4.22% |
| | 3.1.1.2.1 Bosque denso bajo de tierra firme | 1.17 | 0.00% |
| | 3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos | 1897.79 | 2.97% |
| | 3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria | 3275.21 | 5.13% |
| | 3.1.4. Bosque de galería y ripario | 1443.92 | 2.26% |
| Áreas para la conservación y recuperación de la naturaleza | 3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso | 6913.90 | 10.83% |
| | 3.2.2.1. Arbustal denso | 6128.98 | 9.60% |
| | 3.2.2.2.1 Arbustal abierto esclerófilo | 890.86 | 1.40% |
| | 3.2.2.2.2 Arbustal abierto mesófilo | 247.03 | 0.39% |
| | 3.2.3.1. Vegetación secundaria alta | 2354.41 | 3.69% |
| | 3.2.3.2. Vegetación secundaria baja | 2941.48 | 4.61% |
| | 3.3.3. Tierras desnudas y degradadas | 81.05 | 0.13% |
| | 3.3.4 Zonas quemadas | 4.88 | 0.01% |
| **Total** | | **63847.03** | **100.00%** |

Fuente: Autores (2019).

Por su extensión según la Tabla 2-161 y Figura 2-294 , se destacan las áreas usadas para el pastoreo extensivo, con un total de 34437.51 hectáreas, correspondientes al 53.94% del área total de las cuencas.

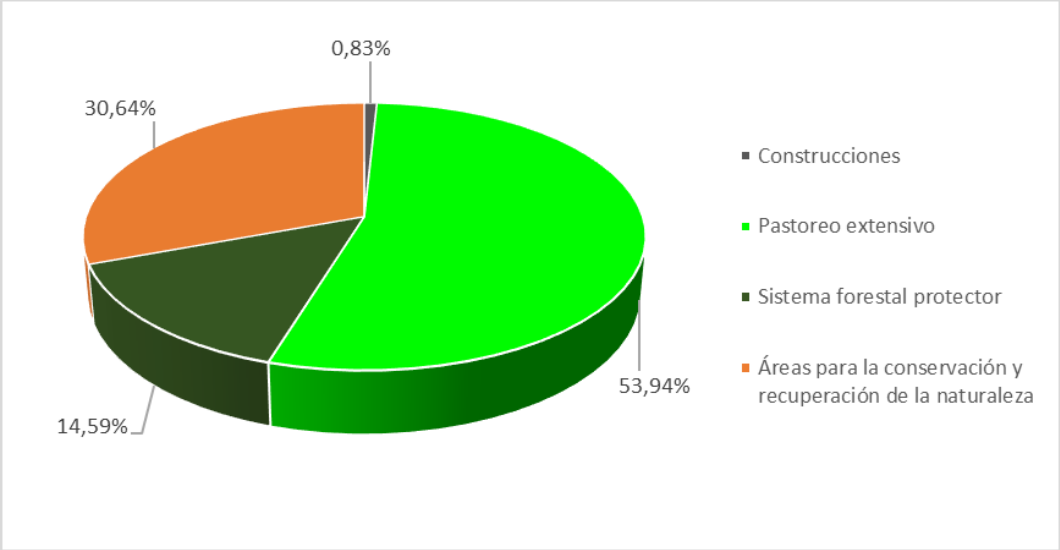
También se resalta la representatividad de las áreas para la conservación y recuperación de la naturaleza, con 30.64%, compuestas principalmente por la gran variedad de coberturas asociadas al recurso hídrico como los herbazales rocosos y arbustales densos.

**Tabla 2-161. Porcentajes de usos actuales del suelo de las cuencas Chiriaimo y Manaure**

| Usos del suelo actuales | Área (Ha) | % |
|---|---|---|
| Áreas para la conservación y recuperación de la naturaleza | 19510.48 | 30.74% |
| Construcciones | 479.97 | 0.76% |
| Pastoreo extensivo | 34144.44 | 53.79% |
| Sistema forestal protector | 9341.80 | 14.72% |
| **Total** | **63476.69** | **100.00%** |

Fuente: Autores (2019).

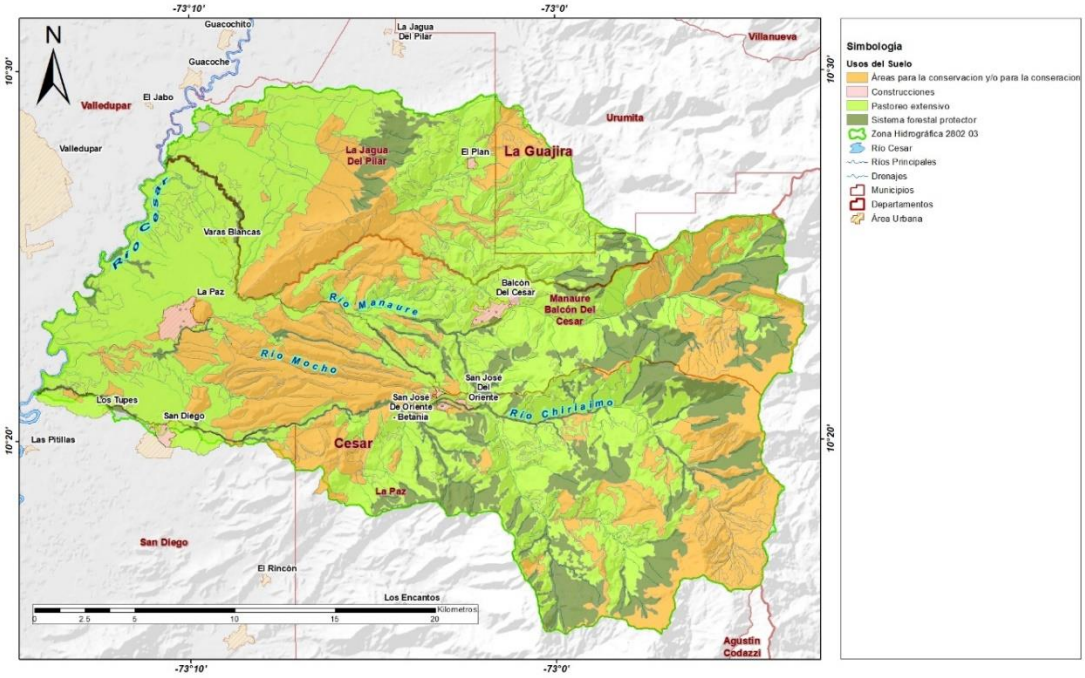
**Figura 2-294. . Distribución porcentual de los usos en las cuencas Chiriaimo y Manaure**




Fuente: Autores (2019).

Los sistemas forestales protectores con 14.59% del área total de la cuenca, pertenecientes principalmente a los bosques de galería y los bosques abiertos altos y bajos de tierra firme que aún se conservan como relictos dispersos sobre las partes planas no inundables y la zona de colinas bajas que se identificaron hacía el sector noroccidental y centro. (ver Figura 2-295).

**Figura 2-295. Usos actuales del suelo de las cuencas Chiriaimo y Manaure**




Fuente: Autores (2019).

### 2.11.7.1. Pastoreo extensivo

Utiliza algunos paquetes que aseguran, al menos, mínimos rendimientos en la explotación ganadera; se desarrolla bajo programas de ocupación de potreros con baja y muy baja capacidad de carga, generalmente menor de una res por cada dos hectáreas; requiere prácticas de manejo, especialmente en lo relacionado con aplicación de fertilizantes y controles fitosanitarios adecuados. Las características que limitan el uso del suelo a pastoreo extensivo son la pendiente del terreno (25-50%) y /o la baja productividad de las tierras. El drenaje oscila desde excesivo a pobre, la profundidad efectiva es mayor de 25 cm, pueden ocurrir inundaciones frecuentes, abundante pedregosidad y contenido medio de sales.

La actividad principal para la que está destinado este uso es la ganadería, siendo este el de mayor ocupación del suelo en las cuencas, a esta categoría pertenecen las coberturas de pastos limpios, pastos arbolados, pastos enmalezados, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de cultivos pastos y espacios naturales y mosaico de pastos con espacios naturales, corresponden al 53.94% del área total de la cuenca, representadas en 34437.51 hectáreas.

### 2.11.7.2. Sistemas forestales protectores

Están destinados a la protección de las laderas contra procesos erosivos o al mantenimiento y desarrollo de la vegetación nativa, o a la conservación de especies maderables en vía de extinción, o como protección de recursos hídricos. En general, en estas áreas no se debe desarrollar ningún tipo de actividad económica.

Este uso principalmente se encuentra destinado a la protección de laderas, desarrollo de la vegetación y protección del recurso hídrico. En esta categoría se encuentran las coberturas de Bosque denso alto de tierra firme, Bosque denso bajo de tierra firme, Bosque fragmentado con pastos y cultivos, Bosque fragmentado con vegetación secundaria y los Bosques de galería y riparios poseen un área total de 9314.95 hectáreas que representan el 14.59% del área total de las cuencas.

### 2.11.7.3. Áreas para conservación y /o para recuperación de la naturaleza

Las primeras forman parte de ecosistemas frágiles y estratégicos para la generación y la regulación del agua como es el caso de los páramos. Las segundas corresponden a tierras degradadas por procesos erosivos, de contaminación y sobreutilización por lo que requieren acciones de recuperación y rehabilitación.

Están asociadas con áreas de ecosistemas para la regeneración y la regulación hídrica, así como las áreas degradadas para la recuperación. Esta categoría agrupa las coberturas que por sus características protegen y conservan los reservorios de agua, como ecosistemas de importancia para los procesos ecológicos dentro de la cuenca. Estas coberturas son: Herbazal abierto rocoso Arbustal denso, Arbustal abierto, Vegetación secundaria alta, Vegetación secundaria baja, Tierras desnudas y degradadas y Zonas quemadas. En las cuencas presentan una extensión de 19562.59 hectáreas que equivale al 30.64% del área total.

## 2.11.8. Análisis multitemporal de cobertura de la tierra

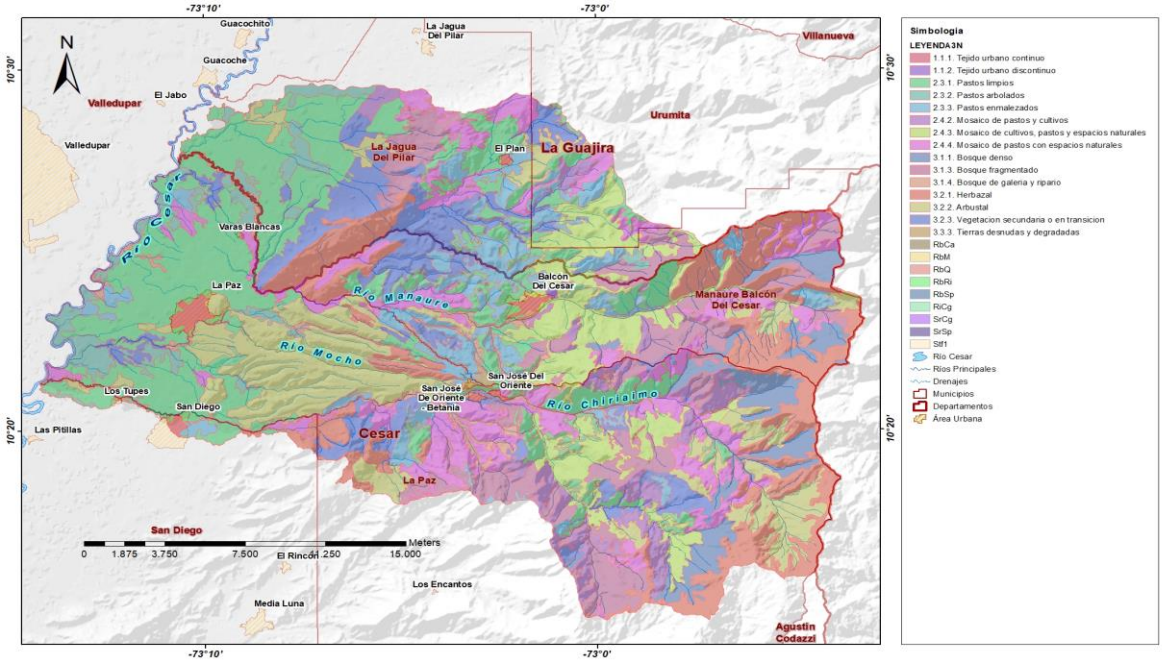
Pare el análisis multitemporal del comportamiento de las coberturas en las cuencas Chiriaimo y Manaure, se utilizó la información cartográfica disponible de coberturas vegetales con al menos siete (7) años de diferencia respecto de la cobertura actual. Cabe resaltar que no fue posible obtener información a escala 1:25.000 para años anteriores al 2019, por lo que el análisis multitemporal para estas cuencas se realizará con información a escala 1:100.000.

### 2.11.8.1. Cuantificación general del cambio de las coberturas

Asimismo, para el análisis se debieron realizar las siguientes consideraciones:

- Hacer el análisis partiendo de la digitalización y actualización de coberturas para el año 2019 a escala 1:100.000.
- Para el periodo 2012 se utilizó la capa de coberturas 1:100.000 suministrada por el IDEAM (ver Figura 2-296), teniendo así categorías o niveles homogéneos que coinciden dentro de las dos capas de coberturas disponibles (2012-2019).

**Figura 2-296. Coberturas de la tierra 2012 cuenca del río Manaure-Chiriaimo**




Fuente: Autores (2019).

En este sentido, se presentará el análisis de cambios de cobertura de dos maneras importantes a saber. 1) Cuantificación general en la cuenca por tipo de cobertura, y la determinación de las áreas relictuales, áreas alteradas negativamente y áreas donde se presentan cambios de recuperación.

Para este último análisis se realizó una matriz de decisión según la importancia ecosistémica y etapa sucesional para determinar la variabilidad o el tipo de cambio, a una cobertura (y por ende un ecosistema) más desarrollado (importante) a un área intervenida o viceversa. En la Tabla 2-162 se presentan el cálculo de las áreas para la cuenca del río Manaure-Chiriaimo.

**Tabla 2-162. Cambio de Coberturas de la Tierra para el año 2012 y 2019 para las cuencas Chiriaimo y Manaure**

| Cobertura | Año 2019 | | Año 2012 | | Cambio 2019-2012 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Área (Ha) | Área (%) | Área (Ha) | Área (%) | Área (Ha) | Área (%) |
| 1.1.1. Tejido urbano continuo | 495,22 | 0,78 | 397,10 | 0,62 | 98,13 | 24,71 |
| 1.1.2. Tejido urbano discontinuo | 36,54 | 0,06 | 36,54 | 0,06 | 0,00 | 0,00 |
| 2.3.1. Pastos limpios | 7236,42 | 11,33 | 13999,52 | 21,93 | -6763,10 | -48,31 |
| 2.3.2. Pastos arbolados | 2256,47 | 3,53 | 2045,95 | 3,20 | 210,52 | 10,29 |
| 2.3.3. Pastos enmalezados | 4192,89 | 6,57 | 4175,71 | 6,54 | 17,18 | 0,41 |
| 2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos | 2331,03 | 3,65 | 2337,80 | 3,66 | -6,77 | -0,29 |
| 2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | 12000,61 | 18,80 | 5055,43 | 7,92 | 6945,18 | 137,38 |
| 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales | 6420,10 | 10,06 | 6394,76 | 10,02 | 25,33 | 0,40 |
| 3.1.1. Bosque denso | 2698,04 | 4,23 | 2711,80 | 4,25 | -13,76 | -0,51 |
| 3.1.3. Bosque fragmentado | 5172,99 | 8,10 | 5159,27 | 8,08 | 13,72 | 0,27 |
| 3.1.4. Bosque de galería y ripario | 1443,92 | 2,26 | 1440,07 | 2,26 | 3,85 | 0,27 |
| 3.2.1 Herbazal | 6913,98 | 10,83 | 6896,72 | 10,80 | 17,26 | 0,25 |
| 3.2.2 Arbustal | 7266,87 | 11,38 | 7673,70 | 12,02 | -406,83 | -5,30 |
| 3.2.3. Vegetación secundaria o en transición | 5295,89 | 8,29 | 5427,95 | 8,50 | -132,06 | -2,43 |
| 3.3.3. Tierras desnudas y degradadas | 81,05 | 0,13 | 94,48 | 0,15 | -13,43 | -14,21 |
| 3.3.4 Zonas quemadas | 4,88 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 4,88 | - |
| 1.3.1. Zonas de extracción minera | 0,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | - |
| **Total** | **63847** | **100** | **63847** | **100** | | |

Fuente: Autores (2019).

- **Cambios en los territorios Artificializados y Agrícolas**

Se puede observar numéricamente un aumento del Tejido urbano continuo, directamente influenciado por la dinámica de la tendencia poblacional, sin embargo, el Tejido urbano discontinuo mantuvo las mismas dimensiones, igualmente se observaron nuevas coberturas como Zonas de extracción minera.

De manera general se puede ver que los territorios artificializados tuvieron un incremento de 98,33 hectáreas lo cual se evidencia en el aumento de los centros poblados y territorios asociados a las urbes. Los territorios agropecuarios aumentaron, en siete (7) años respecto al 2012, como consecuencia del aumento de los mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales en un 6945.18 hectáreas y mosaicos de pastos con espacios naturales en 25.34 hectáreas y la disminución debida al aprovechamiento de las tierras desnudas y degradadas alrededor de 13,43 hectáreas. De manera individual se puede determinar que los mosaicos de pastos y cultivos disminuyeron en 6,77 hectáreas). (ver Tabla 2-163).

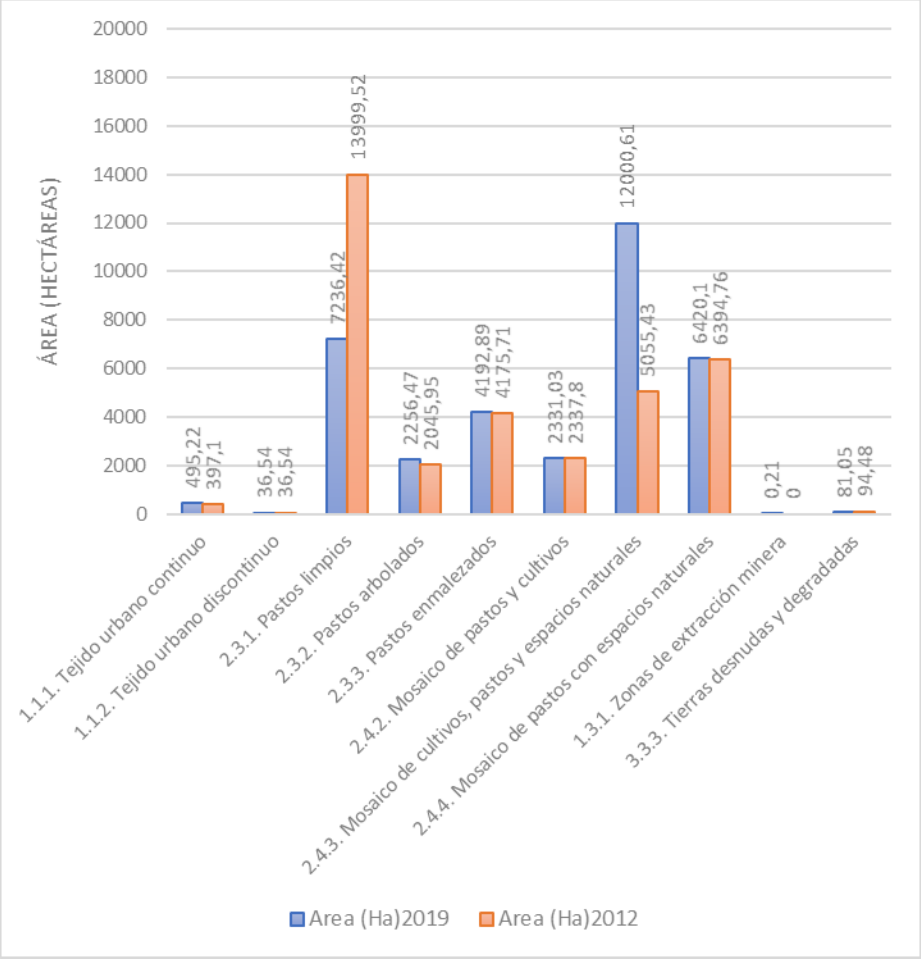
**Tabla 2-163. Cambio de Coberturas de la Tierra para los territorios Artificializados y Agrícolas en las cuencas Chiriaimo y Manaure**

| Cobertura | Área (Ha)2019 | Área (Ha)2012 | Diferencia Áreas | Diferencia (%) | Área que se mantiene (Ha) | Áreas nuevas (Ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.1.1. Tejido urbano continuo | 495.22 | 397.1 | 98.12 | 0.16 | 495.22 | 98.12 |
| 1.1.2. Tejido urbano discontinuo | 36.54 | 36.54 | 0 | 0 | 36.54 | 0 |
| 2.3.1. Pastos limpios | 7236.42 | 13999.52 | -6763.1 | -10.6 | 7236.42 | 0 |
| 2.3.2. Pastos arbolados | 2256.47 | 2045.95 | 210.52 | 0.33 | 2256.47 | 210.52 |
| 2.3.3. Pastos enmalezados | 4192.89 | 4175.71 | 17.18 | 0.03 | 4192.89 | 17.18 |
| 2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos | 2331.03 | 2337.8 | -6.77 | -0.01 | 2331.03 | 0 |
| 2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | 12000.61 | 5055.43 | 6945.18 | 10.88 | 12000.61 | 6945.18 |
| 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales | 6420.1 | 6394.76 | 25.34 | 0.04 | 6420.1 | 25.34 |
| 1.3.1. Zonas de extracción minera | 0.21 | 0 | 0.21 | 0 | 0.21 | 0.21 |
| 3.3.3. Tierras desnudas y degradadas | 81,05 | 94,48 | -13,43 | -0,02 | 81,05 | 0 |
| **Total** | **34969.49** | **34442.81** | **526.68** | | **34969.49** | **7296.55** |

Fuente: Autores (2019).

Las extensiones de Pastos Limpios detectadas en el 2012 disminuyeron un 48,31% en (7) años. en términos generales hay un aumento en pastos arbolados y pastos limpios de alrededor del 10,70%. Las áreas con pastos arbolados han aumentado en un 10,29%. así como los pastos enmalezados han aumentado en un 0,41% en sus áreas originales como tal. (ver Figura 2-297).

**Figura 2-297. Comparación del cambio de coberturas en los territorios Artificializados y Agrícolas**




Fuente: Autores (2019).

- **Cambios en las áreas boscosas**

Según la Tabla 2-164 para las cuencas Chiriaimo y Manaure, se puede apreciar que la tendencia para los boques es de transformación, es decir, en la actualidad, existen menos bosques que los encontrados en el año 2012. Aunque algunas coberturas presentan un leve aumento como por ejemplo los Bosques fragmentados, y los bosques de galería y riparios en 17,57 hectareas, en términos generales se perdieron un total de 13,76 hectáreas de bosque denso.

**Tabla 2-164. Cambios de las coberturas boscosas identificadas para el periodo 2012-2019 en las cuencas Chiriaimo y Manaure**

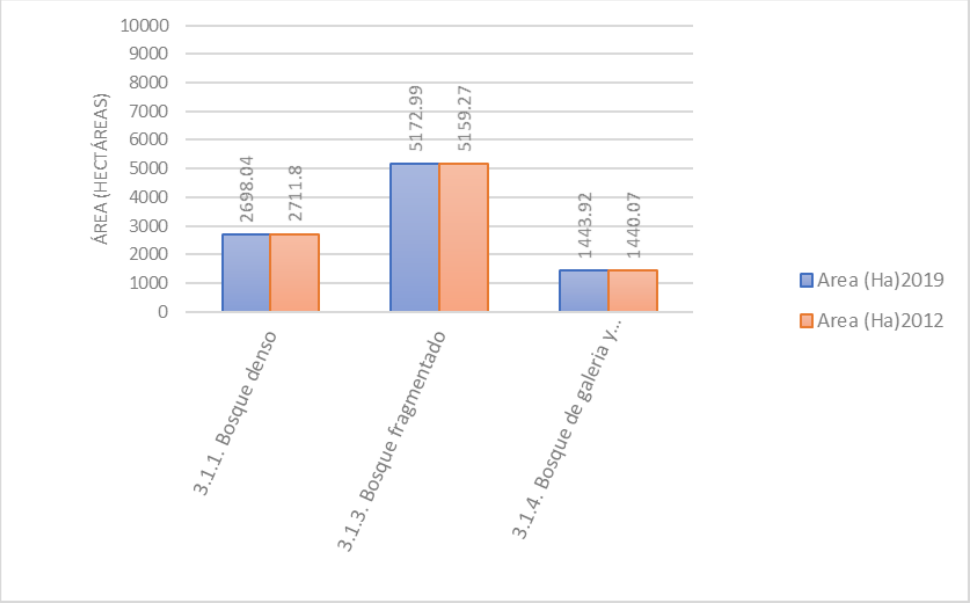
| Cobertura | Área (Ha)2019 | Área (Ha)2012 | Diferencia Áreas | Diferencia (%) | Área que se mantiene (Ha) | Áreas nuevas (Ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.1.1. Bosque denso | 2698.04 | 2711.8 | -13.76 | -0.02 | 2698.04 | 0 |
| 3.1.3. Bosque fragmentado | 5172.99 | 5159.27 | 13.72 | 0.02 | 5172.99 | 13.72 |
| 3.1.4. Bosque de galería y ripario | 1443.92 | 1440.07 | 3.85 | 0 | 1443.92 | 3.85 |
| **Total** | **9314.95** | **9311.14** | **3.81** | | **9314.95** | **17.57** |

Fuente: Autores (2019).

Haciendo un análisis pormenorizado se puede establecer que:

- Debido a la expansión de la frontera agrícola en relación a mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales, y a la aparición para el periodo actual de zonas quemadas, se evidencia un retroceso de las coberturas de bosque denso.
- A nivel de cuenca los bosques fragmentados y de galería y ripario, aumentaron para el periodo actual en 13,72 y 3,85 hectáreas respectivamente como resultado de la fragmentación del bosque denso. (ver Figura 2-298).

**Figura 2-298. Comparación del cambio de coberturas boscosas para el periodo 2012-2019**

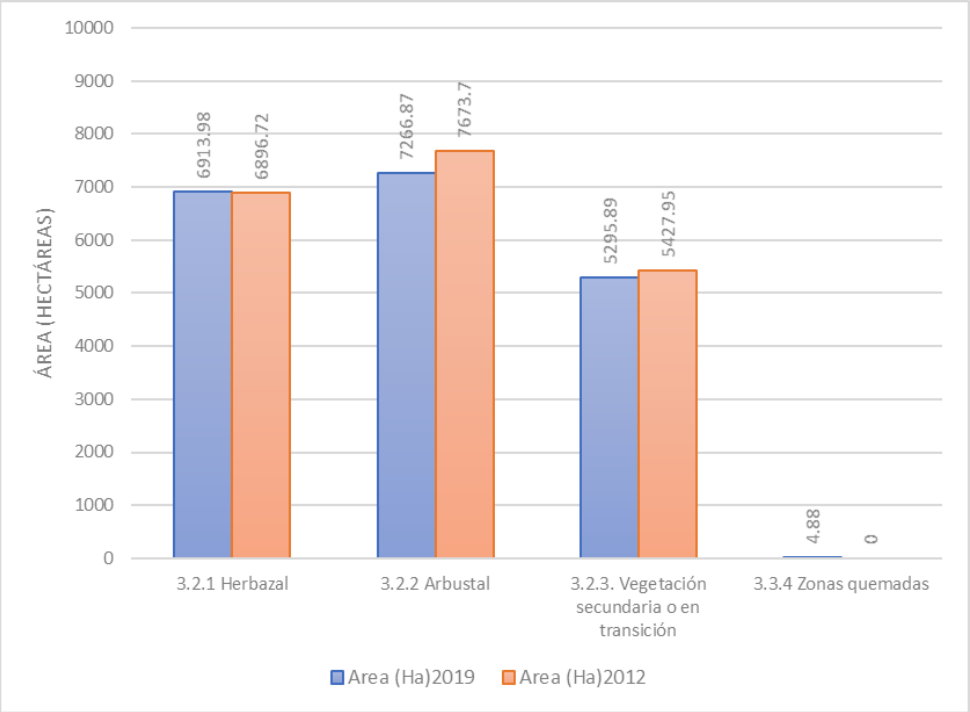



Fuente: Autores (2019).

- **Cambios en otras coberturas vegetales naturales**

En términos generales se puede decir que los Arbustales disminuyeron unas 406,83 hectáreas, también lo hizo la vegetación secundaria o en transición 132,06 hectáreas en un periodo de (7) años. esto debido a la expansión de la frontera agrícola en forma de mosaicos y a la aparición de zonas quemadas para el periodo actual. Así mismo se evidencia un aumento de los herbazales en 17,26 hectáreas por el retroceso de pastos limpios en la cuenca. (ver Figura 2-299 y Tabla 2-165 y).

**Figura 2-299. Comparación del cambio en otras coberturas vegetales naturales**




Fuente: Autores (2019).

**Tabla 2-165. Cambios de las otras coberturas vegetales naturales identificadas para el periodo 2012-2019 en las cuencas Chiriaimo y Manaure**

| Cobertura | Área (Ha)2019 | Área (Ha)2012 | Diferencia Áreas | Diferencia (%) | Área que se mantiene (Ha) | Áreas nuevas (Ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.2.1 Herbazal | 6913.98 | 6896.72 | 17.26 | 0.03 | 6913.98 | 17.26 |
| 3.2.2 Arbustal | 7266.87 | 7673.7 | -406.83 | -0.64 | 7266.87 | 0 |
| 3.2.3. Vegetación secundaria o en transición | 5295.89 | 5427.95 | -132.06 | -0.21 | 5295.89 | 0 |

| Cobertura | Área (Ha)2019 | Área (Ha)2012 | Diferencia Áreas | Diferencia (%) | Área que se mantiene (Ha) | Áreas nuevas (Ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.3.3. Tierras desnudas y degradadas | 81.05 | 94.48 | -13.43 | -0.02 | 81.05 | 0 |
| 3.3.4 Zonas quemadas | 4.88 | 0 | 4.88 | 0.01 | 4.88 | 4.88 |
| **Total** | **19562.67** | **20092.85** | **-530.18** | | **19562.67** | **22.14** |

Fuente: Autores (2019).

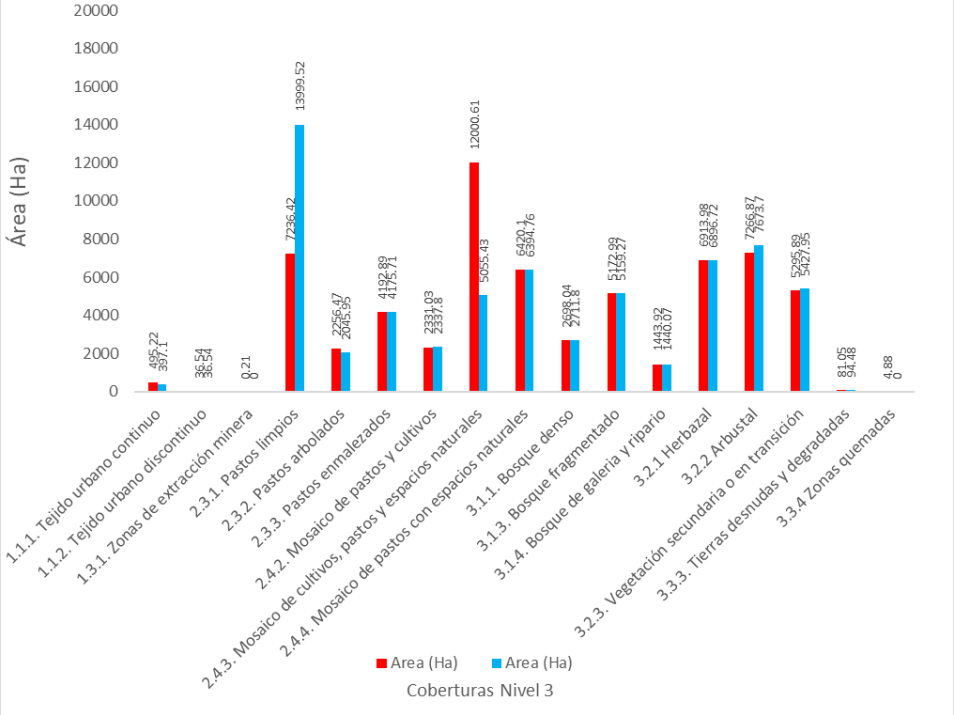
### 2.11.8.2. Consolidado del cambio de coberturas de la cuenca

Como se puede evidencia en la Figura 2-300 que contiene el consolidado, las áreas para desarrollo agropecuario como mosaicos de cultivos, y espacios naturales se han abierto espacio entre las coberturas naturales y seminaturales a manera general.

Por ejemplo, las áreas artificializadas han ganado 98,33 hectáreas, el bosque denso disminuyó en 13,76 hectáreas, el bosque fragmentado y bosque de galería y ripario aumentaron un total de 13,57 hectáreas, lo que puede concluir que los ecosistemas boscosos han sido levemente intervenidos para ampliar la frontera agropecuaria en la cuenca.

Estos impactos directos en 7 años permiten evidenciar leve afectación sobre las funciones de la cuenca, en especial sobre la regulación de las crecientes y la protección de los suelos. Es así como a manera general el panorama de la Cuenca del río Manaure-Chiriaimo, en términos de cobertura ha tenido la siguiente dinámica.

**Figura 2-300. Consolidado de cambio de áreas para las cuencas Chiriaimo y Manaure, con valores correspondientes al periodo 2012 (en azul) y los correspondientes al periodo 2019 (en rojo)**




Fuente: Autores (2019).

## 2.11.9. Indicadores del estado de las coberturas naturales

En un área geográfica determinada, las coberturas naturales y seminaturales desempeñan un papel fundamental para evaluación y análisis del estado de conservación y de las potencialidades tendientes a la recuperación del suelo, de la biodiversidad y de la restauración de los servicios ecosistémicos. Determinar el estado de conservación de las coberturas naturales es también un insumo relevante para la priorización de los programas de ordenamiento, manejo y planificación de las cuencas hidrográficas a corto, mediano y largo plazo.

### 2.11.9.1. Índice tasa de cambio (TCCN)

Para calcular este índice, se siguieron los lineamientos de la Guía POMCA 2014, donde se calcularon las áreas de las coberturas naturales de las cuencas Chiriaimo y Manaure en los dos periodos del análisis multitemporal, que para este caso es entre el año 2012 y 2019.

El indicador TCCN, permite determinar en el periodo final el grado de transformación, en términos de cuenca, lo que ayuda a identificarlas coberturas donde se presentaron los impactos y trasformaciones positivas o negativas (cambio de uso o regeneración natural).

Como se observa en el capítulo anterior, existen coberturas que se registraron en ambas fechas y algunas nuevas que fueron incluidas para el año 2019, se puede deber al cambio de escala y a la dinámica de la tendencia poblacional y de desarrollo que origina la transformación de coberturas las coberturas naturales en zonas artificializadas. De igual forma, se requiere que el indicador a usar tenga la capacidad de compararse entre la misma cobertura, para que numéricamente no arroje una indeterminación. Para el cálculo del mismo se siguieron los lineamientos de la guía POMCA 2014 el cual se resumen a continuación en la Tabla 2-166.

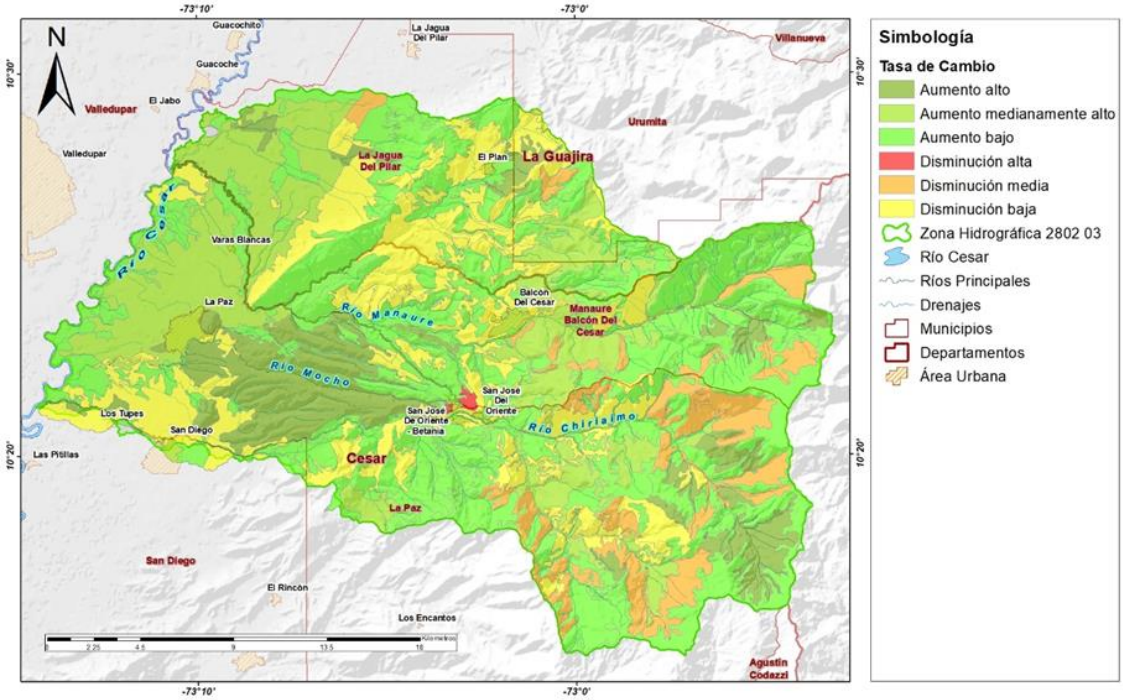
**Tabla 2-166. Determinación del Indicador TCCN**

| Elemento | Descripción | | |
|---|---|---|---|
| **Fórmula** | TCCN=(LnATC2–LnATC1)*100/ (t2–t1) | | |
| **Variables y Unidades** | TCNN: Tasa de cambio de las coberturas naturales en porcentaje<br>ATC2.Área total de la cobertura en el momento dos (o final) ATC1.Áreatotal de la cobertura en el momento uno (o inicial)<br>(t2–t1): Número de años entre el momento inicial (t1) y el momento final (t2) Ln: Logaritmo natural | | |
| **Insumos** | Mapa de cobertura de la tierra actual y mapa de cobertura de la tierra de una época anterior, como mínimo 10 años. | | |
| **Interpretación de la calificación** | **Descriptor** | **Rango** | **Calificación** |
| | Baja | Menor del10% | 20 |
| | Media | Entre11-20% | 15 |
| | Medianamente | Entre21-30% | 10 |
| | Alta | Entre31-40% | 5 |
| | Muy alta | Mayor40% | 0 |

Fuente: Autores (2019).

En la Figura 2-301 y Tabla 2-167 se observan los resultados obtenidos para las cuencas Chiriaimo y Manaure.

**Figura 2-301. Tasa de Cambio de coberturas naturales de las cuencas Chiriaimo y Manaure**




Fuente: Autores (2019).

**Tabla 2-167. Tasa de Cambio de coberturas naturales de las cuencas Chiriaimo y Manaure**

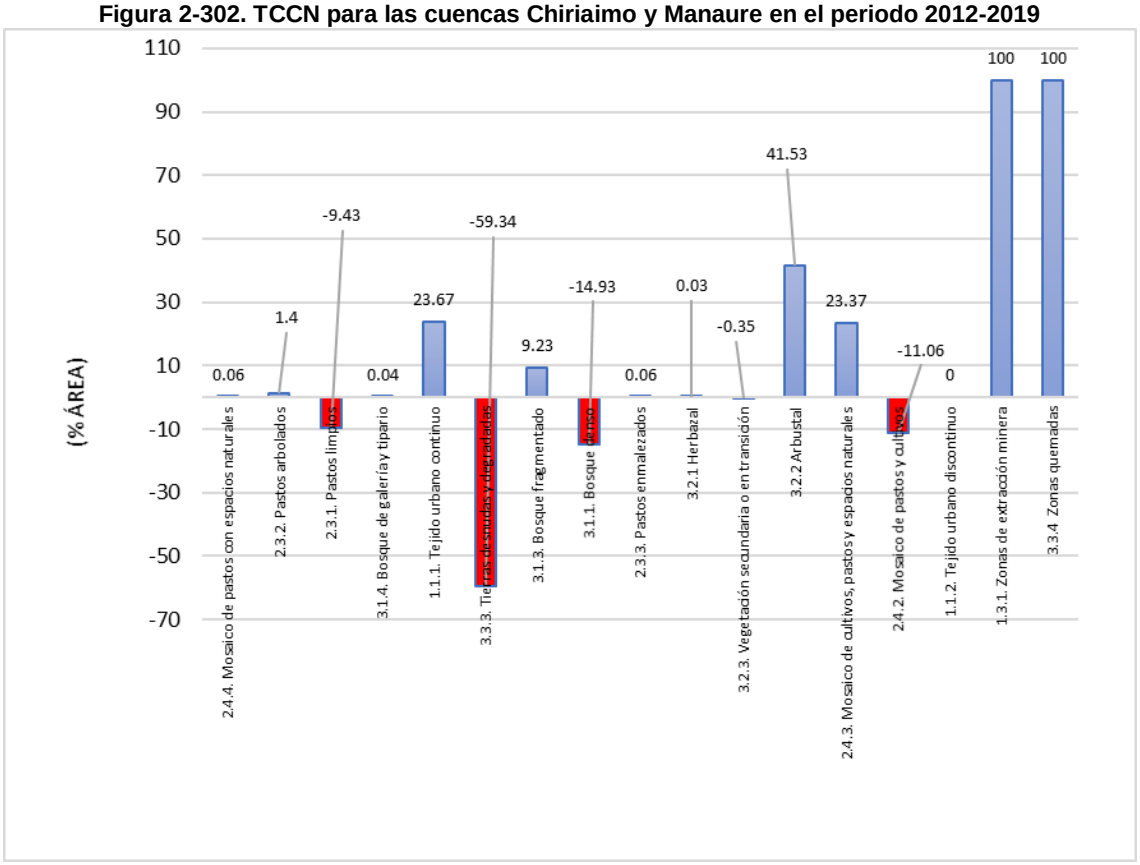
| Coberturas | TCCN | Descriptor | Calificación | Categoría | Área (Ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales | 0.06 | Menor del10% | 20 | Aumento bajo | 25.16 |
| 2.3.2. Pastos arbolados | 1.40 | Menor del10% | 20 | Aumento bajo | 210.62 |
| 2.3.1. Pastos limpios | -9.43 | Menor del10% | 20 | Disminución baja | 6763.11 |
| 3.1.4. Bosque de galería y tipario | 0.04 | Menor del10% | 20 | Aumento bajo | 3.86 |
| 1.1.1. Tejido urbano continuo | 23.67 | Entre21-30% | 10 | Aumento medianamente alto | 400.75 |
| 3.3.3. Tierras desnudas y degradadas | -59.34 | Mayor40% | 0 | Disminución alta | 5078.22 |
| 3.1.3. Bosque fragmentado | 9.23 | Menor del10% | 20 | Aumento bajo | 2460.98 |
| 3.1.1. Bosque denso | -14.93 | Entre11-20% | 15 | Disminución media | 4975.88 |
| 2.3.3. Pastos enmalezados | 0.06 | Menor del10% | 20 | Aumento bajo | 17.11 |
| 3.2.1 Herbazal | 0.03 | Menor del10% | 20 | Aumento bajo | 16.83 |
| 3.2.3. Vegetación secundaria o en transición | -0.35 | Menor del10% | 20 | Disminución baja | 132.08 |

| Coberturas | TCCN | Descriptor | Calificación | Categoría | Área (Ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| 3.2.2 Arbustal | 41.53 | Mayor40% | 0 | Aumento alto | 6869.71 |
| 2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | 23.37 | Entre21-30% | 10 | Aumento medianamente alto | 9662.88 |
| 2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos | -11.06 | Entre11-20% | 10 | Disminución media | 2724.50 |
| 1.1.2. Tejido urbano discontinuo | 0.00 | Menor del10% | 20 | Disminución baja | 0.00 |
| 1.3.1. Zonas de extracción minera | 100 | Mayor40% | 0 | Aumento alto | 0.21 |
| 3.3.4 Zonas quemadas | 100 | Mayor40% | 0 | Aumento alto | 4.88 |

Fuente: Autores (2019).

El cuadro de distribución en barras, muestras sobre el eje X (TCCN) las tendencias o crecimientos positivos en azul, mientras la barra orientada hacia debajo de color rojo en el mismo eje, representa decrecimiento de las coberturas para el segundo año del periodo analizado. En la Figura 2-302 se muestran los resultados obtenidos para el TCCN en las coberturas naturales, donde se puede apreciar el aumento del 100% para las zonas de extracción minera para los territorios artificializados y de zonas quemadas para Áreas para conservación y /o para recuperación de la naturaleza.

**Figura 2-302. TCCN para las cuencas Chiriaimo y Manaure en el periodo 2012-2019**




Fuente: Autores (2019).

Adicionalmente la Figura 2-302 muestra un aumento en los arbustales con 41.53%, en el tejido urbano continuo del 23.67% y en los mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales con 23.37%. En contraste se presentó una reducción de las tierras desnudas o degradadas del 59.94% seguido del bosque denso con el 14.93% principalmente por la expansión de la frontera agrícola y con reducciones en los mosaicos de pastos y cultivos del 11.06% y los pastos limpios del 9.43, pasaron a convertirse en mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales que aumentaron un 23.37%.

En las demás categorías un Aumento Bajo menor al 10%, lo cual indica que la intervención ha aumentado en poca medida (a nivel de las cuencas y no de parches o áreas), dejando escenarios abiertos o intervenidos, se aprecia que, aunque estos mantienen funciones y servicios ecosistémicos naturales, la regeneración natural para la acumulación de biomasa se están viendo afectados.

### 2.11.9.2. Indicador de vegetación remanente en porcentaje (IVR)

El Indicador de Vegetación Remanente-IVR, determina el grado de transformación o conservación de las Coberturas Vegetales dentro del límite de las cuencas. Este indicador, comparable con el TCCN, permite establecer pautas para la priorización de conservación y protección de escenarios naturales vegetales. Para el desarrollo del indicador se utilizaron las pautas técnicas de la Guía POMCA 2014 (MADS). Por lo que se procede a definir el indicador según los términos de referencia o Guía POMCA 2014 (ver Tabla 2-168).

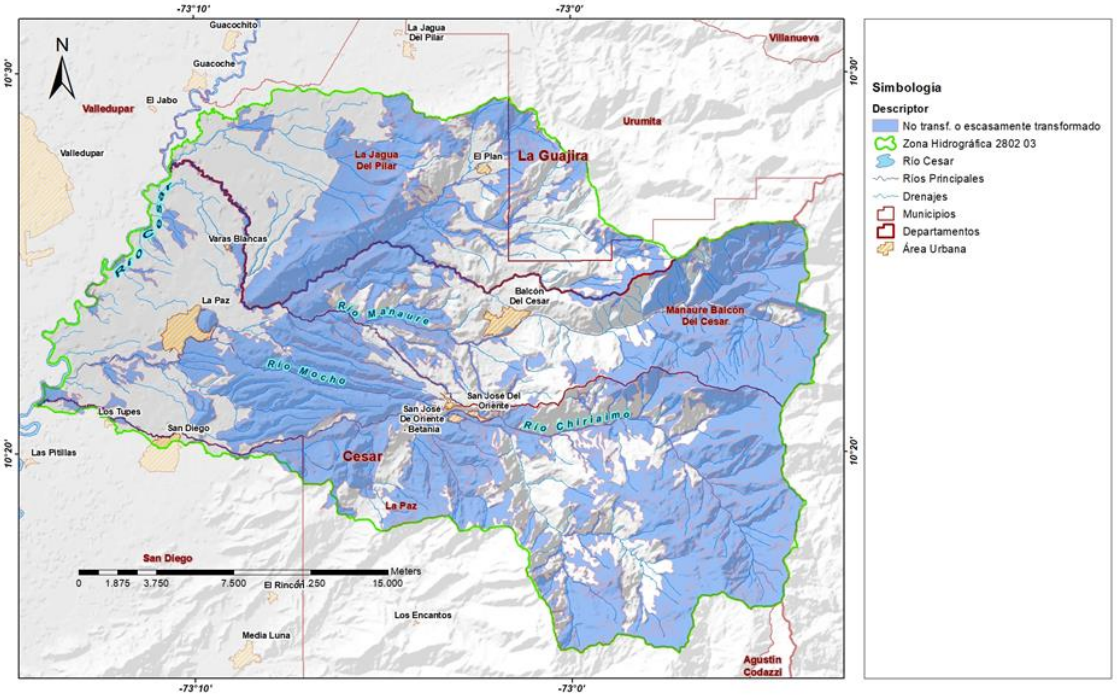
**Tabla 2-168. Descripción del cálculo del índice de vegetación remanente**

| Elemento | Descripción | | |
|---|---|---|---|
| **Fórmula** | IVR = (AVR/At)*100 | | |
| **Variables y Unidades** | AVR. Es el área de vegetación remanente.<br>At: Es el área total de la unidad, en kilómetros cuadrados o hectáreas. | | |
| **Insumos** | Mapa de cobertura actual de la tierra y de una época anterior, lo más antigua posible | | |
| **Interpretación de la calificación** | **Descriptor** | **Rango** | **Calificación** |
| | NT: No transformado o escasamente transformado. Sostenibilidad alta | IVR ≥ 70% | 20 |
| | PT: Parcialmente transformado. Al Menos el 70% de la vegetación primaria permanece sin alterar. Sostenibilidad media | IVR ≥ igual al 50%y<del 70% | 15 |
| | MDT: Medianamente transformado. Sostenibilidad media baja | IVR ≥ a 30% <del 50% | 10 |
| | MT: Muy transformado. Sostenibilidad baja | IVR ≥ a 10% <30% | 5 |
| | CT: Completamente transformado. | IVR<10% | 0 |

Fuente: Autores (2019).

Según la información de la Figura 2-303 y la Tabla 2-169 y todas coberturas naturales de las cuencas Chiriaimo y Manaure, han sido escasamente transformadas mostrando valores superiores al 94% de permanencia y algunas incluso de crecimiento como es el caso de los mosaicos con espacios naturales, de los Bosques fragmentados, bosques de galería y riparios y herbazales, mientras que las coberturas que sufrieron alguna reducción del área fueron los Herbazales y Arbustales y la Vegetación secundaria o en transición.

**Figura 2-303. Índice de vegetación remanente para la cuenca del río Manaure-Chiriaimo**




Fuente: Autores (2019).

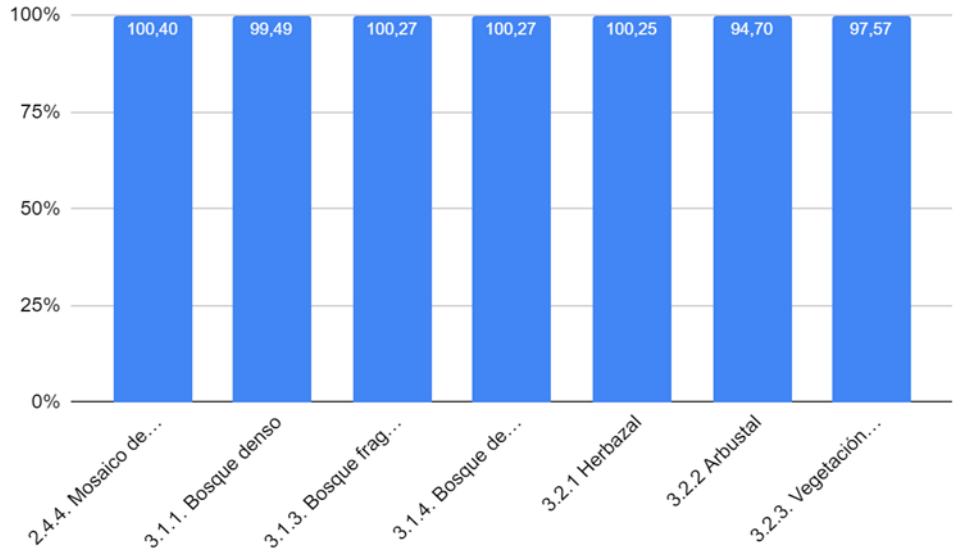
**Tabla 2-169. Índice de vegetación remanente para el grupo de coberturas en las cuencas Chiriaimo y Manaure**

| Cobertura | Area (Ha) | IVR (%) | Descriptor | Código | Clasificación |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales | 6420,10 | 100,3961594 | No transf. o escasamente transformado | 20 | NT |
| 3.1.1. Bosque denso | 2698,04 | 99,49270316 | No transf. o escasamente transformado | 20 | NT |
| 3.1.3. Bosque fragmentado | 5172,99 | 100,2659782 | No transf. o escasamente transformado | 20 | NT |
| 3.1.4. Bosque de galería y ripario | 1443,92 | 100,2675863 | No transf. o escasamente transformado | 20 | NT |
| 3.2.1 Herbazal | 6913,98 | 100,2502445 | No transf. o escasamente transformado | 20 | NT |
| 3.2.2 Arbustal | 7266,87 | 94,69838503 | No transf. o escasamente transformado | 20 | NT |
| 3.2.3. Vegetación secundaria o en transición | 5295,89 | 97,56696808 | No transf. o escasamente transformado | 20 | NT |
| **Total** | **35211,79** | | | | |

Fuente: Autores (2019).

En la Figura 2-304 se muestran las barras azules sobre el eje Y (IVR) las tendencias o crecimientos positivos.

**Figura 2-304. Tendencias o crecimientos positivos del Índice de vegetación remanente calculada cuenca del río Manaure-Chiriaimo**




Fuente: Autores (2019).

Los resultados de este índice muestran un valor de IVR alto, es decir, que muestran un estado de intervención bajo para zonas con vegetación remanente en los siete (7) años de análisis. Esto se puede explicar ya que el cambio sobre la cobertura de bosque denso fue baja y en los bosques fragmentados y de la galería se presentó un aumento en su área, lo mismo ocurrió en las áreas con herbazales y arbustales donde la intervención fue leve. Lo cual puede indicar el buen estado de conservación de las zonas naturales y de la vegetación remanente dentro de la cuenca.

### 2.11.9.3. Indicador de presión demográfica (IPD)

Este Indicé de Presión Demográfica, determina la tasa de densidad de la población por unidad de análisis, este indica la presión sobre la oferta ambiental teniendo en cuenta que, a mayor densidad de población, mayor demanda ambiental, mayor presión, mayor amenaza a la sostenibilidad (Márquez, 2000).

En este caso el tamaño de la población, manifiesta la intensidad del consumo y el volumen de las demandas que se hacen sobre los recursos naturales. Esto quiere decir que el índice identifica las áreas con coberturas naturales que presentan mayores presiones por el aumento de la densidad poblacional, ya que la presión demográfica realmente afecta las

áreas con disponibilidad de recursos naturales y servicios ambientales que normalmente están contenidos en las coberturas naturales.

A partir de los valores determinados, se muestra los resultados del IPD para las cuencas Chiriaimo y Manaure. En la Tabla 2-170 se describe el indicador según los términos de referencia o Guía POMCA 2014.

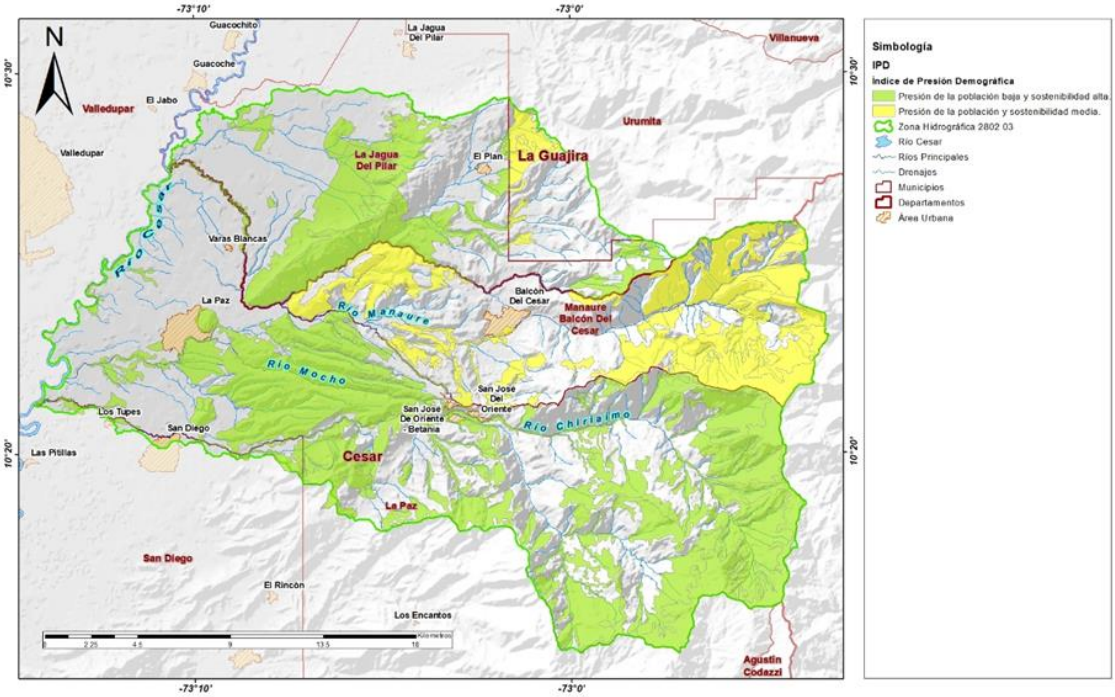
**Tabla 2-170. Descripción del cálculo del Indicador presión demográfica**

| Elemento | Descripción | |
|---|---|---|
| **Fórmula** | IPD= $N_2$*r | |
| **Variables y Unidades** | $N_2$ = densidad poblacional para el 2019, r = tasa de crecimiento (intercensal) | |
| **Insumos** | Mapas de cobertura de la tierra (de los cuales se extraen las coberturas naturales) y dato de densidad por municipio | |
| **Observaciones** | Para la aplicación del indicador el autor calculó la tasa de crecimiento a partir de la siguiente expresión del crecimiento poblacional: $N_2=N_1.e^{rt}$ Donde: $N_1$ = población censo inicial $N_2$ = población censo final e = base de los logaritmos naturales (2.71829) r = tasa de crecimiento t = tiempo transcurrido entre los censos. | |
| **Interpretación de la calificación** | **Índice de presión demográfica - IPD** | |
| | **Rango** | **Descripción** |
| | IPD <1 | La unidad expulsa población y la sostenibilidad podría mantenerse o recuperarse; presión de la población baja y sostenibilidad alta. |
| | IPD>1<10 | Población y amenazas crecientes pero normales, presión de la población y sostenibilidad media. |
| | IPD>10 | Crecimiento acelerado de la población; presión de la población alta |
| | IPD> 100 | Crecimiento excesivo, grave amenaza a la sostenibilidad. |

Fuente: Autores (2019).

Este índice se calculó para los cinco (5) municipios (incluyendo los cascos urbanos). Al establecer el comportamiento de este índice en las cuencas Chiriaimo y Manaure, se aprecia que en general se encuentran en un estado de Presión baja y sostenibilidad alta, por efecto de la presión demográfica. El análisis por municipios muestra que la principal presión se presenta en el municipio de Manaure Balcón Del Cesar y Urumita, los cuales poseen un IPD con categoría de: Presión de la población de sostenibilidad Media, situación que empeora cerca los centros poblados y zonas urbanas de las cuencas, donde la sostenibilidad es amenazada por el aumento de la tasa de crecimiento poblacional excesivo. (ver Figura 2-305 y Tabla 2-171).

**Figura 2-305. Índice de presión demográfica**




Fuente: Autores (2019).

**Tabla 2-171. Índice de presión demográfica para las cuencas Chiriaimo y Manaure**

| Municipio | IPD | Rango | Descriptor | Área |
|---|---|---|---|---|
| **Manaure Balcón del Cesar** | 2.83 | Entre 1 y 10 | Presión de la población y sostenibilidad media. | 6681.73 |
| **La Paz** | 0.08 | Menor de 1 | Presión de la población baja y sostenibilidad alta. | 16369.69 |
| **San Diego** | -0.07 | Menor de 1 | Presión de la población baja y sostenibilidad alta. | 266.34 |
| **La Jagua del Pilar** | 0.3 | Menor de 1 | Presión de la población baja y sostenibilidad alta. | 4910.64 |
| **Urumita** | 2.2 | Entre 1 y 10 | Presión de la población y sostenibilidad media. | 603.69 |
| **Área total** | | | | **28832.09** |

Fuente: Autores (2019).

Finalmente se puede establecer que es principalmente en los municipios de Urumita y Manaure Balcón del Cesar donde aumenta la presión sobre los bienes y servicios ambientales como el agua, el suelo, la recreación y ante todo una mayor demanda de bienes, de seguridad ambiental de saneamiento y gestión de residuos, en la medida que mayor densidad implica mayor demanda ambiental y mayor presión sobre las cuencas, amenazando la sostenibilidad de los ecosistemas.

Es importante aclarar que los resultados del indicador de IPD presentaron limitaciones de información en lo referente a la distribución espacial de las densidades poblacionales, ya que las mismas se obtuvieron por municipio y no desagregadas por corregimientos, veredas o coberturas naturales. Esta es la razón por la cual los resultados de este indicador quedaron categorizados con un mismo rango por cada municipio.

### 2.11.9.4. Índice de ambiente crítico (IAC)

Para el cálculo de este índice se combinan los indicadores de vegetación remanente (IVR) y grado de ocupación poblacional del territorio (D), de donde resulta un índice de estado-presión que señala a su vez el grado de transformación y presión poblacional. En la Tabla 2-172 se describe el indicador según los términos de referencia o Guía POMCA 2014.

**Tabla 2-172. Descripción del cálculo del Índice de ambiente crítico**

| Elemento | Descripción |
|---|---|
| **Objetivo** | Identificar los tipos de cobertura natural con alta presión demográfica |
| **Definición** | Combina los indicadores de vegetación remanente (IVR) y el índice de presión demográfica (IPD), de donde resulta un índice de estado-presión que señala a la vez grado de transformación y presión poblacional. Para calificar las áreas se adopta la matriz utilizada por Márquez (2000) con modificación |
| **Fórmula** | Se califica a través de una matriz construida con el IVR y el IPD |
| **Variables y Unidades** | Índices de cambio en las coberturas naturales. |
| **Insumos** | Mapas de cobertura de la tierra (de los cuales se extraen las coberturas naturales) y dato de densidad por municipio |

Fuente: Autores (2019).

A continuación, en la Tabla 2-173, se presentan los resultados obtenidos para el Índice de Ambiente Crítico en las cuencas Chiriaimo y Manaure luego de realizar el análisis con la Matriz de calificación del índice de ambiente crítico.

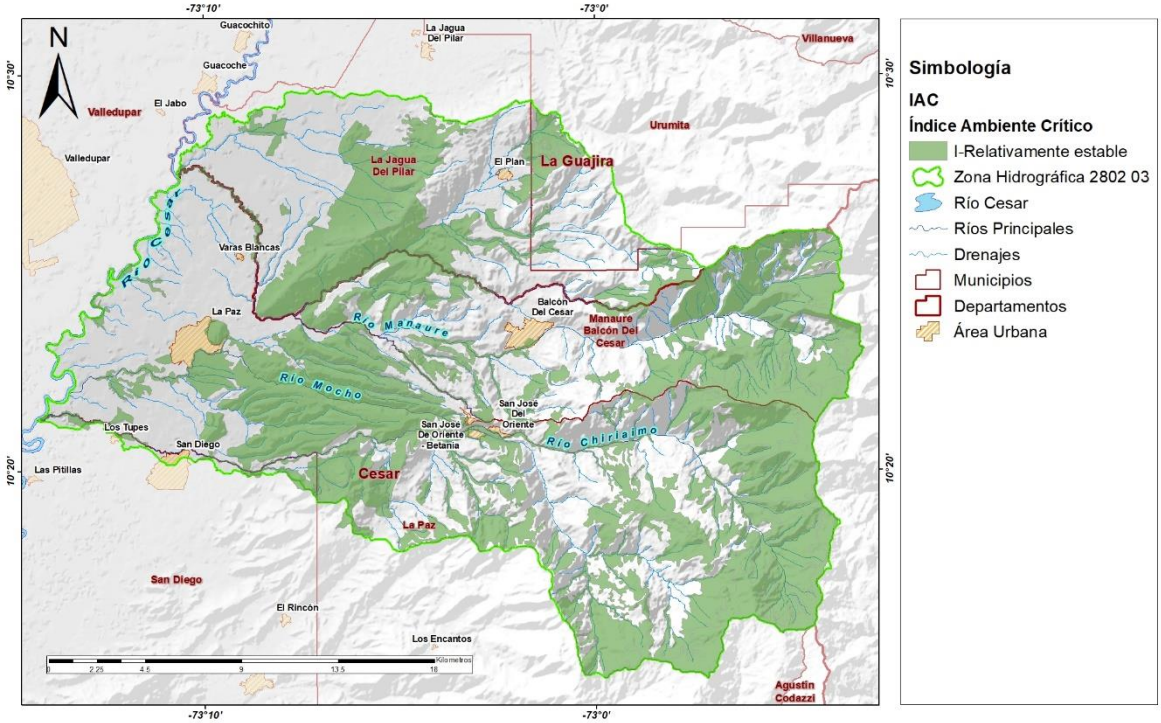
**Tabla 2-173. Índice de Ambiente Crítico para las cuencas Chiriaimo y Manaure**

| Municipio | Clasificación IVR | Índice de presión demográfica - IPD | IAC | Descriptor IAC | Área |
|---|---|---|---|---|---|
| **Manaure** | NT | 2.83 | I | Relativamente estable | 6681.73 |
| **La Paz** | | 0.08 | I | Relativamente estable | 16369.69 |
| **San Diego** | | -0.07 | I | Relativamente estable | 266.34 |
| **La Jagua del Pilar** | | 0.27 | I | Relativamente estable | 4910.64 |
| **Urumita** | | 2.20 | I | Relativamente estable | 603.69 |
| **Área total** | | | | | **28832.09** |

Fuente: Autores (2019).

De acuerdo con la Tabla 2-173 el grado de transformación y presión poblacional de las cuencas Chiriaimo y Manaure presenta para todos los municipios en general un comportamiento “Relativamente estable” con 28832.09 hectáreas, lo cual se traduce en que las coberturas naturales presentan un comportamiento tendiente a la conservación, durante el periodo analizado. (ver Figura 2-306).

**Figura 2-306. Índice de ambiente crítico para las cuencas Chiriaimo y Manaure**




Fuente: Autores (2019).

No obstante, el acelerado crecimiento demográfico que se presenta en algunos municipios, centros poblados y zonas urbanas, ha generado una mayor demanda de los recursos naturales, lo que ha ocasionado también algunas presiones a los ecosistemas presentes en las cuencas, que son de difícil recuperación como lo son los ecosistemas de bosque seco, es decir se presenta una sostenibilidad con probabilidades de altas a medias de persistencia según esta calificación, sin embargo existe una muy baja capacidad de resiliencia en estos ecosistemas.

### 2.11.9.5. Índice de fragmentación de Steenmans y Pinborg (2000)

La fragmentación de los ecosistemas ocurre a nivel de paisaje, cuando un ecosistema se subdivide en porciones más pequeñas, geométricamente más complejas y más aisladas, como resultado tanto de procesos naturales como de actividades humanas.

Este proceso deriva en cambios negativos en la composición, estructura y funcionalidad de los ecosistemas terrestres y esta puede ser medida, con base en una caracterización previa de las coberturas naturales vegetales presentes, mediante diversos tipos de índices de fragmentación (Terborgh, 1989; Whitcom et al, 1981).

En este caso, es importante aclarar que el índice no se aplica a cada cobertura, sino que establecen sólo dos tipos de categorías para el análisis: Áreas sensibles y áreas no sensibles las cuales representan áreas con cobertura vegetal natural y la cobertura transformada o no vegetal natural, respectivamente.

- **Metodología para el cálculo de Índice de fragmentación:**

Según la Guía POMCA se establece el cálculo del Índice de Fragmentación de Steenmans y Pinborg (2000), el cual consiste metodológicamente en lo siguiente:

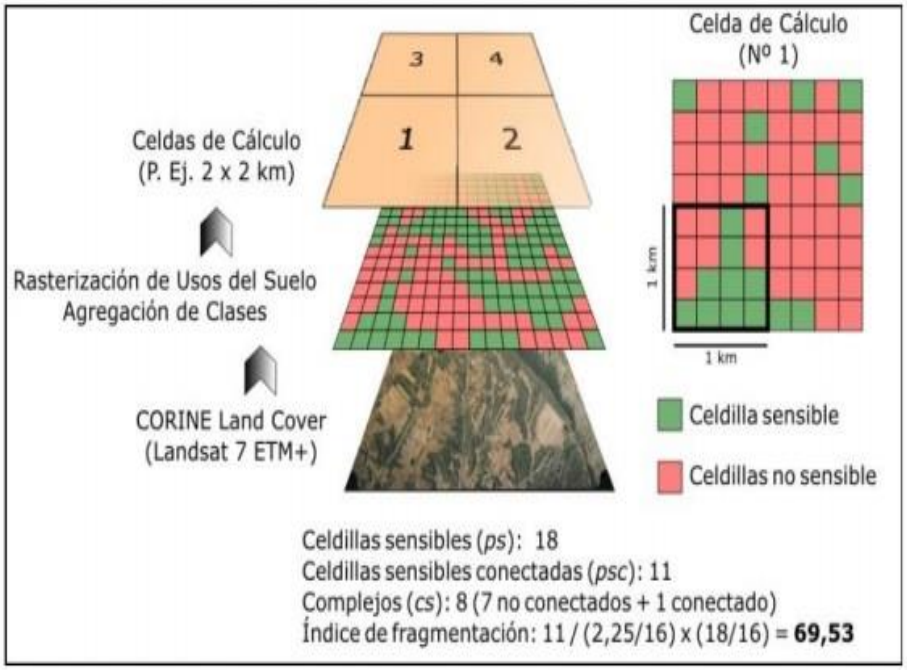
Índice de fragmentación= psc/ (ps/cs*16) * (ps/16)

Siendo psc las celdillas sensibles conectadas, ps las celdillas sensibles; y, cs los complejos sensibles. 16 es el número de grillas en estudio según artículo original. En la determinación del índice mencionado se deben hacer las siguientes aclaraciones:

- Homogeniza las coberturas naturales sin discriminar características bióticas.
- Fue desarrollada para trabajos a 1.100.000.
- Divide la temática o área de estudio en Pixeles de 2 km por 2 km.
- La rasterización (convertir polígonos-vectores en celdas) ocasiones a que algunos casos la alteración de los datos, sin definir exactamente la pérdida o aumento de áreas por el mismo efecto de la transformación.
- El Índice propuesto trabaja con celdas de 250 m de lado (6.25 hectáreas) con un patrón de comparación de 16 celdas (16*6.25= 1 $km^2$o 100 hectáreas), dentro de un Área de estudio de 4 $km^2$ (400 hectáreas).
- El desarrollo del Índice no discrimina la fragmentación por coberturas.

Aunque la bibliografía original propone la posibilidad de hacer el análisis en mayor o menor área, la sensibilidad del cálculo y de la interpretación de los datos también variaría, por lo cual solo es recomendable aplicarlo bajo los parámetros establecidos. El desarrollo metodológico a través del análisis espacial es el que se muestra en la Figura 2-307.

**Figura 2-307. Mapa del índice de fragmentación para las cuencas Chiriaimo y Manaure**




Fuente: Autores (2019).

- **Determinación parámetros en la cuenca del río Manaure-Chiriaimo**

Para desarrollar el Índice de Fragmentación se definieron los siguientes parámetros:

Según la bibliografía, las Áreas Sensibles son conformadas por la vegetación vegetal natural encontradas en la cuenca. Para este caso, se determinó lo presentado en la Tabla 2-174.

**Tabla 2-174. Determinación de las Áreas sensibles y no sensibles para la cuenca del río Manaure-Chiriaimo**

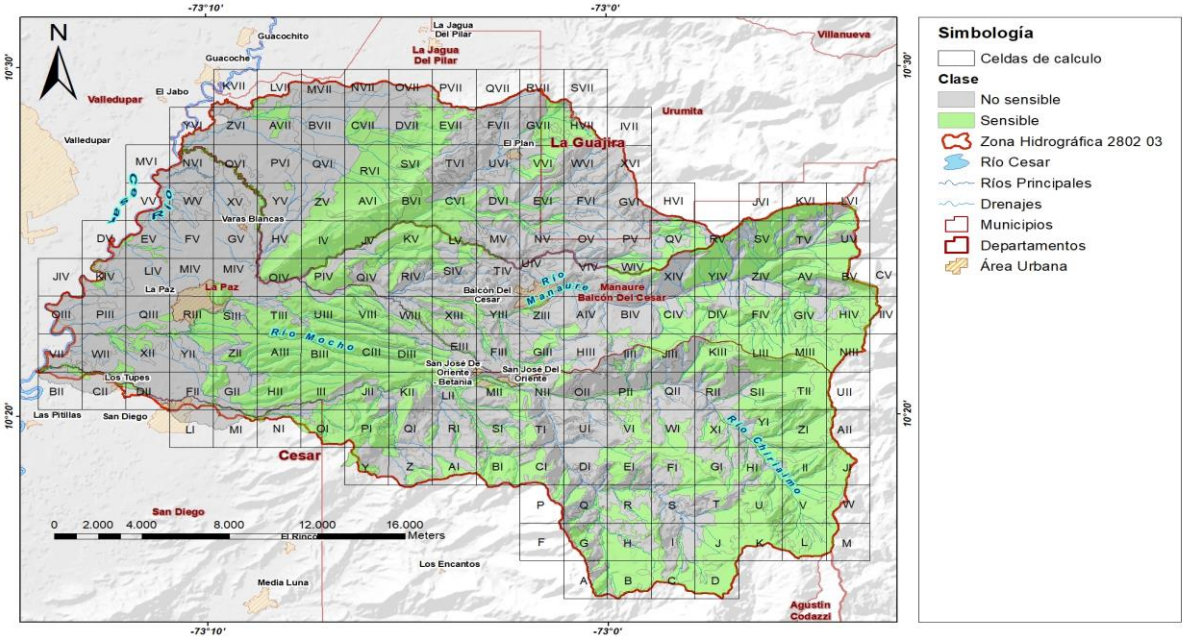
| Cobertura | Clase | Año 2019 | |
|---|---|---|---|
| | | Area (Ha) | Área (%) |
| 1.1.1. Tejido urbano continuo | no sensible | 495,22 | 0,78 |
| 1.1.2. Tejido urbano discontinuo | no sensible | 36,54 | 0,06 |
| 2.3.1. Pastos limpios | no sensible | 7236,42 | 11,33 |
| 2.3.2. Pastos arbolados | sensible | 2256,47 | 3,53 |

| Cobertura | Clase | Año 2019 | |
|---|---|---|---|
| | | Area (Ha) | Área (%) |
| 2.3.3. Pastos enmalezados | no sensible | 4192,89 | 6,57 |
| 2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos | no sensible | 2331,03 | 3,65 |
| 2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | no sensible | 12000,61 | 18,80 |
| 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales | no sensible | 6420,10 | 10,06 |
| 3.1.1. Bosque denso | sensible | 2698,04 | 4,23 |
| 3.1.3. Bosque fragmentado | sensible | 5172,99 | 8,10 |
| 3.1.4. Bosque de galería y ripario | sensible | 1443,92 | 2,26 |
| 3.2.1 Herbazal | sensible | 6913,98 | 10,83 |
| 3.2.2 Arbustal | sensible | 7266,87 | 11,38 |
| 3.2.3. Vegetación secundaria o en transición | sensible | 5295,89 | 8,29 |
| 3.3.3. Tierras desnudas y degradadas | no sensible | 81,05 | 0,13 |
| 3.3.4 Zonas quemadas | no sensible | 4,88 | 0,01 |
| 1.3.1. Zonas de extracción minera | no sensible | 0,21 | 0,00 |
| **Total** | | **63847** | **100** |

Fuente: Autores (2019).

En la Figura 2-308 se puede observar cómo se realizó la clasificación para cada celda de cálculo de la letra A a la Z y cada vez que se superaba la letra Z se iniciaba de nuevo con la letra A, pero adicionando un número Romano. Hay que aclarar que, en este caso por cuestiones de procesamiento, se eliminaron algunas celdas de cálculo ya nombradas (N, O, X, EII, EIV, IVI, JVII).

**Figura 2-308. Clasificación áreas sensibles y no sensibles para la cuenca del río Manaure-Chiriaimo**




Fuente: Autores (2019).

Teniendo en cuenta el mapa de coberturas de la tierra del año 2019, se extrajeron las coberturas o áreas sensibles, para posteriormente generar las celdas de cálculo (de 2 km x 2 km) las cuales fueron codificadas para mantener el atributo. Concluidos estos pasos, las áreas sensibles definitivas se rasterizaron en celdillas de cálculo de 250 m de lado (tamaño de pixel del ráster) para poder aplicar la fórmula del IF propuesto. (ver Tabla 2-175).

A partir de esta determinación se procedió a la generación de la matriz con los atributos necesarios para generar el IF. Para la interpretación de los datos se tuvo en cuenta la clasificación o determinación de la fragmentación a partir del Anexo A de la Guía POMCA 2014 (MADS), presentada a continuación en la Tabla 2-175.

**Tabla 2-175. Guía para el cálculo del Índice de fragmentación**

| Elemento | Descripción |
|---|---|
| Nombre | Índice de Fragmentación (IF) |
| Fórmula | IF= psc/ (ps/cs*16) * (ps/16)<br><br>Siendo psc las celdas sensibles conectadas, ps las celdas sensibles; y cs los complejos sensibles.<br>16 es el número de celdas en estudio según artículo original para 1 km$^2$ |
| Variables y unidades | Número de grillas, número de celdas, conectividad de las celdas. Números decimales y enteros entre 0.01 y 100 |

| Elemento | Descripción | | |
|---|---|---|---|
| Definición | La fragmentación se entiende como la división de un hábitat originalmente continuo en relictos remanentes inmersos en una matriz transformada (Sanders et ál., 1991). Con el fin de conocer el índice de fragmentación se aplicará la metodología de Steenmans y Pinborg (2000) que tiene en cuenta el número de bloques de vegetación y su grado de conectividad. | | |
| Insumos | Mapa de cobertura actual de la tierra de la cual se extraen las coberturas naturales exclusivamente | | |
| Interpretación de la calificación | Descriptor | Rango | Calificación |
| | Mínima | <0.01 | 20 |
| | Poca | Entre 0.1 y 1 | 10 |
| | Moderada | Entre 1 y 10 | 5 |
| | Extrema | Entre 10 y 100 | 0 |
| | Índices de fragmentación con rangos de fuerte y extremo con valores superiores a 10 presentan pérdidas críticas de cobertura de uso del suelo, lo cual se asocia a pérdidas de hábitat | | |

Fuente: Autores (2019).

A partir de lo anterior, en la Tabla 2-176, se clasifica el Índice de fragmentación para cada celda de cálculo determinada en las cuencas Chiriaimo y Manaure.

**Tabla 2-176. Determinación del IF para cada Celda de Cálculo**

| Celda | ps | psc | cs | (ps/cs*16)* (ps/16) | IF | Valoración |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 17 | 15 | 4 | 72,25 | 0,21 | Moderada |
| B | 50 | 50 | 1 | 2500,00 | 0,02 | Poca |
| C | 33 | 33 | 2 | 544,50 | 0,06 | Poca |
| D | 50 | 50 | 1 | 2500,00 | 0,02 | Poca |
| F | 1 | 0 | 1 | 1,00 | 0,00 | Mínima |
| G | 23 | 23 | 3 | 176,33 | 0,13 | Moderada |
| H | 36 | 32 | 5 | 259,20 | 0,12 | Moderada |
| I | 16 | 15 | 4 | 64,00 | 0,23 | Moderada |
| J | 57 | 56 | 2 | 1624,50 | 0,03 | Poca |
| K | 40 | 40 | 1 | 1600,00 | 0,03 | Poca |
| L | 54 | 54 | 1 | 2916,00 | 0,02 | Poca |
| M | 8 | 8 | 1 | 64,00 | 0,13 | Moderada |
| P | 5 | 5 | 1 | 25,00 | 0,20 | Moderada |
| Q | 20 | 17 | 7 | 57,14 | 0,30 | Moderada |
| R | 32 | 31 | 5 | 204,80 | 0,15 | Moderada |

| Celda | ps | psc | cs | (ps/cs*16)* (ps/16) | IF | Valoración |
|---|---|---|---|---|---|---|
| S | 14 | 13 | 3 | 65,33 | 0,20 | Moderada |
| T | 34 | 34 | 1 | 1156,00 | 0,03 | Poca |
| U | 62 | 62 | 1 | 3844,00 | 0,02 | Poca |
| V | 64 | 64 | 1 | 4096,00 | 0,02 | Poca |
| W | 18 | 18 | 1 | 324,00 | 0,06 | Poca |
| Y | 13 | 12 | 3 | 56,33 | 0,21 | Moderada |
| Z | 15 | 15 | 2 | 112,50 | 0,13 | Moderada |
| AI | 22 | 21 | 3 | 161,33 | 0,13 | Moderada |
| BI | 47 | 45 | 3 | 736,33 | 0,06 | Moderada |
| CI | 22 | 20 | 4 | 121,00 | 0,17 | Moderada |
| DI | 8 | 8 | 2 | 32,00 | 0,25 | Moderada |
| EI | 36 | 33 | 5 | 259,20 | 0,13 | Moderada |
| FI | 40 | 38 | 3 | 533,33 | 0,07 | Poca |
| GI | 37 | 35 | 4 | 342,25 | 0,10 | Moderada |
| HI | 41 | 39 | 3 | 560,33 | 0,07 | Poca |
| II | 63 | 63 | 1 | 3969,00 | 0,02 | Poca |
| JI | 34 | 34 | 1 | 1156,00 | 0,03 | Poca |
| LI | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | Sin cobertura natural |
| MI | 3 | 3 | 1 | 9,00 | 0,33 | Moderada |
| NI | 10 | 10 | 2 | 50,00 | 0,20 | Moderada |
| OI | 44 | 44 | 1 | 1936,00 | 0,02 | Poca |
| PI | 57 | 57 | 1 | 3249,00 | 0,02 | Poca |
| QI | 22 | 22 | 1 | 484,00 | 0,05 | Poca |
| RI | 12 | 11 | 4 | 36,00 | 0,31 | Moderada |
| SI | 17 | 15 | 7 | 41,29 | 0,36 | Moderada |
| TI | 15 | 15 | 2 | 112,50 | 0,13 | Moderada |
| UI | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | Sin cobertura natural |
| VI | 32 | 32 | 4 | 256,00 | 0,13 | Moderada |
| WI | 26 | 24 | 3 | 225,33 | 0,11 | Moderada |
| XI | 24 | 24 | 2 | 288,00 | 0,08 | Poca |
| YI | 48 | 47 | 2 | 1152,00 | 0,04 | Poca |
| ZI | 64 | 64 | 1 | 4096,00 | 0,02 | Poca |
| AII | 11 | 11 | 1 | 121,00 | 0,09 | Poca |
| BII | 2 | 2 | 1 | 4,00 | 0,50 | Moderada |

| Celda | ps | psc | cs | (ps/cs*16)* (ps/16) | IF | Valoración |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CII | 8 | 8 | 3 | 21,33 | 0,38 | Moderada |
| DII | 4 | 2 | 3 | 5,33 | 0,38 | Moderada |
| FII | 8 | 8 | 1 | 64,00 | 0,13 | Moderada |
| GII | 30 | 30 | 3 | 300,00 | 0,10 | Moderada |
| HII | 56 | 56 | 1 | 3136,00 | 0,02 | Poca |
| III | 52 | 52 | 1 | 2704,00 | 0,02 | Poca |
| JII | 42 | 41 | 2 | 882,00 | 0,05 | Poca |
| KII | 42 | 42 | 1 | 1764,00 | 0,02 | Poca |
| LII | 22 | 21 | 2 | 242,00 | 0,09 | Poca |
| MII | 28 | 27 | 3 | 261,33 | 0,10 | Moderada |
| NII | 17 | 15 | 6 | 48,17 | 0,31 | Moderada |
| OII | 7 | 2 | 6 | 8,17 | 0,24 | Moderada |
| PII | 17 | 15 | 4 | 72,25 | 0,21 | Moderada |
| QII | 4 | 2 | 3 | 5,33 | 0,38 | Moderada |
| RII | 14 | 12 | 5 | 39,20 | 0,31 | Moderada |
| SII | 52 | 51 | 2 | 1352,00 | 0,04 | Poca |
| TII | 64 | 64 | 1 | 4096,00 | 0,02 | Poca |
| UII | 8 | 8 | 2 | 32,00 | 0,25 | Moderada |
| VII | 7 | 7 | 2 | 24,50 | 0,29 | Moderada |
| WII | 11 | 11 | 2 | 60,50 | 0,18 | Moderada |
| XII | 12 | 10 | 4 | 36,00 | 0,28 | Moderada |
| YII | 16 | 16 | 3 | 85,33 | 0,19 | Moderada |
| ZII | 38 | 38 | 2 | 722,00 | 0,05 | Poca |
| AIII | 64 | 64 | 1 | 4096,00 | 0,02 | Poca |
| BIII | 64 | 64 | 1 | 4096,00 | 0,02 | Poca |
| CIII | 64 | 64 | 1 | 4096,00 | 0,02 | Poca |
| DIII | 56 | 56 | 1 | 3136,00 | 0,02 | Poca |
| EIII | 28 | 26 | 4 | 196,00 | 0,13 | Moderada |
| FIII | 10 | 6 | 5 | 20,00 | 0,30 | Moderada |
| GIII | 23 | 21 | 4 | 132,25 | 0,16 | Moderada |
| HIII | 5 | 4 | 3 | 8,33 | 0,48 | Moderada |
| IIII | 24 | 23 | 6 | 96,00 | 0,24 | Moderada |
| JIII | 28 | 28 | 2 | 392,00 | 0,07 | Poca |
| KIII | 52 | 51 | 2 | 1352,00 | 0,04 | Poca |

| Celda | ps | psc | cs | (ps/cs*16)* (ps/16) | IF | Valoración |
|---|---|---|---|---|---|---|
| LIII | 60 | 60 | 1 | 3600,00 | 0,02 | Poca |
| MIII | 64 | 64 | 1 | 4096,00 | 0,02 | Poca |
| NIII | 38 | 38 | 1 | 1444,00 | 0,03 | Poca |
| OIII | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | Sin cobertura natural |
| PIII | 3 | 2 | 2 | 4,50 | 0,44 | Moderada |
| QIII | 10 | 9 | 3 | 33,33 | 0,27 | Moderada |
| RIII | 23 | 20 | 4 | 132,25 | 0,15 | Moderada |
| SIII | 43 | 43 | 2 | 924,50 | 0,05 | Poca |
| TIII | 50 | 49 | 3 | 833,33 | 0,06 | Poca |
| UIII | 62 | 62 | 1 | 3844,00 | 0,02 | Poca |
| VIII | 58 | 58 | 1 | 3364,00 | 0,02 | Poca |
| WIII | 24 | 23 | 3 | 192,00 | 0,12 | Moderada |
| XIII | 32 | 31 | 4 | 256,00 | 0,12 | Moderada |
| YIII | 12 | 8 | 6 | 24,00 | 0,33 | Moderada |
| ZIII | 11 | 11 | 3 | 40,33 | 0,27 | Moderada |
| AIV | 7 | 7 | 2 | 24,50 | 0,29 | Moderada |
| BIV | 2 | 2 | 1 | 4,00 | 0,50 | Moderada |
| CIV | 31 | 31 | 3 | 320,33 | 0,10 | Moderada |
| DIV | 44 | 44 | 1 | 1936,00 | 0,02 | Poca |
| FIV | 60 | 60 | 1 | 3600,00 | 0,02 | Poca |
| GIV | 50 | 50 | 1 | 2500,00 | 0,02 | Poca |
| HIV | 57 | 57 | 1 | 3249,00 | 0,02 | Poca |
| IIV | 6 | 6 | 1 | 36,00 | 0,17 | Moderada |
| JIV | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | Sin cobertura natural |
| KIV | 6 | 3 | 6 | 6,00 | 0,50 | Moderada |
| LIV | 1 | 0 | 1 | 1,00 | 0,00 | Mínima |
| MIV | 1 | 0 | 1 | 1,00 | 0,00 | Mínima |
| NIV | 8 | 8 | 1 | 64,00 | 0,13 | Moderada |
| OIV | 35 | 35 | 2 | 612,50 | 0,06 | Poca |
| PIV | 43 | 43 | 2 | 924,50 | 0,05 | Poca |
| QIV | 29 | 29 | 3 | 280,33 | 0,10 | Moderada |
| RIV | 22 | 21 | 2 | 242,00 | 0,09 | Poca |
| SIV | 10 | 7 | 4 | 25,00 | 0,28 | Moderada |
| TIV | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | Sin cobertura natural |

| Celda | ps | psc | cs | (ps/cs*16)* (ps/16) | IF | Valoración |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UIV | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | Sin cobertura natural |
| VIV | 1 | 0 | 1 | 1,00 | 0,00 | Mínima |
| WIV | 25 | 25 | 1 | 625,00 | 0,04 | Poca |
| XIV | 17 | 15 | 4 | 72,25 | 0,21 | Moderada |
| YIV | 45 | 44 | 5 | 405,00 | 0,11 | Moderada |
| ZIV | 37 | 37 | 2 | 684,50 | 0,05 | Poca |
| AV | 53 | 53 | 1 | 2809,00 | 0,02 | Poca |
| BV | 34 | 34 | 1 | 1156,00 | 0,03 | Poca |
| CV | 3 | 3 | 1 | 9,00 | 0,33 | Moderada |
| DV | 1 | 0 | 1 | 1,00 | 0,00 | Mínima |
| EV | 8 | 6 | 4 | 16,00 | 0,38 | Moderada |
| FV | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | Sin cobertura natural |
| GV | 1 | 0 | 1 | 1,00 | 0,00 | Mínima |
| HV | 20 | 19 | 2 | 200,00 | 0,10 | Moderada |
| IV | 62 | 62 | 1 | 3844,00 | 0,02 | Poca |
| JV | 49 | 49 | 2 | 1200,50 | 0,04 | Poca |
| KV | 62 | 62 | 1 | 3844,00 | 0,02 | Poca |
| LV | 36 | 35 | 3 | 432,00 | 0,08 | Poca |
| MV | 8 | 5 | 4 | 16,00 | 0,31 | Moderada |
| NV | 8 | 7 | 2 | 32,00 | 0,22 | Moderada |
| OV | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | Sin cobertura natural |
| PV | 6 | 6 | 1 | 36,00 | 0,17 | Moderada |
| QV | 29 | 27 | 6 | 140,17 | 0,19 | Moderada |
| RV | 29 | 29 | 1 | 841,00 | 0,03 | Poca |
| SV | 46 | 45 | 2 | 1058,00 | 0,04 | Poca |
| TV | 38 | 36 | 5 | 288,80 | 0,12 | Moderada |
| UV | 34 | 34 | 2 | 578,00 | 0,06 | Poca |
| VV | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | Sin cobertura natural |
| WV | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | Sin cobertura natural |
| XV | 1 | 0 | 1 | 1,00 | 0,00 | Mínima |
| YV | 10 | 10 | 2 | 50,00 | 0,20 | Moderada |
| ZV | 34 | 32 | 3 | 385,33 | 0,08 | Moderada |
| AVI | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | Sin cobertura natural |
| BVI | 63 | 63 | 1 | 3969,00 | 0,02 | Poca |

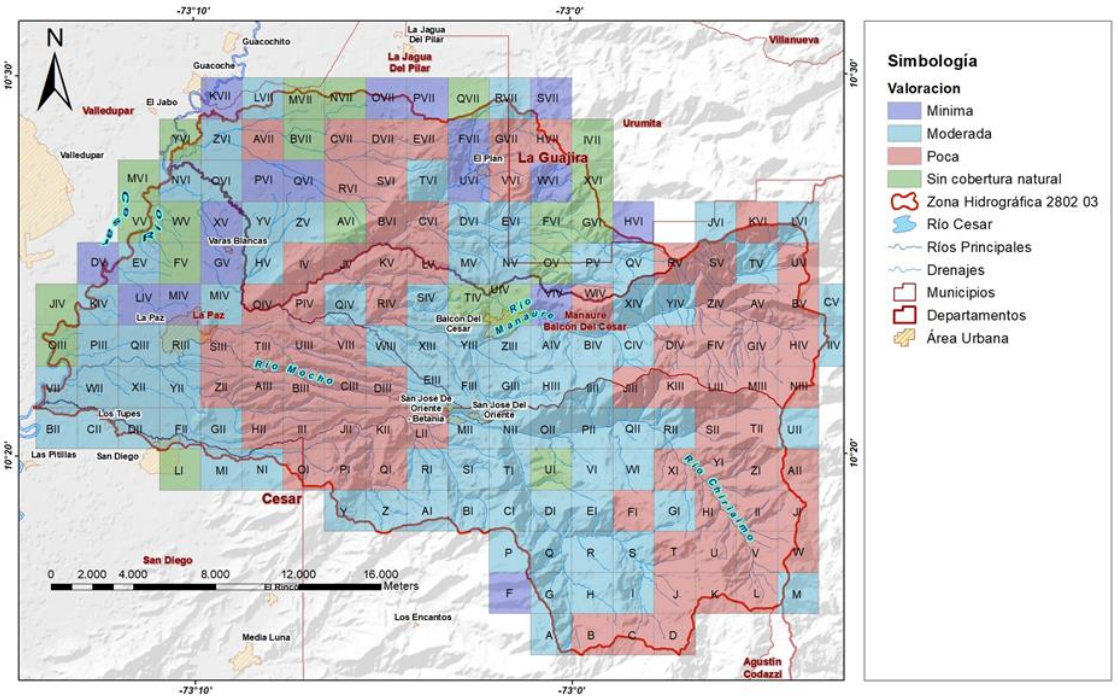
| Celda | ps | psc | cs | (ps/cs*16)* (ps/16) | IF | Valoración |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CVI | 41 | 41 | 1 | 1681,00 | 0,02 | Poca |
| DVI | 23 | 21 | 5 | 105,80 | 0,20 | Moderada |
| EVI | 16 | 14 | 6 | 42,67 | 0,33 | Moderada |
| FVI | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | Sin cobertura natural |
| GVI | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | Sin cobertura natural |
| HVI | 1 | 0 | 1 | 1,00 | 0,00 | Mínima |
| JVI | 5 | 5 | 1 | 25,00 | 0,20 | Moderada |
| KVI | 17 | 17 | 1 | 289,00 | 0,06 | Poca |
| LVI | 13 | 13 | 3 | 56,33 | 0,23 | Moderada |
| MVI | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | Sin cobertura natural |
| NVI | 7 | 5 | 4 | 12,25 | 0,41 | Moderada |
| OIV | 5 | 4 | 3 | 8,33 | 0,48 | Moderada |
| PVI | 1 | 0 | 1 | 1,00 | 0,00 | Mínima |
| QVI | 1 | 0 | 1 | 1,00 | 0,00 | Mínima |
| RVI | 52 | 52 | 1 | 2704,00 | 0,02 | Poca |
| SVI | 61 | 61 | 1 | 3721,00 | 0,02 | Poca |
| TVI | 4 | 4 | 1 | 16,00 | 0,25 | Moderada |
| UVI | 2 | 0 | 2 | 2,00 | 0,00 | Mínima |
| VVI | 31 | 31 | 1 | 961,00 | 0,03 | Poca |
| WVI | 1 | 0 | 1 | 1,00 | 0,00 | Mínima |
| XVI | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | Sin cobertura natural |
| YVI | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | Sin cobertura natural |
| ZVI | 5 | 5 | 1 | 25,00 | 0,20 | Moderada |
| AVII | 21 | 20 | 2 | 220,50 | 0,09 | Poca |
| BVII | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | Sin cobertura natural |
| CVII | 43 | 43 | 1 | 1849,00 | 0,02 | Poca |
| DVII | 40 | 40 | 1 | 1600,00 | 0,03 | Poca |
| EVII | 33 | 33 | 3 | 363,00 | 0,09 | Poca |
| FVII | 1 | 0 | 1 | 1,00 | 0,00 | Mínima |
| GVII | 38 | 37 | 2 | 722,00 | 0,05 | Poca |
| HVII | 25 | 25 | 1 | 625,00 | 0,04 | Poca |
| IVII | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | Sin cobertura natural |
| KVII | 1 | 0 | 1 | 1,00 | 0,00 | Mínima |
| LVII | 4 | 2 | 3 | 5,33 | 0,38 | Moderada |

| Celda | ps | psc | cs | (ps/cs*16)* (ps/16) | IF | Valoración |
|---|---|---|---|---|---|---|
| MVII | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | Sin cobertura natural |
| NVII | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | Sin cobertura natural |
| OVII | 1 | 0 | 1 | 1,00 | 0,00 | Mínima |
| PVII | 2 | 0 | 2 | 2,00 | 0,00 | Mínima |
| QVII | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | Sin cobertura natural |
| RVII | 3 | 3 | 1 | 9,00 | 0,33 | Moderada |
| SVII | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | Sin cobertura natural |

Fuente: Autores (2019).

Como análisis general se puede determinar que la fragmentación en las cuencas para un periodo de estudio de 7 años tiende a moderada a poca hacia el oriente con color rojo y azul, con intervenciones mínimas hacia norte debido a la presencia de numerosos ecosistemas naturales que todavía mantienen unas condiciones de conectividad favorables. (ver Figura 2-309).

**Figura 2-309. Índice de fragmentación - cuencas de los ríos Chiriaimo y Manaure**




Fuente: Autores (2019).

### 2.11.9.6. Índice del Estado Actual de las Coberturas Naturales (IEACN).

Mediante el empleo de este indicador, se agrupan de manera consolidada los resultados de las calificaciones relacionadas con el estado actual por tipo de cobertura natural de los indicadores de vegetación remanente, tasa de cambio de la cobertura, índice de fragmentación e índice de ambiente crítico tomando valores entre 0 y 80 dependiendo del grado de transformación o conservación de las coberturas, cuando el resultado de esta ponderación es mayor de 60 se considera que el área es conservada, entre los 41 y 59 medianamente transformada, entre 21 y 40 transformadas y entre 1 y 20 altamente transformada y 0 completamente transformada. En la Tabla 2-177 se describe el indicador según los términos de referencia o Guía POMCA 2014.

**Tabla 2-177. Descripción del cálculo del Índice del Estado Actual de las Coberturas Naturales**

| Elemento | Descripción | |
|---|---|---|
| **Objetivo** | Mostrar de manera consolidada los resultados de las calificaciones relacionadas con el estado actual por tipo de cobertura natural a través de los indicadores de vegetación remanente, tasa de cambio de la cobertura, índice de fragmentación e índice de ambiente crítico (modificado de MAVDT, IGAC, 2010) | |
| **Definición** | Cuantifica el estado actual por tipo de coberturas naturales de la tierra | |
| **Fórmula** | Se integra la calificación de dos indicadores y dos índices, cada uno de estos tiene un peso de 25%, valor máximo de la suma de indicadores =80 | |
| **Variables y Unidades** | Las variables están dadas por cada uno de los indicadores, unidad en valor absoluto | |
| **Insumos** | Calificación del indicador vegetación remanente, tasa de cambio de las coberturas naturales, índice de fragmentación e índice de ambiente crítico | |
| **Interpretación de la calificación** | **Rango** | **Categoría** |
| | Mayor de 60 | Conservada |
| | Entre 41 y 59 | Medianamente transformada |
| | Entre 21 y 40 | Transformada |
| | Entre 1 y 20 | Altamente transformada |
| | 0 | Completamente transformada |

Fuente: Autores (2019).

Según la información de la Tabla 2-178 se puede establecer que existen transformaciones en algunas de las coberturas naturales en las cuencas Chiriaimo y Manaure, cuyo origen se debe principalmente a las presiones que recibe, las cuales están relacionadas con el desarrollo de las actividades agropecuarias, principalmente la ganadería.

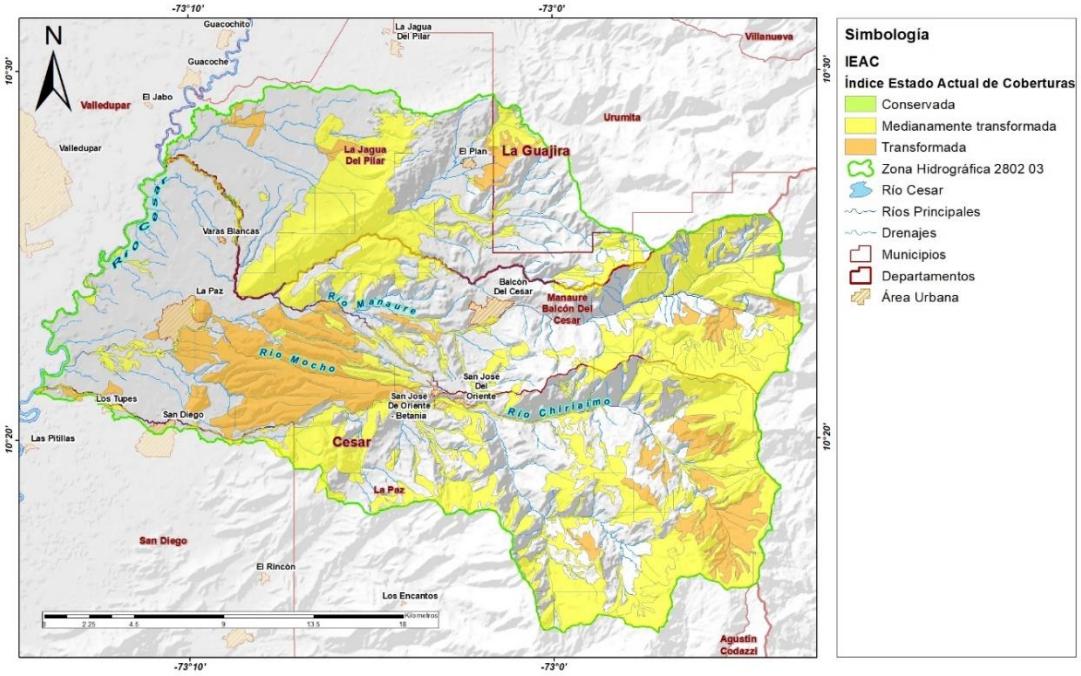
**Tabla 2-178. Índice de estado actual de las coberturas naturales para las cuencas Chiriaimo y Manaure**

| Categoría | Área (Ha) | Área (%) |
|---|---|---|
| Conservada | 84.82 | 0.30% |
| Medianamente transformada | 21387.27 | 74.58% |
| Transformada | 7204.26 | 25.12% |
| Total | 28676.35 | 100.00% |

Fuente: Autores (2019).

Algunos de los cambios que ha sufrido las cuencas en sus coberturas naturales se evidencian principalmente en los arbustales como se observa en la Figura 2-310 hacia el centro occidente, los cuales han aumentado considerable debido a que en la región se realiza la rocería y la quema para posteriormente establecer cultivos para ensilaje y potreros, los cuales son posteriormente abandonados y colonizados por especies que crecen de forma silvestre tienen una alta capacidad de colonización y son resistentes al déficit hídrico, como el Trupillo.

**Figura 2-310. Índice estado actual de las coberturas naturales de las cuencas Chiriaimo y Manaure**




Fuente: Autores (2019).

De igual forma se debe mencionar, que se ha producido un aumento de los mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales siendo esta la cobertura con mayor extensión en las cuencas con 8662.88 Ha, debido principalmente al abandono y recuperación natural de algunas zonas que estaban destinadas anteriormente a cultivos y a pastoreo extensivo.

En las cuencas Chiriaimo y Manaure las áreas naturales que se encuentran en la categoría de “Medianamente transformada” son las que presentan una mayor área con 21387.27 hectáreas que representan el 74.58% del área total de las cuencas, luego se encuentra la categoría de “Trasformadas” con el 25.12% y por último áreas catalogadas como “Conservadas” con solo 0.30% de las cuencas. respondiendo a las necesidades de una población creciente que aumentan las dificultades de mantener las tierras boscosas intactas.

## 2.12. CARACTERIZACIÓN DE VEGETACIÓN Y FLORA

De acuerdo con las indicaciones de la Guía Técnica para la formulación de POMCA, en este punto se deben identificar la vegetación y flora sobre áreas escasamente intervenidas o relictuales que se consideren de importancia para la conservación y restauración de los ecosistemas. Igualmente, la guía recomienda que la identificación de la vegetación y flora sobre las áreas escasamente intervenidas o relictuales, debe realizarse con base en inventarios existentes, consulta de base de datos del Instituto de Investigación Alexander von Humboldt y mediante la metodología de evaluación ecológica rápida (EER). Finalmente, la guía solicita que una vez realizado el inventario se identificarán las especies que se encuentran en algún grado de amenaza, endémicas o en peligro de extinción.

En ese sentido se inició por realizar un ejercicio que apuntó a identificar de forma preliminar, las áreas de la cuenca escasamente intervenidas o relictuales, luego se hizo una revisión bibliográfica que buscó identificar y describir, según la información disponible, y en términos generales, la vegetación y flora de la cuenca. Por último, se desataron las especies que actualmente son reconocidas en algún grado de amenaza, endémicas, o en peligro de extinción.

### 2.12.1. Identificación preliminar de las áreas de la cuenca escasamente intervenidas o relictuales

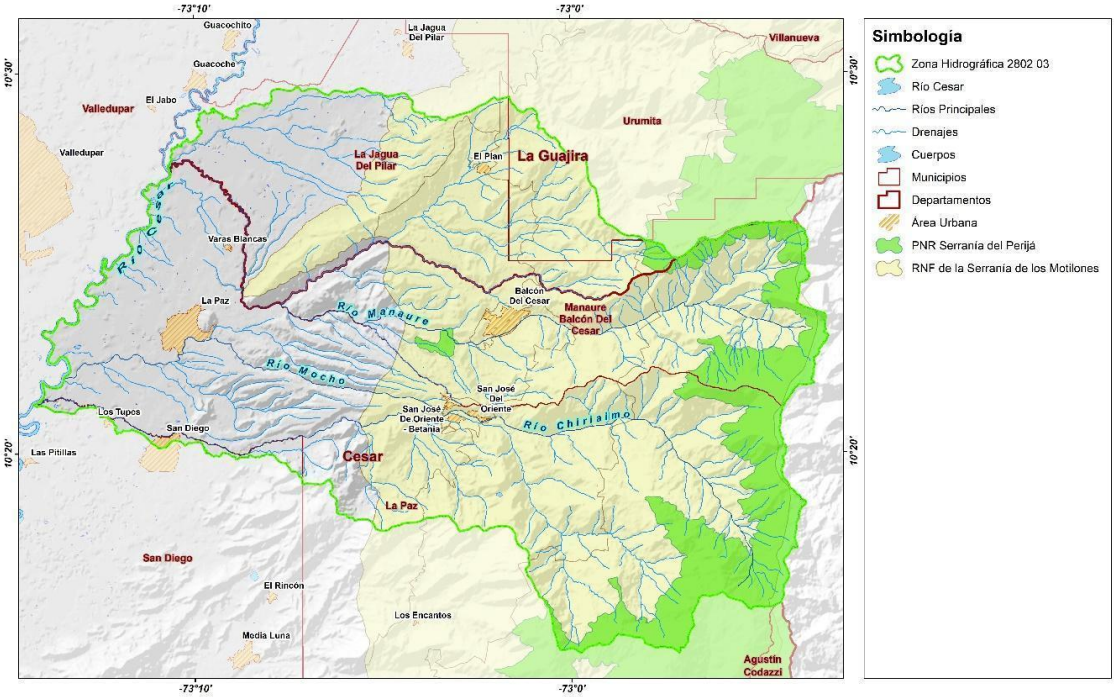
Las localidades de muestreo dentro de unidades de vegetación se seleccionaron mediante inspección visual de la imagen y su correspondiente mapa de polígonos desconocidos; mediante criterios basados en representatividad, valor biológico conocido o sospechado, accesibilidad, proximidad a otros terrenos diferentes, nivel de amenazas y disponibilidad de información.

Siguiendo los criterios antes mencionados y tomando como base el mapa preliminar de cobertura de la tierra que se muestra en la Figura 2-311, en total se seleccionaron tres zonas potenciales para el muestreo de campo y análisis de información secundaria.

No se seleccionaron puntos de muestreo en el territorio del Parque Natural Regional Serranía del Perijá declarado por medio del Acuerdo No 021 del 16 de diciembre de 2016 (ver polígono verde en la Figura 2-311), ni en el territorio de la Reserva Nacional Forestal de la Serranía de los Motilones declarada por medio de la Ley segunda de 1959. (ver polígono amarillo la Figura 2-311), debido a que la primera cuenta con información suficiente en materia de vegetación y flora levantada en el marco de los estudios adelantados para el proceso de declaración del parque, y la segunda porque también cuenta con información suficiente levantada en el marco del proceso de formulación de la PROPUESTA PARTICIPATIVA PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO AMBIENTAL DE LA ZONA DE RESERVA FORESTAL DE LOS MOTILONES EN LA SERRANIA DE PERIJA — FASE 1.

No obstante, se definieron unos puntos de verificación dentro del área de la reserva nacional forestal de la Serranía de los Motilones, esto con el fin de verificar las especies vegetales, como lo recomienda la guía POMCA.

**Figura 2-311. Mapa de áreas seleccionadas para el muestreo de vegetación y fauna**




Fuente: Autores (2019).

### 2.12.2. Reporte de trabajos de campo de evaluación ecológica rápida para caracterizar la vegetación y flora

Para desarrollar la caracterización de la vegetación y la flora se llevaron a cabo muestreos de campo en diferentes puntos, específicamente en tres puntos, como se observa en la Figura 2-312, los cuales fueron escogidos a partir de la Guía Técnica para la formulación de POMCA, (ver polígono verde en la Figura 2-311), en cada uno de estos puntos se realizó la identificación de la vegetación y flora presente en la zona, que cumplen funciones de vital importancia en la conservación y restauración de los ecosistemas y que además son áreas que han tenido poca intervención antrópica o áreas con presencia de especies que tienen distribuciones muy reducidas, esto se realizó utilizando la metodología de Evaluación Ecológica Rápida (EER).

**Figura 2-312. Sitios donde se realizó el muestreo**



Fuente: Autores (2019).

### 2.12.2.1. Estimación de la diversidad de plantas

A partir de los muestreos de campo desarrollados en cada uno de los tres puntos escogidos anteriormente, se procedió a estimar la diversidad de plantas, para esto se hizo uso del método Dallmeier (1992), donde en cada punto se determinaron tres parcelas cada una con medidas de 20*20 metros, dando un total de nueve parcelas, con el fin de tomar las áreas suficientes que permitieran identificar las especies vegetales con Diámetro a la altura de pecho mayores o iguales a 10 cm, como se puede observar en la Figura 2-313. Cabe señalar, que el método que se escogió es uno de los más recomendados por la Evaluación Ecológica Rápida.

**Figura 2-313. Establecimiento y censo de las parcelas en cada uno de los puntos**



Fuente: Autores (2019).

### 2.12.2.2. Intensidad del muestreo

Retomando lo mencionado anteriormente, cada punto fue dividido en tres, es decir, la intensidad de este muestreo fue de tres parcelas por tipo de cobertura vegetal, lo que no se

realizó de un solo tipo de vegetación, sino en una gran variedad con el objeto de tener muestreos más amplios. Lo cual, se observa en la Tabla 2-179. Resaltando que en cada departamento se escogió un solo tipo de cobertura vegetal que fueron Bosque de Galería y Bosque Fragmentado.

**Tabla 2-179. Parcelas muestreadas en los dos departamentos**

| Departamento | Municipio | Lugar | Latitud | Longitud | Altura (m) | Cobertura Vegetal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Cesar | Manaure | Reserva Natural Los Tananeos E1 | 10.384705° | -73.053909° | 565 | Bosque de Galería |
| Cesar | Manaure | Reserva Natural Los Tananeos E2 | 10.377919° | -73.056303° | 470 | Bosque de Galería |
| Cesar | Manaure | Finca Don Hector E3 | 10.381847° | -73.044500° | 621 | Bosque de Galería |
| Cesar | La Paz | Finca Villa Emma E4 | 10.347537° | -73.030009° | 844 | Bosque de Galería |
| Cesar | La Paz | Finca Los Jaimes E5 | 10.345265° | -73.027933° | 905 | Bosque de Galería |
| Cesar | La Paz | Finca NN E6 | 10.342386° | -73.017557° | 970 | Bosque de Galería |
| La Guajira | La Jagua del Pilar | Finca El Cerro E7 | 10.459534° | -73.076927° | 442 | Bosque Fragmentado |
| La Guajira | La Jagua del Pilar | Finca El Cerro E8 | 10.455235° | -73.086482° | 440 | Bosque Fragmentado |
| La Guajira | La Jagua del Pilar | Finca El Cerro E9 | 10.457533° | -73.080631° | 438 | Bosque Fragmentado |

Fuente: Autores (2019).

### 2.12.3. Consolidación de las características de vegetación y flora

#### 2.12.3.1. Composición florística de áreas prioritarias para la conservación

En el censo realizado en cada parcela, se tomó la categoría taxonómica desde la especie hasta la familia, es decir, tres niveles. Reportando un total de 60 especies agrupadas en 22 54 géneros y familias, como se muestra en la Tabla 2-180.

**Tabla 2-180. Listado de familias, especies vegetales y cantidad de individuos**

| Familia | Especie | Número de individuos |
|---|---|---|
| Anacardiaceae | *Anacardium excelsum* | 10 |
| | *Astronium graveolens* | 11 |
| | *Spondias mombim* | 1 |
| Apocynaceae | *Aspidosperma polyneuron* | 9 |
| | *Tabernaemontana amygdalifolia* | 5 |
| Araliaceae | *Aralia excelsa* | 1 |
| Bignoniaceae | *Crescentia cujete* | 1 |
| | *Handroanthus chrysanthus* | 1 |
| Bixaceae | *Cochlospermum vitifolium* | 3 |

| Familia | Especie | Número de individuos |
|---|---|---|
| Boraginacae | *Cordia allidora* | 1 |
| | *Cordia bicolor* | 1 |
| Cactaceae | *Stenocerus griceus* | 2 |
| Capparaceae | *Crateva tapia* | 1 |
| | *Cynophalla sp.* | 2 |
| Chrysobalanaceae | *Licania arbórea* | 3 |
| | *Parinari pachyphylla* | 1 |
| Euphorbiaceae | *Hura crepitans* | 7 |
| | *Sapium laurifolium* | 5 |
| Fabaceae | *Acacia glomerosa* | 1 |
| | *Albizia guachapele* | 1 |
| | *Albizia niopoides* | 2 |
| | *Caesalpinia coriaria* | 2 |
| | *Caesalpinia ébano* | 1 |
| | *Calliandra riparia* | 1 |
| | *Enterolobium cyclocarpum* | 1 |
| | *Erythrina poeppigiana* | 10 |
| | *Inga hayesii* | 5 |
| | *Lonchocarpus atropurpureus* | 4 |
| | *Lonchocarpus punctatus* | 2 |
| | *Machaerium arboreum* | 1 |
| | *Myrospermum frutescens* | 1 |
| | *Peltogyne purpurea* | 9 |
| | *Platymiscium pinnatum* | 3 |
| | *Platypodium elegans* | 1 |
| | *Samanea saman* | 1 |
| | *Senegalia riparia* | 1 |
| Lauraceae | *Aniba perutilis* | 1 |
| | *Nectandra turbacensis* | 11 |
| | *Persea americana* | 1 |
| Malpighiaceae | *Bunchosia hartwegiana* | 2 |
| Malvaceae | *Ceiba pentandra* | 2 |
| | *Guazuma ulmifolia* | 4 |
| | *Pseudobombax septenatum* | 1 |
| | *Sterculia apetala* | 1 |
| | *Theobroma cacao* | 1 |
| Moraceae | *Brosimum alicastrum* | 6 |
| | *Ficus insípida* | 2 |
| | *Maclura tinctoria* | 3 |
| Myrtaceae | *Myrciaria floribunda* | 1 |
| Nyctaginaceae | *Guapira pacurero* | 2 |

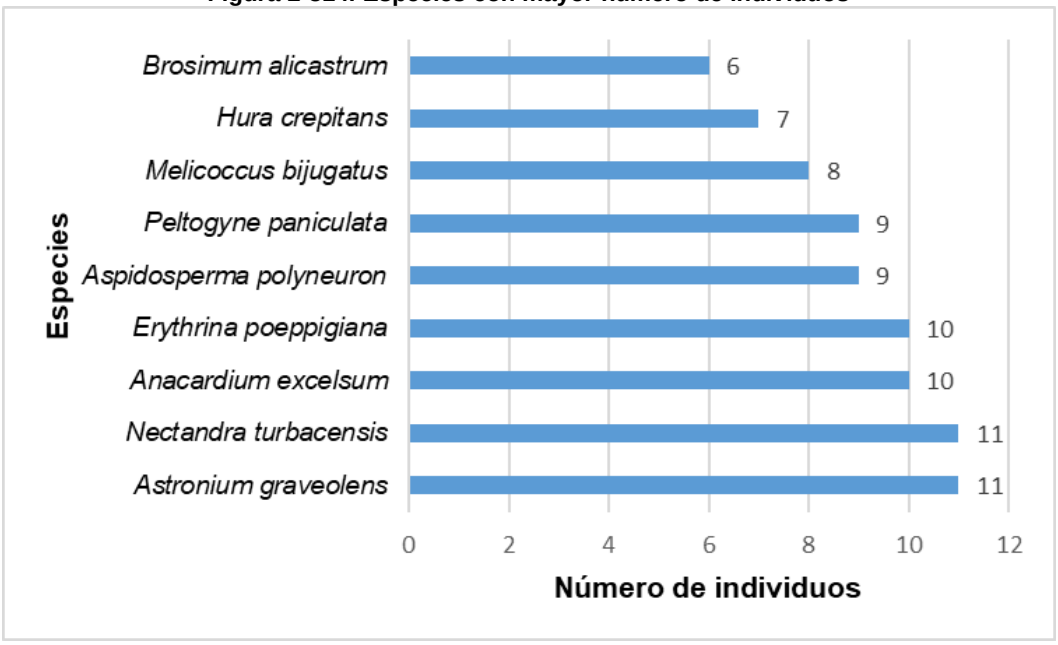
| Familia | Especie | Número de individuos |
|---|---|---|
| Polygonaceae | *Coccoloba coronata* | 1 |
| | *Coccoloba obovata* | 3 |
| | *Triplaris americana* | 1 |
| Rubiacae | *Amaioua corymbosa* | 5 |
| Sapindaceae | *Melicoccus bijugatus* | 8 |
| | *Melicoccus oliviformis* | 1 |
| | *Sapindus saponaria* | 3 |
| Sapotaceae | *Pradosia colombiana* | 2 |
| Urticaceae | *Cecropia peltata* | 3 |
| | *Urera caracasana* | 3 |
| **Total general** | | **180** |

Fuente: Autores (2019).

Cabe señalar que, de las familias identificadas en el censo, la más representativa fue la Fabaceae, debido a la cantidad de géneros y especies con los que cuenta, los cuales fueron en total 15 géneros con 18 especies (30%) y la menos representativa es la familia de la Myrtaceae, dado de que solo se identificó una especie y un solo individuo.

En la Figura 2-314 se muestran las especies con mayor número de individuos, siendo nueve en total. Destacando las especies *Astronium graveolens* y *Nectandra turbacensis,* cada una con 11 individuos.

**Figura 2-314. Especies con mayor número de individuos**




Fuente: Autores (2019).

### 2.12.4. Especies de vegetación y flora que actualmente son reconocidas en algún grado de amenaza, endémicas, o en peligro de extinción

El censo de especies vegetales, permitió reconocer en las zonas muestreadas las especies que presentan algún grado de amenaza, están en peligro de extinción o que se hallan solamente en estos ecosistemas, con el fin de apuntar a su preservación y conservación. Donde, se identificaron en total 24 especies que presentan algún grado de amenaza, tienen importancia económica o son endémicas, es decir solo de hallan en ese bioma o ecosistema. (ver Tabla 2-181).

**Tabla 2-181. Familias y especies que presentan algún grado de amenaza, son endémicas o tienen importancia económica. C.A: categoría de amenaza; I. Comercial: Importancia Comercial; End: Especies endémicas; NT: Casi amenazada; EN: en peligro; CR: peligro crítico; LC: preocupación menor**

| Familia | Especie | C.A | I. Comercial | End |
|---|---|---|---|---|
| Anacardiaceae | Anacardium excelsum | NT | Maderable | |
| Anacardiaceae | Astronium graveolens | | Maderable | |
| Apocynaceae | Aspidosperma polyneuron | EN | Maderable | |
| Bignoniaceae | Crescentia cujete | LC | | |
| Bignoniaceae | Handroanthus chrysanthus | LC | Maderable | |
| Boraginaceae | Cordia allidora | LC | Maderable | |
| Boraginaceae | Cordia bicolor | LC | | |
| Euphorbiaceae | Hura crepitans | | Maderable | |
| Fabaceae | Albizia niopoides | | Maderable | |
| Fabaceae | Caesalpinia coriaria | LC | | |
| Fabaceae | Caesalpinia ébano | EN | | Si |
| Fabaceae | Erythrina poeppigiana | LC | | |
| Fabaceae | Inga hayesii | NT | Maderable | |
| Fabaceae | Lonchocarpus atropurpureus | LC | | |
| Fabaceae | Lonchocarpus punctatus | LC | | |
| Fabaceae | Peltogyne purpurea | VU | Maderable | |
| Fabaceae | Platymiscium pinnatum | | Maderable | |
| Fabaceae | Platypodium elegans | | Maderable | |
| Fabaceae | Machaerium arboreum | LC | | |
| Fabaceae | Myrospermum frutescens | LC | | |
| Fabaceae | Samanea saman | LC | | |

| Familia | Especie | C.A | I. Comercial | End |
|---|---|---|---|---|
| Lauraceae | Persea americana | | Frutales | |
| Malpighiaceae | Bunchosia hartwegiana | | | Si |
| Malvaceae | Ceiba pentandra | LC | | |
| Malvaceae | Guazuma ulmifolia | | Maderable | |
| Malvaceae | Sterculia apetala | LC | Maderable | |
| Malvaceae | Theobroma cacao | LC | Frutales | |
| Moraceae | Ficus insípida | LC | | |
| Moraceae | Brosimum alicastrum | | Maderable | |
| Moraceae | Maclura tinctoria | LC | Maderable y frutales | |
| Myrtaceae | Myrciaria floribunda | LC | | |
| Polygonaceae | Triplaris americana | LC | | |
| Urticaceae | Urera caracasana | LC | | |

Fuente: Autores (2019).

Por otro lado, se encontró una gran variedad de especies de interés económico, donde se destaca la *Aspidosperma polyneuron.* (ver Figura 2-315A*),*además solo se encontraron dos especies endémicas, destacando las *Caesalpinia.* (ver Figura 2-315B).

**Figura 2-315. Especies sobresalientes con algún grado de amenaza. A. Aspidosperma polyneuron B. Caesalpinia ébano**




Fuente: Autores (2019).

## 2.13. CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA

En este punto la Guía para la formulación de POMCA, solicita realizar una caracterización de la fauna terrestre e íctica de la cuenca a partir de la información secundaria disponible, de los aportes de los actores sociales a través de la aplicación de encuestas, del avistamiento y de manera muy importante de la observación realizada de manera paralela a la realización de los inventarios de flora en las parcelas definidas (ver Figura 2-311 y Tabla 2-182). Con áreas donde es deficiente la información secundaria se propone realizar muestreos con base en la metodología de evaluación ecológica rápida, TNC (2002). Una vez realizada la caracterización se identificanron las especies que se encuentran en algún grado de amenaza, endémicas o de importante valor económico, social, cultural y ecológico.

Los resultados se plasman seguidamente iniciando por presentar un reporte de los trabajos de campo de evaluación ecológica rápida realizados para este componente, luego se consolidan las características de la fauna, y finalmente se enfatiza en el listado de especies que se encuentran en algún grado de amenaza, endémicas o de importante valor económico, social, cultural y ecológico.

**Tabla 2-182. Estaciones y zonas de muestreo para la caracterización de la fauna**

| Departamento | Municipio | Lugar | Latitud | Longitud | Altura (m) | Cobertura Vegetal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Cesar | Manaure | Reserva Natural Los Tananeos E1 | 10.384705° | -73.053909° | 565 | Bosque de Galería |
| Cesar | Manaure | Reserva Natural Los Tananeos E2 | 10.377919° | -73.056303° | 470 | Bosque de Galería |
| Cesar | Manaure | Finca Don Hector E3 | 10.381847° | -73.044500° | 621 | Bosque de Galería |
| Cesar | La Paz | Finca Villa Emma E4 | 10.347537° | -73.030009° | 844 | Bosque de Galería |
| Cesar | La Paz | Finca Los Jaimes E5 | 10.345265° | -73.027933° | 905 | Bosque de Galería |

Fuente: Autores (2019).

A continuación, se presenta los reportes de trabajo de campo realizados en cada una de las estaciones mediante la Evaluación Ecológica Rápida.

### 2.13.1. Reporte de trabajos de campo de Evaluación Ecológica Rápida

En los muestreos realizados en cada estación se comenzó a reportar primeramente los mamíferos.

#### 2.13.1.1. Mamíferos

Primeramente, se llevaron a cabo rastreos directos de individuos y huellas, heces, pelos, madrigueras y caminos, en las horas comprendidas entre las 6:00 a.m. – 10:00 a.m. y las 3:00 p.m. – 8:00 p.m., con transeptos lineales de 1 km de largo y con 60 m de ancho

georreferenciados, lo cual se realizó durante tres días. También se aplicaron encuestas a los pobladores del área de influencia orientadas a la identificación de mamíferos del Caribe colombiano, mediante el uso de guías de campo de mamíferos (Emmons & Feer, 1999; Aranda-Sánchez, 2012) y fichas con dibujos y fotografías de los mamíferos presentes. Además, se localizaron geográficamente las zonas donde se le realizaron las encuestas a los pobladores. (ver Figura 2-316).

**Figura 2-316. Ubicación geográfica de las zonas donde se realizaron las encuestas**




Fuente: Autores (2019).

Cabe resaltar, que, para determinar la presencia de especies endémicas, sensibles y categorizadas en distintos grados de amenaza, se consultó la Resolución 1912/2017 del MADS, la Red List de la IUCN y los apéndices I, II y III de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

En la Figura 2-317 se muestran algunas fotografías de esta actividad. La identificación taxonómica siguió lo propuesto por Solari *et al*. (2013).

**Figura 2-317. Registro fotográfico de encuestas realizadas a la población**







Fuente: Autores (2019).

### 2.13.1.2. Aves

Para el caso de las aves se realizaron dos muestreos diarios durante un lapso de cuatro días en el área de estudio: el primer muestreo fue llevado acabo entre las 5:30 a.m. a 10:30 a.m. (muestreo matutino) y el segundo entre las 4:00 p.m. a 6:30 p.m. (muestreo vespertino), cabe recordar que en cada uno de los días se trató descubrir la mayor parte de los habitas presentes en la zona. Asimismo, se caracterizó la ornitofauna de acuerdo a lo propuesto por Ralph *et al*. (1996), mediante censos por puntos de conteo utilizando Binoculares 8x42 (Nikon Trailblazer), para lo cual fue necesario la ubicación de cuatro puntos de 25 m de diámetro a una distancia mayor a 250 m, lo cual se puede observar en la Figura 2-318. Los individuos fueron detectados por medio de cantos, nidos, avistamientos y evidencias indirectas en cada punto durante un periodo de 10 min. Las aves fueron identificadas con la Guía de Aves de Hilty & Brown (2001).

**Figura 2-318. Observación de aves para la caracterización**



Fuente: Autores (2019).

Cabe recordar, que, para determinar la presencia de especies endémicas, sensibles y categorizadas en distintos grados de amenaza, se consultó a Renjifo *et al*. (2014a, b, 2016), la Red List de la IUCN y los apéndices I, II y III de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

### 2.13.1.3. Herpetos

Para la búsqueda de los herpetos en las zonas establecidas, primeramente, se realizaron durante un lapso de cuatro días dos muestreos tanto en jornada diurna como nocturna, desarrollada entre las 9:00 a.m. y 11:00 a.m. y entre las 6:00 p.m. y 7:00 p.m. con el fin de identificar la variedad de herpetos presentes que tienen diferentes horarios para poder ser avistados. Para buscar los reptiles, y anfibios y su posterior identificación se implementó la técnica de inspección por encuentro visual o VES (Visual Encounter Survey) elaborada por (Crump & Scott, 1994), donde primeramente se desarrollaron por un tiempo establecido busquedas de estos mediante el uso de sistemas a lo largo y ancho de los diferentes lugares de la zona de estudio. (ver Figura 2-319).

**Figura 2-319. Registro fotográfico de la busqueda de réptiles y anfibios**



Fuente: Autores (2019).

La identificación taxonómica de anfibios y reptiles se realizó con base en Carvajal-Cogollo et al. (2012) y las guías de campo de Pérez-González et al. (2018) y Meza-Tilvez et al. (2018). Así mismo, la determinación de especies endémicas, comercialización y categoría de amenaza se realizó con base en lo propuesto por Morales-Betancourt *et al*. (2015), la Red List de la IUCN /) y los apéndices I, II y III de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

### 2.13.1.4. Peces

En el trabajo de campo para la búsqueda y posterior identificación de peces se hizo captura de estos con el uso de nasas, además la búsqueda fue realizada en diferentes microhábitats, donde se identificaron ejemplares de estos peces, mediante la captura y aseguramiento con bolsas de cierre hermético debidamente rotuladas ( con georreferenciación, género, familia, nombre común, lugar o zona, número de ejemplares, fecha de colecta y recolector) y posterior utilización una solución de formalina al 10%, para la verificación en fase de laboratorio. Pasados 30 días, se preservaron en etanol al 96% (Rengifo & Velázquez, 2004). La identificación de los ejemplares se realizó empleando los trabajos de Maldonado-Ocampo *et al*. (2005), Mojica (2006), Villa *et al*. (2006), Maldonado-Ocampo *et al*. (2006) y Ortega-Lara *et al*. (2012).

## 2.13.2. Caracterización de la fauna terrestre e íctica de la cuenca

### 2.13.2.1. Mamiferos

Partiendo de la información primaria y secundaria obtenida, se identificaron en total 34 especies agrupadas en 34 géneros y 26 familias. Donde la mayor parte de las familias solo poseen una especie, siendo la familia de con mayor número de especies la Phyllostomidae (murciélagos) con siete especies, seguida de Cricetidae y Felidae con tres especies. (ver Tabla 2-183). Se debe tener en cuenta que en la caracterización de la fauna se trabajó con cuatro niveles de la clasificación taxonómica, desde el orden hasta la especie.

**Tabla 2-183. Composición taxonómica de los mamíferos registrados en la cuenca de los ríos Manaure y Chiriaimo**

| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | | | | Categoría de Amenaza | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Corredor-Carrillo y Muñoz-Saba (2007) | GBIF | Obs. | Enc. | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 |
| Chiroptera | Emballonuridae | *Saccopteryx bilineata* | Murciélago | _ | x | _ | _ | _ | LC | _ |
| Chiroptera | Molossidae | *Molossus molossus* | Murciélago común | _ | x | _ | _ | _ | LC | _ |
| Chiroptera | Phyllostomidae | *Desmodus rotundus murinus* | Vampiro | _ | x | _ | _ | _ | NE | _ |
| Chiroptera | Phyllostomidae | *Glossophaga longirostris* | Murciélago | _ | x | _ | _ | _ | LC | _ |
| Chiroptera | Phyllostomidae | *Glossophaga soricina* | Murciélago | _ | x | _ | _ | _ | LC | _ |
| Chiroptera | Phyllostomidae | *Platyrrhinus nigellus* | Murciélago | x | x | _ | _ | _ | LC | _ |
| Chiroptera | Phyllostomidae | *Platyrrhinus vittatus* | Murciélago | x | _ | _ | _ | _ | LC | _ |
| Chiroptera | Phyllostomidae | *Sturnira erythromos* | Murciélago | x | _ | _ | _ | _ | LC | _ |
| Chiroptera | Phyllostomidae | *Sturnira ludovici* | Murciélago | x | _ | _ | _ | _ | LC | _ |
| Chiroptera | Vespertilionidae | *Histiotus montanus* | Murciélago orejudo | x | _ | _ | _ | _ | LC | _ |
| Chiroptera | Vespertilionidae | *Myotis nigricans* | Murciélago negro | x | _ | _ | _ | _ | LC | _ |
| Didelphimorphia | Didelphidae | *Didelphis marsupialis* | Chucha | x | _ | x | x | _ | LC | _ |
| Pilosa | Bradypodidae | *Bradypus variegatus* | Perezoso | x | _ | _ | x | _ | LC | II |
| Cingulata | Chlamyphoridae | *Cabassous unicinctus* | Gurre | x | _ | _ | _ | _ | LC | _ |

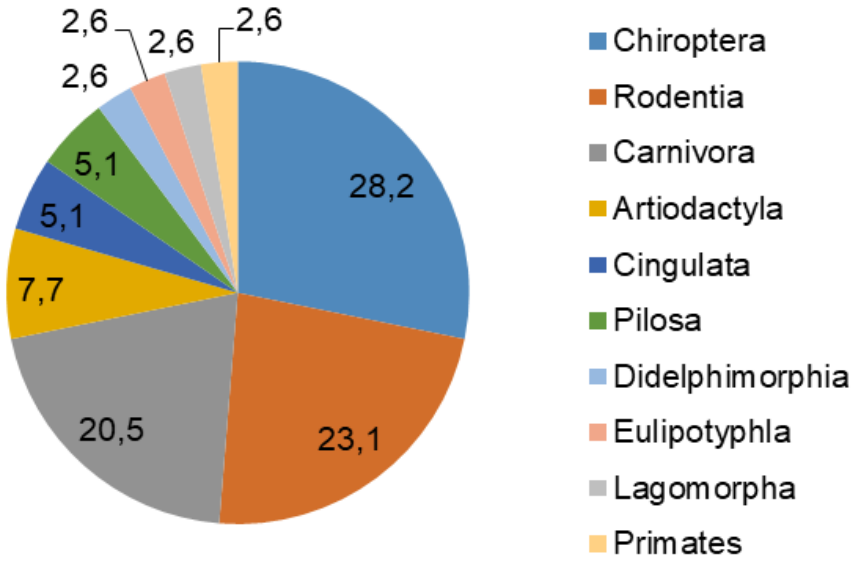
| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | | | | Categoría de Amenaza | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Corredor-Carrillo y Muñoz-Saba (2007) | GBIF | Obs. | Enc. | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 |
| Cingulata | Dasypodidae | *Dasypus novemcinctus* | Armadillo | x | _ | x | x | _ | LC | _ |
| Eulipotyphla | Soricidae | *Cryptotis thomasi* | Musaraña | x | _ | _ | _ | _ | LC | _ |
| Primates | Atelidae | *Alouatta seniculus* | Mono aullador | x | _ | x | x | _ | LC | _ |
| Carnivora | Mustelidae | *Lontra longicaudis* | Nutria | _ | _ | _ | x | VU | NT | I |
| Carnivora | Canidae | *Cerdocyon thous* | Zorro perro | x | _ | _ | x | _ | LC | II |
| Carnivora | Felidae | *Leopardus wiedii* | Tigrillo | x | _ | x | x | _ | NT | I |
| Carnivora | Felidae | *Leopardus pardalis* | Ocelote | x | _ | _ | _ | _ | LC | I |
| Carnivora | Felidae | *Puma concolor* | León, Leona | x | _ | _ | x | _ | LC | _ |
| Carnivora | Mephitidae | *Conepatus semistriatus* | Zorrillo | x | _ | _ | x | _ | LC | _ |
| Carnivora | Procyonidae | *Nasua nasua* | Coatí | x | _ | _ | _ | _ | LC | |
| Carnivora | Ursidae | *Tremarctos ornatus* | Oso Andino | x | _ | _ | x | VU | VU | I |
| Artiodactyla | Cervidae | *Mazama americana* | Venado | x | _ | _ | x | _ | VU | _ |
| Artiodactyla | Cervidae | *Odocoileus virginianus* | Venado cola blanca | x | _ | _ | x | CR | LC | _ |
| Artiodactyla | Tayassuidae | *Tayassu pecari* | Saino | x | _ | x | x | _ | VU | II |
| Rodentia | Sciuridae | *Sciurus granatensis* | Ardilla, Ardita | x | _ | x | x | _ | LC | _ |
| Rodentia | Caviidae | *Cavia porcellus* | Cuy | x | _ | _ | _ | _ | NE | _ |
| Rodentia | Cuniculidae | *Cuniculus paca* | Borugo | x | _ | x | x | _ | LC | III |
| Rodentia | Cuniculidae | *Cuniculus taczanowskii* | Borugo, Guarda, Guartinaja | x | _ | x | x | _ | NT | _ |
| Rodentia | Dasyproctidae | *Dasyprocta punctata* | Ñeque | x | _ | x | x | _ | LC | III |
| Rodentia | Erethizontidae | *Coendou sanctaemartae* | Puercoespín | _ | _ | x | x | _ | LC | _ |
| Rodentia | Cricetidae | *Neomicroxus bogotensis* | Ratón de hierba | x | _ | _ | _ | _ | LC | _ |

| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | | | | Categoría de Amenaza | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Corredor-Carrillo y Muñoz-Saba (2007) | GBIF | Obs. | Enc. | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 |
| Rodentia | Cricetidae | *Microryzomys minutus* | Ratón colilargo andino | x | _ | _ | _ | _ | LC | _ |
| Rodentia | Cricetidae | *Nephelomys albigularis* | Rata guliblanca | x | _ | _ | _ | _ | LC | _ |
| Lagomorpha | Leporidae | *Sylvilagus brasiliensis* | Conejo | _ | _ | _ | x | _ | EN | _ |
| Pilosa | Myrmecophagidae | *Tamandua mexicana* | Oso hormiguero | _ | _ | _ | x | _ | LC | III |

Fuente: Autores (2019).

Además, se calculó la riqueza de especies, respecto a los ordenes, teniendo que gran parte de los órdenes presentaron una sola especie, con el 2,6% de riqueza y con 11 especies Chiroptera fue el que registró el mayor valor (28,2%) de riqueza de especies. (ver Figura 2-320).

**Figura 2-320. Riqueza porcentual de especies de mamíferos por órdenes registrados en la cuenca de los ríos Manaure y Chiriaimo**




Fuente: Autores (2019).

En el transcurso de los recorridos en campo, se observó una tropa de nueve individuos del mono aullador rojo (*Alouatta seniculus*) que se encontraban en la parte más alta de los árboles, los cuales, se pueden encontrar en una variedad de árboles, pero principalmente se halla en la especie conocida como, caracolí (*Anacardium excelsum*). (ver Figura 2-321a).

Esta especie se caracteriza por vivir en una gran variedad de hábitats y sus principales amenazas son la deforestación, pérdida de hábitat, además de la fragmentación de bosques. También se pudieron observar algunas huellas de armadillo, y quizá sus posibles madrigueras, como se puede observar en la Figura 2-321b.

Por otra parte, un individuo de la especie *Didelphis marsupialis* (chucha) fue observado atropellado en la vía que conduce de La Paz a Manaure. (ver Figura 2-321c). también fueron avistadas espinas de *Coendou sanctaemartae* (puerco espín). (ver Figura 2-321d).

**Figura 2-321. Registros de Alouatta seniculus (a), huella de armadillo (b), Didelphis marsupialis atropellado (c) y espinas de Coendou sanctaemartae.**




Fuente: Autores (2019).

### 2.13.2.2. Aves

Con base en la información primaria y secundaria se registraron un total de 421 especies de aves en la zona de estudio, agrupadas en 20 órdenes, 50 familias y 263 géneros, lo que demuestra una elevada riqueza en este grupo. (ver Tabla 2-184).

**Tabla 2-184. Claificación taxonómica de las aves identificadas**

| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | Categoría de Amenaza | | | Endémica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 | |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Accipiter bicolor* | Gavilán | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Accipiter striatus* | Gavilán americano | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Accipiter ventralis* | Gavilán andino | GBIF | _ | NE | _ | _ |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Buteo albicaudatus* | Gavilán coliblanco | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Buteo albonotatus* | Aguilucho negro | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Buteo brachyurus* | Gavilán rabicorto | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Buteo jamaicensis* | Ratonero de cola roja | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Buteo nitidus* | Busardo gris | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Buteo platypterus* | Águila aliancha | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Buteo swainsoni* | Busardo chapulinero | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Buteogallus anthracinus* | Busardo negro | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Buteogallus solitarius* | Águila solitaria | GBIF | CR | NT | _ | _ |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Chondrohierax uncinatus* | Milano | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Elanoides forficatus* | Tijereta | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Elanus leucurus* | Gavilán blanco | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Gampsonyx swainsonii* | Elanio enano | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Geranospiza caerulescens* | Gavilán patilargo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Harpagus bidentatus* | Gavilán bidentado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Ictinia plumbea* | Gavilán azulado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Percnohierax leucorrhous* | _ | GBIF | _ | NE | _ | _ |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Rupornis magnirostris* | Gavilán pollero | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Spizaetus melanoleucus* | Águila viuda | GBIF | _ | LC | _ | _ |

| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | Categoría de Amenaza | | | Endémica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 | |
| Accipitriformes | Cathartidae | *Cathartes aura* | Aura gallipavo | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Accipitriformes | Cathartidae | *Coragyps atratus* | Buitre negro | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Accipitriformes | Cathartidae | *Sarcoramphus papa* | Rey Gallinazo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Accipitriformes | Pandionidae | *Pandion haliaetus* | Gavilán pescador | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Anseriformes | Anatidae | *Dendrocygna autumnalis* | Iguaza | GBIF | _ | LC | III | _ |
| Apodiformes | Apodidae | *Aeronautes montivagus* | Vencejo montañés | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Apodiformes | Apodidae | *Chaetura brachyura* | Vencejo rabón | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Apodiformes | Apodidae | *Chaetura cinereiventris* | Vencejo lomigrís | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Apodiformes | Apodidae | *Panyptila cayennensis* | Pájaro macuá | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Apodiformes | Apodidae | *Streptoprocne rutila* | Vencejo cuellirrojo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Apodiformes | Apodidae | *Streptoprocne zonaris* | Vencejo acollarado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Adelomyia melanogenys* | Colibrí jaspeado | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Aglaiocercus kingii* | Colibrí coludo azul | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Amazilia saucerrottei* | Amazilia verdiazul | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Amazilia tzacatl* | Amazilia de cola rufa | GBIF, Observación | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Amazilia viridigaster* | Amazilia colimorada | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Anthracothorax nigricollis* | Mango común | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Campylopterus cuvierii* | Colibrí de Cuvier | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Campylopterus falcatus* | Colibrí lazulita | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Chaetocercus jourdanii* | Colibrí de Jourdan | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Chalybura buffonii* | Colibrí de Buffon | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Chlorostilbon gibsoni* | Esmeralda Piquiroja | GBIF, Observación | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Chlorostilbon mellisugus* | Esmeralda coliazul | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Chlorostilbon russatus* | Esmeralda bronceada | GBIF | _ | LC | II | _ |

| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | Categoría de Amenaza | | | Endémica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 | |
| Apodiformes | Trochilidae | *Chrysolampis mosquitus* | Tucusito rubí | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Coeligena bonapartei* | Colibrí prieto | GBIF | _ | LC | II | SI |
| Apodiformes | Trochilidae | *Coeligena coeligena* | Colibrí pardo morado | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Colibri coruscans* | Colibrí rutilante | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Colibri delphinae* | Colibrí pardo | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Colibri thalassinus* | Colibrí orejiazul | GBIF, Observación | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Colibri thalassinus cyanotus* | Colibrí chico | GBIF | _ | NE | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Florisuga mellivora* | Jacobino cuello blanco | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Glaucis hirsutus* | Ermitaño de Glaucis | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Heliangelus amethysticollis* | Colibrí gorgiamatista | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Heliomaster longirostris* | Colibrí piquilargo | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Lafresnaya lafresnayi* | Colibrí aterciopelado | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Lepidopyga goudoti* | Colibrí de Goudot | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Metallura iracunda* | Colibrí de Perijá | GBIF | _ | EN | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Metallura tyrianthina* | Metalura tiria | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Ocreatus underwoodii* | Colibrí cola de hoja | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Phaethornis anthophilus* | Ermitaño ventripálido | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Phaethornis augusti* | Ermitaño limpiacasa | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Phaethornis guy* | Ermitaño verde | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Phaethornis longirostris* | Ermitaño colilargo | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Ramphomicron microrhynchum* | Colibrí piquicorto | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Apodiformes | Trochilidae | *Thalurania colombica* | Púrpura coronado | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Caprimulgiformes | Caprimulgidae | *Caprimulgus longirostris* | Gallina ciega | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Caprimulgiformes | Caprimulgidae | *Lurocalis rufiventris* | Añapero ventrirrufo | GBIF | _ | LC | _ | _ |

| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | Categoría de Amenaza | | | Endémica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 | |
| Caprimulgiformes | Caprimulgidae | *Nyctidromus albicollis* | Chotacabras pauraque | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Cathartiformes | Cathartidae | *Vultur gryphus* | Cóndor andino | GBIF | CR | NT | I | _ |
| Charadriiformes | Burhinidae | *Burhinus bistriatus* | Alcaraván venezolano | GBIF | _ | LC | III | _ |
| Charadriiformes | Charadriidae | *Vanellus chilensis* | Tero | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Charadriiformes | Jacanidae | *Jacana jacana* | Gallito de ciénaga | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Columbiformes | Columbidae | *Claravis pretiosa* | Tortolita azulada | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Columbiformes | Columbidae | *Columba livia* | Paloma bravía | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Columbiformes | Columbidae | *Columbina squammata* | Tortolita pechiescanada | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Columbiformes | Columbidae | *Columbina talpacoti* | Tortolita rojiza | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Columbiformes | Columbidae | *Leptotila verreauxi* | Paloma turca | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Columbiformes | Columbidae | *Patagioenas cayennensis* | Paloma morada | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Columbiformes | Columbidae | *Patagioenas fasciata* | Paloma de collar | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Columbiformes | Columbidae | *Patagioenas speciosa* | Paloma escamosa | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Columbiformes | Columbidae | *Patagioenas subvinacea* | Paloma vinosa | GBIF, Observación | _ | VU | _ | _ |
| Columbiformes | Columbidae | *Zenaida auriculata* | Torcasa | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Columbiformes | Columbidae | *Zentrygon linearis* | Paloma perdiz embridada | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Coraciiformes | Alcedinidae | *Chloroceryle americana* | Martín pescador chico | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Coraciiformes | Momotidae | *Momotus subrufescens* | Barranquero | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Cuculiformes | Cuculidae | *Crotophaga ani* | Garrapatero ani | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Cuculiformes | Cuculidae | *Crotophaga major* | Garrapatero mayor | Observación | _ | LC | _ | _ |
| Cuculiformes | Cuculidae | *Crotophaga sulcirostris* | Garrapatero asurcado | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |

| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | Categoría de Amenaza | | | Endémica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 | |
| Cuculiformes | Cuculidae | *Piaya cayana* | Cucú ardilla | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Cuculiformes | Cuculidae | *Tapera naevia* | Tres pies | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Falconiformes | Falconidae | *Caracara cheriway* | Carri carri | GBIF, Observación | _ | LC | II | _ |
| Falconiformes | Falconidae | *Falco columbarius* | Esmerejón | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Falconiformes | Falconidae | *Falco femoralis* | Halcón aplomado | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Falconiformes | Falconidae | *Falco peregrinus* | Halcón peregrino | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Falconiformes | Falconidae | *Falco rufigularis* | Halcón murcielaguero | GBIF | _ | LC | I | _ |
| Falconiformes | Falconidae | *Falco sparverius* | Halconcito colorado | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Falconiformes | Falconidae | *Falco sparverius caucae* | Cernícalo americano | GBIF | _ | NE | II | _ |
| Falconiformes | Falconidae | *Herpetotheres cachinnans* | Halcón reidor | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Falconiformes | Falconidae | *Micrastur ruficollis* | Halcón montés chico | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Falconiformes | Falconidae | *Micrastur semitorquatus* | Halcón montés collarejo | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Falconiformes | Falconidae | *Milvago chimachima* | Pigua | GBIF, Observación | _ | LC | II | _ |
| Galbuliformes | Bucconidae | *Hypnelus ruficollis* | Bobo punteado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Galbuliformes | Bucconidae | *Malacoptila mystacalis* | Buco bigotudo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Galbuliformes | Galbulidae | *Galbula ruficauda* | Jacamará | Observación | _ | LC | _ | _ |
| Galliformes | Cracidae | *Aburria aburri* | Pava aburria | GBIF | _ | NT | _ | _ |
| Galliformes | Cracidae | *Chamaepetes goudotii* | Pava maraquera | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Galliformes | Cracidae | *Ortalis ruficauda* | Guacharaca | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Galliformes | Cracidae | *Penelope argyrotis* | Pava cara blanca | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Galliformes | Cracidae | *Penelope montagnii* | Pava andina | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Galliformes | Cracidae | *Penelope purpurascens* | Pava moñuda | GBIF | _ | LC | III | _ |
| Galliformes | Odontophoridae | *Colinus cristatus* | Codorniz crestada | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Galliformes | Odontophoridae | *Odontophorus atrifrons* | Corcovado común | GBIF | _ | VU | _ | _ |

| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | Categoría de Amenaza | | | Endémica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 | |
| Gruiformes | Rallidae | *Porphyrio martinicus* | Gallito azul | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Cardinalidae | *Cyanocompsa cyanoides* | Azulón silvícola | GBIF | _ | NE | _ | _ |
| Passeriformes | Cardinalidae | *Cyanoloxia cyanoides* | Picogrueso azul negro | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Cardinalidae | *Pheucticus chrysogaster* | Picogrueso ventriamarillo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Cardinalidae | *Pheucticus ludovicianus* | Picogrueso pechirrosa | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Coerebidae | *Coereba flaveola* | Mielero | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Corvidae | *Cyanocorax affinis* | Carriquí Pechiblanco | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Corvidae | *Cyanocorax yncas* | Carriquí de Montaña | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Cotingidae | *Ampelion rubrocristatus* | Cotinga crestada | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Cotingidae | *Pachyramphus cinnamomeus* | Cabezón canelo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Cotingidae | *Pachyramphus rufus* | Cabezón cinéreo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Cotingidae | *Pachyramphus versicolor* | Cabezón barrado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Cotingidae | *Pipreola arcuata* | Frutero barrado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Cotingidae | *Pipreola aureopectus* | Frutero pechidorado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Cotingidae | *Pipreola riefferii* | Frutero verdinegro | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Cotingidae | *Tityra inquisitor* | Tueré chico | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Cotingidae | *Tityra semifasciata* | Titira enmascarado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Emberizidae | *Arremon assimilis* | Pinzón picofino | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Emberizidae | *Arremon brunneinucha* | Pinzón collarejo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Emberizidae | *Arremon perijanus* | Pinzón de Perijá | GBIF | _ | VU | _ | _ |
| Passeriformes | Emberizidae | *Arremon schlegeli* | Pinzón alidorado | GBIF | VU | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Emberizidae | *Arremonops conirostris* | Pinzón conirrostro | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Emberizidae | *Atlapetes latinuchus* | Atlapetes cabecirrufo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Emberizidae | *Atlapetes nigrifrons* | Atlapetes del Perijá | GBIF | _ | NT | _ | _ |
| Passeriformes | Emberizidae | *Atlapetes schistaceus* | Atlapetes pizarra | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Emberizidae | *Chlorospingus flavopectus* | Montero ojiblanco | GBIF | _ | LC | _ | _ |

| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | Categoría de Amenaza | | | Endémica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 | |
| Passeriformes | Emberizidae | *Chlorospingus flavopectus ophthalmicus* | Tangarita oftálmica | GBIF | _ | NE | _ | _ |
| Passeriformes | Emberizidae | *Chlorospingus flavopectus ponsi* | Tangara común de Bush | GBIF | _ | NE | _ | _ |
| Passeriformes | Emberizidae | *Molothrus bonariensis* | Chamón parásito | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Emberizidae | *Molothrus oryzivorus* | Tordo gigante | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Emberizidae | *Piranga flava* | Piranga bermeja | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Emberizidae | *Piranga leucoptera* | Piranga aliblanca | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Emberizidae | *Piranga olivacea* | Piranga alinegra | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Emberizidae | *Piranga rubra* | Piranga roja | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Emberizidae | *Quiscalus lugubris* | Chango llanero | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Emberizidae | *Zonotrichia capensis* | Copetón común | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Fringillidae | *Chlorophonia cyanea* | Clorofonia verdeazul | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Fringillidae | *Chlorophonia pyrrhophrys* | Clorofonia pechicastaña | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Fringillidae | *Euphonia laniirostris* | Eufonia gorgiamarilla | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Fringillidae | *Euphonia trinitatis* | Eufonia de trinidad | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Fringillidae | *Euphonia xanthogaster* | Eufonia ventrinaranja | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Fringillidae | *Spinus psaltria* | Jilguero aliblanco | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Fringillidae | *Spinus spinescens* | Jilguero andino | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Furnariidae | *Anabacerthia striaticollis* | Ticotico montano | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Furnariidae | *Asthenes perijana* | Rastrojero de Perijá | GBIF | EN | EN | _ | _ |
| Passeriformes | Furnariidae | *Asthenes wyatti* | Canastero rayado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Furnariidae | *Campylorhamphus pusillus* | Picoguadaña andino | GBIF | _ | NE | _ | _ |
| Passeriformes | Furnariidae | *Cranioleuca hellmayri* | Curutié de Santa Marta | GBIF | _ | LC | _ | SI |
| Passeriformes | Furnariidae | *Dendrocincla fuliginosa* | Trepador pardo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Furnariidae | *Dendroplex picus* | Trepador pico de lanza | GBIF | _ | LC | _ | _ |

| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | Categoría de Amenaza | | | Endémica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 | |
| Passeriformes | Furnariidae | *Furnarius leucopus* | Hornero patiamarillo | GBIF, Observación | _ | NE | _ | _ |
| Passeriformes | Furnariidae | *Hellmayrea gularis* | Pijuí paramero | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Furnariidae | *Lepidocolaptes lacrymiger* | Trepador montañero | GBIF | _ | NE | _ | _ |
| Passeriformes | Furnariidae | *Lepidocolaptes souleyetii* | Trepatroncos cabecirrayado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Furnariidae | *Margarornis squamiger* | Subepalo perlado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Furnariidae | *Pseudocolaptes boissonneautii* | Trepamusgos barbablanca andino | GBIF | _ | NE | _ | _ |
| Passeriformes | Furnariidae | *Sclerurus albigularis* | Tirahojas gorgigrís | GBIF | _ | NT | _ | _ |
| Passeriformes | Furnariidae | *Sittasomus griseicapillus* | Trepatroncos oliváceo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Furnariidae | *Synallaxis albescens* | Pijuí pechiblanco | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Furnariidae | *Synallaxis cinnamomea* | Pijuí pechiestriado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Furnariidae | *Synallaxis unirufa* | Rastrojero de Antifaz | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Furnariidae | *Synallaxis unirufa munoztebari* | _ | GBIF | _ | NE | _ | _ |
| Passeriformes | Furnariidae | *Thripadectes virgaticeps* | Hojarasquero común | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Furnariidae | *Xenops rutilans* | Xenops estriado | GBIF | _ | NE | _ | _ |
| Passeriformes | Furnariidae | *Xiphocolaptes promeropirhynchus* | Trepador gigante | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Furnariidae | *Xiphorhynchus susurrans* | Trepatroncos cacao | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Grallariidae | *Grallaria ruficapilla* | Tororí compadre | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Grallariidae | *Grallaria ruficapilla perijana* | _ | GBIF | _ | NE | _ | SI |
| Passeriformes | Grallariidae | *Grallaria rufula* | Tororí rufo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Grallariidae | *Grallaria rufula saltuensis* | _ | GBIF | _ | NE | _ | SI |
| Passeriformes | Hirundinidae | *Hirundo rustica* | Golondrina común | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Hirundinidae | *Orochelidon murina* | Golondrina ahumada | GBIF | _ | LC | _ | _ |

| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | Categoría de Amenaza | | | Endémica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 | |
| Passeriformes | Hirundinidae | *Progne tapera* | Golondrina sabanera | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Hirundinidae | *Pygochelidon cyanoleuca* | Golondrina azul y blanca | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Hirundinidae | *Stelgidopteryx ruficollis* | Golondrina barranquera | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Icteridae | *Amblycercus holosericeus* | Cacique piquiclaro | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Icteridae | *Cacicus cela* | Arrendajo culiamarillo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Icteridae | *Chrysomus icterocephalus* | Turpial cabeciamarillo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Icteridae | *Icterus auricapillus* | Turpial cabecirrojo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Icteridae | *Icterus chrysater* | Turpial montañero | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Icteridae | *Icterus galbula* | Turpial de Baltimore | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Icteridae | *Icterus nigrogularis* | Turpial amarillo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Icteridae | *Psarocolius angustifrons* | Oropéndola común | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Icteridae | *Psarocolius decumanus* | Oropéndola crestada | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Mimidae | *Mimus gilvus* | Sinsonte común | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Muscicapidae | *Turdus albicollis* | Mirla collajera | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Muscicapidae | *Turdus flavipes* | Mirlo azulado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Muscicapidae | *Turdus fulviventris* | Zorzal ventricastaño | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Muscicapidae | *Turdus fuscater* | Mirla común | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Muscicapidae | *Turdus grayi* | Mirla parda | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Muscicapidae | *Turdus leucomelas* | Mirla ventriblanca | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Muscicapidae | *Turdus olivater* | Zorzal cabecinegro | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Muscicapidae | *Turdus serranus* | Mirla serrana | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Parulidae | *Basileuterus culicivorus* | Reinita coronidorada | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Parulidae | *Basileuterus rufifrons* | Reinita coronirrufa | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Parulidae | *Basileuterus tristriatus* | Reinita cabecilistada | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Parulidae | *Cardellina canadensis* | Reinita canadiense | GBIF | _ | LC | _ | _ |

| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | Categoría de Amenaza | | | Endémica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 | |
| Passeriformes | Parulidae | *Geothlypis philadelphia* | Reinita plañidera | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Parulidae | *Leiothlypis peregrina* | Reinita de Tennessee | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Parulidae | *Mniotilta varia* | Reinita trepadora | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Parulidae | *Myioborus miniatus* | Abanico pechinegro | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Parulidae | *Myiothlypis cinereicollis* | Reinita gorjigrís | GBIF | _ | NT | _ | _ |
| Passeriformes | Parulidae | *Myiothlypis nigrocristata* | Reinita crestinegra | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Parulidae | *Parkesia motacilla* | Reinita de luisiana | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Parulidae | *Parkesia noveboracensis* | Reinita acuática | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Parulidae | *Protonotaria citrea* | Protonotaria | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Parulidae | *Setophaga castanea* | Reinita castaña | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Parulidae | *Setophaga cerulea* | Reinita cerúlea | GBIF | VU | VU | _ | _ |
| Passeriformes | Parulidae | *Setophaga fusca* | Reinita gorjinaranja | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Parulidae | *Setophaga petechia* | Reinita dorada | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Parulidae | *Setophaga pitiayumi* | Parula pitiayumí | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Parulidae | *Setophaga ruticilla* | Reinita norteña | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Parulidae | *Setophaga virens* | Reinita dorsiverde | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Pipridae | *Ceratopipra erythrocephala* | Saltarín cabecidorado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Pipridae | *Chiroxiphia lanceolata* | Saltarín coludo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Polioptilidae | *Polioptila plumbea* | Curruca tropical | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Rhinocryptidae | *Scytalopus perijanus* | Tapaculo de Perijá | GBIF | VU | VU | _ | _ |
| Passeriformes | Thamnophilidae | *Drymophila caudata* | Hormiguerito rabilargo | GBIF | _ | NT | _ | SI |
| Passeriformes | Thamnophilidae | *Drymophila klagesi* | Tiluchí de Perijá | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thamnophilidae | *Formicivora grisea* | Hormiguerito pechinegro | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thamnophilidae | *Thamnophilus atrinucha* | Hormiguero | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |

| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | Categoría de Amenaza | | | Endémica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 | |
| Passeriformes | Thamnophilidae | *Thamnophilus melanonotus* | Batará encapuchado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Anisognathus lacrymosus* | Tangara lacrimosa | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Anisognathus lacrymosus pallididorsalis* | _ | GBIF | _ | NE | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Asemospiza fuliginosa* | Semillero fuliginoso | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Asemospiza obscura* | Semillero oscuro | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Buthraupis montana* | Tangara montana | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Catamblyrhynchus diadema* | Tangara peluda | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Catamenia analis* | Semillero coliblanco | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Catamenia homochroa* | Semillero paramuno | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Catamenia inornata* | Semillero andino | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Chlorophanes spiza* | Mielero verde | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Conirostrum sitticolor* | Conirrostro dorsiazul | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Cyanerpes cyaneus* | Mielero patirrojo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Diglossa albilatera* | Picaflor flanquiblanco | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Diglossa caerulescens* | Picaflor azulado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Diglossa cyanea* | Picaflor de antifaz | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Diglossa humeralis* | Picaflor negro | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Diglossa sittoides* | Picaflor canela | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Dubusia taeniata* | Tangara pechifulva | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Eucometis penicillata* | Tangara cabecigrís | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Islerothraupis luctuosa* | Tangara hombriblanca | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Melanospiza bicolor* | Semillero biocolor | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Nemosia pileata* | Tangara encapuchada | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Ramphocelus dimidiatus* | Tangara dorsirroja | GBIF | _ | LC | _ | _ |

| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | Categoría de Amenaza | | | Endémica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 | |
| Passeriformes | Thraupidae | *Ramphocelus flammigerus** | Tangara flamigera | GBIF | _ | LC | _ | SI |
| Passeriformes | Thraupidae | *Rhodinocichla rosea* | Tangara rosada | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Saltator coerulescens* | Papayero | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Saltator maximus* | Pepitero gorjicanelo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Saltator striatipectus* | Saltátor pío-judío | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Schistochlamys melanopis* | Tangara carinegra | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Sicalis flaveola* | Canario coronado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Sphenopsis frontalis* | Hemispingo oleaginoso | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Spodiornis rusticus* | Yal pizarroso | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Sporathraupis cyanocephala* | Azulejo montañero | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Sporophila angolensis* | Semillero curió | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Sporophila funerea* | Semillero piquigrueso | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Sporophila minuta* | Semillero pechirrufo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Sporophila nigricollis* | Semillero ventriamarillo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Sporophila schistacea* | Mochuelo | Observación | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Tachyphonus rufus* | Tangara negra | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Tangara episcopus* | Azulejo | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Tangara glaucocolpa* | Azulejo verdeviche | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Tangara gyrola* | Tangara cabeza de lacre | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Tangara heinei* | Tangara capirotada | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Tangara nigroviridis* | Tangara mariposa | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Tangara palmarum* | Azulejo palmero | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Tangara xanthocephala* | Tangara coronada | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Tersina viridis* | Azulejo golondrina | GBIF | _ | LC | _ | _ |

| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | Categoría de Amenaza | | | Endémica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 | |
| Passeriformes | Thraupidae | *Thlypopsis fulviceps* | Frutero cabecileonado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Thraupidae | *Volatinia jacarina* | Semillero chirrí | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Troglodytidae | *Campylorhynchus griseus* | Currucuchú | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Troglodytidae | *Campylorhynchus nuchalis* | Cucarachero chocorocoy | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Troglodytidae | *Campylorhynchus zonatus* | Cucarachero barrado | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Troglodytidae | *Campylorhynchus zonatus brevirostris* | _ | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Troglodytidae | *Cantorchilus leucotis* | Cucarachero flanquileonado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Troglodytidae | *Cinnycerthia unirufa* | Cucarachero bayo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Troglodytidae | *Henicorhina leucophrys* | Cucarachero pechiblanco | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Troglodytidae | *Henicorhina leucophrys manastarae* | _ | GBIF | _ | NE | _ | _ |
| Passeriformes | Troglodytidae | *Microcerculus marginatus* | Cucarachero ruiseñor | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Troglodytidae | *Pheugopedius mystacalis* | Cucarachero bigotudo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Troglodytidae | *Pheugopedius rutilus* | Cucarachero pechicastaño | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Troglodytidae | *Thryophilus rufalbus* | Cucarachero rojizo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Troglodytidae | *Troglodytes aedon* | Cucarachero | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Troglodytidae | *Troglodytes solstitialis* | Cucarachero paramero | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Turdidae | *Catharus aurantiirostris* | Mirlo pico anaranjado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Turdidae | *Catharus aurantiirostris aurantiirostris* | _ | GBIF | _ | NE | _ | _ |
| Passeriformes | Turdidae | *Catharus fuscater* | Zorzal sombrío | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Turdidae | *Catharus minimus* | Zorzal carigrís | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Turdidae | *Catharus ustulatus* | Zorzal buchipecoso | GBIF | _ | LC | _ | _ |

| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | Categoría de Amenaza | | | Endémica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 | |
| Passeriformes | Turdidae | *Myadestes ralloides* | Solitario andino | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Atalotriccus pilaris* | Atrapamoscas pigmeo ojiblanco | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Camptostoma obsoletum* | Tiranuelo silbador | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Cnemotriccus fuscatus* | Atrapamoscas parduzco | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Contopus cooperi* | Pibí boreal | GBIF | _ | NT | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Contopus fumigatus* | Pibí ahumado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Contopus virens* | Pibí de la selva | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Elaenia chiriquensis* | Bobito copetón moño blanco | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Elaenia flavogaster* | Bobito copetón vientreamarillo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Elaenia frantzii* | Bobito copetón montañero | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Empidonax virescens* | Atrapamoscas copete verde | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Hemitriccus granadensis* | Picochato carinegro | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Knipolegus poecilurus* | Atrapamoscas ojirrojo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Legatus leucophaius* | Atrapamoscas ladrón | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Leptopogon superciliaris* | Levanta alas gorro grís | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Lophotriccus pileatus* | Tiranuelo pileado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Machetornis rixosa* | Atrapamoscas jinete | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Megarynchus pitangua* | Bichofué picudo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Mionectes oleagineus* | Bobito aceitunado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Mionectes olivaceus* | Bobito rayado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Myiarchus tuberculifer* | Atrapamoscas cabecinegro | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Myiarchus tyrannulus* | Atrapamoscas crestado | GBIF | _ | LC | _ | _ |

| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | Categoría de Amenaza | | | Endémica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 | |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Myiarchus venezuelensis* | Atrapamoscas de Venezuela | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Myiodynastes chrysocephalus* | Atrapamoscas corona dorada | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Myiodynastes luteiventris* | Atrapamoscas sulfurado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Myiodynastes maculatus* | Sirirí rayado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Myiopagis gaimardii* | Bobito de selva | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Myiopagis viridicata* | Bobito verdoso | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Myiophobus fasciatus* | Atrapamoscas pechirayado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Myiophobus flavicans* | Atrapamoscas amarilloso | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Myiotheretes fumigatus* | Atrapamoscas tiznado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Myiotheretes striaticollis* | Atrapamoscas chiflaperro | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Myiozetetes cayanensis* | Atrapamoscas pechoamarillo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Myiozetetes similis* | Mosquero | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Ochthoeca leucophrys* | Pitajo grís | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Ochthoeca rufipectoralis* | Pitajo pechirrufo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Phaeomyias murina* | Mosquitero | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Philohydor lictor* | Benteveo pico fino | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Phyllomyias griseiceps* | Tiranuelo cabecigrís | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Phyllomyias nigrocapillus* | Tiranuelo cabecinegro | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Pitangus sulphuratus* | Bichofué | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Poecilotriccus ruficeps* | Espatulilla gris | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |

| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | Categoría de Amenaza | | | Endémica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 | |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Pyrocephalus rubinus* | Atrapamoscas sangre de toro | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Pyrrhomyias cinnamomeus* | Atrapamoscas canelo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Sayornis nigricans* | Atrapamoscas guardapuentes | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Silvicultrix diadema* | Pitajo de diadema | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Todirostrum cinereum* | Titirijí lomicenizo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Tolmomyias flaviventris* | Pico chato amarillento | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Tolmomyias sulphurescens* | Pico chato sulfuroso | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Tyrannulus elatus* | Atrapamoscas copete amarillo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Tyrannus dominicensis* | Pitirre grís | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Tyrannus melancholicus* | Tirano melancólico | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Tyrannus savana* | Atrapamoscas tijereta | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Tyrannus tyrannus* | Pitirre americano | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Zimmerius chrysops* | Atrapamoscas caridorado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Zimmerius vilissimus* | Mosquerito cejiblanco | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Tyrannidae | *Zimmerius vilissimus improbus* | _ | GBIF | _ | NE | _ | _ |
| Passeriformes | Vireonidae | *Cyclarhis gujanensis* | Sirirí | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Vireonidae | *Hylophilus flavipes* | Verderón patipálido | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Vireonidae | *Pachysylvia semibrunnea* | Verderón castaño | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Vireonidae | *Vireo flavifrons* | Vireo gorjiamarillo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Vireonidae | *Vireo flavoviridis* | Vireo verdiamarillo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Vireonidae | *Vireo leucophrys* | Verderón montañero | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Passeriformes | Vireonidae | *Vireo olivaceus* | Vireo ojirrojo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Pelecaniformes | Ardeidae | *Ardea alba* | Garza blanca | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |

| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | Categoría de Amenaza | | | Endémica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 | |
| Pelecaniformes | Ardeidae | *Ardea cocoi* | Garza cuca | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Pelecaniformes | Ardeidae | *Bubulcus ibis* | Garcita reznera | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Pelecaniformes | Ardeidae | *Butorides striata* | Garcita estriada | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Pelecaniformes | Ardeidae | *Pilherodius pileatus* | Garza crestada | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Pelecaniformes | Ardeidae | *Tigrisoma lineatum* | Vaco colorado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Pelecaniformes | Threskiornithidae | *Phimosus infuscatus* | Coquito | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Piciformes | Picidae | *Blythipicus rubiginosus* | Pito herrumbroso | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Piciformes | Picidae | *Campephilus melanoleucos* | Carpintero marcial | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Piciformes | Picidae | *Dryocopus lineatus* | Carpintero real barbirrayado | GBIF | _ | NE | _ | _ |
| Piciformes | Picidae | *Melanerpes rubricapillus* | Carpintero | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Piciformes | Picidae | *Piculus rivolii* | Carpintero de dorso rojo | GBIF | _ | NE | _ | _ |
| Piciformes | Picidae | *Picumnus squamulatus* | Carpinterito escamado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Piciformes | Picidae | *Veniliornis fumigatus* | Carpintero café | GBIF | _ | NE | _ | _ |
| Piciformes | Ramphastidae | *Aulacorhynchus haematopygus* | Tucancito rabirrojo | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Piciformes | Ramphastidae | *Aulacorhynchus prasinus* | Tucancito esmeralda | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Piciformes | Ramphastidae | *Aulacorhynchus prasinus albivitta* | _ | GBIF | _ | NE | _ | _ |
| Piciformes | Ramphastidae | *Aulacorhynchus sulcatus* | Tucancito verde | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Piciformes | Ramphastidae | *Ramphastos ambiguus* | Tucan guarumero | GBIF | _ | NT | _ | _ |
| Piciformes | Ramphastidae | *Ramphastos ambiguus abbreviatus* | _ | GBIF | _ | NE | _ | _ |
| Piciformes | Ramphastidae | *Ramphastos ambiguus ambiguus* | _ | GBIF | _ | NE | _ | _ |
| Piciformes | Ramphastidae | *Ramphastos sulfuratus* | Tucan del caribe | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Piciformes | Ramphastidae | *Ramphastos vitellinus* | Tucan de pico acanalado | GBIF | _ | VU | II | _ |

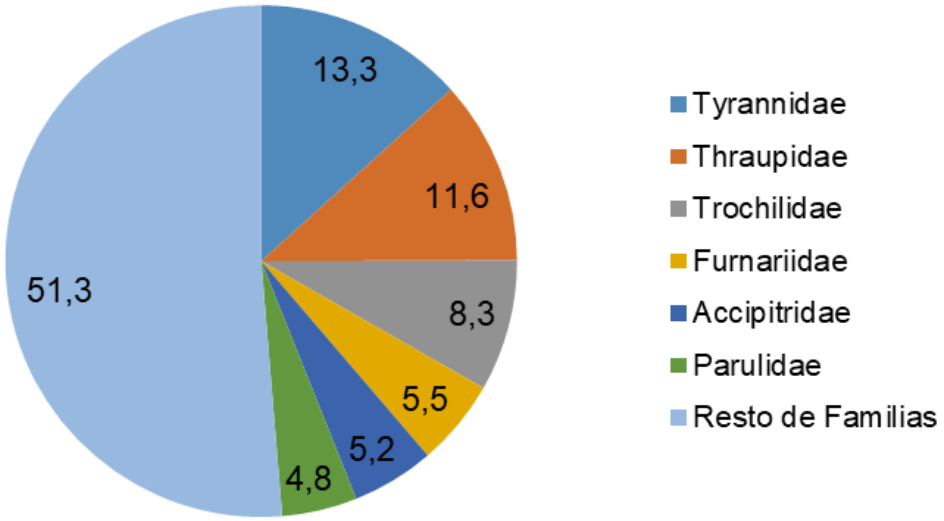
| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | Categoría de Amenaza | | | Endémica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 | |
| Psittaciformes | Psittacidae | *Amazona amazonica* | Loro amazónico | Observación | _ | LC | II | _ |
| Psittaciformes | Psittacidae | *Amazona ochrocephala* | Loro común | GBIF, Observación | _ | LC | II | _ |
| Psittaciformes | Psittacidae | *Ara ararauna* | Guacamayo azulamarillo | Observación | _ | LC | II | _ |
| Psittaciformes | Psittacidae | *Ara chloropterus* | Guacamaya roja | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Psittaciformes | Psittacidae | *Ara militaris* | Guacamaya verde | GBIF | VU | VU | I | _ |
| Psittaciformes | Psittacidae | *Aratinga wagleri* | Cotorra frentirroja | GBIF | _ | NE | II | _ |
| Psittaciformes | Psittacidae | *Brotogeris jugularis* | Periquito | GBIF, Observación | _ | LC | II | _ |
| Psittaciformes | Psittacidae | *Eupsittula pertinax* | Perico | GBIF, Observación | _ | LC | II | _ |
| Psittaciformes | Psittacidae | *Forpus passerinus* | Cotorrita culiverde | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Psittaciformes | Psittacidae | *Pionus menstruus* | Loro cabeciazul | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Psittaciformes | Psittacidae | *Pionus sordidus* | Loro piquirrojo | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Psittaciformes | Psittacidae | *Psittacara acuticaudata* | Aratinga cabeciazul | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Strigiformes | Strigidae | *Asio clamator* | Búho griton | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Strigiformes | Strigidae | *Asio stygius* | Búho negruzco | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Strigiformes | Strigidae | *Bubo virginianus* | Búho americano | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Strigiformes | Strigidae | *Ciccaba albitarsis* | Búho ocelado | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Strigiformes | Strigidae | *Ciccaba virgata* | Búho moteado | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Strigiformes | Strigidae | *Glaucidium brasilianum* | Mochuelo caburé | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Strigiformes | Strigidae | *Glaucidium jardinii* | Mochuelo andino | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Strigiformes | Strigidae | *Megascops albogularis* | Currucutú gorjiblanco | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Strigiformes | Strigidae | *Pulsatrix perspicillata* | Búho de anteojos | GBIF | _ | LC | II | _ |
| Struthioniformes | Tinamidae | *Crypturellus soui* | Tinamú chico | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Struthioniformes | Tinamidae | *Nothocercus bonapartei* | Tinamú serrano | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Struthioniformes | Tinamidae | *Tinamus tao* | Tinamú tao | GBIF | _ | VU | _ | _ |
| Trogoniformes | Trogonidae | *Pharomachrus antisianus* | Quetzal crestado | GBIF | _ | LC | _ | _ |

| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | Categoría de Amenaza | | | Endémica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 | |
| Trogoniformes | Trogonidae | *Pharomachrus auriceps* | Quetzal cabecidorado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Trogoniformes | Trogonidae | *Pharomachrus fulgidus* | Quetzal fúlgido | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Trogoniformes | Trogonidae | *Trogon collaris* | Trogón acorallado | GBIF | _ | LC | _ | _ |
| Trogoniformes | Trogonidae | *Trogon personatus* | Trogón enmascarado | GBIF | _ | LC | _ | _ |

Fuente: Autores (2019)

Las familias con mayor número de especies fueron Tyrannidae (atrapamoscas, ciriríes, bichofues y elaenias) con 56 especies, Thraupidae (azulejos, papayeros, pirras y mieleros) con 49, Trochilidae (colibríes, picaflores) con 35, Furnariidae (trepadores, horneros) con 23, Accipitridae (águilas y gavilanes) con 22 y Parulidae (reinitas) con 20. (ver Figura 2-322 y Tabla 2-184). Estas familias representan el 47.8% de la riqueza de avifauna en la zona de estudio. (ver Tabla 2-184).

**Figura 2-322. Familias identificadas con su respectiva riqueza de especies**




Fuente: Autores (2019).

### 2.13.2.3. Herpetos

Colombia es considerado uno de los países más ricos en reptiles y anfibios, lo cual se ve reflejado en que ocupa el tercer lugar en diversidad de reptiles a nivel mundial, (Morales-Betancourt et al. 2013). Lo cual se constata con los muestreos realizados en la zona de estudio y la información secundaria obtenida, dado que se registraron en total 27 especies de herpetos, agrupados en 24 géneros y 18 familias, cabe señalar, que también se identificaron cuatro niveles de clasificación taxonómica.

Entre los herpetos identificados se tuvo que, las familias Craugastoridae y Dipsadidae fueron las que presentaron la mayor riqueza, luego las de Amphisbaenidae, Dactyloidae, Hylidae, Teiidae y Viperidae con dos especies cada una. El resto de familias presentaron una sola especie. (ver Tabla 2-185).

**Tabla 2-185. Clasificación taxonómica de herpetos identificados**

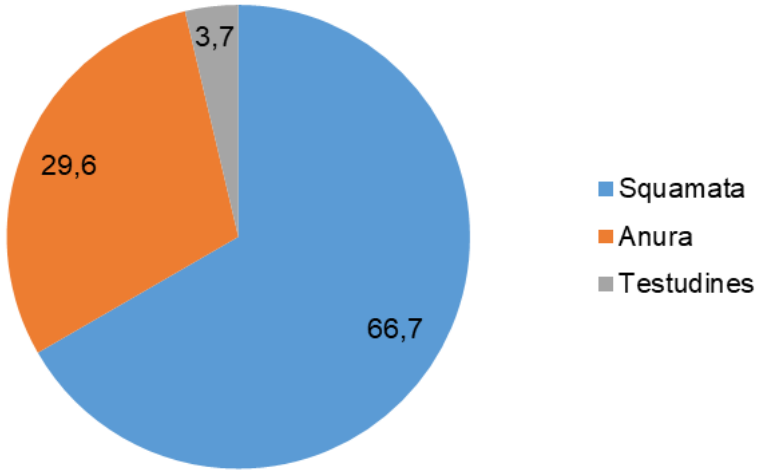
| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | Categoría de amenaza | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 | Endémica |
| Anura | Aromobatidae | *Allobates ignotus* | Rana | Granda-Rodríguez et al. (2018), Observación | _ | EN | _ | SI |
| Anura | Bufonidae | *Rhinella horribilis* | Sapo común | Observación | _ | NE | _ | _ |
| Anura | Craugastoridae | *Pristimantis cuentasi* | NN | Moreno-Arias et al. (2007) | _ | EN | _ | SI |
| Anura | Craugastoridae | *Pristimantis reclusas* | NN | Moreno-Arias et al. (2007) | _ | CR | _ | SI |
| Anura | Craugastoridae | *Tachiramantis douglasi* | NN | Moreno-Arias et al. (2007) | _ | VU | _ | SI |
| Anura | Hylidae | *Hyloscirtus platydactylus* | Rana de cristal | Moreno-Arias et al. (2007), Observación | _ | VU | _ | _ |
| Anura | Hylidae | *Dendropsophus mathiassoni* | NN | GBIF | _ | LC | _ | SI |
| Anura | Leptodactylidae | *Leptodactylus poecilochilus* | Rana | Observación | _ | LC | _ | _ |
| Squamata | Amphisbaenidae | *Amphisbaena fuliginosa* | Lagarto gusano | Observación | _ | LC | _ | _ |
| Squamata | Amphisbaenidae | *Amphisbaena medemi* | Lagarto gusano | Observación | _ | DD | _ | SI |
| Squamata | Corytophanidae | *Basiliscus basiliscus* | Basilisco común | Observación | _ | LC | _ | _ |
| Squamata | Dactyloidae | *Anolis auratus* | Lagartija común | GBIF, Observación | _ | NE | _ | _ |
| Squamata | Dactyloidae | *Anolis onca* | NN | GBIF | _ | NE | _ | _ |
| Squamata | Gymnophthalmidae | *Tretioscincus bifasciatus* | Lagartija coliazul | Observación | _ | LC | _ | _ |
| Squamata | Iguanidae | *Iguana iguana* | Iguana | Observación | _ | LC | II | _ |
| Squamata | Phyllodactylidae | *Thecadactylus rapicauda* | Geco cola de nabo | Observación | _ | LC | _ | _ |

| Orden | Familia | Nombre Científico | Nombre Común | Fuente del Registro | Categoría de amenaza | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Res. 1912 de 2017 | IUCN 2018 | CITES 2018 | Endémica |
| Squamata | Sphaerodactylidae | *Gonatodes albogularis* | Geco cabezinaranja | Observación | _ | LC | _ | _ |
| Squamata | Teiidae | *Ameiva ameiva* | Lobo pollero | GBIF, Observación | _ | LC | _ | _ |
| Squamata | Teiidae | *Cnemidophorus gaigei* | Lobito común | Observación | _ | NE | _ | _ |
| Squamata | Dipsadidae | *Atractus turikensis* | NN | Montes-Correa et al. (2017) | _ | LC | _ | _ |
| Squamata | Dipsadidae | *Erythrolamprus epinephelus* | Culebra de pantano | Moreno-Arias et al. (2007) | _ | LC | _ | _ |
| Squamata | Dipsadidae | *Liophis miliaris* | NN | Moreno-Arias et al. (2007) | _ | LC | _ | _ |
| Squamata | Leptotyphlopidae | *Trilepida macrolepis* | Serpiente ciega | GBIF | _ | NE | _ | _ |
| Squamata | Boidae | *Boa constrictor* | Boa | Observación | _ | NE | II | _ |
| Squamata | Viperidae | *Bothrops asper* | Mapaná | Comunidad | _ | NE | _ | _ |
| Squamata | Viperidae | *Crotalus durissus* | Cascabel | Observación | _ | LC | III | _ |
| Testudines | Testudinidae | *Chelonoidis carbonaria* | Morrocoy | Observación | VU | NE | I | _ |

Fuente: Autores (2019).

Además, se identificó que, con respecto al orden, Squamata es el que presneta mayor riqueza de especies, con un porcentaje de más del cincuenta por ciento. (ver Figura 2-323).

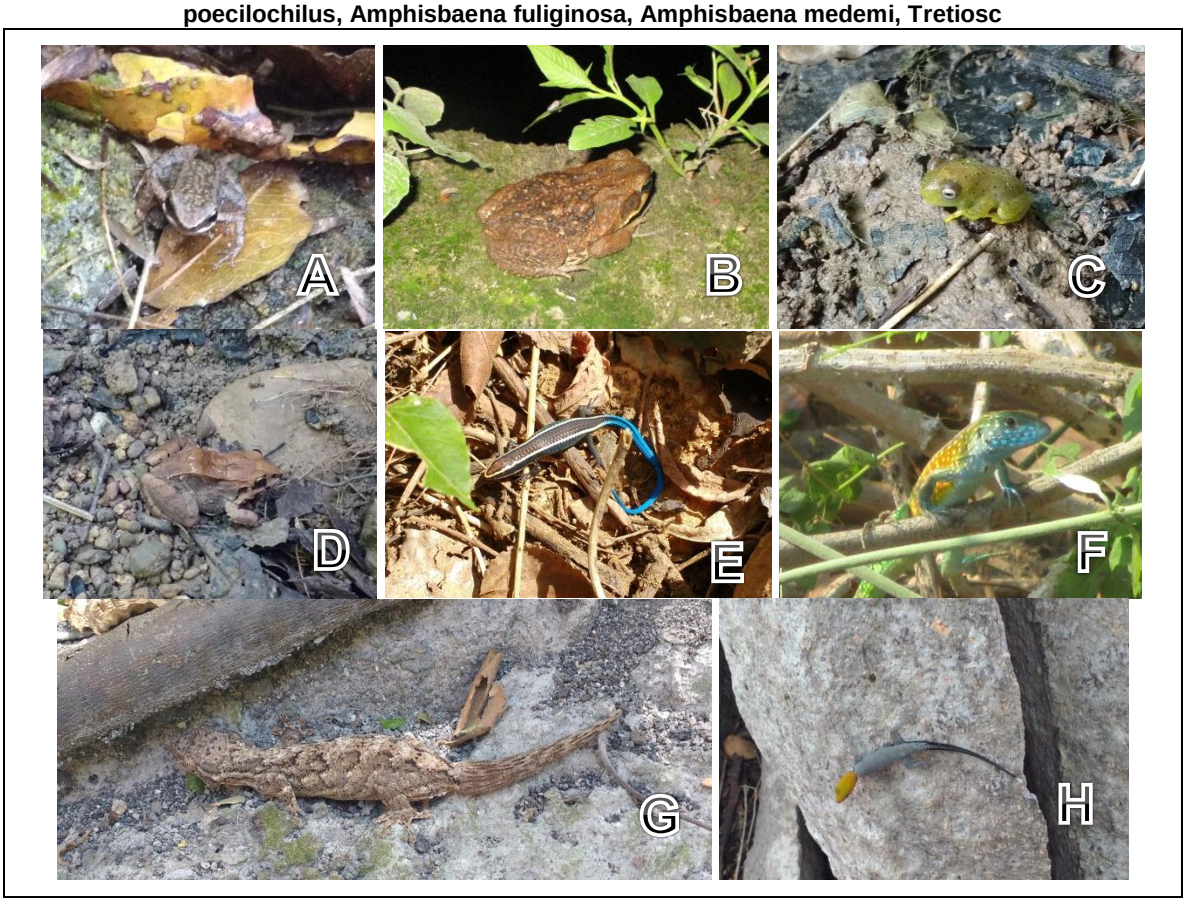
**Figura 2-323. Riqueza de especies con respecto al orden en porcentaje**

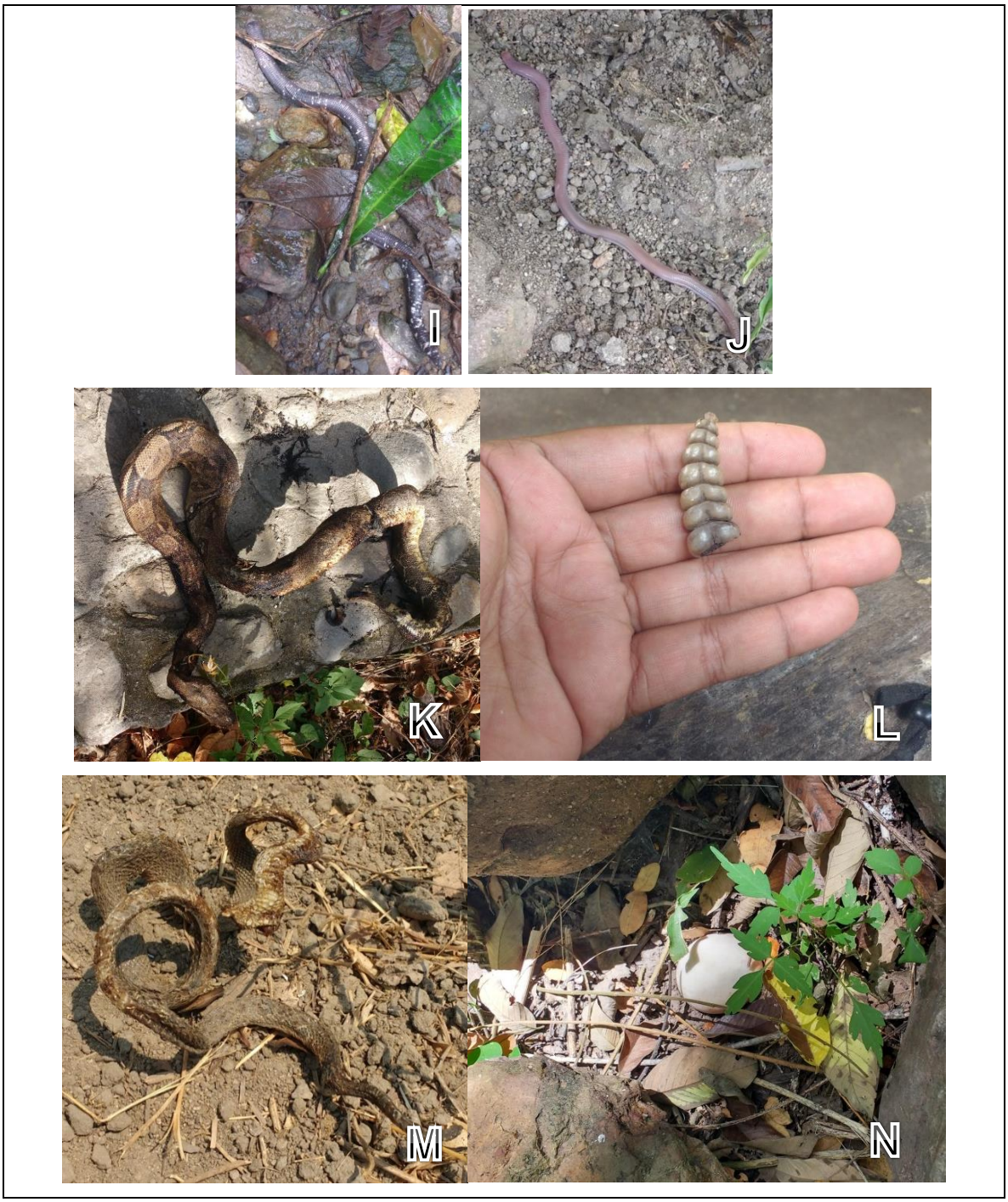



Fuente: Autores (2019).

En el muestreo realizado en campo se tuvo en cuenta información secundaria para conocer un poco más a cerca del hábitat de estas especies, además se realizaron algunos registros fotográficos, resaltando las dos especies de *Amphisbaena*, entre las cuales *A. fuliginosa* se reporta por primera vez para la Serranía de Perijá. (ver Figura 2-324j). A continuación, se observan algunas especies observadas en los muestreos. (ver Figura 2-324).

**Figura 2-324. Especies de anfibios y reptiles observados en la zona de estudio. De arriba abajo, izquierda a derecha: Allobates ignotus, Rhinella horribilis, Hyloscirtus platydactylus, Leptodactylus poecilochilus, Amphisbaena fuliginosa, Amphisbaena medemi, Tretiosc**






Fuente: Autores (2019).

### 2.13.2.4. Peces

Los peces fueron los que tuvieron menos avistamiento, es por eso que solo fue posible observar individuos de *Trichomycterus* sp. de la familia Trichomycteridae. (ver Figura 2-325), en la cuenca del Río Manaure, a lo cual se le suma el hecho de que, en la literatura hay poca información de estos vertebrados acuáticos en la zona.

**Figura 2-325. Trichomycterus sp. capturado en la cuenca del Río Manaure**



Fuente: Autores (2019).

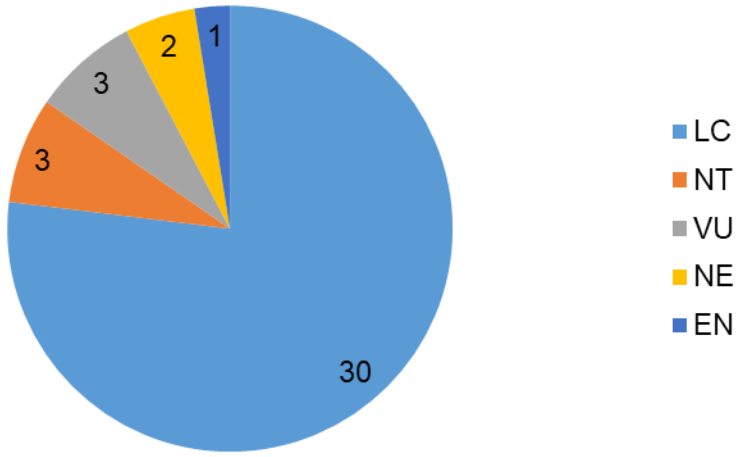
## 2.13.3. Especies que se encuentran en algún grado de amenaza, endémicas o de importante valor económico, social, cultural y ecológico

### 2.13.3.1. Mamiferos

Para conocer si las especies de mamíferos caracterizadas se encuentran en algún grado de amenaza, endémicas o de importante valor económico, social, cultural y ecológico, se tuvo en cuenta las categorías de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN, teniendo como resultado que de la caracterización hay 30 especies en preocupación menor, tres casi amenazadas y vulnerables, una en peligro y dos no evaluadas. (ver Figura 2-326).

Para categorizar estos mamíferos también se tuvo en cuenta la Resolución 1912 de 2017, de la cual solo se encontraron tres especies listadas, las cuales son: *Lontra longicaudis* (nutria) y *Tremarctos ornatus* (oso andino) en vulnerable y *Odocoileus virginianus* (venado cola blanca) en peligro crítico (CR). (ver Tabla 2-183).

**Figura 2-326. Categoría de amenaza según la UICN para las especies de mamíferos registradas en la zona de estudio. EN: En Peligro; LC: Preocupación Menor; NT: Casi Amenazada; VU: Vulnerable; NE: No Evaluado**




Fuente: Autores (2019).

En la Figura 2-327 se puede apreciar la presencia de ardillas (*Sciurus granatensis*) como mascotas de las personas que habitan en las fincas de la zona de estudio.

**Figura 2-327. Ardillas utilizadas como mascotas en la zona de estudio**

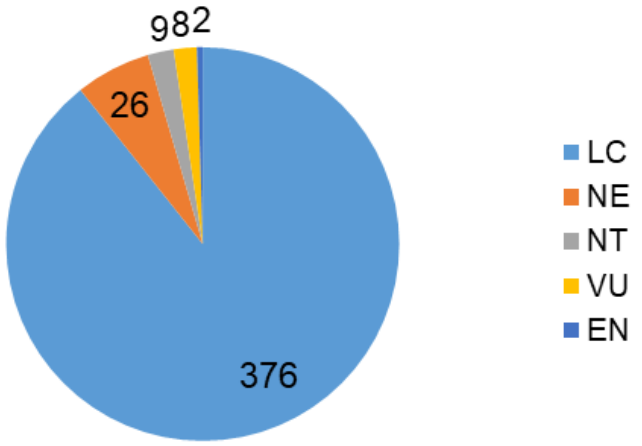


Fuente: Autores (2019).

### 2.13.3.2. Aves

Teniendo en cuenta las categorías de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN, de las especies de aves caracterizadas hay un total de 376 en preocupación menor, nueve casi amenazadas, ocho vulnerables y dos en Peligro (Figura 2-328). Solamente se encontraron registros de seis especies endémicas: *Cranioleuca hellmayri*, *Grallaria ruficapilla perijana*, *Grallaria rufula saltuensis*, *Drymophila caudata*, *Ramphocelus flammigerus* y *Coeligena bonapartei*. (ver Tabla 2-184).

**Figura 2-328. Categoría de amenaza según la UICN para las especies de aves registradas en la zona de estudio. EN: En Peligro; LC: Preocupación Menor; CR: Peligro Crítico; VU: Vulnerable; NE: No Evaluada; DD: Datos Insuficientes**




Fuente: Autores (2019).

Además, se observaron algunas aves que actualmente se encuentran en cautiverio, como lo son *Amazona ochrocephala*, *Ara ararauna* y *Pionus menstruus*. (ver Figura 2-329).

**Figura 2-329. Ara ararauna, Amazona ochrocephala y Pionus menstruus como mascotas en fincas del área de estudio**

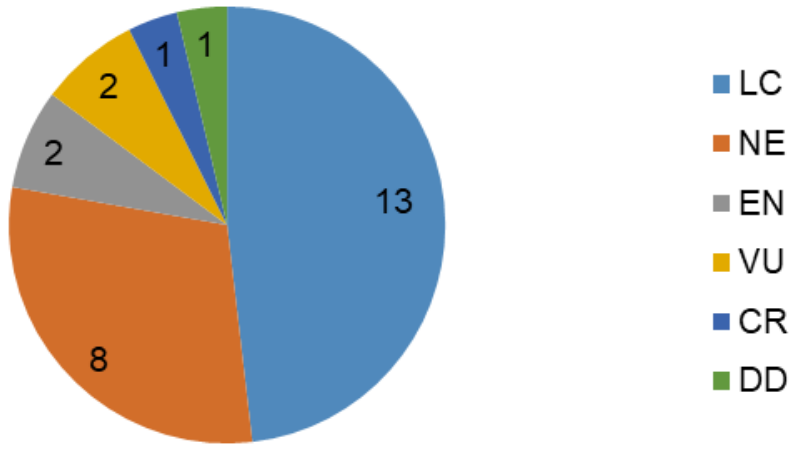


Fuente: Autores (2019).

### 2.13.3.3. Herpetos

Para conocer el grado de amenaza de los repstiles y anfibios identificados se hizo uso de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN, donde se encontró un total de 13 especies en preocupación menor, dos en peligro, dos vulnerables y una en peligro critico (Figura 2-330).

**Figura 2-330. Categoría de amenaza según la UICN para las especies de herpetos registradas en la zona de estudio. EN: En Peligro; LC: Preocupación Menor; CR: Peligro Crítico; VU: Vulnerable; NE: No Evaluada; DD: Datos Insuficientes**




Fuente: Autores (2019).

En la Resolución 1912 de 2017 solamente se encontró a *Chelonoidis carbonaria* (morrocoy). Encuanto a los Apéndices Cites, *Ch. carbonaria* se encuentra en el apéndice I, *Iguana iguana* y *Boa constrictor* en el II y *Crotalus durissus* en el III. Entre las especies encontradas, las siguientes son endémicas de Colombia: *Allobates ignotus*, *Pristimantis cuentasi*, *P. reclusas*, *Tachiramantis douglasi*, *Dendropsophus mathiassoni* y *Amphisbaena medemi*. Las cuatro primeras se encuentran en alguna categoría de amenaza y en el caso de *P. reclusas* se encuentra el Peligro Crítico. (ver Tabla 2-185).

## 2.14. IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS Y ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS

En este punto se identifican las áreas prioritarias de importancia estratégica para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que se caracterizan por mantener la base natural, la cual soporta y garantiza la funcionalidad ecosistémica de la cuenca y la capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de la población. En este sentido se identifican las áreas que se reportan y describen a continuación.

### 2.14.1. Áreas protegidas de orden nacional y regional declaradas, públicas o privadas

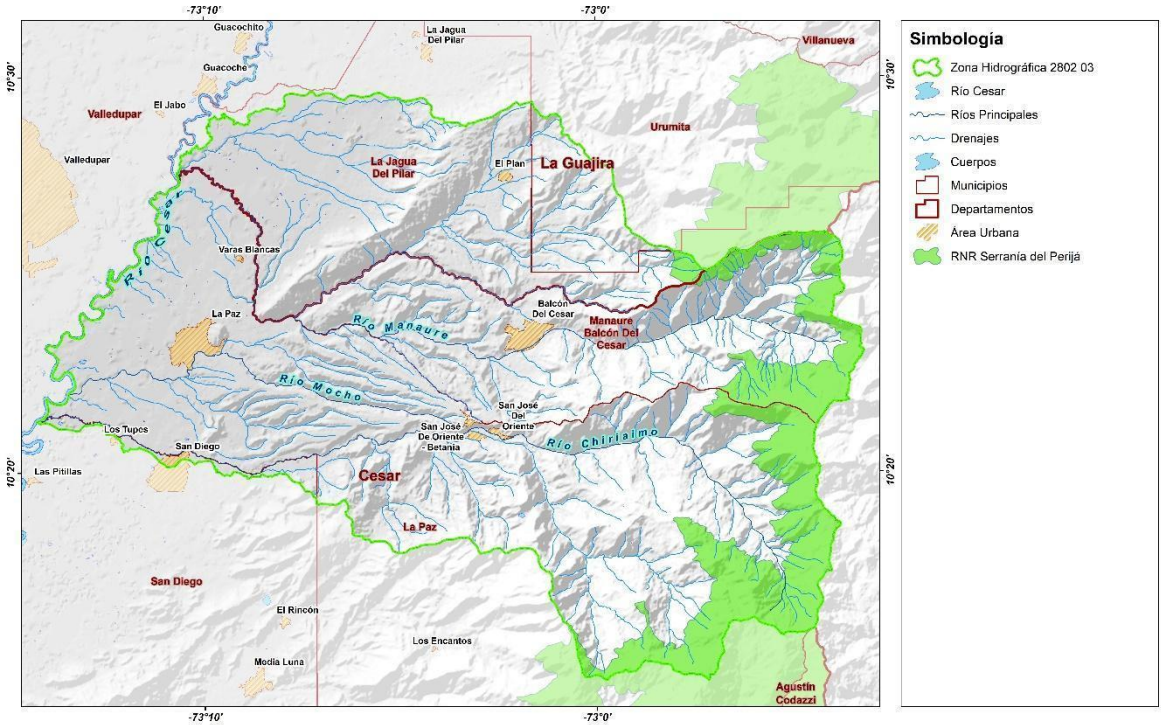
Por área protegida se entiende un área definida geográficamente que haya sido designada, regulada y administrada con el fin de alcanzar objetivos específicos de conservación (Decreto 2372 de 2010). Para el caso de la cuenca en estudio se identifica:

### 2.14.1.1. Parque Natural Regional Serranía del Perijá

Este parque fue declarado por medio del Acuerdo No 021 del 16 de diciembre de 2016. Tiene una extensión de 23.208 hectáreas, y su límite hace un recorrido que inicia en el lugar donde se encuentra el límite del municipio Balcón del Cesar, siguiendo por el límite del departamento del Cesar con el departamento de la Guajira en el municipio La Jagua del Pilar y el sur de la meseta del Cerro Pintao. Luego se toma dirección sur sobre el divorcio de las aguas que divide la frontera nacional con Venezuela según la capa en formato Shape de municipios descargada el cinco (5) de mayo del 2015 del visor geográfico del Sigot.com.

En el mapa de la Figura 2-331 se puede visualizar el área de la cuenca hidrográfica que tiene jurisdicción sobre este parque regional.

**Figura 2-331. Localización del Parque Natural Regional Serranía del Perijá frente a la cuenca hidrográfica en estudio**



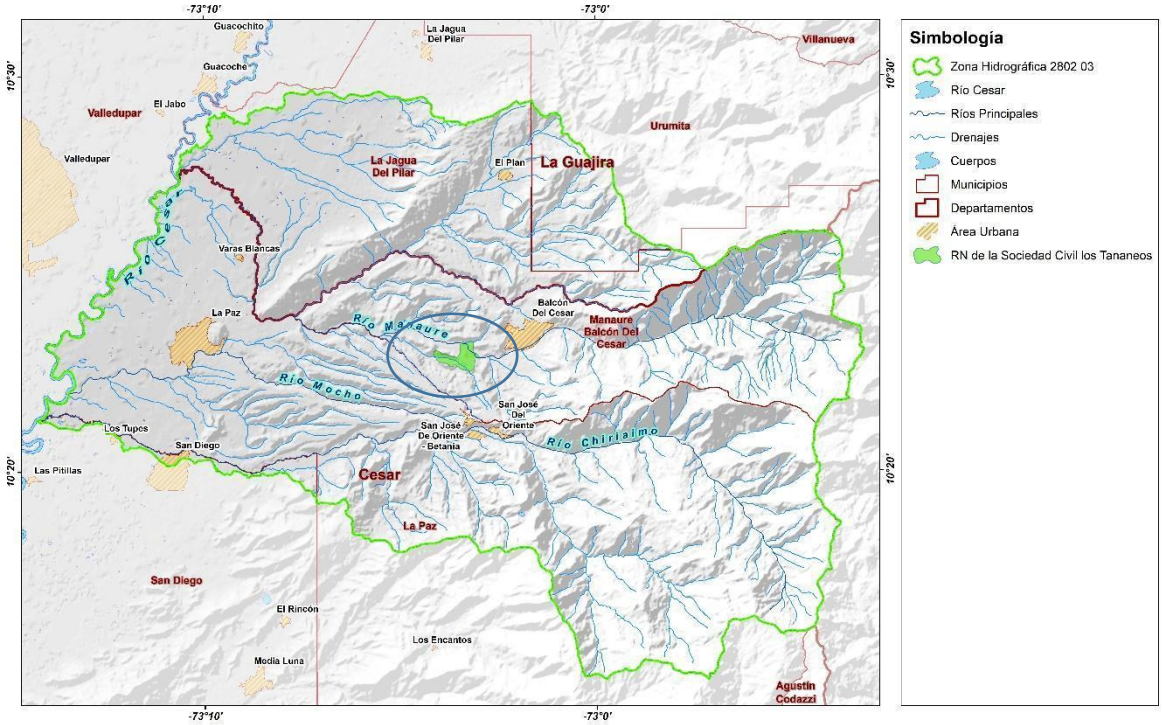

Fuente: Acuerdo No 021 del 16 de diciembre de 2016.

### 2.14.1.2. Reserva Natural de la Sociedad Civil los Tananeos

Mediante Resolución 47 del 28 de abril de 2015, expedida por la autoridad PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA (PNNC), se formalizó el registro del predio de 141 Ha Los Tananeos (Manaure – Cesar), administrado por la FUNDACIÓN LOS TANANEOS, como reserva natural de la sociedad civil. (ver Figura 2-332).

La resolución reconoce y certifica que la RESERVA NATURAL LOS TANANEOS se encuentra en el ecosistema de bosque seco tropical, conteniendo relictos importantes bien conservados y extensiones en proceso de recuperación natural. Igualmente certifica la presencia 44 especies de flora (5 de ellas bajo amenaza de extinción) y 45 de animales (2 bajo amenaza de extinción), así como una alta diversidad de invertebrados, especialmente de los órdenes coleóptera y lepidóptera.

**Figura 2-332. Localización de la Reserva Natural los Tananeos**




Fuente: Resolución 47 del 28 de abril de 2015.

Sobre esta reserva, Parques Nacionales Naturales certificó los siguientes servicios.

- Conservación de un ecosistema amenazado en el país, como lo es el bosque seco tropical.
- Hábitat para la fauna y flora silvestre, especialmente para especies amenazadas tanto a nivel nacional como global.
- Banco de germoplasma.
- Reservorios de variabilidad genética.
- Regulación de caudales.
- Control de erosión de suelos.
- Regulación de ciclos hidrológicos.
- Fijación de gas carbónico (amortiguación de los cambios climáticos globales).

- Regulación de la evaporación y la precipitación.
- Provisión de una gran diversidad de hábitats para fauna y flora.
- Educación ambiental.
- Ecoturismo.
- Investigación científica.
- Recreación pasiva.

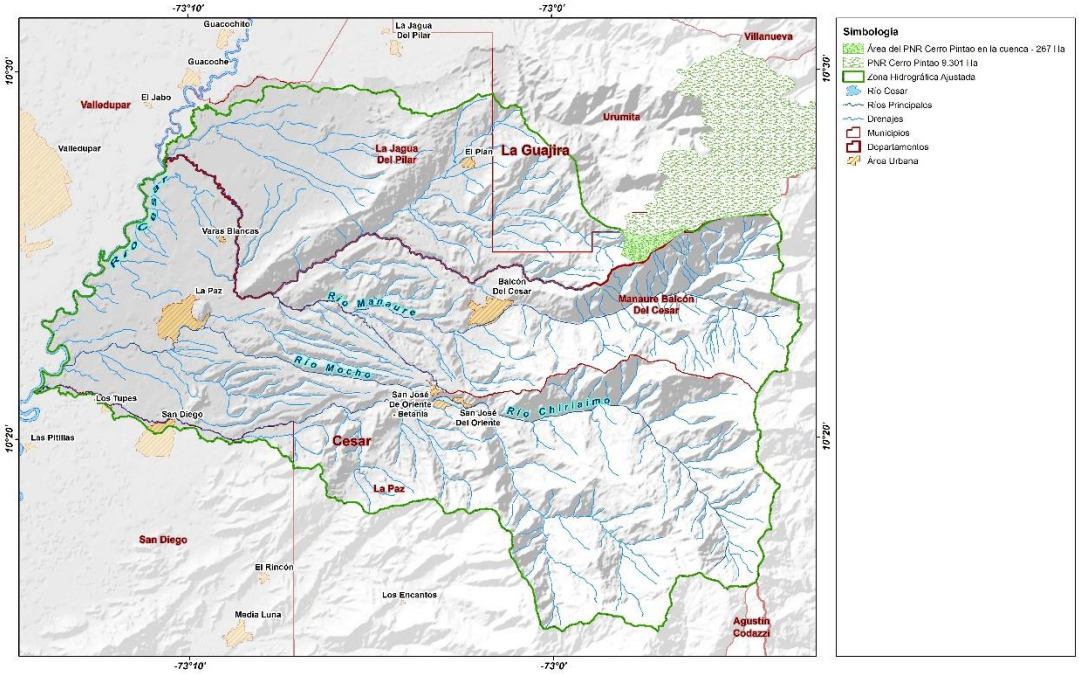
Los usos y actividades certificadas son:

- Conservación, preservación, regeneración y restauración de los ecosistemas entre las que se encuentran el aislamiento, la protección, el control y la revitalización o enriquecimiento con especies nativas de fauna y flora.
- Aprovechamiento sostenible de recursos naturales.
- Educación ambiental.
- Recreación y turismo.
- Investigación básica y ciencias aplicadas.
- Formación y capacitación técnica y profesional en disciplinas relacionadas con el medio ambiente, la producción agropecuaria sustentable y el desarrollo regional.
- Producción o generación de bienes y servicios ambientales directos a la reserva e indirectos al área de influencia de la misma.
- Construcción de tejido social y organización comunitaria.
- Habitación permanente.

#### 2.14.1.3. Parque Natural Regional Cerro Pintao

Fue declarado como parque regional mediante Acuerdo 032 del 22 de diciembre de 2016. Dentro de la subzona hidrográfica de los ríos Chiriaimo y Manaure, tiene presencia en una pequeña área de 267 Ha que corresponden al 2.8% del área total (9.301 Ha) de dicho parque, tal como se puede visualizar en la siguiente Figura 2-333.

**Figura 2-333. Localización del Parque Natural Regional Cerro Pintao - Serranía del Perijà**




Fuente: Acuerdo 032 del 22 de diciembre de 2016.

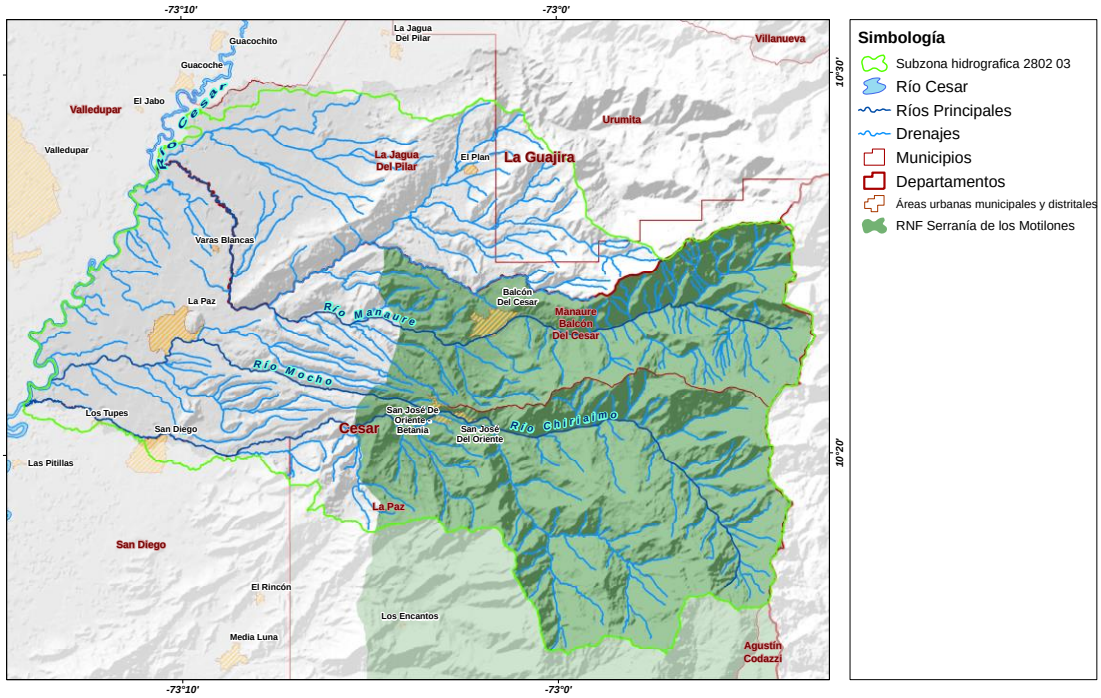
## 2.14.2. Áreas complementarias para la conservación

Las áreas para evaluar en este grupo son aquellas que presentan una figura de protección o conservación no incluida en las áreas definidas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Entre estas se encuentran las siguientes:

### 2.14.2.1. Reserva Nacional Forestal de la Serranía de los Motilones

Esta área fue declarada por medio de la Ley segunda de 1959, por la cual se declaran las reservas forestales de Colombia que estarán orientadas para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre. El área que ocupa esta reserva en la cuenca se muestran en el mapa de la Figura 2-334 frente a la ubicación de la cuenca hidrográfica en estudio.

**Figura 2-334. Localización de la Reserva Nacional Forestal de la Serranía de los Motilones frente a la cuenca hidrográfica en estudio**




Fuente: Acuerdo No 021 del 16 de diciembre de 2016.

La zonificación y ordenamiento de esta reserva fue adoptada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a través de la Resolución 1923 del 27 de diciembre de 2013. El artículo 2 de esta resolución define los tipos de zonas que tienen lugar la reserva. Estas son:

**Zona tipo A**. Zonas que garantizan el mantenimiento de los procesos ecológicos básicos necesarios para asegurar la oferta de servicios ecosistémicos, relacionados principalmente con la regulación hídrica y climática; la asimilación de contaminantes del aire y del agua; la formación y protección del suelo; la protección de paisajes singulares y de patrimonio cultural; y el soporte a la diversidad biológica.

**Zona tipo B**. Zonas que se caracterizan por tener coberturas favorables para un manejo sostenible del recurso forestal mediante un enfoque de ordenación forestal integral y la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

**Zona tipo C**. Zonas que por sus características biofísicas ofrecen condiciones para el desarrollo de actividades productivas agroforestales, silvopastoriles y otras compatibles con los objetivos de la reserva forestal, que deben incorporar el componente forestal, y que no impliquen la reducción de las áreas de bosque natural presentes en sus diferentes estados sucesionales.

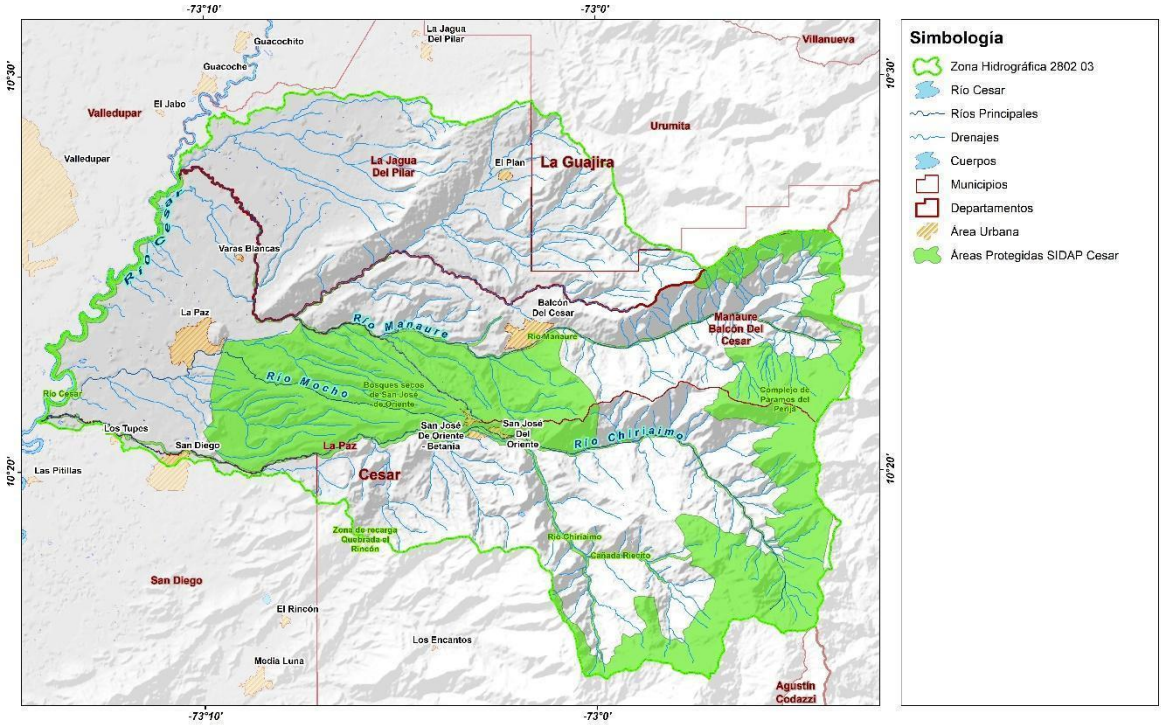
El numeral 3 del artículo 5 de la Resolución 1923 del 27 de diciembre de 2013, dispone lo siguiente:

> *"ART. 5º—Ordenamiento general de las zonas tipo A y C de la reserva forestal señalada en el artículo 1º de la presente resolución. De conformidad con las políticas, directrices y normatividad vigente, el ordenamiento general de las zonas tipo A y C es el siguiente:*
>
> *… 3. La zonificación y ordenamiento de la reserva forestal, deberán ser considerados en la formulación y ajuste de los planes de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica (Pomca)…"*

### 2.14.2.2. Sistema Departamental de áreas protegidas SIDAP Cesar

Este sistema compila las áreas protegidas del departamento del Cesar, incluyendo el Parque Natural Regional Serranía del Perijá. El acto administrativo que los crea es el Acuerdo 013 del 23 de junio de 2017. En el mapa de la Figura 2-335 se pueden visualizar en mapa del SIDAP extraído de dicha resolución. Además del Parque Natural Regional Serranía del Perijá, este acuerdo define áreas pertenecientes al sistema el Bosque Seco de San José del Oriente, la zona de recarga de la quebrada el rincón, la cañada el Riecito, el río Manaure y el río Cesar. Es importante aclarar que de esta zona la única que se encuentra declarada como área protegida es la Parque Natural Regional Serranía del Perijá, las otras fueron identificadas más no declaradas.

**Figura 2-335. Zonas del sistema departamental de áreas protegidas frente a la cuenca hidrográfica en estudio**

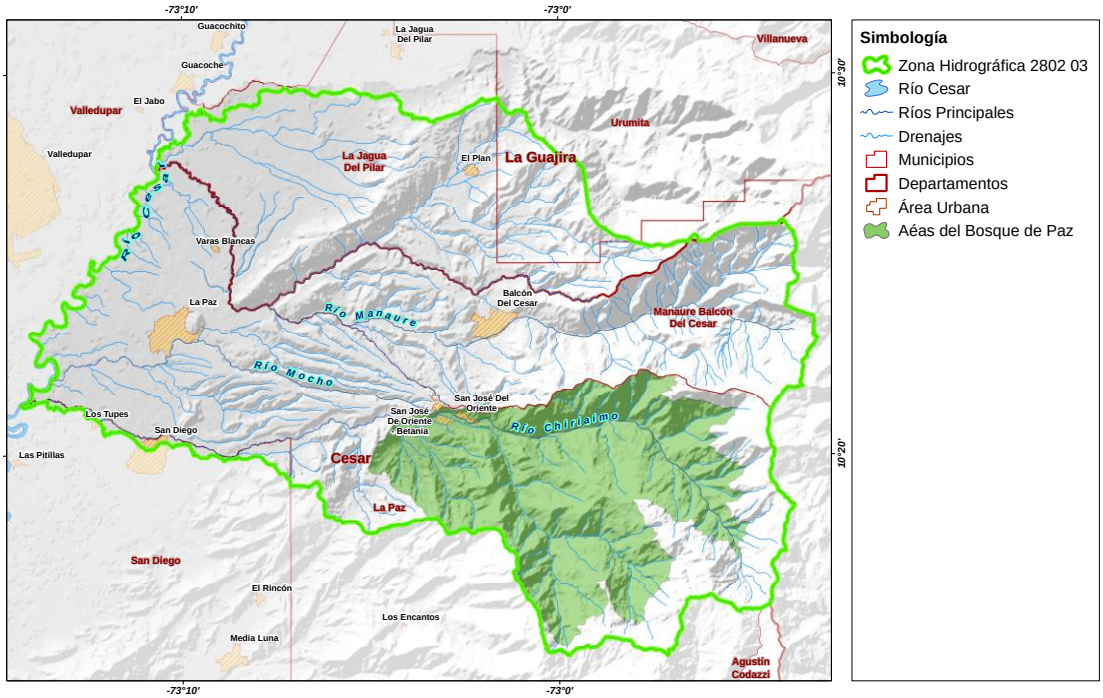



Fuente: Acuerdo 013 del 23 de junio de 2017.

### 2.14.2.3. Bosques de Paz

Estas áreas son reglamentadas desde el MADS mediente la Resolución 0470 del 28 de febrero de 2017, bajo la denominación de “Programa Bosques de Paz”. Las áreas aquí incluidas pretenden constituirse como modelos de gestión sostenible de los territorios, y surgen de iniciativas de comunidades organizadas que buscan integrar la conservación de la biodiversidad con proyectos productivos en beneficio común. En la Figura 2-336 se presentan las áreas dentro de la cuenca que a la fecha hacen parte de este programa.

**Figura 2-336. Áreas constitudidas dentro del Programa Bosques de Paz dentro de la cuenca hidrográfica en estudio**

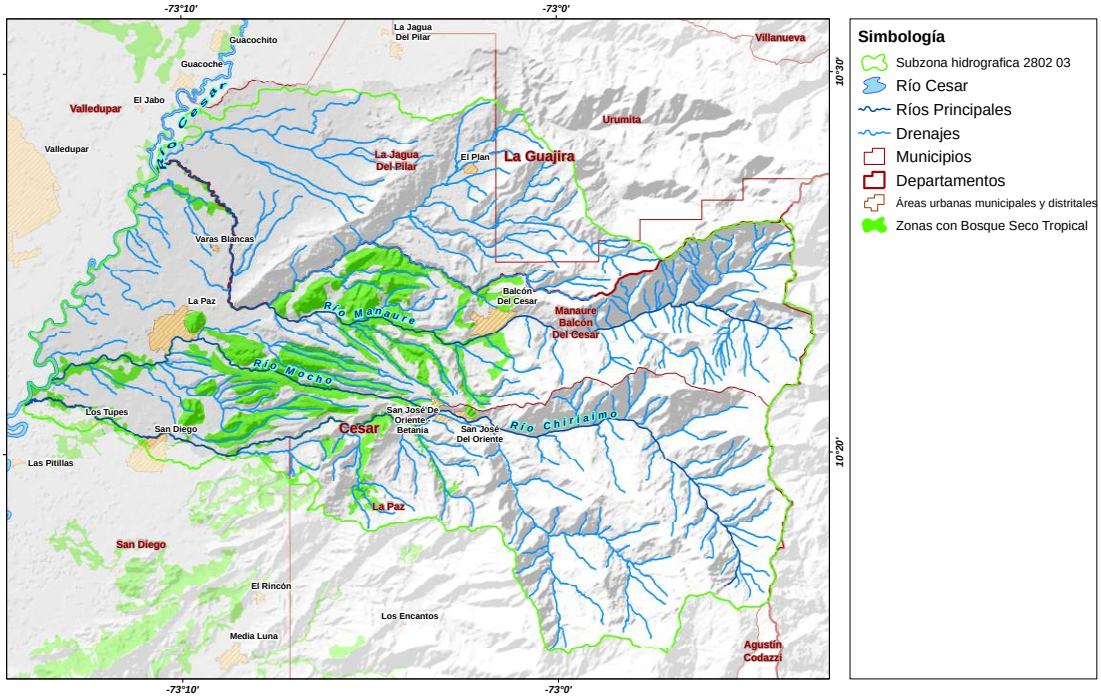



Fuente: Acuerdo 013 del 23 de junio de 2017.

### 2.14.2.4. Bosque Secos Tropicales

Se definen a los Bosques Secos Tropicales como aquellas áreas que cuentan con temperatura anual mayor a 17 oC, evapotranspiración mayor a la precipitación, y esta última entre los 250 a 200 mm año. Las zonas de bosque seco trópical están reglamentadas como determinantes ambientales para la planificación y fomento de la actividad forestal productora en el área de jurisdicción de CORPOCESAR, mediante la Resolucion 674 de 2015. El área que ocupan estas zonas en la cuenca se muestran en el mapa de la Figura 2-337 frente a la ubicación de la cuenca hidrográfica en estudio.

**Figura 2-337. Zonas de Bosque Seco Trópical dentro de la cuenca hidrográfica en estudio**




Fuente: Resolucion 674 de 2015 de CORPOCESAR.

### 2.14.2.5. Determinantes para la elaboración y adopción de los Planes de Ordenamiento Territorial, Planes Básicos y Esquemas de Ordenamiento Territorial de los Municipios bajo la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Cesar, CORPOCESAR

Estas determinantes fueron adoptadas por medio de la Resolución No 1207 del 7 de noviembre de 2012. El artículo segundo de dicha resolución define una propuesta de áreas protegidas para el departamento del Cesar. Teniendo en cuenta que estas determinantes no cuentan con un mapa especifico que las espacialice, no fue posible ubicarlas dentro del territorio de la cuenca. No obstante, serán analizadas con más detalle en la fase de diagnóstico y prospectiva para determinar su contribución en la zonificación ambiental de la cuenca.

### 2.14.2.6. Distrito de Conservación de Suelos de CORPOGUAJIRA

CORPOGUJIRA se encuentra adelantando la opción de un distrito de conservación de suelos, el cual todavía no está adoptado y por tanto no es posible identificar ni incluir su espacialización.

### 2.14.3. Áreas de importancia ambiental

De acuerdo a la Guía para la formulación de POMCA, este tipo de áreas incluye las zonas que deben ser objeto de especial protección ambiental de acuerdo con la normativa vigente como los ecosistemas estratégicos que garantizan la oferta de bienes y servicios ambientales esenciales para el desarrollo humano sostenible del país.

Estos ecosistemas se caracterizan por mantener el equilibrio y los procesos ecológicos básicos tales como la regulación del clima, del agua, realizar la función de depuradores del aire, agua y suelos; así como la conservación de la biodiversidad. De acuerdo con sus funciones, y teniendo como referencia la biodiversidad y los bienes y servicios ecosistémicos que prestan, los ecosistemas de mayor importancia para el país definidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible son los siguientes: páramos, humedales, manglares, nacimientos de agua, zonas de recarga, zonas secas. Para el área de la cuenca en estudio, y según la información existente, se identifican como parte de estas zonas las siguientes:

- Cordón Páramo de Perijá el cual es un área protegida e incluida en el sistema nacional de áreas protegidas y cuyos límites fueron mostrados en la Figura 2-335.
- Con base en el “Formulación del Plan de Manejo Ambiental del Acuífero Cesar” que fue elaborado en el marco del Convenio Interadministrativo No. 19-7-0007-0-2017 entre CORPOCESAR, se han identificado de forma preliminar las zonas de recarga de acuíferos que se señalaron en la Figura 2-132, entre las cuales se encuentran áreas de recarga constituidas por depósitos no consolidados de baja capacidad de infiltración; y áreas de recarga constituidas por formaciones sedimentarias, clásicas y carbonatadas de baja capacidad de infiltración. También se encuentra regiones de acuíferos con buenas posibilidades de explotación de agua subterránea.

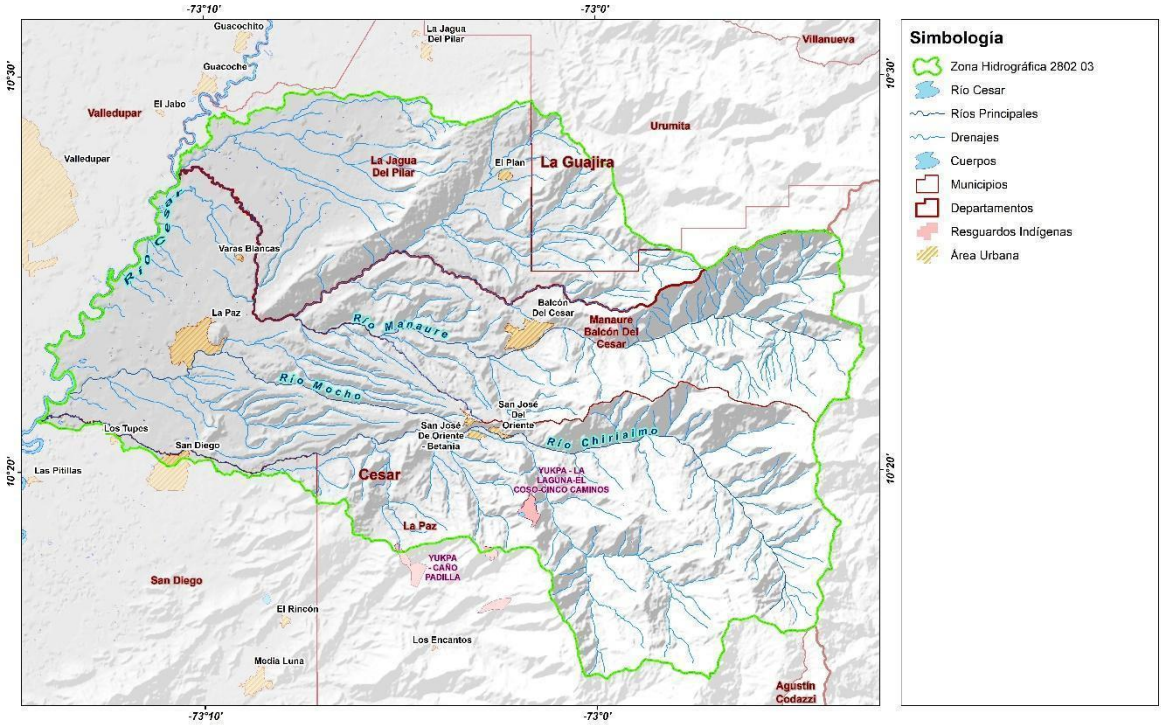
### 2.14.4. Áreas de reglamentación especial

Las áreas de reglamentación especial incluyen los territorios étnicos y áreas de patrimonio cultural e interés arqueológico. Para este efecto se consideran también como áreas de reglamentación especial las definidas por el numeral 2 del Artículo 4 del Decreto 3600, en materia de Áreas para la producción agrícola y ganadera y de explotación de recursos naturales. Esta categoría incluye los terrenos que deban ser mantenidos y preservados por su destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales o de explotación de recursos naturales.

#### 2.14.4.1. Territorios étnicos YUKPA

Sobre la cuenca de la subzona hidrográfica 2802-03 tiene jurisdicción los resguardos indígenas pertenecientes a la etnia Yukpa denominados: Resguardo Caño Padilla con un área total 92,3 Ha y Resguardo indígena Laguna - El Coso - Cinco Caminos. En el mapa de la Figura 2-338 se presenta la localización de cada uno de ellos.

**Figura 2-338. Áreas de territorios étnicos frente a la cuenca hidrográfica en estudio**




Fuente: Certificación Número 0575 del 06 de junio de 2018.

### 2.14.4.2. Áreas de patrimonio cultural e interés arqueológico

El Patrimonio Cultural de la Nación (Ley 1185 de 2008) está constituido entre otros, por todos los bienes materiales, las manifestaciones inmateriales, los productos y las representaciones de la cultura que son expresión de la nacionalidad colombiana.

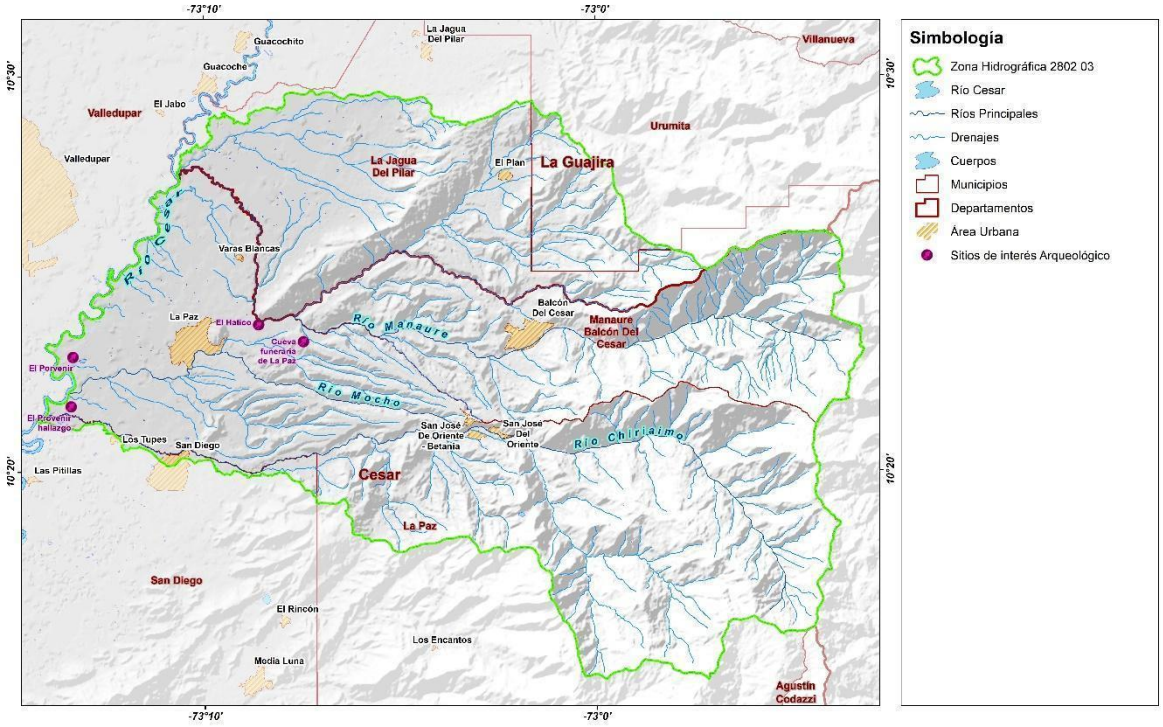
El patrimonio arqueológico, según Ley 1185 de 2008, comprende aquellos vestigios producto de la actividad humana y aquellos restos orgánicos e inorgánicos que, mediante los métodos y técnicas propios de la arqueología y otras ciencias afines, permiten reconstruir y dar a conocer los orígenes y las trayectorias socioculturales pasadas y garantizan su conservación y restauración.

El Instituto Colombiano de Antropología e Historia identifica cuatro (4) sitios arqueológicos y de valor de valor cultural que se presenta a continuación:

- El Porvenir, en Varas Blancas, La Paz
- El Provenir, en Los Tupes, La Paz
- El Hatico, en La Paz
- Cueva funeraria, en La Paz

En la información suministrada y disponible en línea por el ICANH no existe datación para estos hallazgos ni descripción sobre sus características culturales. En el mapa de la Figura 2-339 se presenta la ubicación de los sitios arqueológicos enumerados marcados con puntos magenta.

**Figura 2-339. Áreas de patrimonio cultural e interés arqueológico**



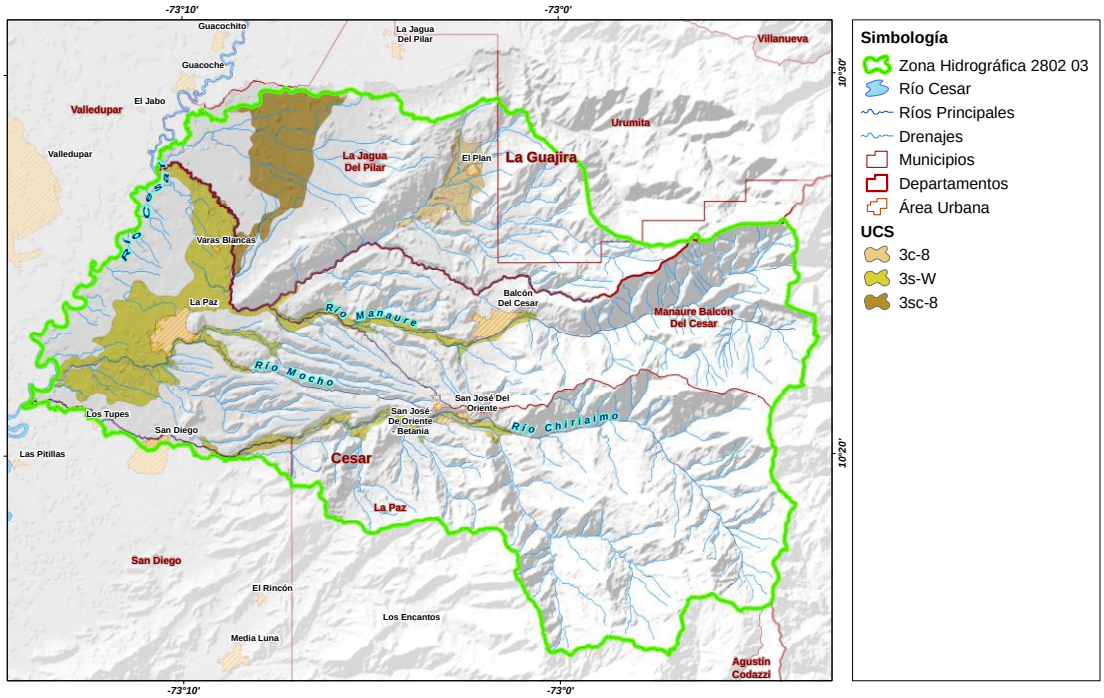

Fuente: Instituto colombiano de antropología e historia - ICANH.

### 2.14.4.3. Áreas para la producción agrícola y ganadera y de explotación de recursos naturales (numeral 2 del Artículo 4 del Decreto 3600)

Incluye los terrenos que deban ser mantenidos y preservados por su destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales o de explotación de recursos naturales. De conformidad con lo dispuesto en el parágrafo del artículo 3° del Decreto 097 de 2006, en estos terrenos no podrán autorizarse actuaciones urbanísticas de subdivisión, parcelación o edificación de inmuebles que impliquen la alteración o transformación de su uso actual. Dentro de esta categoría se incluirán, entre otros, y de conformidad con lo previsto en el artículo 54 del Decreto-ley 1333 de 1986, los suelos que, según la clasificación del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, pertenezcan a las clases I, II y III, ni aquellos correspondientes a otras clases agrológicas, que sean necesarias para la conservación de los recursos de aguas, control de procesos erosivos y zonas de protección forestal.

Revisando el plano de Clasificación del Suelo del IGAC que se presenta en la Figura 2-340, se puede notar que en el territorio de la cuenca hay presencia de suelos de tipo clase III, asociados a las riveras de varios cauces que atraviesan el municipio. Estos suelos tienen como características principales que son tierras localizadas en lomerío, vallecitos entre lomas, glacis de erosión, y plano de inundación con pendientes 0-3-7%, en clima cálido seco, los suelos presentan profundidad efectiva moderada a superficial (IGAC).

**Figura 2-340. Clasificación de la capacidad de uso del suelo**




Fuente: Autores (2019).