ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO, APRESTAMIENTO, DIAGNÓSTICO Y FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE ACUÍFEROS (PMAA) EN EL SECTOR CENTRO, NOROCCIDENTAL Y NORORIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, DE ACUERDO CON LO ESTIPULADO EN EL DECRETO 1640 DE 2012

INFORME FASE DE DIAGNÓSTICO

CONSORCIO PMAA MAGDALENA 2016

BOGOTÁ
Diciembre de 2017

CONTROL CAMBIOS

ENTREGA DE INFORMES	ENTIDAD	Unidades
Original	CAM impresa	1
Original	CAM Magnética	3
Copia No. 1	Consorcio PMAA Magdalena 2016. (Magnética)	1

CAMBIOS REALIZADOS

Versión	Cambios realizados respecto a la versión anterior	Fecha
1	• Se cambia ítem 3.13 Priorización de acuíferos y zonas de recargas por: 3.13 Restricción de uso y priorización de los acuíferos. • Se modifica el Mapa de zonas de recarga GE393-PMAA-PSIG-ZRC-001-00 • Se Cambia Mapa Priorización De Acuíferos Según Uso GE393-PMAA-PSIG-PAU-001-00 Por el Mapa de zonificación y manejo ambiental de acuíferos GE393-PMAA-PSIG-ZMA-001-00	18/12/17

APROBACIÓN CAMBIOS

Versión	Realizó	Revisó	Aprobó	Observaciones	Fecha
2	GT	JGC	FSS	N/A	18/12/17

RELACIÓN DE PROFESIONALES

CARGO	PROFESIONAL	PERFIL
Director de proyecto	HAROLD BARRERA	Ingeniero Ambiental, por lo menos con doce (12) años de experiencia profesional contada a partir de su fecha de grado, con matrícula profesional vigente, y que tenga un posgrado (especialización, maestría o doctorado) en gerencia de proyectos u obras, y que haya ejercido como director o coordinador en por lo menos cinco (05) proyectos en contratos de consultoría del área ambiental
Especialista en Geología	RODOLFO FRANCO	Geólogo, por lo menos con diez (10) años de experiencia profesional contada a partir de su fecha de grado, con matrícula profesional vigente y que haya ejercido como geólogo especialista en por lo menos cinco (05) proyectos en contratos de consultoría del área ambiental
Especialista en Hidrogeología	HENIO PINZÓN	Geólogo, por lo menos con diez (10) años de experiencia profesional contada a partir de su fecha de grado, con matrícula profesional vigente y que haya ejercido como geólogo especialista en por lo menos cinco (05) proyectos en contratos de consultoría del área ambiental
Especialista ambiental	MÓNICA SOLER	Profesional en el área de las ciencias naturales (Biólogo, Ecólogo o Geólogo), por lo menos con diez (10) años de experiencia profesional contada a partir de su fecha de grado, con matrícula profesional vigente y que haya ejercido como especialista ambiental en por lo menos cinco (05) proyectos en contratos de consultoría del área ambiental
Especialista hidrología	GERMAN MONSALVE	Profesional en el área de la ingeniería civil, por lo menos con diez (10) años de experiencia profesional contada a partir de su fecha de grado, con matrícula profesional vigente, y que tenga un posgrado (especialización, maestría o doctorado) en hidráulica y/o hidrología, y que haya ejercido como especialista en hidrología en por lo menos cinco (05) proyectos en contratos de consultoría del área ambiental
Especialista SIG	DIEGO SOLER	Profesional en el área de la ingeniería de sistemas, ingeniería civil, ingeniería forestal o geología, por lo menos con diez (10) años de experiencia profesional contada a partir de su fecha de grado, con matrícula profesional vigente y que haya ejercido como especialista en SIG en por lo menos cinco proyectos en contratos de consultoría del área ambiental

CARGO	PROFESIONAL	PERFIL
Especialista Geofísica	LUIS EDUARDO VÁSQUEZ	Geólogo, por lo menos con diez (10) años de experiencia profesional contada a partir de su fecha de grado, con matrícula profesional vigente y que haya ejercido como especialista en Geofísica en por lo menos cinco (05) proyectos en contratos de consultoría del área ambiental
Especialista Forestal	CLAUDIA GUERRERO	Ingeniero Forestal, por lo menos con diez (10) años de experiencia profesional contada a partir de su fecha de grado, con matrícula profesional vigente y que haya ejercido como especialista forestal en por lo menos cinco proyectos en contratos de consultoría del área ambiental
Profesional social	KELLY BETTES	Trabajador social, socióloga, antropóloga, por lo menos con ocho (8) años de experiencia profesional contada a partir de su fecha de grado, con matrícula profesional vigente y que haya ejercido como profesional social en por lo menos cinco (05) proyectos en contratos de consultoría del área ambiental
Geólogo	ALEJANDRO PÉREZ	Ingeniero geólogo o geólogo, por lo menos con cinco (5) años de experiencia profesional contada a partir de su fecha de grado, con matrícula profesional vigente.
333Geólogo	JUSTO PADILLA	Ingeniero geólogo o geólogo, por lo menos con cinco (5) años de experiencia profesional contada a partir de su fecha de grado, con matrícula profesional vigente.

GRUPO TÉCNICO CONSORCIO PMAA (GT)

CARGO	PROFESIONAL	PERFIL
Coordinador Técnico	FLAVIO PALMINI	Ingeniero geólogo o geólogo, por lo menos con cinco (5) años de experiencia profesional contada a partir de su fecha de grado, con matrícula profesional vigente.
Especialista de Geología	LIZ VALBUENA	Ingeniero geólogo o geólogo, por lo menos con cinco (5) años de experiencia profesional contada a partir de su fecha de grado, con matrícula profesional vigente.
Especialista Hidrogeólogo	LUIS SUESCÚN	Ingeniero civil, Msc. Recursos Hidráulicos, por lo menos con cinco (5) años de experiencia profesional contada a partir de su fecha de grado, con matrícula profesional vigente.
Profesional SIG	IVÁN MÉNDEZ	Profesional en el área de la ingeniería de sistemas, ingeniería civil, ingeniería forestal o agrícola, por lo menos con cinco (5) años de experiencia profesional contada a partir de su fecha de grado, con matrícula profesional vigente
Auxiliar de Geología	FELIPE BARBOSA	Ingeniero geólogo o geólogo, por lo menos con cinco (5) años de experiencia profesional contada a partir de su fecha de grado, con matrícula profesional vigente.
Auxiliar de Ingeniería	FELIPE GONZÁLEZ	Ingeniero civil, por lo menos con cinco (5) años de experiencia profesional contada a partir de su fecha de grado, con matrícula profesional vigente.

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 28

2 GENERALIDADES 32

2.1 Objetivo General 32

2.2 Objetivos Específicos de la Fase Diagnóstico 32

2.3 Alcance 33

2.4 Limitaciones 33

2.5 Localización 34

2.6 Metodología 39

2.6.1 Modelo hidrogeológico conceptual 39

2.6.2 Diagnóstico Participativo 40

2.6.3 Sistema de Información Geográfica 41

3 FASE DIAGNOSTICO DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE ACUÍFEROS (PMAA) EN EL SECTOR CENTRO, NOROCCIDENTAL Y NORORIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA 50

3.1 EVALUACIÓN GEOLÓGICA 50

3.1.1 Geología Regional 52

3.1.2 Geología Local 56

3.1.3 Geología Estructural 76

3.1.4 Modelo Geológico Con Interés Hidrogeológico En Sector Centro, Noroccidental Y Nororiental De La Cuenca Del Valle Superior Del Río Magdalena En El Departamento Del Huila. 82

3.2 EVALUACIÓN GEOFÍSICA 96

3.2.1 Localización De La Exploración Geofísica 96

3.2.2 Marco Teórico 101

3.3 INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA 258

3.4 HIDRÁULICA DE POZOS 262

3.4.1 Puntos De Agua Captación Tipo Aljibe 262

3.4.2 Puntos De Agua Captación Tipo Pozo Profundo 269

3.4.3 Cuerpos De Agua De Superficiales Manantiales 275

3.4.4 Caracterización Hidráulica De Las Formaciones Geológicas 277

3.5 DETERMINACIÓN DE LOS SISTEMAS DE FLUJO SUBTERRÁNEO 285

3.5.1 Elaboración Mapa Isopiezas 285

3.5.2 Dirección De Flujo Regional 287

3.5.3 Dirección De Flujo Local 288

3.6 ANÁLISIS HIDROLÓGICO 293

3.6.1 Caracterización de La Red Meteorológica Existente 294

3.6.2 Estaciones Medidoras De Precipitación 294

3.6.3 Estaciones Medidoras De Temperatura 294

3.6.4 Caracterización Y Tratamiento De Las Variables Climatológicas. 302

3.6.5 Selección De Las Estaciones Según El Área De Influencia Mediante Polígonos De Thiessen. 302

3.6.6 Selección De Las Estaciones Según Periodo De Registro Y Tipo De Estación. 302

3.6.7 Complementación De Datos A Nivel Diario. 304

3.6.8 Análisis De Homogeneidad Y Consistencia 312

3.6.9 Comportamiento Parámetros Climatológicos. 324

3.6.10 Precipitación Media Mensual Año Promedio. 324

3.6.11 Precipitación Media Mensual Año Seco. 325

3.6.12 Precipitación Media Mensual Año Húmedo. 326

3.6.13 Temperatura Media Del Aire Año Promedio. 328

3.6.14 Temperatura Media Del Aire Año Seco. 331

3.6.15 Temperatura Media Del Aire Año Húmedo. 335

3.6.16 Evapotranspiración Potencial A Nivel Anual Y Mensual Año Promedio. ... 338

3.6.17 Evapotranspiración Potencial A Nivel Anual Y Mensual Año Seco. 340

3.6.18 Evapotranspiración Potencial A Nivel Anual Y Mensual Año Húmedo. 341

3.6.19 Recarga De Acuíferos Y Balance Hídrico. 342

3.6.20 Balance Hídrico 344

3.7 CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y CALIDAD DE AGUA 351

3.7.1 Hidrogeoquímica..... 355

3.7.2 Calidad Del Agua..... 381

3.8 ANÁLISIS DE LA OFERTA Y LA DEMANDA DEL AGUA SUBTERRÁNEA 421

3.8.1 Reservas Estáticas. 421

3.8.2 Reservas Dinámicas..... 426

3.8.3 Demanda Actual 433

3.9 HIDROGEOLOGÍA 439

3.9.1 Clasificación de Unidades Hidrogeológicas Según la porosidad 442

3.9.2 Clasificación de las formaciones geológicas desde el punto de vista hidrogeológico: 443

3.9.3 Tipos de acuíferos y su comportamiento..... 444

3.9.4 Clasificación de Unidades Hidrogeológica 447

3.9.5 Modelo Hidrogeológico Conceptual En Sector Centro, Noroccidental Y Nororiental De La Cuenca Del Valle Superior Del Río Magdalena En El Departamento Del Huila452

3.9.6 Modelo Numérico..... 479

3.10 VULNERABILIDAD INTRÍNSECA DE LOS ACUÍFEROS A LA CONTAMINACIÓN 564

3.10.1 Ponderación de Datos 565

3.10.2 Mapas de Vulnerabilidad 567

3.10.3 Inventario de fuentes potenciales de contaminación de las aguas Subterráneas 572

3.10.4 Caracterización de la carga de contaminantes 582

3.10.5 Perímetros de protección de captaciones 587

3.10.6 Zonas con interferencia de pozos 589

3.11 DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO 595

3.11.1 Caracterización De Las Condiciones Socioeconómicas Y Culturales..... 595

3.11.2 Caracterización De Actores Clave..... 699

3.11.2 Construcción Del Mapa De Actores 721

3.12 IDENTIFICACIÓN DE LAS PROBLEMÁTICAS SOBRE EL ACUÍFERO 723

3.12.1 Riesgos de contaminación y de agotamiento de las aguas subterráneas..... 723

3.12.2 Conflictos por usos del suelo en zonas de interés hidrogeológico..... 738

3.12.3 Plan De Evaluación Del Riesgo..... 749

3.12.4 Red de Monitoreo Hidrogeológico. 752

3.12.5 Zonas de Conservación y Uso Sostenible. 776

3.13 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL:.....777

3.14 MANEJO AMBIENTAL DE ACUÍFEROS:.....785

3.15 MARCO NORMATIVO PARA LA APLICACIÓN DEL MANEJO AMBIENTAL DE ACUÍFROS EN EL SECTOR CENTRO, NOROCCIDENTAL Y NORORIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA 792

4 CONCLUSIONES.....796

5 BIBLIOGRAFÍA 801

LISTADO DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. PROVINCIAS HIDROGEOLÓGICAS DE COLOMBIA. 35
ILUSTRACIÓN 2 LOCALIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA Y ZONA DE ESTUDIO PMAA 37
ILUSTRACIÓN 3 LOCALIZACIÓN GENERAL PMAA 38
ILUSTRACIÓN 4 DIVISIÓN POLÍTICA ADMINISTRATIVO DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL PMAA 38
ILUSTRACIÓN 5 ETAPAS DE LA FASE DE DIAGNÓSTICO 39
ILUSTRACIÓN 6 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA CONSTRUCCIÓN MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL 40
ILUSTRACIÓN 7 PROPUESTA DE MANEJO Y PROCESAMIENTO DE DATOS EN EL SISTEMA DE INFORMACIÓN 42
ILUSTRACIÓN 8 GEODATABASES 44
ILUSTRACIÓN 9 ESTRUCTURA DE GEODATABASES 44
ILUSTRACIÓN 10 PLANCHAS IGAC ESCALA 1:25.000 48
ILUSTRACIÓN 11 MOSAICO DE IMAGEN SATELITAL INTERPRETADAS PARA EL ÁREA DE ESTUDIO 51
ILUSTRACIÓN 12 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA DE LA CUENCA DEL VALLE SUPERIOR DEL MAGDALENA 55
ILUSTRACIÓN 13 PROCESO DE INTERPRETACIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO CUENCA VSM 57
ILUSTRACIÓN 14 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA DE LA CUENCA DEL VALLE SUPERIOR DEL MAGDALENA AJUSTADA PARA EL ESTUDIO 59
ILUSTRACIÓN 15 AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN SALDAÑA COORDENADAS E: 876010; N: 854861 60
ILUSTRACIÓN 16 AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN CABALLOS (K1C) 62
ILUSTRACIÓN 17 AFLORAMIENTO DEL GRUPO VILLETA (K2V) COORDENADAS E: 876010; N: 854861 63
ILUSTRACIÓN 18 AFLORAMIENTO DEL GRUPO GUADALUPE (K2G) COORDENADAS E: 854870; N: 830463 64
ILUSTRACIÓN 19 AFLORAMIENTO DEL GRUPO GUADALUPE (K2G) COORDENADAS E: 892250; N: 840423 64
ILUSTRACIÓN 20 AFLORAMIENTO DEL FORMACIÓN SECA (K2E1SC) COORDENADAS E: 892650; N: 840518 65
ILUSTRACIÓN 21 SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN GUALANDAY E: 851401; N: 829983 66
ILUSTRACIÓN 22 AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN GUALANDAY INFERIOR E: 900685; N: 854969 67
ILUSTRACIÓN 23 AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN GUALANDAY MEDIO E: 900685; N: 854969 68
ILUSTRACIÓN 24 AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN GUALANDAY MEDIO E: 900685; N: 854969 69
ILUSTRACIÓN 25 AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN HONDA E: 859751; N: 827120 70
ILUSTRACIÓN 26 AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN ARCILLOLITAS DE COLOMBIA (N1AC) E: 939429; N: 8963121 71
ILUSTRACIÓN 27 AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN GIGANTE MEDIO E: 875342; N: 831641 73
ILUSTRACIÓN 28 DEPÓSITOS ALUVIALES DE ABANICO ANTIGUO (Q1AL) E: 875643; N: 831412 74
ILUSTRACIÓN 29 DEPÓSITOS ALUVIALES RECIENTES E: 890189; N: 840843 75
ILUSTRACIÓN 30 SINCLINAL DE MEDIALUNA A LA IZQUIERDA INTERPRETACIÓN DE IMAGEN SATELITAL A LA DERECHA SE MUESTRA LA ESTRUCTURA DEL SINCLINAL DE MEDIA LUNA 81
ILUSTRACIÓN 31 ANTICLINAL DE SAN FRANCISCO A LA IZQUIERDA INTERPRETACIÓN DE IMAGEN SATELITAL A LA DERECHA SE MUESTRA LA ESTRUCTURA DEL ANTICLINAL 82
ILUSTRACIÓN 32 MAPA GEOLÓGICO DEPARTAMENTO DEL HUILA. ESCALA 1:25.000 83
ILUSTRACIÓN 33 CORTE GEOLÓGICO A-A´ Y MODELO 3D SECTOR NOROCCIDENTAL Y NORORIENTAL CUENCA VSM ESCALA 1:25.000 85
ILUSTRACIÓN 34 CORTE GEOLÓGICO B-B´ Y MODELO 3D SECTOR NOROCCIDENTAL Y NORORIENTAL CUENCA VSM ESCALA 1:25.000 87
ILUSTRACIÓN 35 CORTE GEOLÓGICO C – C´ Y MODELO 3D SECTOR NOROCCIDENTAL Y NORORIENTAL CUENCA VSM ESCALA 1:25.000 88
ILUSTRACIÓN 36 MODELO GEOLÓGICO SECTORES CENTRO Y OCCIDENTAL DE LA CUENCA VSM ESCALA 1:25.000 90
ILUSTRACIÓN 37 CORTE GEOLÓGICO D – D´ MODELO 3D SECTOR CENTRO NOROCCIDENTAL Y NORORIENTAL CUENCA VSM ESCALA 1:25.000 92
ILUSTRACIÓN 38 LOCALIZACIÓN SUPERFICIAL FORMACIONES GEOLÓGICAS DE PRIORIZACIÓN DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO 94
ILUSTRACIÓN 39 ESTRUCTURAS DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO PMAA ZONA NORTE EN LÍNEA PUNTEADA DE COLOR VERDE, ZONA CENTRO LÍNEA PUNTEADA DE COLOR AMARILLO, ZONA OCCIDENTE LÍNEA PUNTEADA DE COLOR VERDE 95
ILUSTRACIÓN 40 LOCALIZACIÓN EXPLORACIÓN GEOFÍSICA 99
ILUSTRACIÓN 41 MAPA GEOLÓGICO PMAA ESCALA 1:25.000 100

ILUSTRACIÓN 42 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DEL EQUIPO DE MAGNETOTELÚRICA 101
ILUSTRACIÓN 43 DIAGRAMA DEL RECEPTOR ESTÁNDAR Y EL DIPOLO. 103
ILUSTRACIÓN 44 DIAGRAMA DEL TRANSMISOR ESTÁNDAR DE 400AM2. 104
ILUSTRACIÓN 45 MONTAJE DEL EQUIPO EN CAMPO 105
ILUSTRACIÓN 46 INTERFAZ DE TOMA DE DATOS EN LOS DOS COMPONENTES ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS. 106
ILUSTRACIÓN 47 DISTRIBUCIÓN SONDEOS. 107
ILUSTRACIÓN 48 INTERFAZ SALIDA DE DATOS. EN EL RECUADRO SUPERIOR SE PUEDE OBSERVAR LA VARIANZA DE LOS DATOS RESISTIVIDAD, FASE Y COHERENCIA EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA Y EN EL TERCERO GRAFICO SE RELACIONA LA RESISTIVIDAD CON LA PROFUNDIDAD. 107
ILUSTRACIÓN 49INTERFAZ CONFIGURACIÓN TEÓRICA INICIAL DEL ARREGLO SCHLUMBERGER 108
ILUSTRACIÓN 50 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN DE GEOELÉCTRICA GEOAMP 202 109
ILUSTRACIÓN 51 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-01 COORDENADAS E: 877597; N: 815934 147
ILUSTRACIÓN 52 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-02 COORDENADA E: 878388; N: 815657 148
ILUSTRACIÓN 53 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-03 COORDENADA E: 879508; N: 814395 150
ILUSTRACIÓN 54 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-04 COORDENADA E: 880599; N: 811197 151
ILUSTRACIÓN 55 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN COORDENADA E: 881044; N: 810492 153
ILUSTRACIÓN 56 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-06 COORDENADA E: 881482; N: 810163 154
ILUSTRACIÓN 57 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-07 COORDENADA E: 862140; N: 848648 156
ILUSTRACIÓN 58 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-08 COORDENADA E: 864234; N: 847155 157
ILUSTRACIÓN 59 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-09 COORDENADA E: 866861; N: 847422 159
ILUSTRACIÓN 60 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-10 COORDENADA E: 860264; N: 826381 160
ILUSTRACIÓN 61 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-11 COORDENADA E: 861333; N: 825245 162
ILUSTRACIÓN 62 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-12 COORDENADA E: 864167; N: 825337 163
ILUSTRACIÓN 63 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-13 COORDENADA E: 842742; N: 794667 165
ILUSTRACIÓN 64 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-14 COORDENADA E: 844317; N: 794870 166
ILUSTRACIÓN 65 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-15 COORDENADA E: 852142; N: 793703 168
ILUSTRACIÓN 66 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN E: 840537; N: 771160 169
ILUSTRACIÓN 67 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-17 COORDENADAS E: 842482; N: 767453 171
ILUSTRACIÓN 68 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-18 COORDENADAS E: 842576; N: 764540 172
ILUSTRACIÓN 69 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-19 COORDENADAS E: 835216; N: 775803 174
ILUSTRACIÓN 70 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-20 COORDENADA E: 834046; N: 770387 175
ILUSTRACIÓN 71 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-21 COORDENADA E: 826860; N: 775889 177
ILUSTRACIÓN 72 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-22 COORDENADA E: 799,142; N: 755,963 178
ILUSTRACIÓN 73 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-23 180
ILUSTRACIÓN 74 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-24 COORDENADA E: 805801; N: 750873 181
ILUSTRACIÓN 75 28PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-25 COORDENADA E: 815107; N: 744489 183
ILUSTRACIÓN 76 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-26 COORDENADA E: 816826; N: 743727 184
ILUSTRACIÓN 77 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-27 COORDENADA E: 821857; N: 744979 186
ILUSTRACIÓN 78 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-28 COORDENADA E: 808787; N: 742064 187
ILUSTRACIÓN 79 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-29 COORDENADA E: 816312; N: 738437 189
ILUSTRACIÓN 80 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-30 COORDENADA N: 819380; E: 738188 190
ILUSTRACIÓN 81 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-31 E: 817215; N: 764341 192
ILUSTRACIÓN 82 56PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-32 COORDENADA E: 821097; N: 764570 193
ILUSTRACIÓN 83 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-33 COORDENADA E: 824468; N: 763248 195
ILUSTRACIÓN 84 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-34 COORDENADA E: 825990; N: 762396 196
ILUSTRACIÓN 85 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-35 COORDENADA E: 836347; N: 754257 198
ILUSTRACIÓN 86 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-36 COORDENADA E: 839581; N: 750480 199
ILUSTRACIÓN 87 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-37 COORDENADA E: 841344; N: 746934 201
ILUSTRACIÓN 88 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-38 COORDENADA E: 827727; N: 745712 202
ILUSTRACIÓN 89 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-39 COORDENADA E: 828942; N: 740486 204

ILUSTRACIÓN 90 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN SEV-40 COORDENADA E: 827776; N: 736746 205
ILUSTRACIÓN 91 DEM LOCALIZACIÓN DE SEV´S Y MT PARA EL PROCESAMIENTO, Y ANÁLISIS SE TOMARON LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LIMITADOS DENTRO DEL POLÍGONO DEL ÁREA DE ESTUDIO PMAA..... 208
ILUSTRACIÓN 92 MODELO ISO RESISTIVIDADES 3D..... 209
ILUSTRACIÓN 93 MAPA DE ISO-RESISTIVIDADES A 10M DE PROFUNDIDAD..... 212
ILUSTRACIÓN 94 MAPA DE ISO-RESISTIVIDADES A 25M DE PROFUNDIDAD..... 214
ILUSTRACIÓN 95 MAPA DE ISO-RESISTIVIDADES A 50M DE PROFUNDIDAD. 216
ILUSTRACIÓN 96 MAPA DE ISO-RESISTIVIDADES A 75M DE PROFUNDIDAD. 218
ILUSTRACIÓN 97 MAPA DE ISO-RESISTIVIDADES A 100M DE PROFUNDIDAD. 220
ILUSTRACIÓN 98 MAPA DE ISO-RESISTIVIDADES A 125M DE PROFUNDIDAD 222
ILUSTRACIÓN 99 MAPA DE ISO-RESISTIVIDADES A 150M DE PROFUNDIDAD..... 224
ILUSTRACIÓN 100 MAPA DE ISO-RESISTIVIDADES A 175M DE PROFUNDIDAD..... 226
ILUSTRACIÓN 101 MAPA DE ISO-RESISTIVIDADES A 200M DE PROFUNDIDAD..... 227
ILUSTRACIÓN 102 MAPA DE ISO-RESISTIVIDADES A 225M DE PROFUNDIDAD..... 228
ILUSTRACIÓN 103 MAPA DE ISO-RESISTIVIDADES A 275M DE PROFUNDIDAD..... 229
ILUSTRACIÓN 104 MAPA DE ISO-RESISTIVIDADES A 300M DE PROFUNDIDAD..... 230
ILUSTRACIÓN 105 MAPA DE ISO-RESISTIVIDADES A 400M DE PROFUNDIDAD..... 231
ILUSTRACIÓN 106 MAPA DE ISO-RESISTIVIDADES A 500M DE PROFUNDIDAD..... 232
ILUSTRACIÓN 107 MAPA DE ISO-RESISTIVIDADES A 600M DE PROFUNDIDAD..... 233
ILUSTRACIÓN 108 MAPA DE ISO-RESISTIVIDADES A 700M DE PROFUNDIDAD..... 234
ILUSTRACIÓN 109 MAPA DE ISO-RESISTIVIDADES A 800M DE PROFUNDIDAD..... 235
ILUSTRACIÓN 110 MAPA DE ISO-RESISTIVIDADES A 900M DE PROFUNDIDAD..... 236
ILUSTRACIÓN 111 MAPA DE ISO-RESISTIVIDADES A 1000M DE PROFUNDIDAD..... 237
ILUSTRACIÓN 112 MAPA DE ISO-RESISTIVIDADES A 2000M DE PROFUNDIDAD..... 238
ILUSTRACIÓN 113 MAPA DE ISO-RESISTIVIDADES A 3000M DE PROFUNDIDAD..... 239
ILUSTRACIÓN 114 LOCALIZACIÓN PERFILES GEOELÉCTRICOS..... 240
ILUSTRACIÓN 115 PERFIL GEOELÉCTRICOS A-A´ 241
ILUSTRACIÓN 116 PERFIL GEOELÉCTRICOS B-B´ 243
ILUSTRACIÓN 117 PERFIL GEOELÉCTRICOS C-C´ 244
ILUSTRACIÓN 118 PERFIL GEOELÉCTRICOS D-D´..... 245
ILUSTRACIÓN 119 PERFIL GEOELÉCTRICOS E-E´..... 246
ILUSTRACIÓN 120 PERFIL GEOELÉCTRICOS F-F´ 247
ILUSTRACIÓN 121 PERFIL GEOELÉCTRICOS G-G´..... 249
ILUSTRACIÓN 122 PERFIL GEOELÉCTRICOS H-H´..... 250
ILUSTRACIÓN 123 PERFIL GEOELÉCTRICOS I-I´..... 252
ILUSTRACIÓN 124 MAPA DE ZONIFICACIÓN SEGÚN LA CLASIFICACIÓN GEO- ELÉCTRICA DE UNIDADES GEOLÓGICAS 255
ILUSTRACIÓN 125. MAPA DE LOCALIZACIÓN DE LA SECCIÓN SÍSMICA Y PERFIL ESTRUCTURAL C-C´ Y DELIMITACIÓN CAMPOS DE HIDROCARBUROS DE LA CUENCA DEL VALLE SUPERIOR DEL MAGDALENA. 256
ILUSTRACIÓN 126 SECCIÓN SÍSMICA INTERPRETADA DE LA CUENCA DEL VALLE SUPERIOR DEL MAGDALENA. 257
ILUSTRACIÓN 127 PERFIL ESTRUCTURAL DE LA CUENCA DEL VALLE SUPERIOR DEL MAGDALENA..... 258
ILUSTRACIÓN 128 UBICACIÓN PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA..... 261
ILUSTRACIÓN 129 UBICACIÓN MAPA DE UBICACIÓN ESPACIAL PUNTOS DE AGUA TIPO ALJIBE A LA PROFUNDIDAD CONSTRUIDA 263
ILUSTRACIÓN 130 MAPA DE UBICACIÓN ESPACIAL PUNTOS DE AGUA TIPO ALJIBE- CAUDAL..... 264
ILUSTRACIÓN 131 MAPA DE UBICACIÓN ESPACIAL PUNTOS DE AGUA CAPTACIÓN TIPO ALJIBE- TRANSMISIVIDAD..... 265
ILUSTRACIÓN 132 MAPA DE UBICACIÓN ESPACIAL PUNTOS DE AGUA CAPTACIÓN TIPO ALJIBE- CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA..... 266
ILUSTRACIÓN 133 MAPA DE UBICACIÓN ESPACIAL PUNTOS DE AGUA CAPTACIÓN TIPO ALJIBE- CAPACIDAD ESPECÍFICA. 267
ILUSTRACIÓN 134 MAPA DE UBICACIÓN ESPACIAL PUNTOS DE AGUA CAPTACIÓN TIPO ALJIBE- COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO. 268
ILUSTRACIÓN 135 MAPA DE UBICACIÓN ESPACIAL PUNTOS DE AGUA CAPTACIÓN TIPO POZO PROFUNDO- PROFUNDIDAD (M). 269
ILUSTRACIÓN 136 MAPA DE UBICACIÓN ESPACIAL PUNTOS DE AGUA CAPTACIÓN TIPO POZO PROFUNDO- CAUDAL. 270

Ilustración 137 Mapa de ubicación espacial puntos de agua captación tipo pozo profundo - Transmisividad. 271
Ilustración 138 Mapa de ubicación espacial puntos de agua captación tipo pozo profundo - Conductividad hidráulica. 272
Ilustración 139 Mapa de ubicación espacial puntos de agua captación tipo pozo profundo- Capacidad específica. 273
Ilustración 140 Mapa de ubicación espacial puntos de agua captación tipo pozo profundo- Coeficiente de almacenamiento. 275
Ilustración 141 Mapa de ubicación espacial puntos de agua Manantiales. 276
Ilustración 142 Mapa de ubicación espacial puntos de agua Manantiales-Caudal. 277
Ilustración 143 ubicación espacial depósitos cuaternarios y puntos de captación tipo pozos profundos y aljibes. 280
Ilustración 144 ubicación espacial formación Gigante (N2gi) y puntos de captación tipo pozos profundos y aljibes. 282
Ilustración 145 ubicación espacial Grupo Honda (N1h) y puntos de captación tipo pozos profundos y aljibes. 284
Ilustración 146 Mapa de Isopiezas para niveles estáticos de los puntos de captación de agua subterránea (aljibes y pozos profundos) 286
Ilustración 147 Mapa de dirección de flujo puntos de agua limite PMAA. 288
Ilustración 148 Mapa de dirección de flujo local 289
Ilustración 149 Corte A-A 'dirección de flujo Local 290
Ilustración 150 Corte B-Dirección de flujo Local 291
Ilustración 151 Corte C-Dirección de flujo Local 292
Ilustración 152 Corte D-Dirección de flujo Local 293
Ilustración 153 Localización de las estaciones de medición en la zona de estudio 301
Ilustración 154 Diagrama de barras de registros históricos de precipitación total mensual en estaciones medidoras de precipitación 303
Ilustración 155 Diagrama de barras de registros históricos de temperatura media mensual en estaciones medidoras de temperatura. 304
Ilustración 156 Grupos de Análisis Para la Complementación de Datos Diarios 305
Ilustración 157 Mapa Estaciones Seleccionas de Medición. 323
Ilustración 158 Isolíneas de precipitación total – Año Promedio 325
Ilustración 159 Isolíneas de precipitación total – Año Seco 326
Ilustración 160 Isolíneas de precipitación total – Año húmedo 327
Ilustración 161 Isolíneas de temperatura media – Año Promedio 331
Ilustración 162 Isolíneas de temperatura media – Seco 334
Ilustración 163 Isolíneas de temperatura media – Año Húmedo 338
Ilustración 164 Isolíneas de evapotranspiración potencial total – Año Promedio 340
Ilustración 165 Isolíneas de evapotranspiración potencial total – Año Seco. 341
Ilustración 166 Isolíneas de evapotranspiración potencial total – Año Húmedo. 342
Ilustración 167 Isolíneas de Infiltración del Mes de Diciembre Para el Año Promedio. 345
Ilustración 168 Isolíneas de Infiltración del Mes de Diciembre Para el Año Seco 345
Ilustración 169 Isolíneas de Infiltración del Mes de Diciembre Para el Año 346
Ilustración 170 Isolíneas de Recarga de Acuíferos Total Anual Para el Año Promedio. 348
Ilustración 171 Isolíneas de Recarga de Acuíferos Total Anual Para el Año Seco. 349
Ilustración 172 Isolíneas de Recarga de Acuíferos Total Anual Para el Año Húmedo. 350
Ilustración 173 Distribución de la totalidad de los puntos de captación provenientes de los expedientes de la CAM 352
Ilustración 174 Distribución de los puntos de la base de datos de INGEOMINAS 353
Ilustración 175 Distribución de los puntos tomados por el Consorcio PMAA 354
Ilustración 176 Muestra punto JAC Vereda Dina – Aipe 355
Ilustración 177 Muestra punto Finca Lagomar Fish – Hobo 356
Ilustración 178 Muestra punto Cootragigante - Garzón 357
Ilustración 179 Muestra punto Sede CAM - Neiva 358
Ilustración 180 Diagrama de Stiff generalizado para el área del PMAA 365
Ilustración 181 Diagramas Stiff para los depósitos cuaternarios 366

ILUSTRACIÓN 182 DIAGRAMAS STIFF PARA LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS 367
ILUSTRACIÓN 183 DIAGRAMAS STIFF PARA LA FORMACIÓN GIGANTE 368
ILUSTRACIÓN 184 DIAGRAMAS STIFF PARAL GRUPO HONDA, ... 369
ILUSTRACIÓN 185 DIAGRAMAS STIFF PARA LOS SINCLINALES DE TIVOLI Y GARZÓN 370
ILUSTRACIÓN 186 DIAGRAMAS STIFF PARA EL SINCLINAL DE GARZÓN 370
ILUSTRACIÓN 187 DIAGRAMA DE PIPER 371
ILUSTRACIÓN 188 DIAGRAMA DE PIPER VALLE DEL RÍO MAGDALENA 372
ILUSTRACIÓN 189 DIAGRAMA DE SCHÖELLER PARA LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS 373
ILUSTRACIÓN 190 DIAGRAMA DE SCHÖELLER PARA LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS 374
ILUSTRACIÓN 191 DIAGRAMA DE SCHÖELLER PARA LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS 375
ILUSTRACIÓN 192 DIAGRAMA DE SCHÖELLER PARA LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS 376
ILUSTRACIÓN 193 DIAGRAMA DE SCHÖELLER PARA LA FORMACIÓN GIGANTE 377
ILUSTRACIÓN 194 DIAGRAMA DE SCHÖELLER PARAL GRUPO HONDA, ... 378
ILUSTRACIÓN 195 DIAGRAMA DE SCHÖELLER PARA LOS SINCLINALES DE TIVOLI Y GARZÓN 379
ILUSTRACIÓN 196 DIAGRAMA DE SCHÖELLER PARA LOS SINCLINALES DE TIVOLI Y GARZÓN 380
ILUSTRACIÓN 197 CONDUCTIVIDAD CUATERNARIOS VALLE DEL MAGDALENA 386
ILUSTRACIÓN 198 TURBIDEZ CUATERNARIOS VALLE DEL MAGDALENA 387
ILUSTRACIÓN 199 ALCALINIDAD CUATERNARIOS VALLE DEL MAGDALENA 387
ILUSTRACIÓN 200 PH VALLE DEL MAGDALENA 388
ILUSTRACIÓN 201 CALCIO CUATERNARIOS VALLE DEL MAGDALENA 388
ILUSTRACIÓN 202 CLORUROS CUATERNARIOS VALLE DEL MAGDALENA 389
ILUSTRACIÓN 203 FOSFATOS CUATERNARIOS VALLE DEL MAGDALENA 389
ILUSTRACIÓN 204 HIERRO CUATERNARIOS VALLE DEL MAGDALENA 390
ILUSTRACIÓN 205 MAGNESIO CUATERNARIOS VALLE DEL MAGDALENA 390
ILUSTRACIÓN 206 NITRATOS CUATERNARIOS VALLE DEL MAGDALENA 391
ILUSTRACIÓN 207 SULFATOS CUATERNARIOS VALLE DEL MAGDALENA 391
ILUSTRACIÓN 208 POTASIO CUATERNARIOS VALLE DEL MAGDALENA 392
ILUSTRACIÓN 209 SODIO CUATERNARIOS VALLE DEL MAGDALENA 392
ILUSTRACIÓN 210 COLIFORMES FECALES CUATERNARIOS VALLE DEL MAGDALENA 393
ILUSTRACIÓN 211 COLIFORMES TOTALES CUATERNARIOS VALLE DEL MAGDALENA 394
ILUSTRACIÓN 212 CONDUCTIVIDAD FORMACIÓN GIGANTE VALLE DEL MAGDALENA 396
ILUSTRACIÓN 213 TURBIDEZ FORMACIÓN GIGANTE VALLE DEL MAGDALENA 397
ILUSTRACIÓN 214 ALCALINIDAD FORMACIÓN GIGANTE VALLE DEL MAGDALENA 397
ILUSTRACIÓN 215 PH FORMACIÓN GIGANTE VALLE DEL MAGDALENA 398
ILUSTRACIÓN 216 CALCIO FORMACIÓN GIGANTE VALLE DEL MAGDALENA 398
ILUSTRACIÓN 217 CLORUROS FORMACIÓN GIGANTE VALLE DEL MAGDALENA 399
ILUSTRACIÓN 218 FOSFATOS FORMACIÓN GIGANTE VALLE DEL MAGDALENA 399
ILUSTRACIÓN 219 HIERRO FORMACIÓN GIGANTE VALLE DEL MAGDALENA 400
ILUSTRACIÓN 220 MAGNESIO FORMACIÓN GIGANTE VALLE DEL MAGDALENA 400
ILUSTRACIÓN 221 NITRATOS FORMACIÓN GIGANTE VALLE DEL MAGDALENA 401
ILUSTRACIÓN 222 SULFATOS FORMACIÓN GIGANTE VALLE DEL MAGDALENA 401
ILUSTRACIÓN 223 POTASIO FORMACIÓN GIGANTE VALLE DEL MAGDALENA 402
ILUSTRACIÓN 224 SODIO FORMACIÓN GIGANTE VALLE DEL MAGDALENA 402
ILUSTRACIÓN 225 COLIFORMES FECALES FORMACIÓN GIGANTE VALLE DEL MAGDALENA 403
ILUSTRACIÓN 226 COLIFORMES TOTALES FORMACIÓN GIGANTE VALLE DEL MAGDALENA 404
ILUSTRACIÓN 227 CONDUCTIVIDAD FORMACIÓN HONDA VALLE DEL MAGDALENA 406
ILUSTRACIÓN 228 TURBIDEZ FORMACIÓN HONDA VALLE DEL MAGDALENA 407
ILUSTRACIÓN 229 ALCALINIDAD FORMACIÓN HONDA VALLE DEL MAGDALENA 407
ILUSTRACIÓN 230 PH FORMACIÓN HONDA VALLE DEL MAGDALENA 408

ILUSTRACIÓN 231 FORMACIÓN HONDA VALLE DEL MAGDALENA 408
ILUSTRACIÓN 232 CLORUROS FORMACIÓN HONDA VALLE DEL MAGDALENA 409
ILUSTRACIÓN 233 FOSFATOS FORMACIÓN HONDA VALLE DEL MAGDALENA 409
ILUSTRACIÓN 234 HIERRO FORMACIÓN HONDA VALLE DEL MAGDALENA 410
ILUSTRACIÓN 235 MAGNESIO FORMACIÓN HONDA VALLE DEL MAGDALENA 410
ILUSTRACIÓN 236 NITRATOS FORMACIÓN HONDA VALLE DEL MAGDALENA 411
ILUSTRACIÓN 237 SULFATOS FORMACIÓN HONDA VALLE DEL MAGDALENA 411
ILUSTRACIÓN 238 POTASIO FORMACIÓN HONDA VALLE DEL MAGDALENA 412
ILUSTRACIÓN 239 SODIO FORMACIÓN HONDA VALLE DEL MAGDALENA 412
ILUSTRACIÓN 240 COLIFORMES FECALES FORMACIÓN HONDA VALLE DEL MAGDALENA 413
ILUSTRACIÓN 241 COLIFORMES TOTALES FORMACIÓN HONDA VALLE DEL MAGDALENA 414
ILUSTRACIÓN 242 PARÁMETROS CALIDAD DE AGUA SINCLINAL DE TIVOLI 416
ILUSTRACIÓN 243 PARÁMETROS CALIDAD DE AGUA SINCLINAL DE TIVOLI 417
ILUSTRACIÓN 244 CONDUCTIVIDAD Y PH SINCLINAL DE SAN ANTONIO 418
ILUSTRACIÓN 245 PARÁMETROS SINCLINAL DE GARZÓN 419
ILUSTRACIÓN 246 PARÁMETROS SINCLINAL DE TESALIA 420
ILUSTRACIÓN 247 ZONAS DE POTENCIAL ALMACENAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA 423
ILUSTRACIÓN 248 MAPA DE PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL 427
ILUSTRACIÓN 249 MAPA DE RECARGA SEGÚN CHEETURVEDI. 428
ILUSTRACIÓN 250 MAPA DE RECARGA SEGÚN SEHGAL. 429
ILUSTRACIÓN 251 MAPA DE RECARGA POTENCIAL 431
ILUSTRACIÓN 252. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA CONSTRUCCIÓN MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL 441
ILUSTRACIÓN 253 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU POROSIDAD 442
ILUSTRACIÓN 254 CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS SEGÚN SU POROSIDAD 443
ILUSTRACIÓN 255 ACUÍFERO LIBRE 445
ILUSTRACIÓN 256 SISTEMA DE ACUÍFERO CONFINADO 446
ILUSTRACIÓN 257 SISTEMA DE ACUÍFERO SEMICONFINADOS 447
ILUSTRACIÓN 258 MAPA DE CLASIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS 451
ILUSTRACIÓN 259 CORTES HIDROGEOLÓGICOS 452
ILUSTRACIÓN 260 LOCALIZACIÓN DIAGRAMAS EN BLOQUE. 463
ILUSTRACIÓN 261 MODELO HIDROGEOLÓGICOS REGIÓN NORTE, DIAGRAMA A-A´ 464
ILUSTRACIÓN 262 MODELO HIDROGEOLÓGICOS REGIÓN NORTE, DIAGRAMA B-B´ 469
ILUSTRACIÓN 263 MODELO HIDROGEOLÓGICOS REGIÓN NORTE, DIAGRAMA C-C´ 472
ILUSTRACIÓN 264 MODELO HIDROGEOLÓGICOS REGIÓN OCCIDENTE DIAGRAMA D-D´ 474
ILUSTRACIÓN 265. MAPA DE ZONAS DE RECARGA 478
ILUSTRACIÓN 266 SIMULACIÓN DE PROBLEMAS DE TRANSPORTE DE MASA 481
ILUSTRACIÓN 267 DELIMITACIÓN DE PROPIEDADES DE LOS DEF 482
ILUSTRACIÓN 268 PLANOS DE FRACTURAS 483
ILUSTRACIÓN 269 ENMALLADOS COMPLEJOS EN FEFLOW (MALLAS ESTRUCTURADAS Y NO ESTRUCTURADAS) 484
ILUSTRACIÓN 270 MODELOS HIDROGEOLÓGICOS CONCEPTUALES DEL SECTOR CENTRO, NOROCCIDENTAL Y NORORIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA 486
ILUSTRACIÓN 271 CONFIGURACIÓN NUMÉRICA SECCIÓN A-A' 487
ILUSTRACIÓN 272 DOMINIO DEL MODELO SECCIÓN A-A' 488
ILUSTRACIÓN 273 ENMALLADO DEL MODELO SECCIÓN A-A' 488
ILUSTRACIÓN 274 CONFIGURACIÓN NUMÉRICA SECCIÓN B-B' 488
ILUSTRACIÓN 275 DOMINIO DEL MODELO SECCIÓN B-B' 489
ILUSTRACIÓN 276 ENMALLADO DEL MODELO SECCIÓN B-B' 489
ILUSTRACIÓN 277 CONFIGURACIÓN NUMÉRICA SECCIÓN C-C' 489
ILUSTRACIÓN 278 DOMINIO DEL MODELO SECCIÓN C-C' 490

Ilustración 279 Enmallado del modelo Sección C-C' 490
Ilustración 280 Configuración numérica Sección D-D' 490
Ilustración 281 Dominio del modelo Sección D-D' 491
Ilustración 282 Enmallado del modelo Sección D-D' 491
Ilustración 283 Sección A-A' – Max interior angle of triangles 494
Ilustración 284 Sección A-A' – Condition number 495
Ilustración 285 Sección A-A' – Delaunay 496
Ilustración 286 Puntos de observación identificados en la Sección A-A' 501
Ilustración 287 Puntos de observación identificados en la Sección B-B' 501
Ilustración 288 Puntos de observación identificados en la Sección C-C' 502
Ilustración 289 Puntos de observación identificados en la Sección D-D' 502
Ilustración 290 Recarga potencial en secciones geológicas 506
Ilustración 291 Intervalos de búsqueda, valor semilla y valor óptimo posterior a la calibración de la Sección A-A' 514
Ilustración 292 Interfaz FEPEST y resultados de la función objetivo Phi para la sección A-A' 515
Ilustración 293 Resultados calibración FePEST Sección A-A' 516
Ilustración 294 Intervalos de búsqueda, valor semilla y valor óptimo posterior a la calibración de la Sección B-B' 519
Ilustración 295 Interfaz FEPEST y resultados de la función objetivo Phi para la sección B-B' 520
Ilustración 296 Resultados calibración FEPEST Sección B-B' – 8 puntos observados 521
Ilustración 297 Resultados calibración FEPEST Sección B-B' – 4 puntos observados 522
Ilustración 298 Intervalos de búsqueda, valor semilla y valor óptimo posterior a la calibración de la Sección C-C' 524
Ilustración 299 Interfaz FEPEST y resultados de la función objetivo Phi para la sección C-C' 525
Ilustración 300 Resultados calibración FEPEST Sección C-C' – 8 puntos observados 526
Ilustración 301. Error de convergencia en la sección A – A´. 528
Ilustración 302. Balance hídrico en régimen permanente para la Sección A-A' 529
Ilustración 303 Distribución de la carga hidráulica y presión Sección A-A' 530
Ilustración 304 Distribución del nivel de saturación y tiempos de viaje al Río Magdalena Sección A-A' 531
Ilustración 305 Tiempos de viaje al Río Magdalena Sección A-A' 532
Ilustración 306 Dirección de flujo regional – Sección A-A' 533
Ilustración 307 Zoom dirección de flujo regional – Sección A-A' 534
Ilustración 308 Zoom dirección de flujo regional – Sección A-A' 535
Ilustración 309 Dirección de flujo local Río Magdalena – Sección A-A' 536
Ilustración 310 Zoom dirección de flujo regional – Sección A-A' 537
Ilustración 311 Zoom dirección de flujo regional – Sección A-A' 538
Ilustración 312 Zoom dirección de flujo regional – Sección A-A' 539
Ilustración 313 Error de convergencia en la Sección B-B´. 541
Ilustración 314 Balance hídrico en régimen permanente para la Sección B-B' 542
Ilustración 315 Distribución de la carga hidráulica y presión Sección B-B' 543
Ilustración 316 Distribución del nivel de saturación y tiempos de viaje al Río Magdalena y Baché Sección B-B' 544
Ilustración 317 Tiempos de viaje al Río Magdalena Sección B-B' 545
Ilustración 318 Tiempos de viaje al Río Baché Sección B-B' 546
Ilustración 319 Dirección de flujo regional – Sección B-B' 547
Ilustración 320 Zoom dirección de flujo regional – Sección B-B' 548
Ilustración 321 Zoom dirección de flujo regional – Sección B-B' 549
Ilustración 322 Zoom dirección de flujo regional – Sección B-B' 550
Ilustración 323 Dirección de Flujo local Río Baché – Sección B-B' 551
Ilustración 324 Dirección de Flujo local Río Magdalena – Sección B-B' 552
Ilustración 325 Error de convergencia en la Sección C-C' 554
Ilustración 326. Balance hídrico en régimen permanente para la Sección C-C' 555
Ilustración 327 Distribución de la carga hidráulica y presión Sección C-C' 556

ILUSTRACIÓN 328 DISTRIBUCIÓN DEL NIVEL DE SATURACIÓN Y TIEMPOS DE VIAJE AL RÍO MAGDALENA SECCIÓN C-C' 557
ILUSTRACIÓN 329 TIEMPOS DE VIAJE AL RÍO MAGDALENA SECCIÓN C-C' 558
ILUSTRACIÓN 330 DIRECCIÓN DE FLUJO REGIONAL – SECCIÓN C-C' 559
ILUSTRACIÓN 331 ZOOM DIRECCIÓN DE FLUJO REGIONAL – SECCIÓN C-C' 560
ILUSTRACIÓN 332 ZOOM DIRECCIÓN DE FLUJO REGIONAL – SECCIÓN C-C' 561
ILUSTRACIÓN 333 ZOOM DIRECCIÓN DE FLUJO REGIONAL – SECCIÓN C-C' 562
ILUSTRACIÓN 334 DIRECCIÓN DE FLUJO LOCAL RÍO MAGDALENA – SECCIÓN C-C' 563
ILUSTRACIÓN 335 MÉTODO GOD PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD INTRÍNSECA 564
ILUSTRACIÓN 336 MAPA DE VULNERABILIDAD PARÁMETRO "G" 568
ILUSTRACIÓN 337 MAPA DE VULNERABILIDAD PARÁMETRO "O" 569
ILUSTRACIÓN 338 MAPA DE VULNERABILIDAD PARÁMETRO "D" 570
ILUSTRACIÓN 339 MAPA DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA 571
ILUSTRACIÓN 340 MAPA DE VULNERABILIDAD MÉTODO GOD 572
ILUSTRACIÓN 341. MAPA DE COBERTURAS Y USOS DEL SUELO 573
ILUSTRACIÓN 342. MAPA DE ACTIVIDADES POTENCIALMENTE CONTAMINANTES 575
ILUSTRACIÓN 343. UBICACIÓN DE POZOS DE EXPLOTACIÓN DE PETRÓLEOS. 577
ILUSTRACIÓN 344. UBICACIÓN DE BLOQUES ADJUICADOS POR ANH MAPA DE TIERRAS 2017 PARA EXPLOTACIÓN DE PETRÓLEOS. 578
ILUSTRACIÓN 345. MAPA DE ÁREAS CON TÍTULOS MINEROS Y SOLICITUDES DE LEGALIZACIÓN. 579
ILUSTRACIÓN 346. MAPA DE ÁREAS CON SOLICITUDES DE LICENCIAS MINERAS. 580
ILUSTRACIÓN 347 CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA CARGA – CLASE DE CONTAMINANTE 582
ILUSTRACIÓN 348. CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA CARGA – DURACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE. 584
ILUSTRACIÓN 349. CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA CARGA – MODO DE DESCARGA DEL CONTAMINANTE. 585
ILUSTRACIÓN 350. CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA CARGA – DURACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE. 586
ILUSTRACIÓN 351. ESQUEMA DE LAS ÁREAS DE CAPTURA IDEALES ALREDEDOR DE UN POZO FUENTE: (FOSTER S., HIRATA, GOMES, & PARIS, 2003) 587
ILUSTRACIÓN 352 INTERFERENCIA DE POZOS 590
ILUSTRACIÓN 353 MAPA DE RADIOS DE INFLUENCIA DENTRO DEL ÁREA DEL PMAA 593
ILUSTRACIÓN 354 ZONA 1 CON POSIBLE INTERFERENCIA DE POZOS 594
ILUSTRACIÓN 355 ZONA 2 CON POSIBLE INTERFERENCIA DE POZOS 594
ILUSTRACIÓN 356 COMPORTAMIENTO DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN FUNCIÓN DEL ALFA CON LOS VALORES REALES DEL MODELO HIDROGEOLÓGICO 724
ILUSTRACIÓN 357. DIAGRAMA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA 726
ILUSTRACIÓN 358. MAPA DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA A LA CONTAMINACIÓN. 727
ILUSTRACIÓN 359. SUPERPOSICIÓN DE TÍTULOS MINEROS CON EL MAPA DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA. 731
ILUSTRACIÓN 360. SUPERPOSICIÓN DE POZOS PETROLEROS EN EL MAPA DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA. 732
ILUSTRACIÓN 361. MAPAS DE USO Y COBERTURAS DEL SUELO. 741
ILUSTRACIÓN 362. MAPA DE USO POTENCIAL DEL SUELO. 745
ILUSTRACIÓN 363. MAPA DE CONFLICTO POR USO DEL SUELO. 749
ILUSTRACIÓN 364. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN Y MANEJO DEL RIESGO. 751
ILUSTRACIÓN 365. MAPA PROPUESTA DE RED DE MONITOREO 756
ILUSTRACIÓN 366. MAPA DE RED DE MONITOREO PRIMARIO 765
ILUSTRACIÓN 367. MAPA DE RED DE MONITOREO SECUNDARIO 767
ILUSTRACIÓN 368. MAPA DE RED DE MONITOREO TERCIARIO 769
ILUSTRACIÓN 369.DESCRIPCIÓN TRAMA DE TRASMISIÓN 770
ILUSTRACIÓN 370. DESCRIPCIÓN TRAMA DE TRASMISIÓN PARA ESTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA 771
ILUSTRACIÓN 371. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SONDA MULTIPARAMETRICA 772
ILUSTRACIÓN 372. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SENSOR PARA EL MONITOREO DE HIDROCARBURO 773
ILUSTRACIÓN 373. DETALLES CONSTRUCTIVOS DE CERRAMIENTO 774
ILUSTRACIÓN 374. EJEMPLO DEL CERRAMIENTO, PANEL SOLAR Y CONSTRUCCIÓN DEL PIEZÓMETRO 775

ILUSTRACIÓN 375. MAPA DE ZONAS DE CONSERVACIÓN Y USO SOSTENIBLE. 777
ILUSTRACIÓN 376. RANGOS DE CALIFICACIÓN DE LA SENSIBILIDAD AMBIENTAL. 782
ILUSTRACIÓN 377. MAPA DE ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL DE ACUÍFEROS 784
ILUSTRACIÓN 378. MAPA DE MANEJO AMBIENTAL DE ACUÍFEROS 790

LISTADO DE TABLAS

TABLA 1. DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS HIDROGEOLÓGICO. 34
TABLA 2.CUADRO DE MUNICIPIO CON LA RESPECTIVA ÁREA EN LA ZONA DEL PROYECTO. 36
TABLA 3 PLANCHAS SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. 42
TABLA 4 SIGLAS REPRESENTATIVAS DE LOS MAPAS TEMÁTICOS TRABAJADOS EN EL PROYECTO 45
TABLA 5 PLANCHAS DEL IGAC QUE PRESENTAN TRASLAPE 47
TABLA 6. CUADRO COMPARATIVO DE LA NOMENCLATURA PUBLICADA LITO ESTRATIGRÁFICA POR SGC Y LA EMPLEADA EN EL PRESENTE ESTUDIO CORRESPONDIENTE A LAS UNIDADES CRETÁCICAS Y CENOZOICAS EN LA CUENCA DEL VALLE SUPERIOR DEL MAGDALENA 58
TABLA 7 COORDENADAS EXPLORACIÓN GEOFÍSICA 96
TABLA 8 TABLA DE RESISTIVIDADES 110
TABLA 9 VALORES DE RESULTADOS SEV-01 147
TABLA 10 VALORES DE RESULTADOS SEV-02 149
TABLA 11 VALORES DE RESULTADOS SEV-03 150
TABLA 12 VALORES DE RESULTADOS SEV-04 152
TABLA 13 VALORES DE RESULTADOS SEV-05 153
TABLA 14 VALORES DE RESULTADOS SEV-06 155
TABLA 15. VALORES DE RESULTADOS SEV-07 156
TABLA 16 VALORES DE RESULTADOS SEV-08 158
TABLA 17 . VALORES DE RESULTADOS SEV-09 159
TABLA 18 VALORES DE RESULTADOS SEV-10 161
TABLA 19 VALORES DE RESULTADOS SEV-11 162
TABLA 20 VALORES DE RESULTADOS SEV-12 164
TABLA 21 VALORES DE RESULTADOS SEV-13 165
TABLA 22 VALORES DE RESULTADOS SEV-14 167
TABLA 23 VALORES DE RESULTADOS SEV-15 168
TABLA 24 VALORES DE RESULTADOS SEV-16 170
TABLA 25 VALORES DE RESULTADOS SEV-17 171
TABLA 26 VALORES DE RESULTADOS SEV-18 173
TABLA 27 VALORES DE RESULTADOS SEV-19 174
TABLA 28 VALORES DE RESULTADOS SEV-20 176
TABLA 29 VALORES DE RESULTADOS SEV-21 177
TABLA 30 VALORES DE RESULTADOS SEV-22 179
TABLA 31 VALORES DE RESULTADOS SEV-23 180
TABLA 32 VALORES DE RESULTADOS SEV-24 182
TABLA 33 VALORES DE RESULTADOS SEV-25 183
TABLA 34 VALORES DE RESULTADOS SEV-26 185
TABLA 35 VALORES DE RESULTADOS SEV-27 186
TABLA 36 VALORES DE RESULTADOS SEV-28 188
TABLA 37 VALORES DE RESULTADOS SEV-29 189
TABLA 38 VALORES DE RESULTADOS SEV-30 191
TABLA 39 VALORES DE RESULTADOS SEV-31 192
TABLA 40 VALORES DE RESULTADOS SEV-32 194
TABLA 41 VALORES DE RESULTADOS SEV-33 195
TABLA 42 VALORES DE RESULTADOS SEV-34 197
TABLA 43 VALORES DE RESULTADOS SEV-35 198
TABLA 44 VALORES DE RESULTADOS SEV-36 200
TABLA 45 VALORES DE RESULTADOS SEV-37 201
TABLA 46 VALORES DE RESULTADOS SEV-38 203

TABLA 47 VALORES DE RESULTADOS SEV-39 204
TABLA 48 VALORES DE RESULTADOS SEV-40 206
TABLA 49 CARACTERIZACIÓN DE UNIDADES GEOELÉCTRICAS 253
TABLA 50 RESUMEN DEL INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA ZONA DE ESTUDIO PMAA 259
TABLA 51 PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA DE ESTUDIO PMAA 259
TABLA 52 PARÁMETROS HIDRÁULICOS QAL1 278
TABLA 53 PARÁMETROS HIDRÁULICOS Q2AL. 278
TABLA 54 PARÁMETROS HIDRÁULICOS Q2AL PROFUNDIDAD > A 20 METROS 279
TABLA 55 PARÁMETROS HIDRÁULICOS FORMACIÓN GIGANTE N2GI 281
TABLA 56 PARÁMETROS HIDRÁULICOS FORMACIÓN GIGANTE (N2GI) >20 M 281
TABLA 57 PARÁMETROS HIDRÁULICOS GRUPO HONDA (N1H). 283
TABLA 58 PARÁMETROS HIDRÁULICOS GRUPO HONDA (N1H) 283
TABLA 59 ESTACIONES MEDIDORAS DE PRECIPITACIÓN LOCALIZADAS EN EL DEPARTAMENTO DE HUILA 294
TABLA 60 ESTACIONES MEDIDORAS DE TEMPERATURA LOCALIZADAS EN EL DEPARTAMENTO DE HUILA 300
TABLA 61 ESTACIONES MEDIDORAS DE PRECIPITACIÓN SELECCIONADAS 319
TABLA 62 ESTACIONES MEDIDORAS DE PRECIPITACIÓN SELECCIONADAS 322
TABLA 63 ERROR ACEPTABLE EN EL BALANCE IÓNICO SEGÚN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA 359
TABLA 64 ERROR ACEPTABLE EN BALANCE IÓNICO SEGÚN SUMATORIA DE ANIONES 359
TABLA 65 ORIGEN DE LAS PRINCIPALES SUSTANCIAS DISUELTAS EN EL AGUA SUBTERRÁNEA (CUSTODIO & LLAMAS, 1976). 360
TABLA 66 BALANCE IÓNICO PARA LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS 361
TABLA 67 BALANCE IÓNICO PARA LA FORMACIÓN GIGANTE. 362
TABLA 68 BALANCE IÓNICO PARAL GRUPO HONDA,. 363
TABLA 69 BALANCE IÓNICO SINCLINALES DE TIVOLI Y DE GARZÓN. 363
TABLA 70 BALANCE IÓNICO SINCLINALES DE TIVOLI Y DE GARZÓN. 364
TABLA 71 USO DEL AGUA DE ACUERDO CON EL DECRETO 1594 DE 1984 DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA PARA LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS 395
TABLA 72 USO DEL AGUA DE ACUERDO CON EL DECRETO 1594 DE 1984 DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA PARA LA FORMACIÓN GIGANTE 404
TABLA 73 USO DEL AGUA DE ACUERDO CON EL DECRETO 1594 DE 1984 DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA PARAL GRUPO HONDA, ... 414
TABLA 74 ECUACIONES CÁLCULO DE RESERVAS ACUÍFEROS ÁREAS POTENCIALES PMAA 421
TABLA 75 ESPESORES FORMACIONES GEOLÓGICAS DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO 422
TABLA 76 ÁREAS POTENCIALMENTE ALMACENADORAS 424
TABLA 77 VALORES POROSIDAD EFICAZ SEGÚN LITOLOGÍA 424
TABLA 78 ESTIMADOS DE POROSIDAD FORMACIONES GEOLÓGICAS 425
TABLA 79 CÁLCULO DE RESERVAS ESTÁTICAS ZONA DE ESTUDIO 426
TABLA 80 RECARGAS ZONAS DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO ZONA DE ESTUDIO DEL PMAA 426
TABLA 81 VALORES PROMEDIOS DE RECARGAS POTENCIAL 430
TABLA 82 RECARGAS ZONAS DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO ZONA DE ESTUDIO PMAA 432
TABLA 83 RESERVAS DINÁMICAS ZONAS DE ESTUDIO PMAA 432
TABLA 84 CAUDAL EXPLOTABLE ZONAS DE ESTUDIO PMAA 433
TABLA 85 DEMANDA DE AGUA SUBTERRÁNEA POR MUNICIPIOS EN LA ZONA DEL PMAA 434
TABLA 86 ACTIVIDADES QUE USAN AGUA SUBTERRÁNEA EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA 435
TABLA 87 DESCARGA ANUAL DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO DEPARTAMENTO DE HUILA 438
TABLA 88. DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS HIDROGEOLÓGICO. 440
TABLA 89 CALCIFICACIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS 450
TABLA 90. ZONIFICACIÓN RECARGA POTENCIAL AÑO PROMEDIO 476
TABLA 91. ZONIFICACIÓN RECARGA POTENCIAL AÑO HÚMEDO 477
TABLA 92 DESCRIPCIÓN CONFIGURACIÓN NUMÉRICA DE LOS MODELOS A-A' A D-D' 492
TABLA 93 PUNTOS DE OBSERVACIÓN IDENTIFICADOS EN LAS SECCIONES A D PARA LA CALIBRACIÓN DE LOS MODELOS NUMÉRICOS 503

TABLA 94 VALORES ESTIMADOS DE REFERENCIA PARA K (M/D) (DESPUÉS DE [DOMENICO Y SCHWARTZ, 1998; FETTER, 2001; FREEZE Y CHERRY, 1979; SANDERS, 1998; SMITH Y WEATHCRAFT, 1993] 507
TABLA 95 VALORES REPRESENTATIVOS DE POROSIDAD (H), ALMACENAMIENTO ESPECÍFICO (S_Y) Y RETENCIÓN ESPECÍFICA (S_R) DE MATERIALES GEOLÓGICOS. [*HAMILL Y BELL*, 1986; *MORRIS Y JOHNSON*, 1967] 508
TABLA 96 PARÁMETROS HIDRÁULICOS ASIGNADOS A LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS IDENTIFICADAS EN LA ZONA DE ESTUDIO 508
TABLA 97 CONFIGURACIÓN DEL SOLUCIONADOR, PARÁMETROS NUMÉRICOS Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN PARA LA ZONA NO SATURADA 512
TABLA 98 VALORES ASIGNADOS PARA LA CALIBRACIÓN EN FEPEST SECCIÓN A-A' 513
TABLA 99 VALORES OBSERVADOS SECCIÓN A-A' PARA CALIBRACIÓN EN FEPEST 516
TABLA 100 VALORES ASIGNADOS PARA LA CALIBRACIÓN EN FEPEST SECCIÓN B-B' 518
TABLA 101 VALORES OBSERVADOS SECCIÓN B-B' PARA CALIBRACIÓN EN FEPEST 521
TABLA 102 VALORES ASIGNADOS PARA LA CALIBRACIÓN EN FEPEST SECCIÓN B-B' 523
TABLA 103 VALORES OBSERVADOS SECCIÓN C-C' PARA CALIBRACIÓN EN FEPEST 523
TABLA 104 BALANCE HÍDRICO EN RÉGIMEN PERMANENTE PARA LA SECCIÓN A-A' 528
TABLA 105 BALANCE HÍDRICO EN RÉGIMEN PERMANENTE PARA LA SECCIÓN B-B' 541
TABLA 106 BALANCE HÍDRICO EN RÉGIMEN PERMANENTE PARA LA SECCIÓN C-C' 554
TABLA 107 CATEGORÍAS DE VULNERABILIDAD PARA EL MÉTODO GOD 565
TABLA 108 PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO "G" 566
TABLA 109 PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO "O" 566
TABLA 110 PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO "D" 567
TABLA 111. PORCENTAJE DE ÁREA DE LAS ACTIVIDADES POTENCIALMENTE CONTAMINANTES 576
TABLA 112. FUENTES POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN DE LOS ACUÍFEROS 581
TABLA 113. PROPORCIÓN DE LA RECARGA AFECTADA. 585
TABLA 114 IMPACTO DE LAS CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES Y SEMI – INDEPENDIENTES EVALUADAS 587
TABLA 115 RADIOS DE INFLUENCIA PUNTOS DE CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA 592
TABLA 116 DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA NEIVA 597
TABLA 117 DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA AIPE 604
TABLA 118 DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA ALGECIRAS 607
TABLA 119. DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA BARAYA 612
TABLA 120 DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA COLOMBIA 615
TABLA 121 DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVO HOBO 619
TABLA 122. DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA ÍQUIRA 623
TABLA 123 DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA RIVERA 628
TABLA 124 DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA SANTA MARÍA 632
TABLA 125 DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA TELLO 636
TABLA 126. DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA CAMPOALEGRE 639
TABLA 127 DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA VILLAVIEJA 646
TABLA 128 DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA PALERMO 651
TABLA 129 DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA TERUEL 659
TABLA 130. DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA GARZÓN 665
TABLA 131. DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVO ALTAMIRA 670
TABLA 132. DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA EL PITAL 674
TABLA 133. DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA EL AGRADO 677
TABLA 134. DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA GIGANTE 679
TABLA 135. DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA LA PLATA 684
TABLA 136. DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA PAICOL 688
TABLA 137. DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA TESALIA 691
TABLA 138. DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA NÁTAGA 696
TABLA 139 COMPORTAMIENTO DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN FUNCIÓN DEL ALFA Y EL CAUDAL DE CAPTACIÓN PARA LOS SISTEMAS ACUÍFEROS DEL PMAA 724

TABLA 140. MATRIZ DE INTERRELACIÓN ENTRE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA Y AMENAZA PARA EVALUAR EL PELIGRO DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS 725
TABLA 141. FUENTE DE CONTAMINACIÓN POR DESARROLLO URBANO. ADAPTADO DE BETANCUR (2014) 733
TABLA 142. FUENTE DE CONTAMINACIÓN POR PRODUCCIÓN AGRÍCOLA. ADAPTADO DE BETANCUR (2014) 735
TABLA 143. FUENTE DE CONTAMINACIÓN POR PRODUCCIÓN PECUARIA. ADAPTADO DE BETANCUR (2014) 735
TABLA 144. FUENTE DE CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDAD MINERA. ADAPTADO DE BETANCUR (2014) 736
TABLA 145. FUENTE DE CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDAD INDUSTRIAL. ADAPTADO DE BETANCUR (2014) 737
TABLA 146. FUENTE DE CONTAMINACIÓN POR ACCIDENTES AMBIENTALES. ADAPTADO DE BETANCUR (2014) 738
TABLA 147. CLASIFICACIÓN DE COBERTURAS Y USO DEL SUELO SEGÚN SU VOCACIÓN. 740
TABLA 148. TABLAS DE ÁREAS DE USOS Y COBERTURAS DEL SUELO SEGÚN SU VOCACIÓN. 742
TABLA 149. TABLA DE ÁREAS DE USOS POTENCIALES DEL ÁREA DE ESTUDIO PMAA. 744
TABLA 150. MATRIZ DE RELACIÓN ENTRE USO Y COBERTURA DEL SUELO Y USO POTENCIAL DEL SUELO PARA GENERAR EL MAPA DE CONFLICTO DE USO DEL SUELO. 746
TABLA 151. TABLA DE ÁREAS DE CONFLICTO POR USO DE SUELO EN LA ZONA DE ESTUDIO PMAA. 748
TABLA 152. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRÁNEA SEGÚN SU FUNCIÓN 753
TABLA 153. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRÁNEA SEGÚN SU FUNCIÓN 754
TABLA 154. SÍNTESIS DE PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO Y PRECAUCIONES PARA GRUPOS ESPECÍFICOS DE PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA. 755
TABLA 155. RED DE MONITOREO PRIMARIO 757
TABLA 156. RED DE MONITOREO SECUNDARIO 766
TABLA 157. RED DE MONITOREO TERCIARIA 768
TABLA 158. ZONIFICACIÓN RECARGA POTENCIAL AÑO PROMEDIO 778
TABLA 159. ZONIFICACIÓN RECARGA POTENCIAL AÑO HÚMEDO 778
TABLA 160. ZONIFICACIÓN DE HIDROGEOLOGÍA 779
TABLA 161 ZONIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD PARA EL MÉTODO GOD 779
TABLA 162. ACTIVIDADES ECONÓMICAS A PARTIR DE LA COBERTURA DEL ÁREA DEL PMAA 780
TABLA 163. CLASIFICACIÓN DE ACUERDO CON LA PRESENCIA DE ORGANIZACIONES COMUNITARIAS EN EL ÁREA DEL PMAA 781
TABLA 164. LEYENDA DE LA ZONIFICACIÓN AMBIENTAL SEGÚN LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SENSIBILIDAD AMBIENTAL 785
TABLA 165. LEYENDA DEL MANEJO AMBIENTAL DE ACUÍFEROS 791

LISTADO DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-01 111
GRÁFICA 2 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-01 111
GRÁFICA 3 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-02 112
GRÁFICA 4 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-02 112
GRÁFICA 5 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-03 113
GRÁFICA 6 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-03 113
GRÁFICA 7 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-04 114
GRÁFICA 8 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS AMT-04 114
GRÁFICA 9 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-05 115
GRÁFICA 10 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-05 115
GRÁFICA 11 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-06 116
GRÁFICA 12 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-06 116
GRÁFICA 13 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-07 117
GRÁFICA 14 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-07 117
GRÁFICA 15 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-08 118
GRÁFICA 16 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-08 118
GRÁFICA 17 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-09 119
GRÁFICA 18 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-09 119
GRÁFICA 19 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-10 120
GRÁFICA 20 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-10 120
GRÁFICA 21 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-11 121
GRÁFICA 22 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-11 121
GRÁFICA 23 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-12 122

GRÁFICA 24 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-11 122
GRÁFICA 25 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-13 123
GRÁFICA 26 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-13 123
GRÁFICA 27 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-14 124
GRÁFICA 28 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-14 124
GRÁFICA 29 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-15 125
GRÁFICA 30 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-15 125
GRÁFICA 31 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-16 125
GRÁFICA 32 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-16 126
GRÁFICA 33 DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-17 126
GRÁFICA 34 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-17 127
GRÁFICA 35 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-18 128
GRÁFICA 36 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-18 128
GRÁFICA 37 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-19 129
GRÁFICA 38 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-19 129
GRÁFICA 39 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-20 130
GRÁFICA 40 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-20 130
GRÁFICA 41 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-21 131
GRÁFICA 42ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-21 131
GRÁFICA 43 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-22 132
GRÁFICA 44 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-22 132
GRÁFICA 45 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-23 133
GRÁFICA 46 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-23 133
GRÁFICA 47 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-24 133

GRÁFICA 48 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-24 134
GRÁFICA 49 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-25 135
GRÁFICA 50 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-25 135
GRÁFICA 51 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-26 135
GRÁFICA 52 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-26 136
GRÁFICA 53 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-27 136
GRÁFICA 54 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-27 137
GRÁFICA 55 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-28 138
GRÁFICA 56 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-28 138
GRÁFICA 57 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-29 139
GRÁFICA 58 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-29 139
GRÁFICA 59 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-30 139
GRÁFICA 60 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-30 140
GRÁFICA 61 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-31 140
GRÁFICA 62 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-31 141
GRÁFICA 63 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-32 141
GRÁFICA 64 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-32 142
GRÁFICA 65 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-33 142
GRÁFICA 66 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-33 143
GRÁFICA 67 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-34 143
GRÁFICA 68 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-34 144
GRÁFICA 69 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-35 144
GRÁFICA70 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-35 145
GRÁFICA 71 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA ALTAS FRECUENCIAS AMT-36 145

GRÁFICA 72 ESPECTRO DE AMPLITUD, ESPECTRO DE FASE, COHERENCIA Y CURVA DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD PARA BAJAS FRECUENCIAS MT-36 146
GRÁFICA 73 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-01 147
GRÁFICA 74 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-02 149
GRÁFICA 75 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-03 151
GRÁFICA 76 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-04 152
GRÁFICA 77 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-05 154
GRÁFICA 78 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-06 155
GRÁFICA 79 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-07 156
GRÁFICA 80 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-08 158
GRÁFICA 81 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-09 160
GRÁFICA 82 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-10 161
GRÁFICA 83 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-11 163
GRÁFICA 84 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-12 164
GRÁFICA 85 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-13 166
GRÁFICA 86 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-15 169
GRÁFICA 87 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-16 170
GRÁFICA 88CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-17 172
GRÁFICA 89 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-18 173
GRÁFICA 90 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-19 175
GRÁFICA 91 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-20 176
GRÁFICA 92 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-21 178
GRÁFICA 93 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-22 179
GRÁFICA 94 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-23 181
GRÁFICA 95 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-24 182
GRÁFICA 96 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-25 184
GRÁFICA 97 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-26 185
GRÁFICA 98 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-27 187
GRÁFICA 99 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-28 188
GRÁFICA 100 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-29 190
GRÁFICA 101 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-30 191
GRÁFICA 102 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-31 193
GRÁFICA 103 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-32 194
GRÁFICA 104 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-33 196
GRÁFICA 105 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-34 197
GRÁFICA 106 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-35 199
GRÁFICA 107 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-36 200
GRÁFICA 108 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-37 202
GRÁFICA 109 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-38 203
GRÁFICA 110 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-39 205
GRÁFICA 111 CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV-40 206
GRÁFICA 112TIPOS DE PUNTOS DE AGUA ZONA DE ESTUDIO PMAA 259
GRÁFICA 113 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN - PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL CON DATOS ORIGINALES - ESTACIÓN EL VENADO VS. ESTACIÓN SANTO DOMINGO – GRUPO 1 306
GRÁFICA 114 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN - PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL CON DATOS ORIGINALES - ESTACIÓN EL SAN JOSÉ VS. ESTACIÓN HDA SINAÍ – GRUPO 2 307
GRÁFICA 115 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN - PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL CON DATOS ORIGINALES - ESTACIÓN EL HDA PAPAGAYO VS. ESTACIÓN HDA POTOSÍ – GRUPO 3 308

GRÁFICA 116 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN - PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL CON DATOS ORIGINALES - ESTACIÓN EL HOBO VS. ESTACIÓN LA ARCADIA – GRUPO 4 309
GRÁFICA 117 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN - PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL CON DATOS ORIGINALES - ESTACIÓN EL ANTENA TV VS. ESTACIÓN LA BETULIA – GRUPO 5 310
GRÁFICA 118 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN - PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL CON DATOS ORIGINALES - ESTACIÓN PARQUE ARQUEOLÓGICO VS. ESTACIÓN ALTO DEL OBISPO – GRUPO 6. 311
GRÁFICA 119 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN TEMPERATURA MEDIA MENSUAL CON DATOS ORIGINALES - ESTACIÓN PARQUE APTO BENITO SALAS VS. ESTACIÓN SANTO DOMINGO. 312
GRÁFICA 120 ANÁLISIS DE DOBLES MASAS ESTACIÓN SANTO DOMINGO – GRUPO NO. 1 313
GRÁFICA 121 ANÁLISIS DE DOBLES MASAS ESTACIÓN LA VICTORIA – GRUPO NO. 2 314
GRÁFICA 122 ANÁLISIS DE DOBLES MASAS ESTACIÓN EL CARMEN – GRUPO NO. 3 315
GRÁFICA 123 ANÁLISIS DE DOBLES MASAS ESTACIÓN LAS HERRERAS – GRUPO NO. 4 316
GRÁFICA 124 ANÁLISIS DE DOBLES MASAS ESTACIÓN ANTENA TV – GRUPO NO. 5 317
GRÁFICA 125 ANÁLISIS DE DOBLES MASAS ESTACIÓN PALESTINA – GRUPO NO. 6 318
GRÁFICA 126 GRADIENTE DE TEMPERATURA MEDIA MENSUAL Y PROMEDIO ANUAL – AÑO PROMEDIO 328
GRÁFICA 127 GRADIENTE DE TEMPERATURA MEDIA MENSUAL Y PROMEDIO ANUAL – AÑO SECO 332
GRÁFICA 128 GRADIENTE DE TEMPERATURA MEDIA MENSUAL Y PROMEDIO ANUAL – AÑO HÚMEDO 335
GRÁFICA 129 DEMANDA DE AGUA SUBTERRÁNEA DEPARTAMENTO DEL HUILA. 433
GRÁFICA 130 DEMANDA DE AGUA SUBTERRÁNEA POR MUNICIPIO EN EL DEPARTAMENTO DE HUILA CAUDAL DE EXPLOTACIÓN MUNICIPAL (LTRS/SEG) 434
GRÁFICA 131 DEMANDA DE AGUA SUBTERRÁNEA N° DE POZOS POR ACTIVIDADES EN EL DEPARTAMENTO DE HUILA 435
GRÁFICA 132 USO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL DEPARTAMENTO DE HUILA. 437

LISTADO DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1 106
ECUACIÓN 2 106
ECUACIÓN 3 108
EQUATION 4 782
ECUACIÓN 5 782
ECUACIÓN 6 782

1 INTRODUCCIÓN

La Política Nacional de Gestión Integral del Recurso Hídrico tiene como objetivo general, garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante la gestión y el uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento, al uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social, implementando procesos de participación equitativa e incluyente; Con respecto a los recursos hídricos subterráneos, la Política plantea líneas de acción estratégicas que consideran: profundizar en el conocimiento de la oferta (recursos y reservas); priorizar acuíferos para formular e implementar los planes de manejo; realizar inventarios y registros de usuarios del recurso hídrico a nivel de cuenca priorizada en el Plan Hídrico Nacional; implementar programas de ahorro y uso eficiente del agua; reducir los aportes de contaminación puntual y difusa; formular e implementar el programa nacional de monitoreo; incorporar la gestión de los riesgos asociados a la oferta y a la disponibilidad del recurso hídrico en los instrumentos de planificación; generar condiciones para el fortalecimiento institucional; integrar, armonizar y optimizar la normativa asociada al recurso hídrico subterráneo e; incrementar la participación de todos los sectores involucrados en su gestión integral.

La Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM, como ente corporativo de carácter público, integrada por los municipios, departamentos y demás entidades territoriales que conforman una unidad geográfica, hidrográfica o geopolítica; está dotada de autonomía administrativa y financiera, que tiene por objeto la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como dar cumplida y oportuna la aplicación de las disposiciones legales vigentes impartidas por el gobierno nacional, especialmente el Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible; es decir como máxima autoridad ambiental en su jurisdicción debe ejecutar la Política Nacional Ambiental trazada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, administrar los recursos naturales renovables y promover el desarrollo sostenible en la región y del Departamento del Huila.

En cumplimiento del Decreto 1640 de 2012, mediante el cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), genera la “Guía Metodológica Para La Formulación De Planes De Manejo Ambiental De Acuífero”, que establece las directrices y orientaciones técnicas y metodológicas para la formulación de los planes de manejo ambiental de los sistemas acuíferos que sean priorizados y orienten a las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenibles y de los grandes centros poblados, en el proceso de formulación e implementación de los planes de manejo ambiental de acuíferos.

El presente contrato de Consultoría N° 369 entre la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena y el Consorcio PMAA Magdalena 2016 tiene como objeto realizar la “EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA (SUBTERRÁNEA) EN EL DEPARTAMENTO DEL

HUILA Y ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO, APRESTAMIENTO, DIAGNÓSTICO Y FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE ACUÍFEROS (PMAA) EN EL SECTOR CENTRO, NOROCCIDENTAL Y NORORIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA", de acuerdo con lo estipulado en el Decreto 1640 de 2012.

En primer lugar, resulta conveniente ubicar la zona de estudio en un marco regional, el cual se encuentra localizado en la Provincia Hidrogeológica del Valle Alto del Magdalena (PM2) del sistema de acuífero Neiva-Tatacoa -Garzón (SAM2.3), la cual es una Cuencas hidrogeológicas de montañas e intramontañas, que se disponen entre las Cordilleras Oriental y Central, que se desarrolla en una zona climática de confluencia inter tropical, y en el caso específico del distrito especial del Desierto de la Tatacoa, corresponde a una zona de bosque seco tropical, muy erosionado. El objetivo principal de este estudio es realizar la Evaluación Regional Del Agua (Subterránea) para identificar las formaciones y unidades hidrogeológicas, zonas de recarga y descarga para establecer la priorización de los acuíferos, e identificar de las problemáticas asociadas con el uso, aprovechamiento, conservación y preservación del recurso hídrico, con la finalidad de formular las medidas del Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos para la protección y uso sostenible del recurso hídrico subterráneo como recurso estratégico de la región y la nación.

Para cumplir con los objetivos de la Evaluación Regional Del Agua Subterránea (ERA) en el Departamento del Huila se emplea la metodología expuesta en los "Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua" (IDEAM, 2013), específicamente el capítulo 2. Evaluación de dinámica y estado del agua subterránea.

Para el desarrollo del Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos (PMAA), se considera la metodología propuesta en la "Guía Metodológica Para La Formulación De Planes De Manejo Ambiental De Acuífero" (MinAmbiente, 2014) la cual se divide en las siguientes fases:

- Aprestamiento: Es la fase en la cual se conforma el equipo técnico necesario para realizar y acompañar la formulación e implementación del plan, se definen: el plan de trabajo, la estrategia de socialización y participación y, la logística requerida.

- Diagnóstico: Es la fase en la cual se elabora o actualiza la línea base de oferta y demanda de agua subterránea, se identifican los conflictos y problemáticas, se realizan el análisis de vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación y, la identificación y análisis de riesgos de las fuentes potenciales de contaminación, entre otros aspectos.

- Formulación: En esta fase se definen las medidas a implementar y los proyectos y actividades a ejecutar, con el fin de solucionar la problemática identificada en el diagnóstico, estableciendo el cronograma de ejecución, los costos y responsables.

Para facilitar la compresión del documento, es estructurado en los tomos I, II, III y IV; que corresponden a:

Tomo I: Evaluación Regional Del Agua Subterránea (ERA)

Tomo II: Fase Aprestamiento del PMAA en el sector centro, noroccidental y nororiental de la cuenca del río Magdalena en el departamento del Huila.

Tomo III: Fase Diagnóstico del PMAA en el sector centro, noroccidental y nororiental de la cuenca del río Magdalena en el departamento del Huila.

Tomo IV: Fase Formulación del PMAA en el sector centro, noroccidental y nororiental de la cuenca del río Magdalena en el departamento del Huila.

Con los resultados obtenidos se define en términos generales que la Provincia Hidrogeológica del Valle del Alto Magdalena (PM2) Sistema Acuífero Neiva – Tatacoa – Garzón (SAM2.3), cuenta con ocho acuíferos regionales importantes como lo son: los acuíferos de los Depósitos Cuaternario (Q) de carácter libre a semi-confinados, y los Acuífero de la Formación Gigante superior (N2gis), Formación Gigante medio (N2gm) y Gigante inferior (N2gii), ambos de carácter libres a semi-confinados, próximo a la superficie, presenta un potencial acuífero para la región por sus condiciones hidráulicas, almacenamiento, litología, espesor y calidad de agua para el abastecimiento de las presentes y futuras generaciones de la región. La desventaja que presentan estos acuíferos es que están expuestos a la contaminación por las actividades antrópicas que se desarrollan próximas a las áreas delimitadas como zonas de recarga.

En cuanto a los Acuíferos del Grupo Honda (N1h), son acuíferos confinados multi-capas, sus niveles conglomeráticos presenta un potencial acuífero, encontrándose a mayor profundidad en algunos casos fuera del alcance de la técnica de perforación convencional.

Los Acuíferos de la Formación Gualanday son acuíferos confinados multi-capas, sus niveles conglomeráticos presenta un potencial acuífero por sus condiciones hidráulicas, almacenamiento, litología, espesor y calidad.

Acuífero de la Formación Guadalupe (K2g) y el Acuífero de la Formación Caballo (K1c), se tratan de nuevos niveles de acuífero identificado en la región, los cuales son de carácter confinado y se encuentran a una mayor profundidad e incluso fuera del alcance de la técnica de perforación convencional de pozos de agua.

A continuación se presenta cada una de las temáticas desarrolladas para el estudio.

FASE DIAGNÓSTICO

La fase diagnóstico del PMAA, se basa principalmente en la caracterización hidrológica e hidráulica del sistema de acuíferos en el Sector Centro, Noroccidental y Nororiental de la Cuenca del Río Magdalena del Departamento de Huila, que permite el desarrollo del Modelo Hidrogeológico Conceptual (MHC), el cual consiste en representar descriptiva y gráfica los sistemas acuíferos donde se delimitan las zonas de recarga, tránsito y descarga, su relación con otros acuíferos, con aguas superficiales y marinas, de tal manera que se reduce el problema físico y el dominio del acuífero a una versión simplificada de la realidad.

Es importante consideras que un Modelo Hidrogeológico Conceptual se define de carácter dinámico, ya que se construye a partir de la continua y periódica actualización de la información geológica, hidrológica, hidráulica, hidroquímica e isotópica (IDEAM, 2015), y por lo tanto a medida que se disponga de información nueva o se reevalúe la existente, es decir que deberá ser ajustado. Con toda ésta información, es posible hacer una buena gestión del acuífero con programas elaborados para la protección y el aprovechamiento del agua subterránea. Además, para la formulación de Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos, en la fase de diagnóstico se realiza la caracterización del sistema de acuíferos, y de las condiciones socioculturales de la población asociada, con el fin de contar con la línea base de oferta y demanda de agua subterránea.

Los antecedentes de los estudios de aguas subterráneas son de carácter nacional, regional y local entre los cuales se destacan: el Estudio Nacional del Agua 2014 (IDEAM, 2015), el estudio del Agua Subterránea en Colombia: Como una visión general (IDEAM, 2013); estudios regionales desarrollados en el Departamento del Huila como lo es Estudio de Evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos que subrayasen la ciudad de Neiva y su área de influencia para la posterior implementación del estudio de modelación hidrogeológica del área, ejecutado por (SGI LTDA, 2000), y el Estudio Hidrogeológico y Plan de Manejo del Agua Subterránea en el sector nororiental de la cuenca del Río Magdalena en el Departamento del Huila realizado por (INGEOMINAS, 1999). Además, se consulta la información local de la documentación oficial registrada en los expedientes y estudios de la solicitud de concesiones de captación de agua subterránea registrados en las bases de datos de la Corporación Autónoma del Alto Magdalena (CAM).

Siguiendo el marco de referencia de la guía metodológica en cuanto a la fase diagnóstico, el presente documento el cual se estructura en temáticas o numerales principales como lo son: Evaluación geológica, Evaluación geofísica, Inventario de puntos de agua subterránea, Hidráulica de Pozos, Determinación de los sistemas de flujo subterráneo, Análisis hidrológico, Caracterización hidrogeoquímica y determinación de la calidad del agua, Análisis de Oferta y Demanda, Hidrogeología donde se presenta el Modelo

Hidrogeológico Conceptual y el Modelo numérico, Vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación, Diagnóstico Participativo, Identificación de las Problemáticas sobre el Acuífero entre otros aspectos.

2 GENERALIDADES

2.1 Objetivo General

Evaluación Regional Del Agua (Subterránea) En El Departamento Del Huila Y Realizar el Estudio Hidrogeológico, Aprestamiento, Diagnóstico Y Formulación Del Plan De Manejo Ambiental De Acuíferos (PMAA) En El Sector Centro, Noroccidental Y Nororiental De La Cuenca Del Río Magdalena En El Departamento Del Huila, de acuerdo con lo estipulado en el Decreto 1640 de 2012.

2.2 Objetivos Específicos de la Fase Diagnóstico

- Definir las características litológicas y resistividad de los materiales geológicos, y delimitar los rasgos de las estructuras geológicas de interés para el tránsito, descarga y almacenamiento del agua subterránea.

- Definir los parámetros hidráulicos de permeabilidad, conductividad, transmisividad a partir de la información secundaria de referencia.

- Calcular la recarga hídrica potencial por precipitación

- Caracterización hidrogeoquímica y determinación de la calidad del agua y establecer hipótesis de su procedencia.

- Realizar la representación gráfica y descriptiva del Modelo Hidrogeológico Conceptual e identificar los principales acuíferos de carácter regional y local del Departamento del Huila, para delimitar las principales zonas de recarga, tránsito y descarga de agua subterránea de la región, para la priorización de áreas de protección.

- Analizar la oferta, demanda y uso actual del recurso hídrico subterráneo.

- Realizar el inventario de fuentes potenciales de contaminación de las aguas subterráneas.

- Efectuar la estrategia de participación de la población involucrada el área de influencia directa que busca conocer las expectativas de la población hacia el plan

de manejo ambiental de acuíferos, así como las carencias y necesidades en relación con el recurso hídrico subterráneo.

2.3 Alcance

Este estudio estará enfocado en el análisis, descripción y representación los modelos geológicos, hidrológicos, hidráulicos e hidrogeológicos partiendo de la información secundaria y complementando con la adquisición de datos de campo para ampliar la información de geología y geofísica.

La identificación de los actores dentro del área de influencia directa e indirecta de los acuíferos, para establecer las líneas estratégicas de la buena gestión del uso y preservación de los acuíferos, para la elaboración de los programas para la protección y el aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo en el Sector Centro, Noroccidental Y Nororiental de la Cuenca Del Río Magdalena En El Departamento Del Huila.

2.4 Limitaciones

Se deben tener en cuenta las limitaciones que se tienen debido a las escases de datos de parámetros hidráulicos, faltantes de información de datos hidrogeoquímicos, y la baja densidad de datos geofísicos para alcanzar a cubrir el área de estudio que de acuerdo a lo requerido para la construcción de los modelos hidrogeológicos como se plantea en la “Guía Metodológica Para La Formulación De Planes De Manejo Ambiental De Acuífero” (Minambiente, 2014) por lo tanto, los resultados pueden presentar variaciones no previstas con respecto a las condiciones que se presentan en el sitio.

2.5 Localización

En primer lugar, resulta conveniente ubicar la zona de estudio en un marco regional, de acuerdo con la información que presenta el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2015), en el que se definen las unidades de análisis hidrogeológico. La mayor de estas unidades corresponde a las provincias hidrogeológicas, luego vienen los sistemas acuíferos y finalmente los acuíferos, como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Definición de las unidades de análisis hidrogeológico.

Unidad de Análisis	Conceptos
Provincias Hidrogeológicas (IDEAM, 2010)	Corresponde a unidades mayores referidas a escalas menores (entre 1:10.000.000 y 1:500.000), definidas con base en unidades tectono estratigráficas separadas entre sí por rasgos estructurales regionales, que coinciden con límites de cuencas geológicas mayores y que, desde el punto de vista hidrogeológico y a la escala nacional, corresponden a barreras impermeables representadas por fallas regionales y altos estructurales. Las barreras son consideradas impermeables a la escala nacional, pero a nivel regional pueden albergar sistemas acuíferos importantes con porosidad secundaria.
Sistemas acuíferos (IDEAM, 2010)	Corresponde a un dominio espacial limitado en superficie y en profundidad, en el que existen uno o varios acuíferos con porosidad primaria o secundaria, relacionados o no entre sí, pero que constituyen una unidad práctica para la investigación o explotación (ITGE, 1971, 1987; WMO, 2012 en IDEAM 2013).
Acuífero (Decreto 1640 de 2012)	"Unidad de roca o sedimento, capaz de almacenar y transmitir agua, entendida como el sistema que involucra las zonas d recarga, tránsito y descarga, así como sus interacciones con otras unidades similares, aguas superficiales y marinas".

Fuente: ENA (IDEAM, 2015),

De manera general se observa que el área de estudio forma parte de la provincia hidrogeológica montaña e intramontaña identificado en el Estudio Aguas Subterráneas en Colombia como SAM2.3 Valle Alto del Magdalena, como se puede apreciar en la **Ilustración 1.**

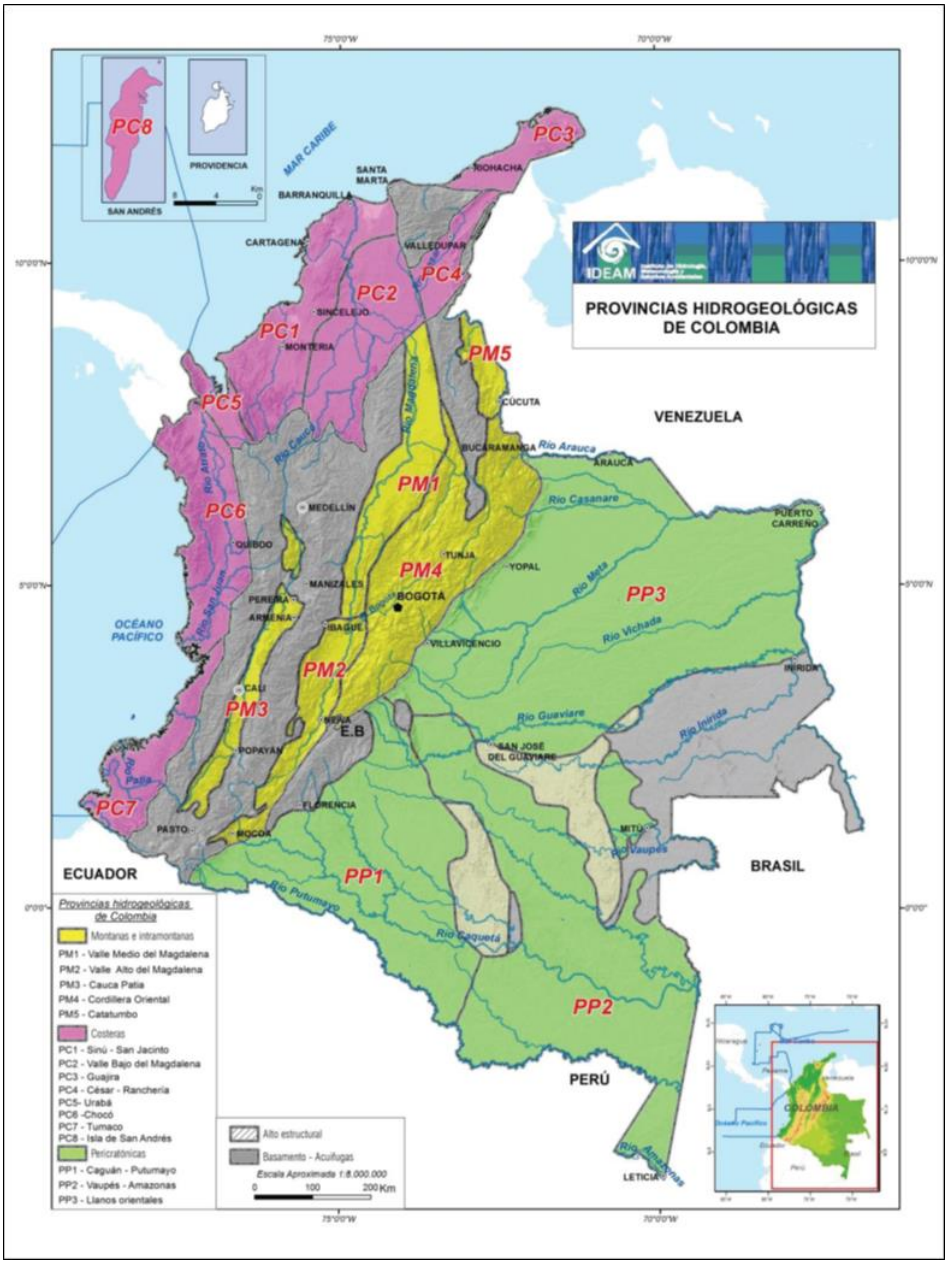


Ilustración 1. Provincias Hidrogeológicas de Colombia.
Fuente: ENA (IDEAM, 2015)

El Departamento de Huila se ubica en la parte sur del área andina del territorio nacional, con una extensión de aproximadamente 18136,79 Km2, representando el 1.59 % del territorio nacional, limitando en el norte con los Departamentos del Tolima y Cundinamarca, hacia el Oriente con los Departamentos de Meta y Caquetá, por la parte sur con los Departamentos de Caquetá y Cauca y por el Oeste con los Departamentos de Cauca y Tolima. (Ver **ANEXO A GENERALIDADES/ANEXO A-1 LOCALIZACIÓN/GE-393-PMAA-PSIG-LGN-001-00**)

El Departamento del Huila cuenta con una división política de 37 municipios y una gran cantidad de caseríos y centros poblados, en el departamento se asienta principalmente en el Macizo colombiano, cordillera central y oriental, y en el valle del río Magdalena. Cuenta con un sistema hidrográfico encabezado por el río Magdalena, donde confluyen la gran cantidad de afluentes presentes en el territorio del departamento.

El área de estudio del PMAA se localiza en el Sector Centro, Noroccidental y Nororiental de la cuenca del río Magdalena en el departamento del Huila, abarcando los municipios de Aipe, Altamira, Garzón, Pital, Agrado, Paicol, La Plata Gigante, Tesalia, Nátaga, Yaguará, Campoalegre, Rivera, Teruel, Santa María, Palermo, Tello, Neiva, Villavieja, Hobo, Algeciras, Íquira, Baraya, y Colombia, teniendo un área total de estudio de 6122 Km^2, de acuerdo con la siguiente con la **Tabla 2.** (Ver **ANEXO A GENERALIDADES/ ANEXO A-2 DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA GE393-PMAA-PSIG-DPA-001-00**)

Tabla 2.Cuadro de Municipio con la respectiva área en la zona del proyecto.

Municipio	Departamento	Estado	Área, Ha	Área_Km^2
Aipe	Huila	Con estudio	48003.76	480.04
Altamira	Huila	Con estudio	129.49	1.28
Garzón	Huila	Con estudio	19771.41	197.71
Pital	Huila	Con estudio	1363.06	13.63
Agrado	Huila	Con estudio	26650.49	266.50
Paicol	Huila	Con estudio	26985.98	269.86
La Plata	Huila	Con estudio	355.10	3.55
Gigante	Huila	Con estudio	42172.46	421.72
Tesalia	Huila	Con estudio	35448.99	354.49
Nátaga	Huila	Con estudio	5394.33	53.94
Yaguará	Huila	Con estudio	3310.39	332.10
Campoalegre	Huila	Con estudio	877.114	8.77
Rivera	Huila	Con estudio	245.91	245.91
Teruel	Huila	Con estudio	9484.88	94.85
Santa María	Huila	Con estudio	1693.56	16.94
Palermo	Huila	Con estudio	72369.08	723.69
Tello	Huila	Con estudio	981.88	9.82
Neiva	Huila	Con estudio	29557.52	295.58
Villavieja	Huila	Con estudio	3136.01	31.36
Hobo	Huila	Con estudio	15101.34	151.01
Algeciras	Huila	Con estudio	102.10	1.02
Íquira	Huila	Con estudio	12438.74	124.39
Baraya	Huila	Sin estudio	400804.70	408.05
Aipe	Huila	Sin estudio	58.49	0.58
Yagurá	Huila	Sin estudio	90.86	0.91
Campoalegre	Huila	Sin estudio	32263.47	322.63
Rivera	Huila	Sin estudio	15363.75	153.64
Palermo	Huila	Sin estudio	262.43	2.62
Tello	Huila	Sin estudio	35469.93	354.70
Neiva	Huila	Sin estudio	38605.20	386.05
Villavieja	Huila	Sin estudio	50917.52	509.18
Colombia	Huila	Sin estudio	90002.16	90.02
Hobo	Huila	Sin estudio	3838.68	38.39
Total			**612150.82**	**6121.51**

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

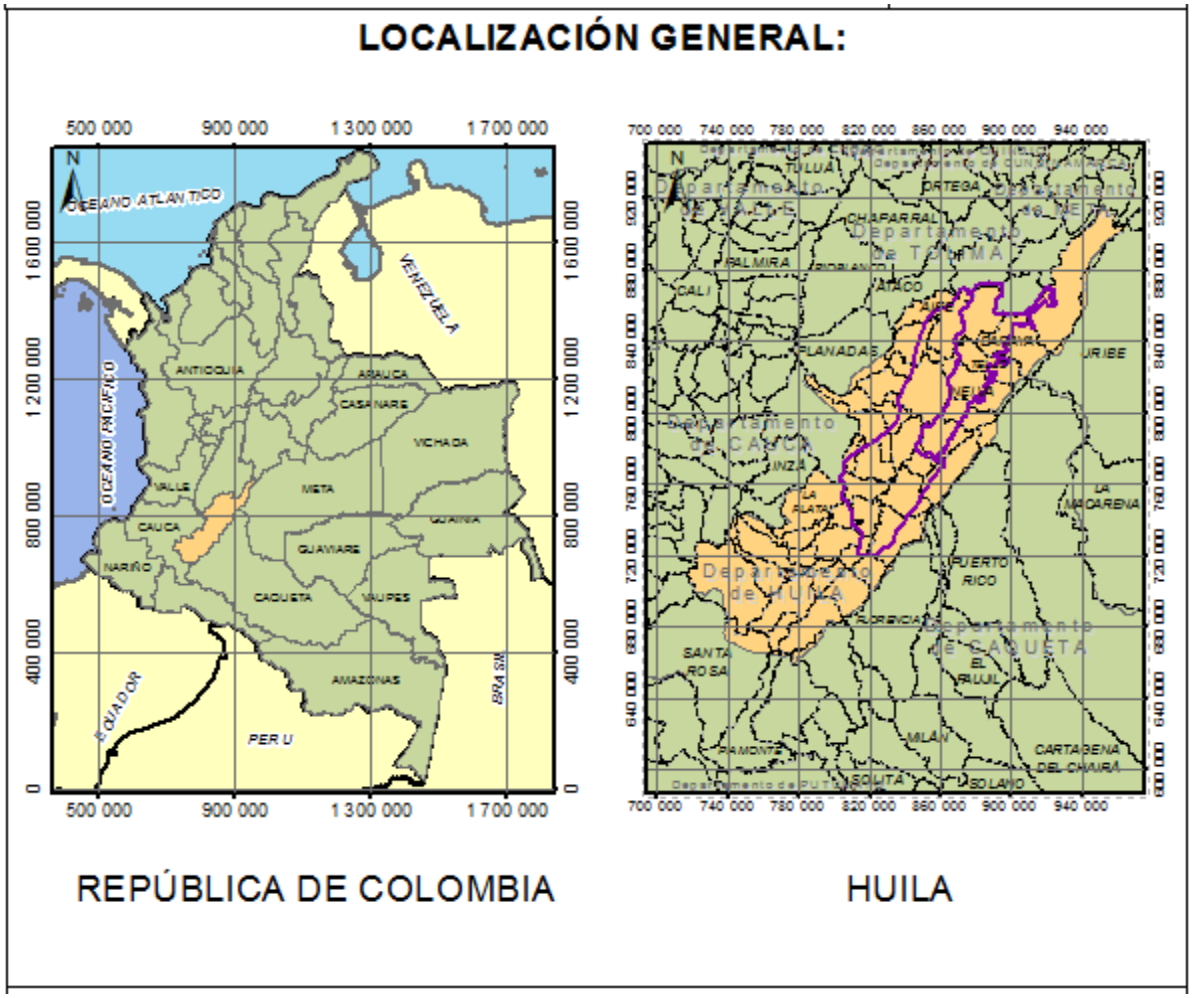


Ilustración 2 Localización del departamento del Huila y zona de estudio PMAA
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

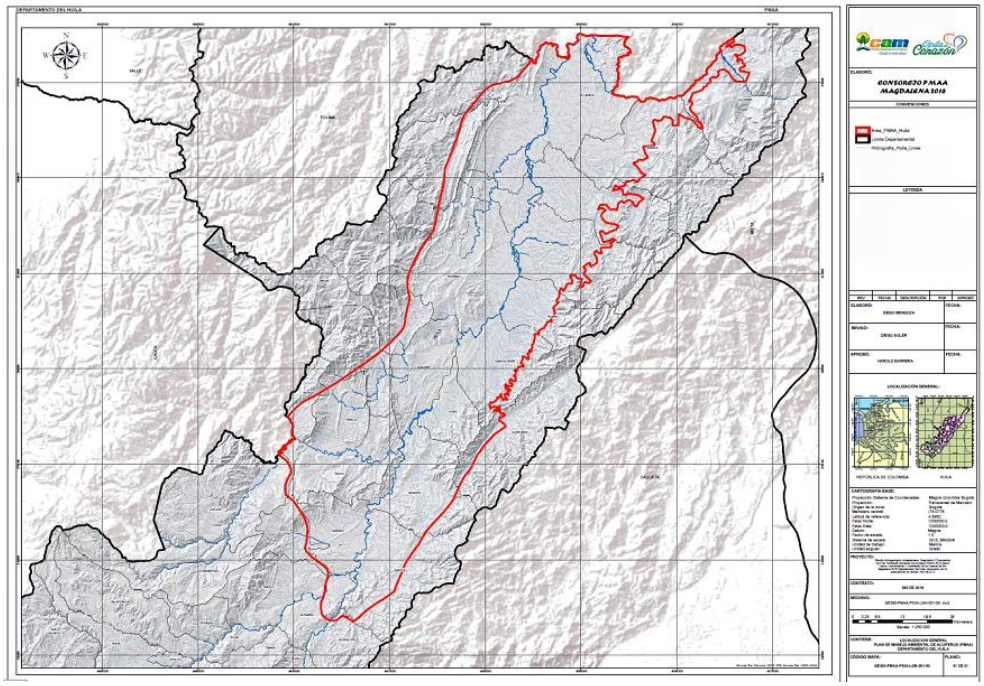


Ilustración 3 Localización general PMAA
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

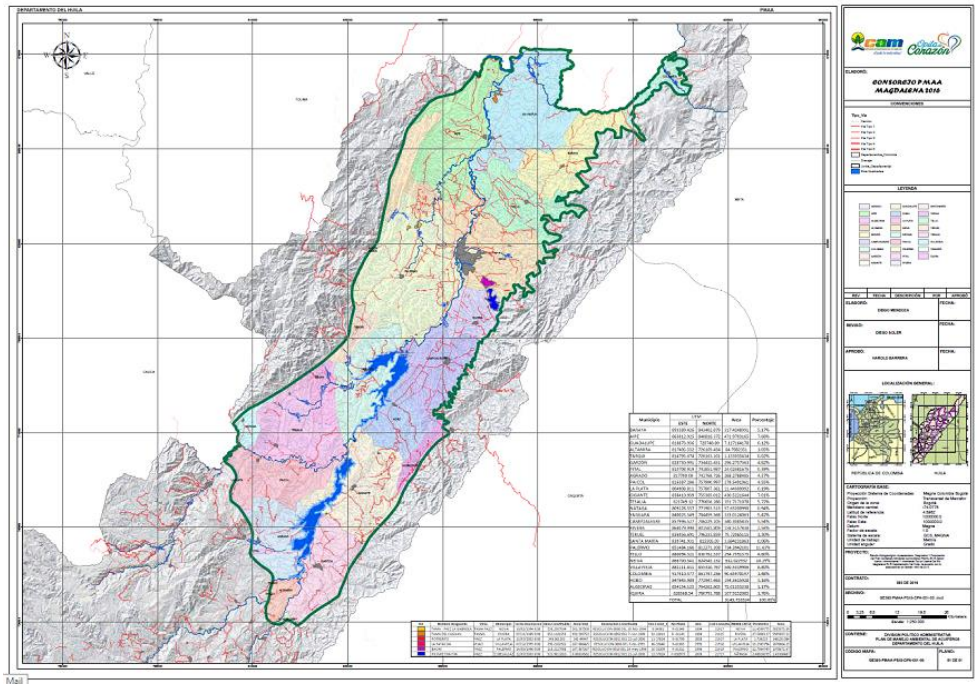


Ilustración 4 División Política Administrativo del Departamento del Huila área de influencia directa del PMAA
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

2.6 Metodología

Siguiendo los criterios técnicos, procedimientos y metodologías expuestas en la Guía Metodológica para la Formulación de Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014), el Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos es un instrumento de planificación y administración del agua subterránea, mediante la ejecución de proyectos y actividades de conservación, protección y uso sostenible del recurso.

En la fase de diagnóstico se realiza la caracterización del sistema acuífero y de las condiciones socioculturales de la población asociada, con el fin de elaborar o actualizar la línea base de oferta y demanda de agua subterránea, identificar los conflictos y problemáticas por uso de este recurso hídrico, analizar la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación e identificar las fuentes potenciales de contaminación, entre otros aspectos. En la **Ilustración 5** pueden verse las etapas del diagnóstico.



Ilustración 5 Etapas de la Fase de Diagnóstico
Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014

2.6.1 Modelo hidrogeológico conceptual

Resulta del análisis e integración de la información geológica, geomorfológica, geofísica, hidrológica, hidroquímica e hidráulica de aguas subterráneas, y deberá permitir la identificación y caracterización de los sistemas acuíferos y de las unidades impermeables o con limitadas posibilidades de flujo subterráneo, la distribución de los puntos de agua, la

dirección regionales de flujo, las condiciones de recarga y descarga, las características hidrogeoquímica y parámetros hidráulicos, como se muestra en la **Ilustración 6**.

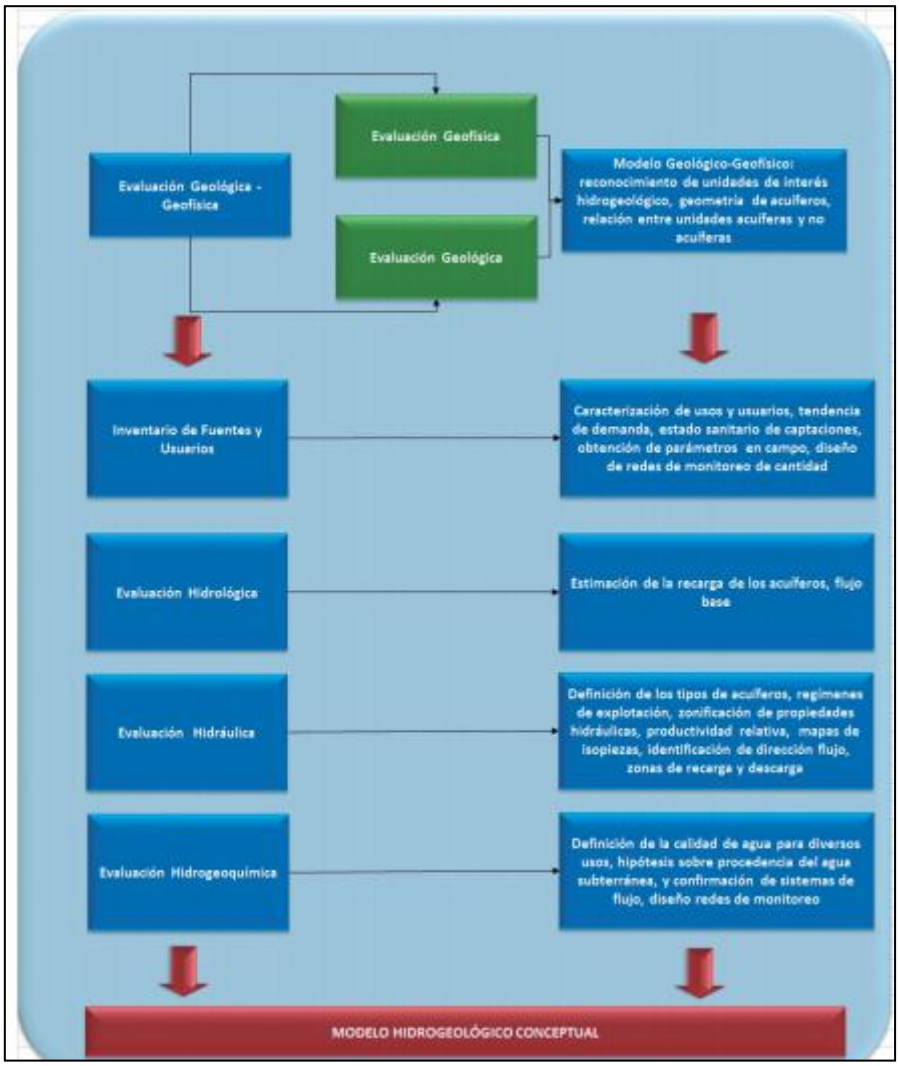


Ilustración 6 Diagrama De Flujo Para La Construcción Modelo Hidrogeológico Conceptual
Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014

2.6.2 Diagnóstico Participativo

Este diagnóstico, se realiza a partir de la implementación de la estrategia de participación, definida en la fase de aprestamiento, con la que se busca conocer las expectativas de la población hacia el plan de manejo ambiental de acuíferos, así como las carencias y necesidades en relación con el recurso hídrico subterráneo.

En este sentido, teniendo como base los resultados obtenidos en la fase de aprestamiento, relacionados con la identificación y descripción de sectores y actores

sociales clave para el desarrollo del PMAA, se implementa la estrategia de participación la cual será insumo fundamental para la identificación de las problemáticas o amenazas sobre el sistema acuífero y las ideas de proyecto para su prevención o mitigación. Esta estrategia se desarrolla a través de talleres o encuentros participativos cuya finalidad se fundamenta en la socialización de la información técnica del PMAA, y en la recolección de información referente a: i) la identificación de roles de los actores sociales y su influencia e importancia en el PMAA (mapa de actores) ii) identificación de amenazas sobre el acuífero y, iii) acercamiento a la definición de escenarios deseables.

Para la realización de los talleres o encuentros participativos se considerar diferentes mecanismos de convocatoria que permitan difundir la información a todos los actores y sectores clave, incluyendo llamadas telefónicas, envío de correspondencia física, correos electrónicos, publicación de carteles en sitios visibles y entrega de información puerta a puerta, entre otros.

Los talleres son dirigidos a grupos de actores y sectores que, por su relación con el agua o rol, tienen un interés específico, conocimiento y/o competencia en el tema, con el fin de orientar los encuentros y facilitar la conformación de un espacio deliberativo y de construcción más eficiente y efectivo.

2.6.3 Sistema de Información Geográfica

La gestión de los recursos hídricos subterráneos debe basarse en información confiable, actualizada y pertinente sobre el estado de estos recursos, de los ecosistemas asociados, de los usuarios y de factores externos que pueden incidir sobre los mismos, tales como el uso de la tierra, las fuentes potenciales de contaminación y factores climáticos, entre otros aspectos.

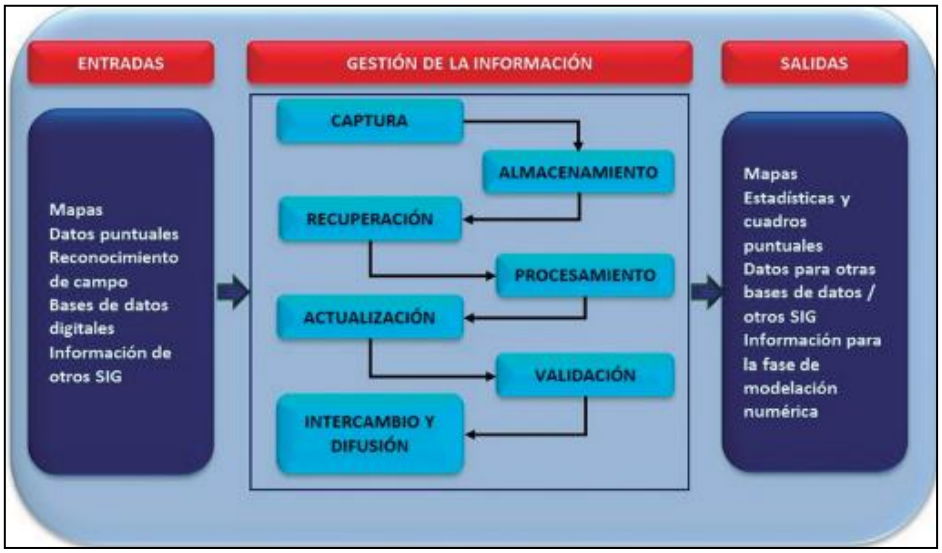


Ilustración 7 Propuesta De Manejo Y Procesamiento De Datos En El Sistema De Información Geográfica
Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014

A continuación, se presenta el procedimiento utilizado para la obtención de la cartografía a escala 1:25.0000 del Plan De Manejo Ambiental De Acuíferos (PMAA) En El Sector Centro, Noroccidental Y Nororiental De La Cuenca Del Río Magdalena En El Departamento Del Huila.

2.6.3.1 Levantamiento Cartográfico

Con el propósito de generar la cartografía regional se unieron y procesaron las 68 planchas geológicas disponibles en la página del servicio geológico Colombiano (ver **Tabla 3**). Las curvas de nivel fueron extraídas del Estudio Regional de Aguas.

Tabla 3 Planchas Servicio Geológico Colombiano.

Planchas (1:100.000)								
					303IA		303IIA	
			302IIC	302IID	303IC		303IIC	303IID
			302IVA	302IVB	303IIIA	303IIB	303IVA	
		302IIID	302IVC	302IVD	303IIIC	303IIID	303IVC	
		323IB	323IIA	323IIB	324IA	324IB		
		323ID	323IIC	323IID	324IC	324ID		
		323IIIB	323IVA	323IVB	324IIIA			
		323IIID	323IVC	323IVD	324IIIC			
	344IIA	345IB	345IIA	345IIB				
344ID	344IIC	345ID	345IIC	345IID				
344IIIB	344IVA	345IIIB	345IVA					
344IIID	344IVC	345IIID	345IVC					
366IB	366IIA	367IB	367IIA					
366ID	366IIC	367ID						

Planchas (1:100.000)								
366IIIB	366IVA	367IIB						
366IIID	366IVC	366IVD						
389IB	389IIA							

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena (2016)

2.6.3.2 Sistema de Coordenadas

El sistema de coordenadas a usar en el proyecto ha sido definido de acuerdo a los lineamientos del IGAC, los cuales establecen que debido a que la mayoría del área de estudio del proyecto se encuentra en la parte Central de la división cartográfica, el sistema de coordenadas corresponde a “MAGNA COLOMBIA BOGOTÁ”. Por lo tanto, bajo este parámetro de coordenadas se estructurará toda la información cartográfica del proyecto.

Proyección Sistema de Coordenadas:	Magna Colombia Bogotá
Proyección:	Transversal de Mercator
Origen de la zona:	Bogotá
Meridiano central:	-74.0775
Latitud de referencia:	4.5962
Falso Norte:	1000000.0
Falso Este:	1000000.0
Datum:	Magna
Factor de escala:	1.0
Sistema de escala:	GCS_MAGNA
Unidad de trabajo:	Metros
Unidad angular:	Grado

2.6.3.3 Geodatabase

Inicialmente, esta información se manipula y procesa en formato Shape. Una vez la información se considera definitiva se sube y se estandariza a la GEODATABASE del proyecto.

Se realizarán 3 Geodatabases para ordenar la información del proyecto. La primera Geodatabase corresponderá a la información básica del área de estudio. Otra de las GDB tendrá la información en formato Raster de los diversos productos y temática, por último, se tiene una GDB que contiene la información en formato vectorial de las temáticas correspondientes al estudio (Ver **Ilustración 8**).

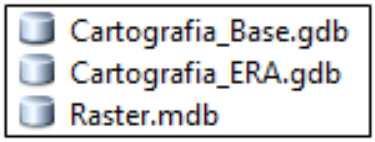


Ilustración 8 Geodatabases
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena (2016)

Las Geodatabases serán creadas como un tipo PERSONAL GEODATABASE procesada con el software SIG ArcGIS Versión 10.2. A continuación se presenta la estructura planteada para las Geodatabases:

Features Dataset

1 – Cartografía Base (mapa base info de IGAC)

2 – Cartografia_ERA (Información procesada por consorcio - Vectorial)

3 - Raster (Información procesada por consorcio - Raster)

En la **Ilustración 9** se presenta un ejemplo de la estructura de la Geodatabase que se va a utilizar.

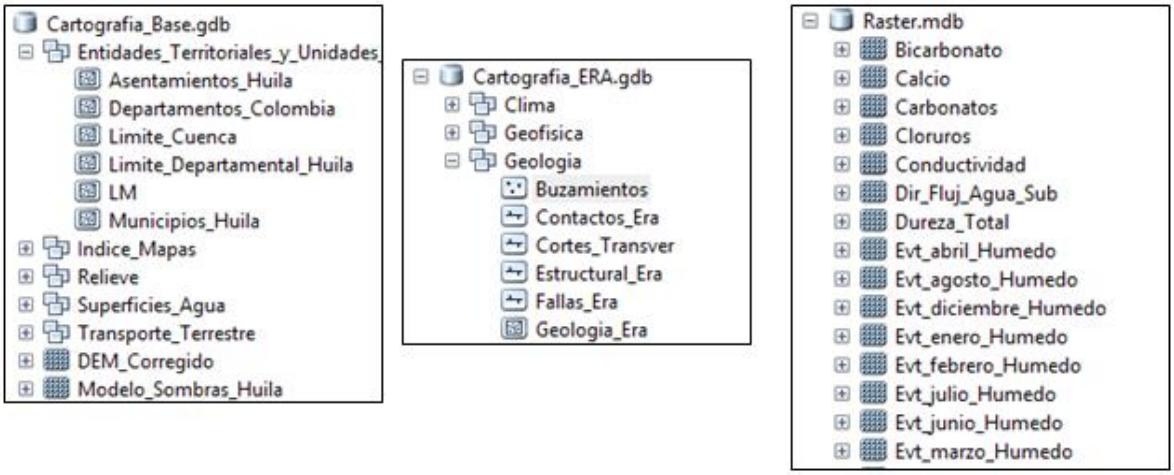


Ilustración 9 Estructura de Geodatabases
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena (2016)

2.6.3.4 Numeración o codificación de planos

Los planos generados en el proyecto se enumeran siguiendo una codificación cuya estructura se explica a continuación:

Donde

GE393 = Código interno del proyecto para el Consorcio PMAA Magdalena

PSIG - PCAD = Corresponde a describir si el plano o mapa es generado a partir de ArcGIS o de AutoCAD

LG = Corresponde a la temática a desarrollar en este caso es LG: Localización General.

001 = Corresponde al consecutivo de plano por temática respectiva o consecutivo índice de plancha 1:25.000 del IGAC

Tabla 4 Siglas representativas de los mapas temáticos trabajados en el proyecto

Temática	Código
Localización	LGN
Índice de Planchas	IP
Índice de Imágenes	II
División Político Administrativa	DPA
Precipitación Promedio Año Húmedo	PRH
Precipitación Promedio Año Promedio	PRP
Precipitación Promedio Año Seco	PRS
Temperatura Promedio Año Húmedo	TMH
Temperatura Promedio Año Seco	TMS
Temperatura Total	TMT
Evapotranspiración Año Húmedo	EVH
Evapotranspiración Año Promedio	EVP
Evapotranspiración Seco	EVS
Infiltración Año Húmedo	INH
Infiltración Año Seco	INS
Infiltración Total	INT
Recarga Año Húmedo	RPH
Recarga Año Promedio	RPP
Recarga Año Seco	RPS
Precipitación Seco Enero	PRS
Precipitación Húmedo Enero	PRH
Temperatura Promedio Enero	TMT
Temperatura Seco Enero	TMS
Temperatura Húmedo Enero	TMH
Evapotranspiración Promedio	EVP

Temática	Código
Enero	
Evapotranspiración Seco Enero	EVS
Evapotranspiración Húmedo Enero	EVH
Infiltración Promedio Enero	INP
Infiltración Seco Enero	INC
Infiltración Húmedo Enero	INH
Recarga Potencial Promedio Diciembre	RPP
Recarga Potencial Seco Enero	RPS
Recarga Potencial Húmedo Diciembre	RPH
Localización Puntos de Agua	LPA
Capacidad Especifica Aljibes	CEA
Capacidad Especifica Pozos	CEP
Caudal Aljibes	QA
Caudal Pozos	QP
Conductividad Hidráulica Aljibes	CHA
Conductividad Hidráulica Pozos	CHP
Profundidad Aljibes	PAL
Profundidad Pozos	PPZ
Dirección de Flujo Aljibes	DFA
Dirección de Flujo Pozos	DFP
Transitividad Aljibes	TSA
Transitividad Pozos	TSP
Uso Potencial del Suelo	UPS
Uso del Suelo	US
Bloques Geológicos	BG
Cortes Geológicos	CG
Geología	GE
Geofísica	EGF
Aptitud Hidrogeológica	AHG
Profundidad Tabla de Agua	PTA
Zonas de Recarga	ZRC
Vulnerabilidad Intrínseca	VIA

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

2.6.3.5 Índice de Planchas

Debido a que el proyecto tiene dos enfoques, Zona 2 (Departamental) y Zona 1 (PMAA), los planos y salidas gráficas trabajadas en el proyecto serán a escalas diferentes, según necesite el detalle del estudio. A continuación, se presenta el índice de planchas y como será trabajado para cada uno de los dos enfoques:

Zona 1 (Área PMAA)

Para el caso de los planos correspondientes al área correspondiente al Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos (PMAA) a escala 1:25.000, se tomará la grilla del IGAC y se realizará una intersección con el área delimitada para la zona del estudio, obteniendo como resultado 68 planchas cuadrícula IGAC que enmarcan el área PMAA.

Dado que el Huila se encuentra entre dos orígenes de referencia, Oeste y Central, existe una zona de transición que genera un traslape entre las planchas de ambos orígenes. Para garantizar la continuidad del índice de planchas del IGAC, las planchas en conflicto se dividirán y serán incorporadas a las planchas contiguas. Las planchas divididas se relacionan en la columna sombreada de la **Tabla 5**

Tabla 5 Planchas del IGAC que presentan traslape

Planchas 1:100.000		
344IIA	344IIB	345IB
344IIC	344IID	345ID
344IVA	344IVB	345IIB
344IVC	344IVD	345IID
366IIA	366IIB	367IB
366IIC	366IID	367ID
366IVA	366IVB	367IIB
366IVC	366IVD	366IVD

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Las planchas utilizadas para la división del estudio, se muestran en la **Ilustración 10** (VER ANEXO A GENERALIDADES/ANEXO A-3 ÍNDICE DE PLANCHAS)

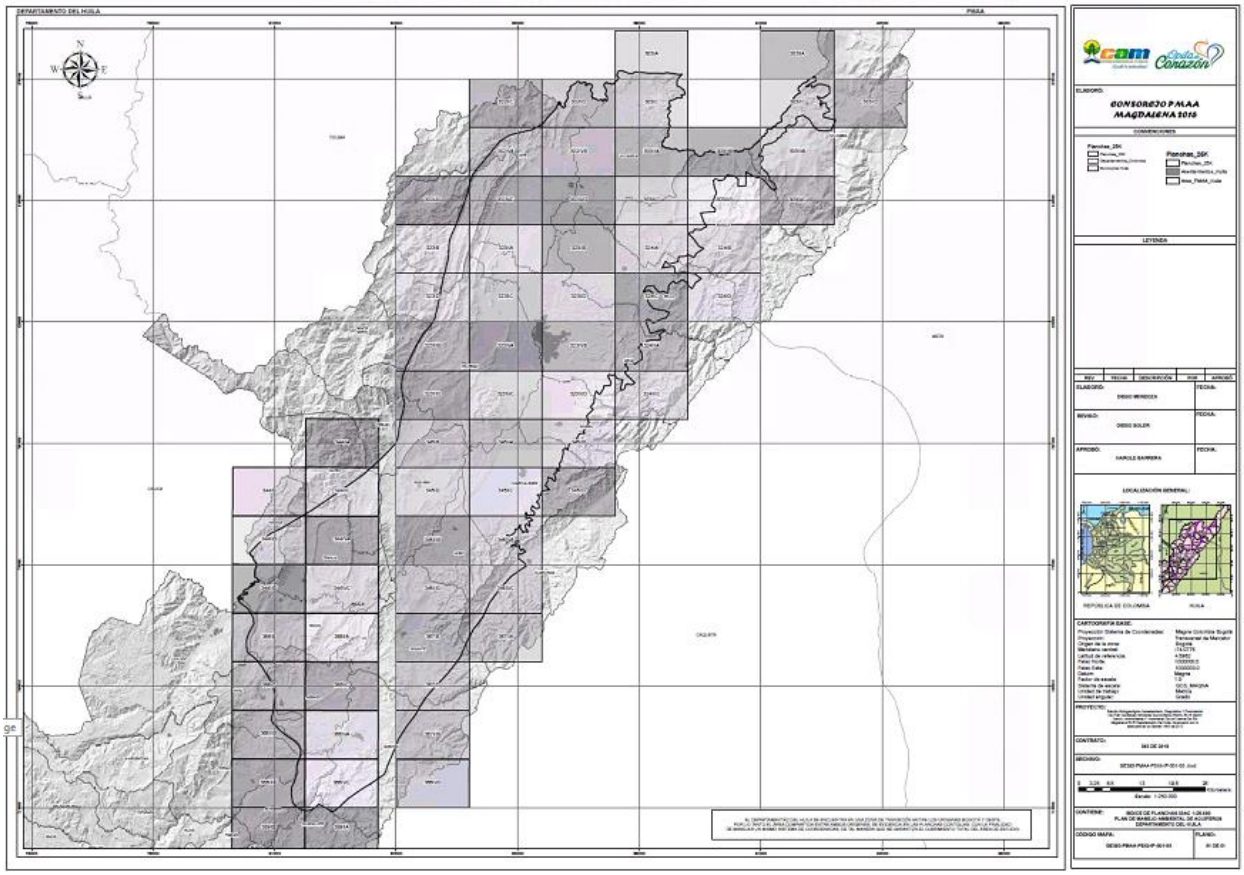


Ilustración 10 Planchas IGAC escala 1:25.000
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

2.6.3.6 Estandarización Cartografía Base

En cuanto a la creación y estandarización de la cartografía base, se comenzará por la organización de las curvas de nivel generales del proyecto. Para ello se realizó un buffer de 200 metros al perímetro el departamento de Huila del I.G.A.C escala 1:100.000 para extender un área de influencia indirecta enalteciendo el análisis.

Se debe tener en cuenta que las curvas de nivel presentan los siguientes errores:

- Curvas con diferencias de elevación
- Ausencia de curvas
- Curvas con elevación equivocada
- Trazo de curvas equivocado
- Las curvas entre municipios y planchas del IGAC no empalman

Por otro lado, se verificaron, unificaron y se realizaron reglas topológicas a los siguientes límites: mundiales, departamentales, municipales, veredales a escala 1:25.000, así como los drenajes dobles, drenajes sencillos, vías, cuerpos de agua, toponimias, orografía, entre otros.

3 FASE DIAGNOSTICO DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE ACUÍFEROS (PMAA) EN EL SECTOR CENTRO, NOROCCIDENTAL Y NORORIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA

3.1 EVALUACIÓN GEOLÓGICA

A continuación se introduce al lector con una descripción general de la geología histórica, regional y local del Departamento del Huila para la construcción del Modelo Hidrogeológico Conceptual (MHC) de acuíferos del Departamento del Huila, teniendo como línea base los estudios previos realizados por: IDEAM (2015), SGI LTDA (2000), INGEOMINAS (1999), al igual que la información de referencia de los expedientes de solicitud de concesión de aguas subterráneas y documentos oficiales registrados en la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, CAM.

La metodología empleada para la elaboración del modelo geológico inicia con la revisión de información secundaria de los estudios de carácter nacional, regionales y locales del Departamento del Huila, de la cual se observa que la cartografía oficial de las planchas escala 1:100.000 publicadas por el Servicio Geológico Colombiano, SGC, antiguamente Instituto Colombiano de Geológia y Mineria, INGEOMINAS, difieren en la continuidad de los contactos, estructuras y en las nomenclaturas de las formaciones geológicas. Teniendo en cuenta la complejidad del problema, surge la necesidad de interpretar las imágenes satelitales mediante la utilización de sistemas remotos y fotointerpretación con el objeto determinar la continuidad y el cierre de las estructuras y logrando la unificación de la nomenclatura de las formaciones geológicas, obteniendo como resultado la cartográfica del mapa geológico preliminar en una base topográfica condensada de planchas 1:25.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, el cual es verificado mediante puntos de control en campo con la finalidad de alcanzar el detalle de la escala de trabajo, donde se realiza la descripción macroscópica de los afloramientos, teniendo en cuenta parámetros, tales como: espesor de los estratos, estructuras sedimentarias, interestratificaciones, tamaño de grano, redondez, % de matriz, color, datos estructurales, etc.

En la **Ilustración 11**, se muestra el resultado de la fotointerpretación de las imágenes satelitales mediante la cual identifican los rasgos estructurales de carácter regional, alcanzando el detalle para la escala de trabajo 1:25.000. (Ver **ANEXO B – 1GE393-PMAA-PSIG-FIN-001-00 al GE393-PMAA-PSIG-FIN-010-00**)

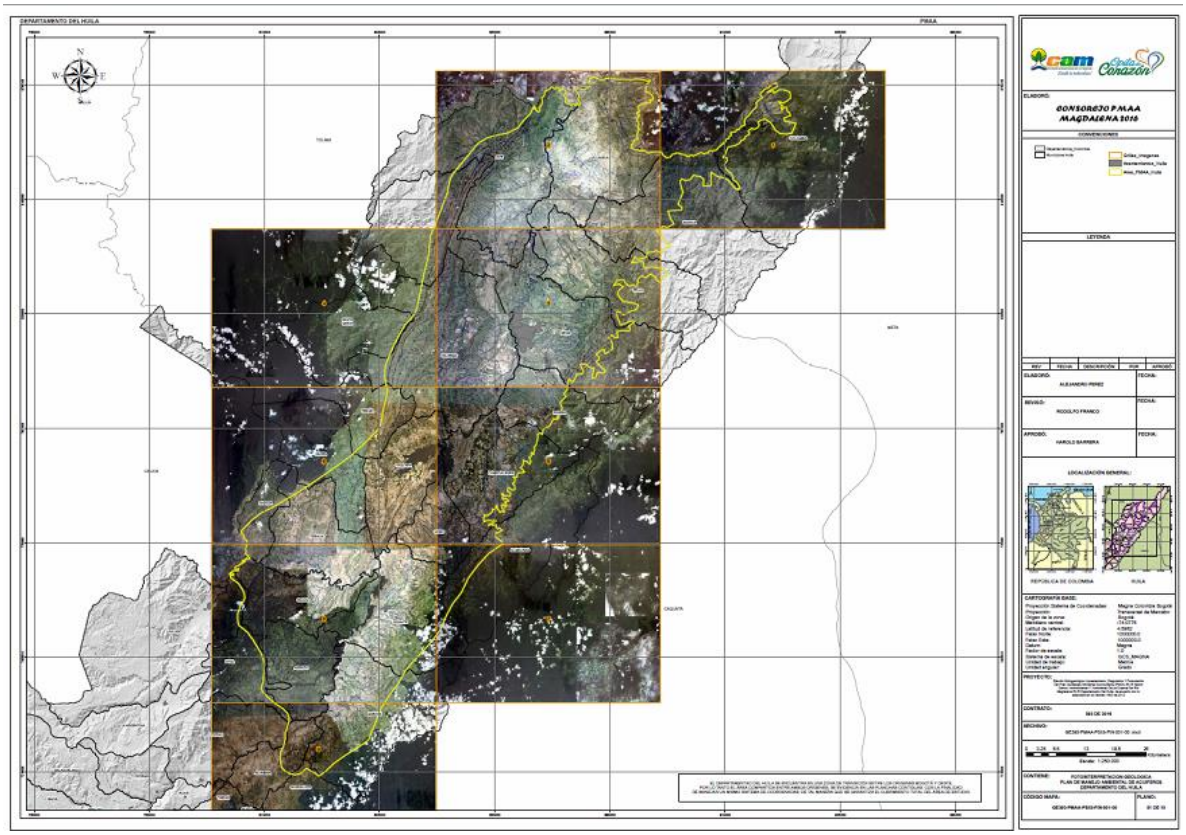


Ilustración 11 Mosaico de imagen satelital interpretadas para el área de estudio
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

El procesamiento de la información de campo e interpretación de fotogeología fueron georreferenciados y analizados empleando Sistemas de Información Geográfica, de la cual se obtiene los mapas geológicos a escala 1:25.000, cortes geológicos y la representación del modelo geológico en 3D.

En general el área de estudio se encuentra localizada en la cuenca del Valle Superior del río Magdalena (VSM), donde afloran las formaciones geológicas que van desde el Precámbrico hasta el Cuaternario. Regionalmente la cuenca forma una estructura de Geosinclinal donde se identifican dos grandes dominios tectónicos: el flanco occidental de la Cordillera Oriental y el flanco oriental de la Cordillera Central. La Cordillera Oriental caracterizada por ser una cadena plegada y cabalgante convergencia al oeste, con fallas inversas que buzan hacia el oriente como el sistema de falla de Algeciras y el sistema de fallas de Suaza Garzón y el Valle del Río Magdalena. Con una deformación menor que el bloque anterior con presencia de pliegues suaves y algunas fallas locales limitados al Occidente por la Cordillera Central, que a su vez se limitan por el sistema de Fallas La Plata – Chusma al Occidente.

El departamento del Huila presenta relieves de montaña, planos a suavemente ondulado donde se disponen los Depósitos Cuaternarios (depósitos aluviales, fluvio-volcánicos, aluvio-torrenciales y fluvio-torrenciales) y la en la zona montañosa, compuesto principalmente en menor proporción rocas metamórficas e ígneas de edades Precámbrica y Paleozoica, y en mayor proporción las rocas sedimentarias de edades Mesozoica a Cenozoica.

En este apartado se describen el marco geológico del área de estudio abarcando desde la evolución geológica de la cuenca, la geología local y estructural.

3.1.1 Geología Regional

La orogenia más temprana que puede ser reconocida en el área es la Orogenia Nickeriana en el Macizo de Garzón, hace alrededor de 1200 Ma. Las rocas suprayacentes del Grupo Garzón fueron dejadas en un margen continental tipo cordillerano. El metamorfismo y las simultáneas intrusiones de los granitos de Guapotón y Mancagua posiblemente se debieron a un evento orogénico tipo colisión continental. La deposición epicontinental de sedimentos marinos y subsecuente metamorfismo es evidenciado por las rocas metamórficas del Paleozoico inferior en la parte más oeste del área de estudio. Como resultado de este evento orogénico, posiblemente caledoniano, la Cordillera Central emergió como una estructura positiva, no para ser sumergida nuevamente.

Los sedimentos marinos devónicos y carboníferos sin metamorfismo registran por su dispersa ocurrencia una amplia transgresión del Paleozoico Superior formando un mar de plataforma superficial atrás de la Cordillera Central. La mayoría de los sedimentos desde entonces parecen haber desaparecido por una posterior erosión. Aún no se puede establecer si la sedimentación continuó en la base calcárea de la Formación Saldaña.

Las rocas volcánicas e intrusivas magmáticas ácidas a intermedias de la Formación Saldaña marcan un importante evento magmático en el Triásico-Jurásico, diferente del magmatismo cenozoico. Los magmas calcoalcalinos probablemente fueron generados por anatexis parcial de los sedimentos y corteza más antigua en partes más profundas de una zona de subducción tipo cordillerana. La extrusión tuvo lugar en un ambiente marino somero a continental. La extrusión fue seguida por una intrusión evidenciada en el metamorfismo de contacto de las rocas volcánicas. El levantamiento y erosión llevó a la formación de una superficie denudacional Jurásica.

En el Cretáceo una extensa transgresión tuvo lugar, iniciando en el Aptiano con los gruesos depósitos de playa de la Formación Caballos, seguido por los shales generadores de petróleo de la Grupo Villeta depositados en un ambiente anaeróbico de mar interior tras la barrera de la Cordillera Central. El levantamiento gradual resultó en la somerización de las aguas y finalmente en una regresión, durante lo cual las arenas y cherts de la Grupo Guadalupe fueron depositadas. Conforme la emergencia continuó, en

el tope de la secuencia cretácica marina, arcillas y arenas continentales a lacustres de la Formación Guaduas fueron depositadas. El posterior surgimiento de bloques solevantados de la Cordillera Central causó la erosión de los estratos cretácicos e infrayacentes, dando lugar a los típicos depósitos molásicos de la Formación Gualanday en el Eoceno – Oligoceno. El vulcanismo calcoalcalino inició en el Mioceno, tal cual se registran en las molasas de la Grupo Honda. La Formación Gigante del Plioceno registra un sustancial incremento en la actividad volcánica.

No existen muchas discordancias angulares entre el Cretácico inferior y el Plioceno en la mayor parte de la cuenca sedimentaria. El cambio en los ambientes sedimentarios de la cuenca registra fallamiento de bloque en el área de procedencia. La principal fase de plegamiento tuvo lugar al final del Plioceno, cuando la Cordillera Oriental fue levantada hasta su altura actual. Grandes cantidades de materiales volcánicos fueron arrojados desde la Cordillera Central. El marcado incremento de flujos de lodos volcánicos comparados con el Grupo Honda y la Formación Gigante Inferior, probablemente se debió al levantamiento de la Cordillera Central por encima de la línea de nieve y el inicio de la glaciación pleistocena. Erupciones violentas formaron calderas y depositaron una capa de ignimbrita sobre la mayor parte oriental del área. Varias aberturas volcánicas brotaron lejos al este de la Cordillera Central, erupcionando principalmente lavas y piroclastos. Después de que la actividad tectónica, volcánica, orogénica plio-pleistocenica se ralentizó, los ríos fueron disectando, y depósitos más jóvenes formaron terrazas y abanicos aluviales en varios niveles de los valles principales. El valle de Tarqui del Río Magdalena registra actividad volcánica más reciente, también como el rocío regular de cenizas volcánicas sobre el área, que ocurren de forma intercalada con los depósitos lacustres de la cuenca de Pitalito y dieron lugar a andosoles típicos de superficies más estables.

El Valle Superior del Magdalena es un rasgo morfotectónico de aproximadamente 20.000 km2 de área, 400 km de longitud y 10 a 45 km de ancho, cuyo límite Sur se halla cerca de Pitalito (Huila), en la bifurcación de las Cordilleras Central y Oriental, y que por el Norte se prolonga hasta el sitio donde la Falla de Cambras cruza el Río Magdalena, a la altura de municipio de Honda (Tolima).

Desde el punto de vista tectónico, el VSM es una estructura bien marcada, delimitada en los bordes por fallas inversas (al Occidente el sistema de fallas de Chusma y al Oriente el sistema de fallas de Garzón - Suaza), que ocupa el vértice interno de la bifurcación de las Cordilleras Central y Oriental. Presenta una tendencia estructural predominante SSW – NNE, y se subdivide en dos unidades: la Sub-cuenca de Neiva, al Sur, y la Sub-cuenca de Girardot, al Norte, las cuales están separadas por el umbral o alto del basamento de Patá o de Natagaima (Mojica, 1990).

Estructuralmente el VSM está relacionado con el levantamiento de las Cordilleras Oriental y Central, con una progresiva colmatación de la Cuenca a partir de la erosión de esta

última principalmente, aunque hacia el área de la Sub-cuenca de Neiva el material proviene en su mayoría del Macizo de Garzón (Mp3mg) y alrededores.

A escala regional, la Sub-cuenca de Neiva corresponde a un moderado sinclinorio donde en el núcleo se encuentran sedimentos neógenos que reposan discordantemente sobre el basamento pre – Cretáceo y la secuencia pre – Miocena, estando estos últimos intensamente plegados y fallados, y cuya exposición superficial ocurre en los márgenes de la estructura.

El espesor de la secuencia sedimentaria en el VSM, en cuya nomenclatura estratigráfica se basa la presente descripción, alcanza los 5000 m, abarcando desde los meta-sedimentos del Grupo Cajamarca (Proterozoico) hasta depósitos de terrazas aluviales cuaternarias. Sin embargo, en la Sub-cuenca de Neiva la columna litológica no está completa, por lo tanto, sobre el basamento cristalino (Macizo de Garzón, Macizo de La Plata, que se les ha asignado una edad Proterozoico, representado por rocas ígneas y metamórficas como neises, granulitas, migmatitas y granitoides) que aflora a ambos lados de la depresión, se encuentran lechos rojizos de edad Pre - Cretácea que se han correlacionado con base en sus similitudes litológicas con la Formación Girón de edad Triásico - Jurásico.

Suprayaciendo los lechos rojizos se en centran la secuencia Cretácea representada por las Formaciones Caballos, Grupo Villeta y Grupo Guadalupe; la Formación Seca marca la división entre el Cretáceo y el Terciario, no teniéndose clara la posición del límite se le asigna edad que oscila entre el Maastrichtiano Superior y el Paleoceno. Siguiendo con el Terciario se encuentra Formación Gualanday (con sus Miembros Inferior, Medio y Superior), la Honda; a la Formación Gigante que suprayace al Grupo Honda, se le ha asignado edad Plio - Pleistoceno, es decir, se ubica en el límite entre el Terciario y el Cuaternario; finalmente se encuentran depósitos sedimentarios no consolidados de edad Cuaternario representados por terrazas y abanicos aluviales, principalmente. La columna estratigráfica generalizada correspondiente al Valle Superior del Magdalena se presenta en la **Ilustración 12**.

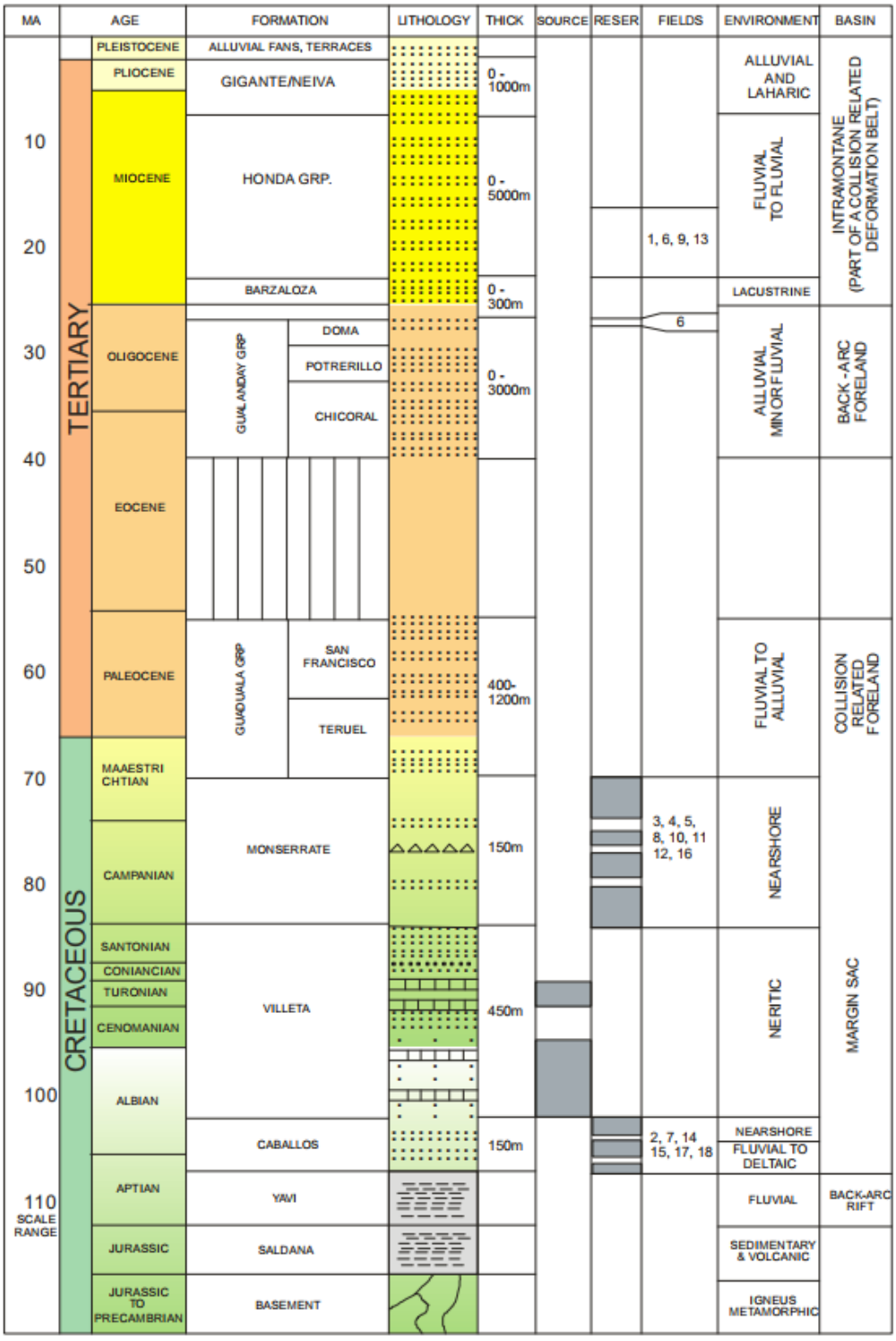


Ilustración 12 Columna Estratigráfica generalizada de la Cuenca del Valle Superior del Magdalena Fuente: (ANH, UIS, 2009)

3.1.2 Geología Local

A continuación, se describe brevemente las principales unidades geológicas, para el presente estudio. Los códigos de las unidades han sido modificados de acuerdo con las normas del Código Estratigráfico Internacional (IUGS, 2017) y con la nomenclatura estratigráfica Los colores empleados para las diferentes unidades geológicas en el Plano de Geología escala 1:25.000, se utilizaron con base el informe de Estándares Cartográficos de Mapas Geológicos (SGC, 2012).

Para la base cartográfica de geología se emplearon las diferentes memorias y planchas (que dan cobertura al departamento del Huila escala 1:100.000 publicadas por el SGC. Es importante resaltar los problemas de nomenclatura, correlaciones y cierres de las estructuras existentes al solapar las diferentes planchas 1:100.000 de la Cuenca del Valle Superior del Magdalena, específicamente en la nomenclatura para las unidades sedimentarias del cretácico, Paleógeno y del Neógeno, donde existen múltiples nombres para una misma unidad litológica, asignados por diferentes autores en las regiones donde realizaron sus trabajos.

Con el objeto de unificar la nomenclatura se realiza la foto interpretación de imágenes satelitales del cual se obtiene el mapa geológico escala 1:25.000 con una mejor continuidad de las estructuras y correlación lateral de las unidades geológicas.

En la **Ilustración 13** se muestra el proceso de la metodología empleada para alcanzar el detalle del modelo geológico escala 1:25.000.

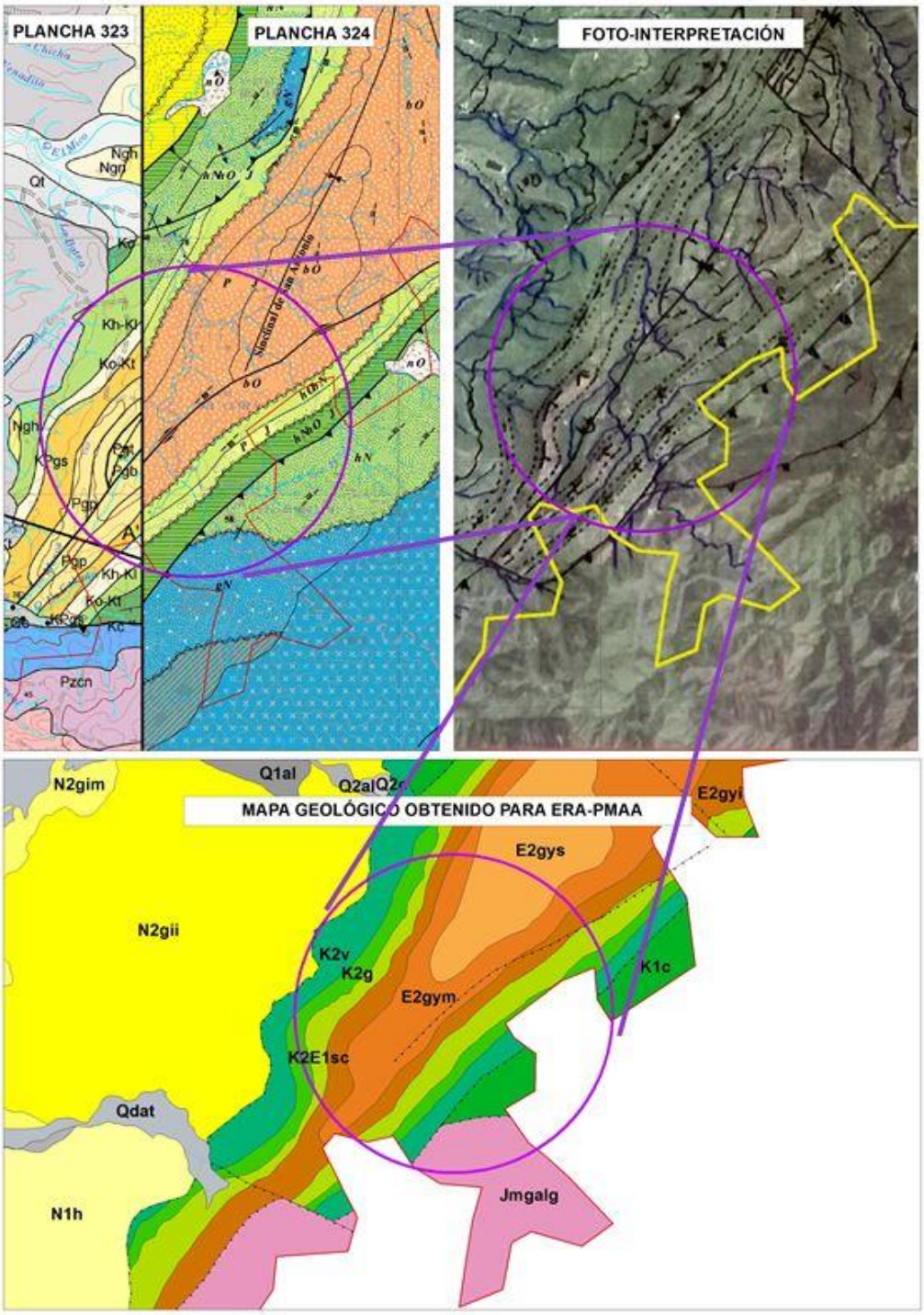


Ilustración 13 Proceso de interpretación del modelo geológico Cuenca VSM
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Tabla 6. Cuadro comparativo de la nomenclatura publicada lito estratigráfica por SGC y la empleada en el presente estudio correspondiente a las unidades Cretácicas y Cenozoicas en la Cuenca del Valle Superior del Magdalena

ERA	PERIODO	ÉPOCA	PLANCHAS SGC		ESTUDIO PMAA		SIMBOLOGÍA
Cenozoico	Neógeno	Plioceno	Formación Gigante		Formación Gigante	Gigante Superior	N2gis
						Gigante Medio	N2gim
						Gigante Inferior	N2gii
		Mioceno	Formación Arcillolitas de Colombia		Formación Arcillolitas de Colombia		N1ac
			Grupo Honda		Grupo Honda		N1h
	Paleógeno	Oligoceno	Formación Doima		Grupo Gualanday	Formación Gualanday Superior	E2gys
			Formación Potrerillo				
			Grupo Chicoral	Formación Tesalia			
		Eoceno		Formación Baché		Formación Gualanday Medio	E2gym
		Paleoceno		Formación Palermo		Formación Gualanday Inferior	E2gyi
Mesozoico	Cretáceo	Tardío	Grupo Guadalupe	Formación Teruel	Formación Seca		K2E1sc
				Formación San Francisco			
			Formación La Tabla y Grupo Olini (sin diferenciar)		Grupo Guadalupe		K2g
			Formación Hondita y Loma Gorda (sin diferenciar)		Grupo Villeta		K2v
		Temprano	Formación Caballos		Formación Caballos		K1c
			Formación Yaví		Formación Yaví		K1y

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

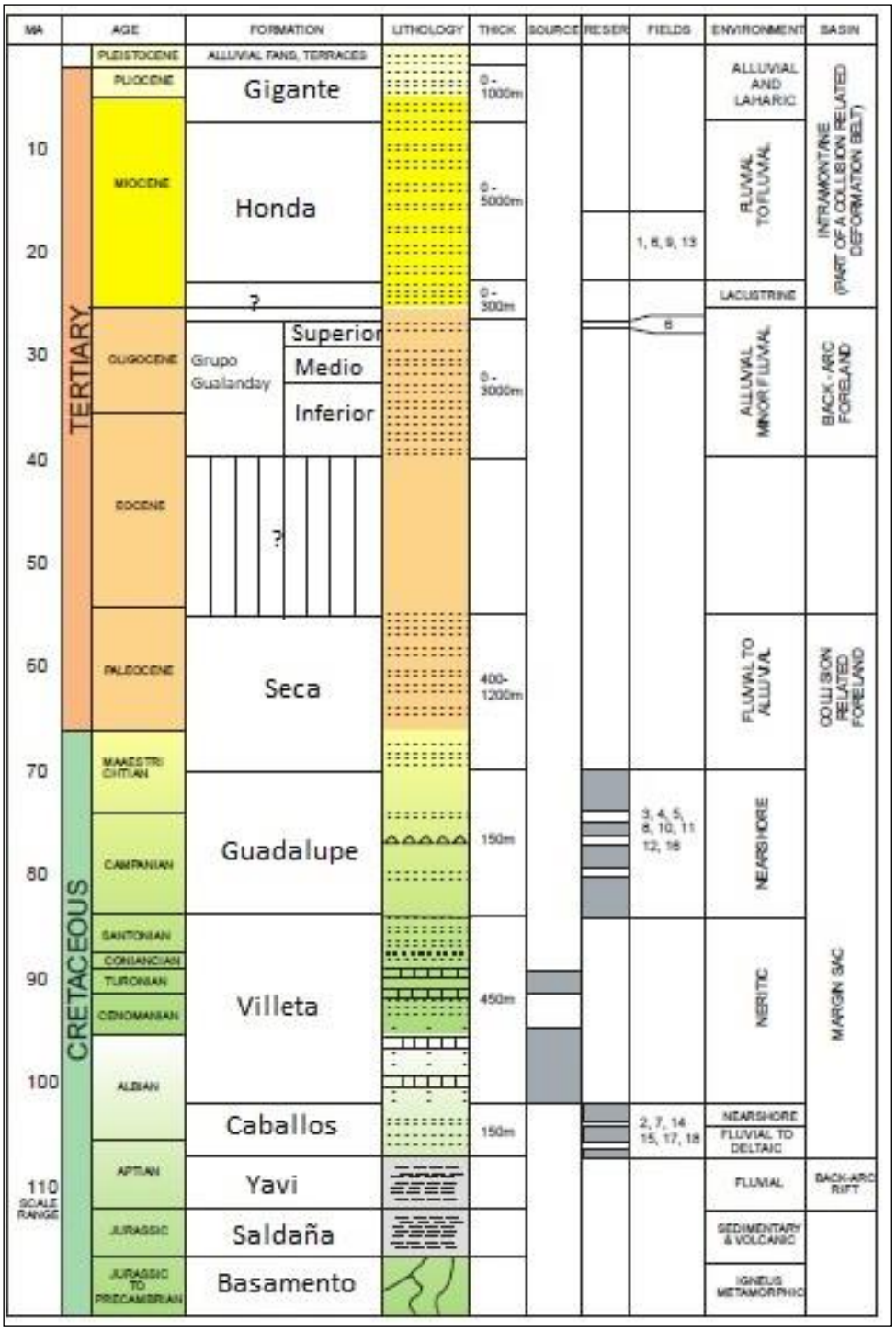


Ilustración 14 Columna Estratigráfica generalizada de la Cuenca del Valle Superior del Magdalena ajustada para el estudio
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- **Macizo de Garzón (Mp3mg):** Principalmente se encuentran rocas metamórficas de alto grado, migmatitas, granulitas y anfibolitas asociadas a un cuerpo intrusivo de composición granítica, se encuentra cortado por diques de composición ácida y venas de cuarzo. El Macizo de Garzón es intruido por granitos jurásicos, a su vez está en contacto discordante en su parte superior con sedimentos del Paleozoico.

- **Formación Saldaña (T2Jsal):** Formación de carácter vulcano-sedimentario compuesta por riolitas, riodacitas, ignimbritas y aglomerados volcánicos. La textura de las riolitas y riodacitas varía de porfirítica a afanítica, mientras las ignimbritas presentan una textura afanítica y alta pseudoestratificación (Burgos & Moreira, 1982). Se encuentran tobas líticas, cristalinas y vítreas de composición dacítica a andesítica, flujos de lava de composición andesítica. La secuencia sedimentaria contiene capas de areniscas tobáceas rojizas, areniscas ricas en feldespato, limolitas, calizas bioclásticas y conglomerados. La formación es suprayacida discordantemente por la Formación Caballos (INGEOMINAS, Memoria explicativa. Mapa Geológico del Departamento del Huila, 2001). Las edades radiométricas (Jaramillo et al., 1980) indican edades entre 170±2 y 183±3 Ma.

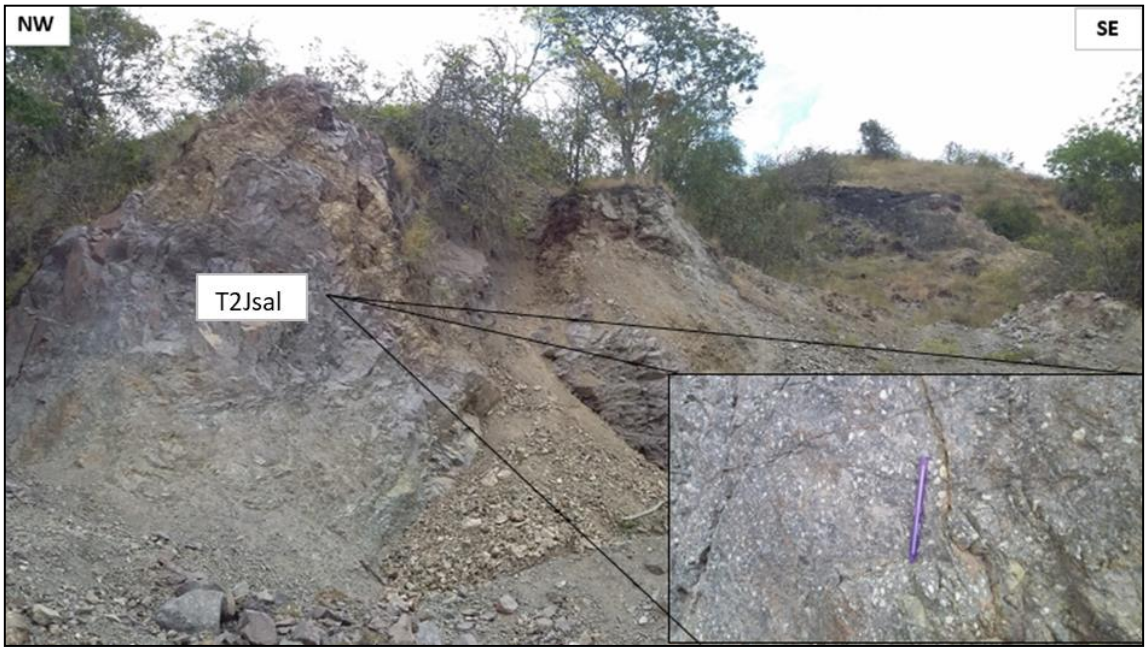


Ilustración 15 Afloramiento de la Formación Saldaña Coordenadas E: 876010; N: 854861
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- **Monzogranito de Algeciras (Jmgalg):** Compuesto en su mayoría por rocas de textura fanerítica a porfirítica, de color gris claro a rosa. Los fenocristales predominantes son de cuarzo y plagioclasas flotando en una matriz afanítica. La granulometría varía localmente entre grano grueso y fino, también la composición, entre granitos, granodioritas, dioritas y monzogranitos, siendo esta última la predominante. La roca se presenta fracturada y saprolitizada. Existen relaciones intrusivas con la Formación Saldaña, también se observa en contacto fallado con el Complejo Garzón mediante la Falla Algeciras. Al no tener datos geocronológicos se le asigna una edad jurásica. Por su posición geotectónica se correlaciona con un intrusivo datado por Sillitoe et al. 1982 del cual se reporta una edad de 182±4 Ma.

- **Batolito de Ibagué (J3i):** Cuerpo intrusivo de composición monzogranítica dominante, atravesado en múltiples instancias por diques dioríticos, su textura varía entre fanerítica y afanítica. Se ha hecho datación radiométrica para este cuerpo, arrojando edades desde 131 ± 2 Ma (Sillitoe et al., 1982) hasta 183 ± 5 Ma (Priem et al. 1989), que corresponden con el Jurásico temprano – Jurásico tardío. Mantiene una relación fallada con Formación Gualanday, la Formación Seca, Grupo Guadalupe y el Grupo Villeta a través del Sistema de Fallas de Chusma, se encuentra cubierto discordantemente por la Formación Guacacallo. En su costado occidental intruye rocas metamórficas del Ortogranito de La Plata, la Formación Saldaña y el Complejo Aleluya.

- **Monzodiorita de El Astillero (Jias):** Cuerpo ígneo intrusivo de textura fanerítica, holocristalina con tamaño de grano entre medio y fino. El contacto con la Formación Saldaña es de tipo intrusivo, a su vez es correlacionable con el Batolito de Ibagué por lo cual se propone una edad jurásica media a tardía.

- **Cuarzomonzodiorita de Teruel (Jt):** Cuerpo intrusivo de composición monzodiorítica con un porcentaje de cuarzo entre el 8 y 11%, se observa que la Formación Caballos lo suprayace discordantemente, se observa que el cuerpo intruye la Formación Saldaña, en otros sectores mantiene una relación fallada con Gr. Guadalupe y la Formación Seca. Por esto se postula una edad jurásica.

- **Formación Caballos (K1c):** En su base afloran areniscas cuarzosas porosas grises, de granulometría media a gruesa, equiglanular de redondez intermedia. Presenta una intercalación de láminas finas a muy finas de lodolitas carbonosas físiles sub-paralelas (INGEOMINAS, 1999). En la parte intermedia se encuentran areniscas cuarzosas en capas gruesas onduladas con laminación interna, presentan intercalación con shales carbonaceos (INGEOMINAS, 1999). Según (Burgos & Moreira, 1982) la parte media posee lutitas negras con lentes de areniscas glauconíticas y areniscas fosilíferas. Hacia la parte superior se encuentran amplios bancos de areniscas de grano medio cementado, se encuentra laminación interna paralela a sub-paralela fina a gruesa, se reporta presencia de

glauconita. La formación descansa discordantemente sobre la Formación Saldaña y limita en su tope de forma transicional con el Grupo Villeta, su espesor aproximado en la zona es de 80-100m (Burgos & Moreira, 1982). Se le atribuye una edad de Aptiano-Albiano (Mendivelso, 1982).



Ilustración 16 Afloramiento de la Formación Caballos (K1c)
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- **Grupo Villeta (K2v):** Lodolitas y arcillolitas de color gris y negro, físiles, con concreciones, se presentan intercalaciones de capas de calizas y areniscas (INGEOMINAS, 1999). Lutitas negras con foraminíferos con presencia de niveles calcáreos en forma de nódulos con fósiles de pelecípodos y amonoideos, su espesor va de 400 a 500m (Burgos & Moreira, 1982). El contacto con la Formación Caballos en la base es transicional, el contacto superior con el Grupo Guadalupe es concordante neto (Ferreira et al en prep.). Esta formación es correlacionable con las Formación Hondita – Loma Gorda sin diferenciar.

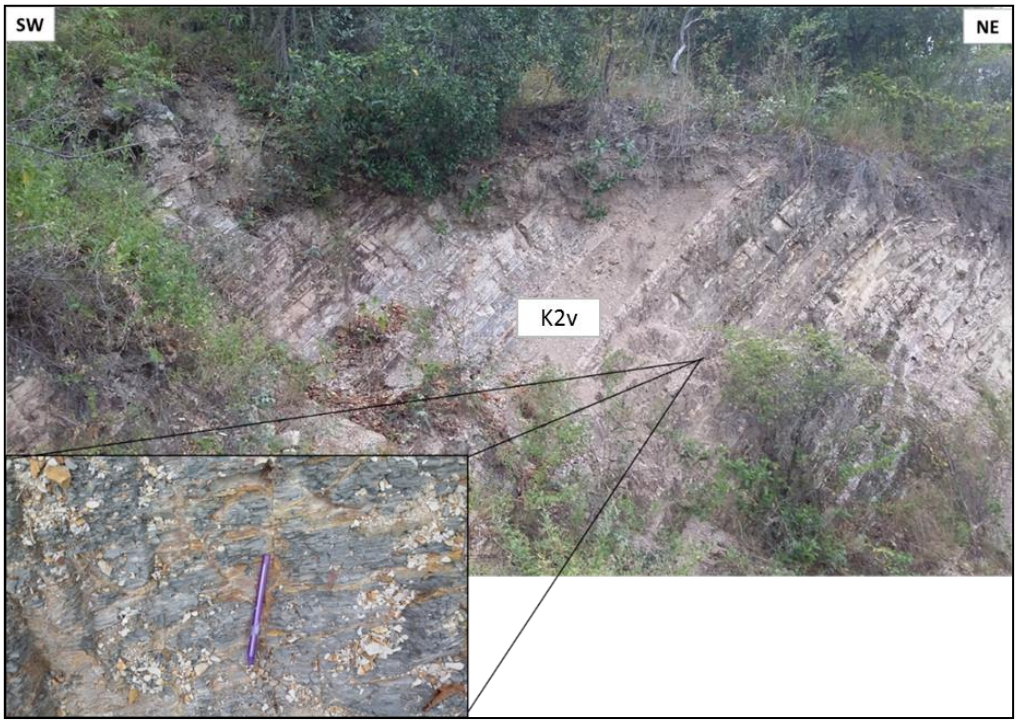


Ilustración 17 Afloramiento del Grupo Villeta (K2v) Coordenadas E: 876010; N: 854861
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- **Grupo Guadalupe (K2g):** Predomina la presencia de areniscas cuarzosas de grano fino a medio con intercalaciones de cherts y lutitas, hay ocurrencia de fósiles, bioturbación y nódulos silicio-calcáreos. Su espesor aproximado es de 100m. Su límite inferior es transicional sobre el Grupo Villeta, su límite superior es concordante neto con la Formación Seca (Velandia et al., 1996). La parte superior al paquete de areniscas se identifica por una intercalación de areniscas arcillolitas y lodolitas, dichas areniscas presentan una granulometría media a gruesa con laminación cruzada, hacia su base se halla bioturbación (INGEOMINAS, 1999). (Esta formación es correlacionable con las formaciones Olini – La Tabla sin diferenciar).



Ilustración 18 Afloramiento del Grupo Guadalupe (K2g) Coordenadas E: 854870; N: 830463
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016



Ilustración 19 Afloramiento del Grupo Guadalupe (K2g) Coordenadas E: 892250; N: 840423
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- **Formación Seca (K2E1sc):** Constituida por una intercalación de arcillolitas varicoloreadas con capas de areniscas y conglomerados. El tamaño de grano en las areniscas es de fino a medio, equigranulares y poco angulosos, contorneados por una matriz arcillosa, presentan estratificación cruzada. De igual manera los conglomerados poseen matriz, siendo areno-lodosa con granos embebidos que llegan hasta tamaño guijo. El contacto inferior con la Grupo Guadalupe (K2g) es concordante neto, mientras que, en la parte superior, el límite con el Grupo Gualanday varía de transicional a discordante según el autor. Se estima un espesor entre 250 y 390m (INGEOMINAS, 1999). La Formación Seca es de edad maastrichtiana – paleocena según De Porta (Julivert, 1968).

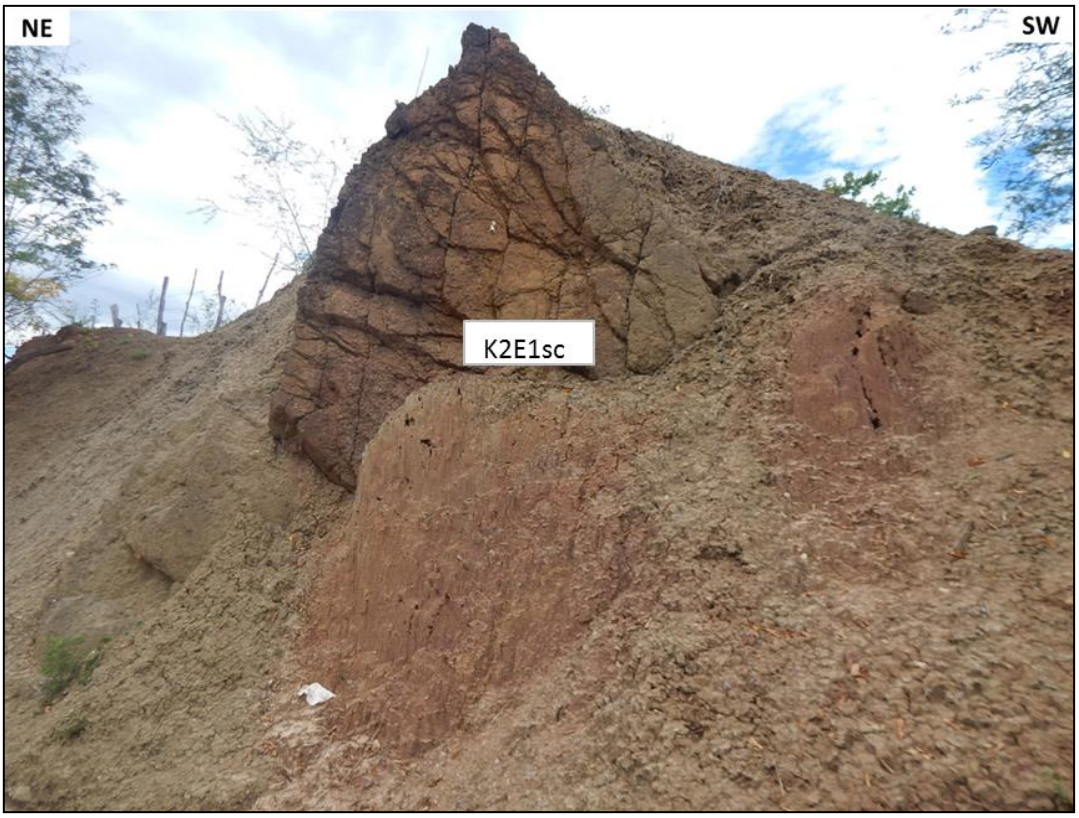


Ilustración 20 Afloramiento del Formación Seca (K2E1sc) Coordenadas E: 892650; N: 840518
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- **Formación Gualanday**

Originalmente Scheibe (1934), denominó esta unidad constituida por arcillolitas y areniscas grises, rojas amarillentas a blancas y conglomerados como “Pisos de Gualanday”. Posteriormente Suescún y Taborda (1949) utilizan el término Formación Gualanday y la dividen en dos miembros en la sección tipo. Royo y Gómez (1942), extienden la Formación

Gualanday hasta el departamento del Huila y en base a fósiles la consideran de edad Eoceno-Oligoceno. Raasveldt (1956) hace una división en tres miembros informales, la cual ha sido frecuentemente utilizada por ser práctica en los trabajos cartográficos. Esta división corresponde a Gualanday Inferior, Gualanday Medio y Gualanday Superior. Van Hauten and Travis (1968) la suben al rango de grupo y sus divisiones al rango de formación:

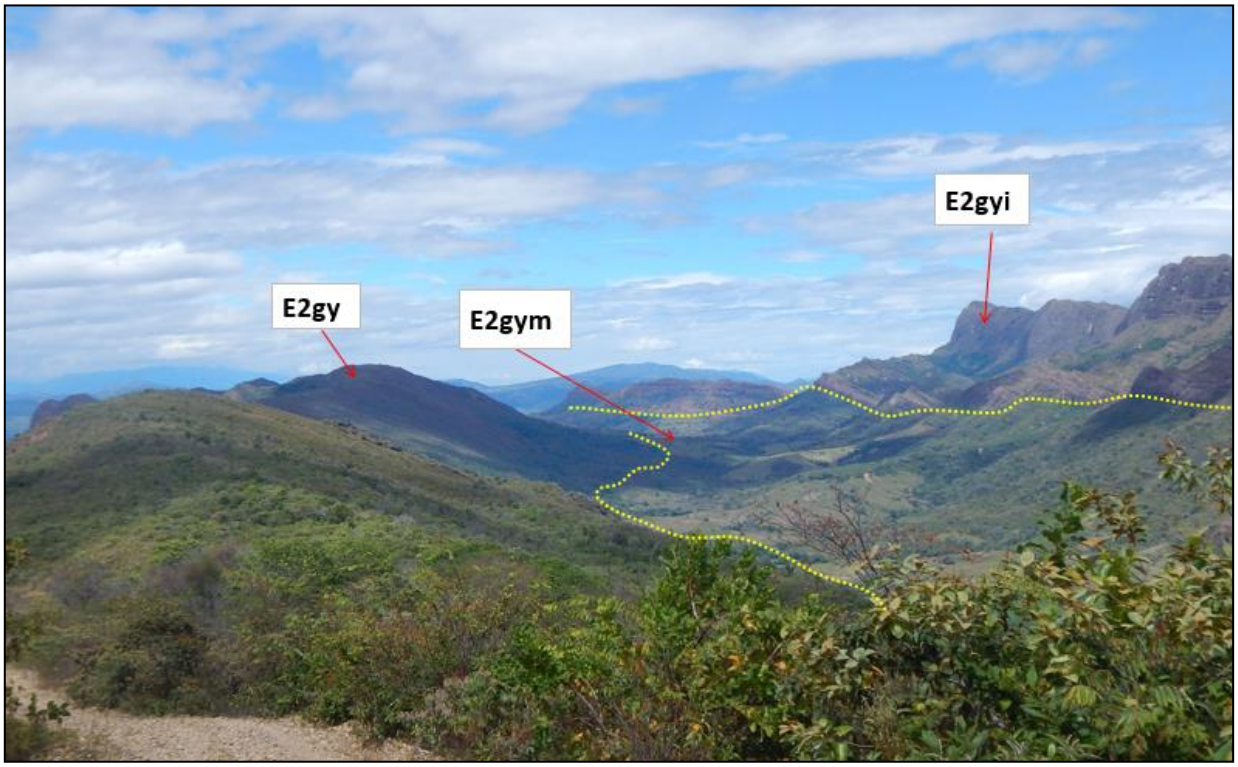


Ilustración 21 Secuencia estratigráfica de la Formación Gualanday E: 851401; N: 829983
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- **Gualanday Inferior (E2gyi):** Se presentan conglomerados inequigranulares con variaciones en la escala de tamaño guijo. El material a su vez se encuentra rodeado por una matriz de arena gruesa a media mal seleccionada, las capas presentan estratificación cruzada. Estos conglomerados se encuentran intercalados con capas de areniscas y lodolitas grises, con buena selección y grano medio a fino.

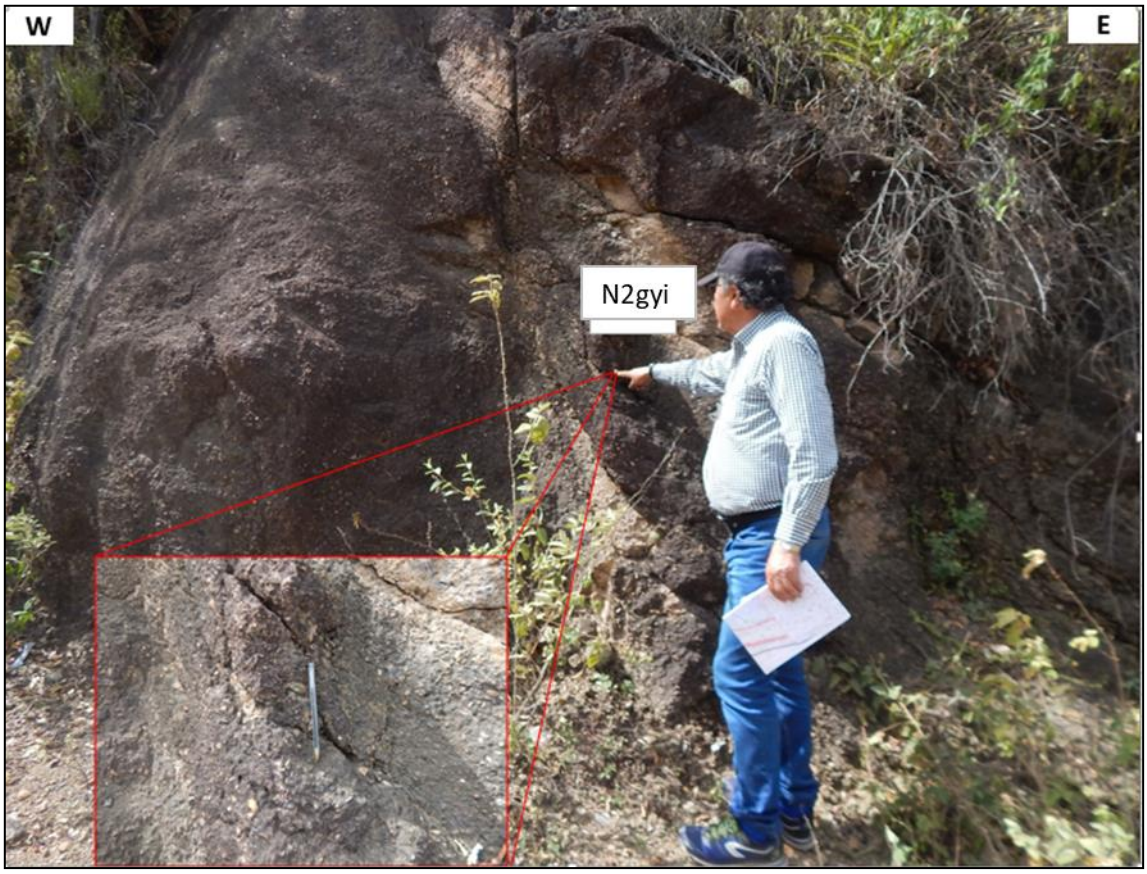


Ilustración 22 Afloramiento de la Formación Gualanday Inferior E: 900685; N: 854969
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- **Gualanday Medio (E2gym):** Miembro poco competente del Grupo Gualanday, caracterizado por arcillolitas y lodolitas fisibles grises y marrones intercaladas con algunas capas de areniscas y conglomerados, se presenta bioturbación en algunos niveles arenosos, posiblemente ricos en material fosfático (INGEOMINAS, 1999).

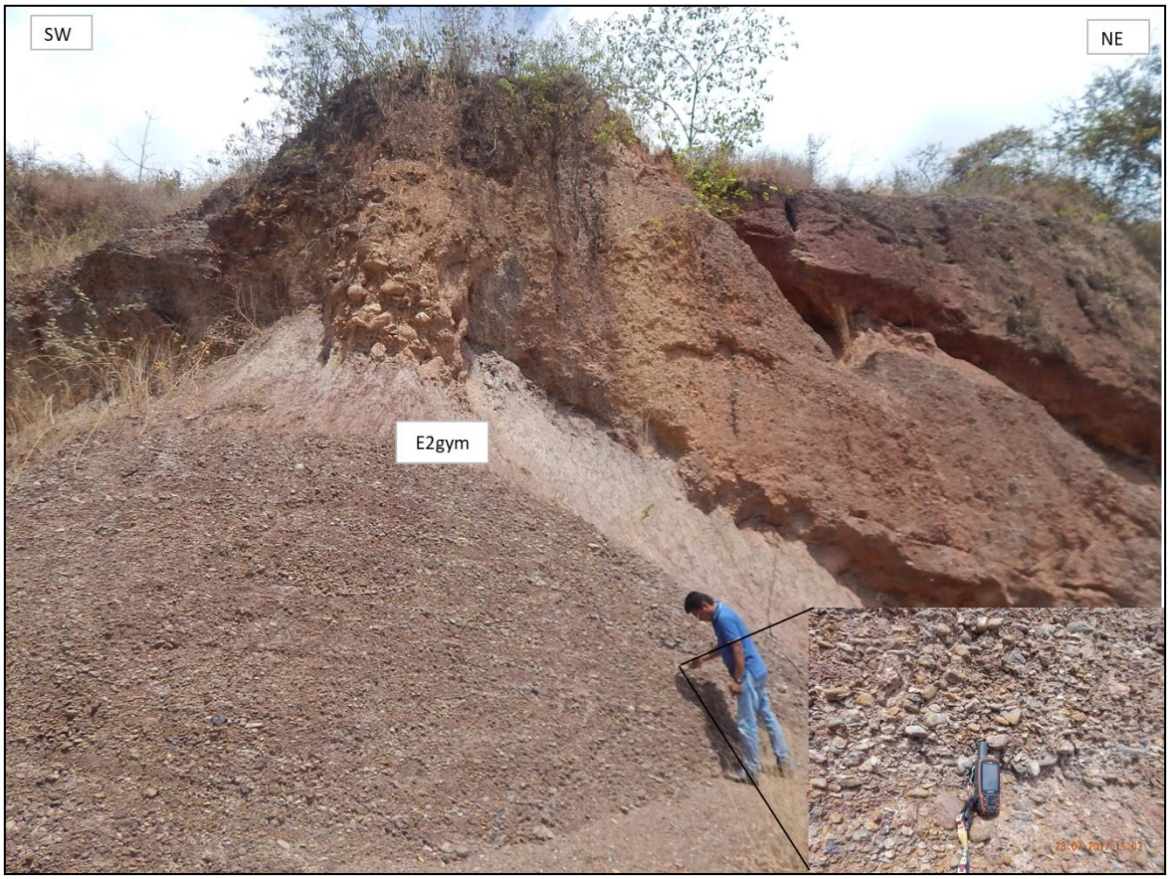


Ilustración 23 Afloramiento de la Formación Gualanday Medio E: 900685; N: 854969
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- **Gualanday Superior (E2gys):** Se encuentran conglomerados ricos en cuarzo, intercalados con niveles competentes de areniscas conglomeráticas y lodolitas rojas. Los principales fragmentos encontrados en los conglomerados son clastos de cuarzo, chert y algunos fragmentos de rocas volcánicas (Burgos & Moreira, 1982).



Ilustración 24 Afloramiento de la Formación Gualanday Medio E: 900685; N: 854969
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- **Grupo Honda (N1h):** Se encuentra una secuencia de areniscas y conglomerados de grano fino que presentan niveles calcáreos intercalados en forma de nódulos de tamaño variado, también se presentan intercalaciones con rocas arcillosas rojizas, tobas y areniscas tobáceas. Los clastos que componen los conglomerados son cuarzo, chert y clastos provenientes de rocas ígneas y metamórficas. En su base el contacto es transicional, mientras que en el tope es discordante con la Formación Gigante. Se establece una edad de Mioceno medio de acuerdo con mediciones isotópicas y paleomagnéticas (Hayashida, 1984).

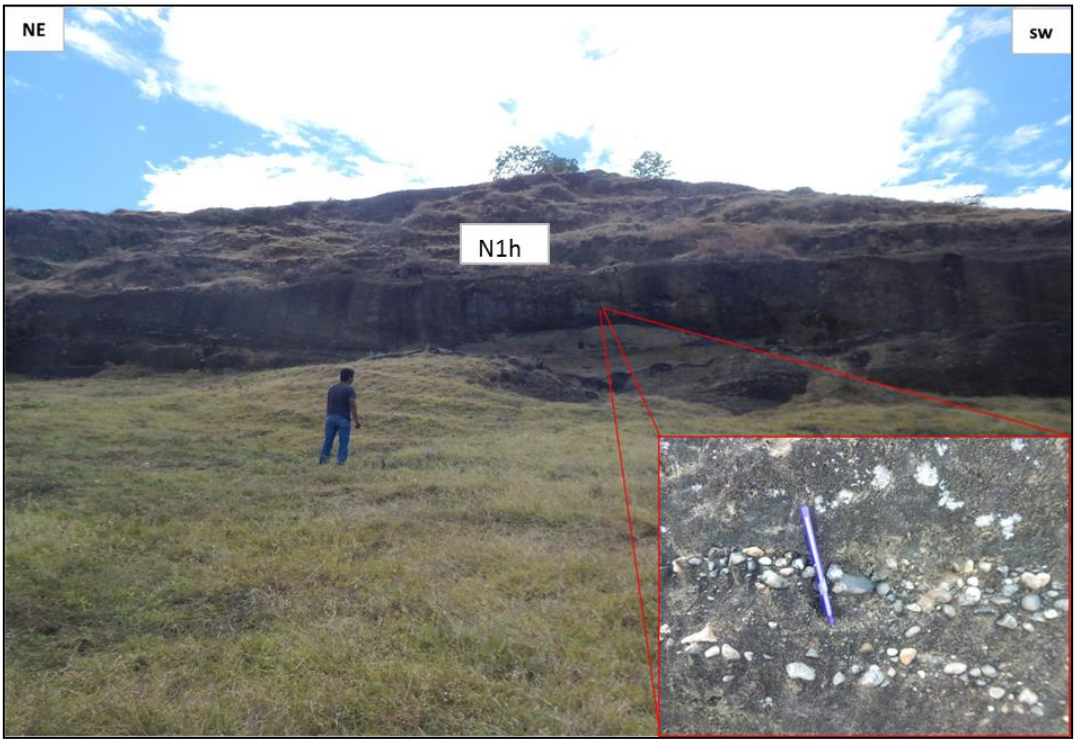


Ilustración 25 Afloramiento de la Formación Honda E: 859751; N: 827120
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- **Arcillolitas de Colombia (N1ac):** Unidad conformada por arcillolitas verdosas y rojizas con intercalaciones de areniscas cuarzofeldespáticas de color gris verdoso, blanco y rojizo. En su parte inferior suprayacen discordantemente unas capas de lodolitas abigarradas, en el sector de Colombia es la unidad más superior de la secuencia, por lo tanto, no muestra un contacto superior, a excepción de algunos depósitos cuaternarios ocasionales que se encuentran discordantes sobre esta unidad. Se le asigna una edad de Mioceno medio.

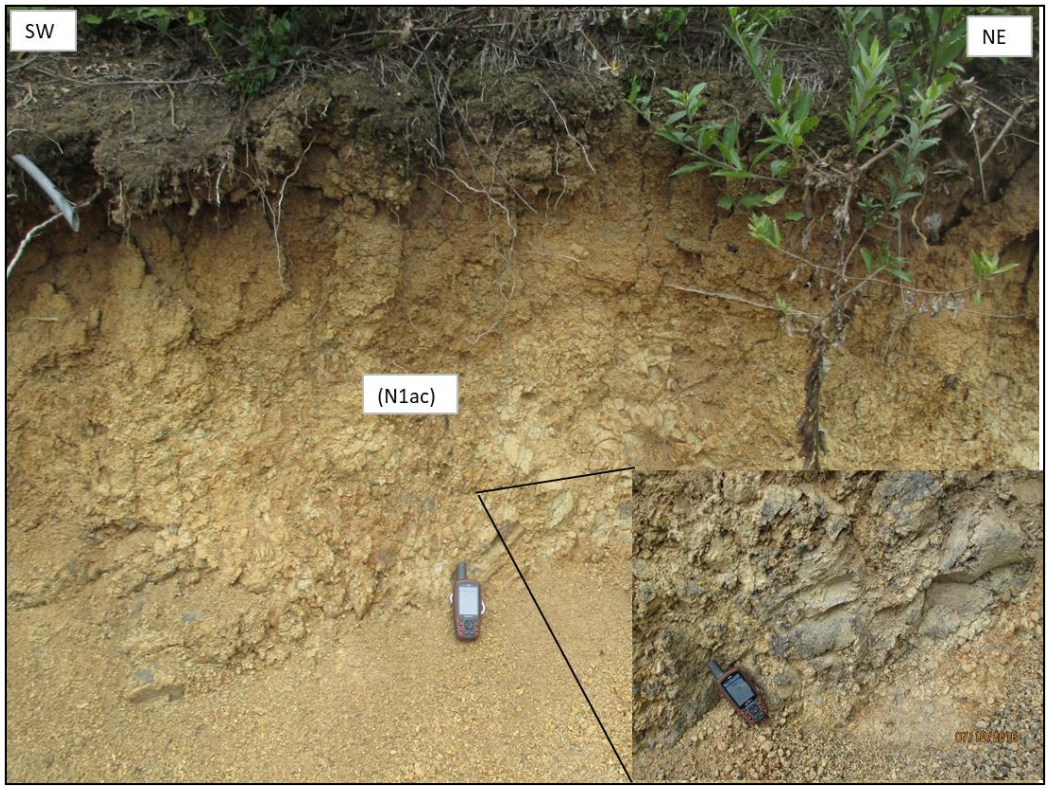


Ilustración 26 Afloramiento de la Formación Arcillolitas de Colombia (N1ac) E: 939429; N: 8963121
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- **Formación Gigante (N2gi)**

Howe (1969) denominó Formación Gigante, a una de las tres unidades de roca que forman el Grupo Mesa y que afloran al occidente de Honda en el departamento del Tolima. Butler (1942) describe la localidad tipo al noroeste de la ciudad de Honda como una secuencia predominantemente volcánica que reposa sobre la Formación Honda en la sub-cuenca de Honda. El Servicio Geológico Nacional (1957, 1959) correlacionó en algunos mapas geológicos las rocas de esta formación en los alrededores de la ciudad de Honda con las rocas de la sub-cuenca de Neiva.

Van Houten and Travis (1968) dividió la formación en tres unidades informales, describiendo la parte inferior y superior conglomerática y la parte media volcanoclástica.

Van Der Wiel (1991) describe la sección y localidad tipo en la quebrada Guandinosita con un espesor de 870 m, la divide de la base al techo en los miembros Nivel Inferior (N2gii), Nivel Medio (N2gim) y Nivel Superior (N2gis)**,** correspondiendo los miembros Nivel Inferior (N2gii) y Nivel Superior (N2gis) a secuencias predominantemente conglomeráticas y el Miembro Nivel Medio (N2gim) a la parte volcanoclástica.

Guerrero (1993) propone formalmente el nombre de Grupo Huila para esta secuencia y lo subdivide en las Formaciones Neiva y Gigante con un espesor total de 800 m para el grupo. En la carretera del Hobo a la Represa de Betania el espesor medido es aproximadamente de 1400 m.

La unidad suprayace al Grupo Honda, en un posible contacto transicional en los alrededores de la Represa de Betania, donde la secuencia es muy espesa y muestra que hacia el núcleo de la cuenca de Depositación de la Formación Gigante el proceso fue continuo; mientras hacía borde de la cuenca el aporte de sedimentos fue menor y hubo erosión de la Formación Honda antes de presentarse depositación de sedimentos de la Formación Gigante. Guerrero (1993) describe el contacto inferior del Nivel Inferior (N2gii), discordante sobre el Grupo Honda, otros autores como Wellman 1970), Howe (1969) y Wiel (1991) lo consideran transicional. El contacto superior es discordante con los depósitos cuaternarios. Esta formación corresponde al Mioceno tardío (van der Wiel, 1991).

- **Nivel Inferior (N2gii):** Se presentan conglomerados de clastos parcialmente seleccionados, subredondeados, inequigranulares de chert, cuarzo y fragmentos de rocas extrusivas de la Formación Saldaña y otros intrusivos y metamórficos del Macizo de Garzón, todo esto en una matriz areno-lodosa pobremente seleccionada. Estas rocas se encuentran intercaladas con areniscas lodosas y conglomeráticas mostradas como lentes con estratificación cruzada, presentan concreciones y bioturbación, así como también con capas de arcillas varicoloreadas (INGEOMINAS, 1999).

- **Nivel Medio (N2gim):** Secuencia volcanoclástica de capas paralelas entre sí, poco consolidadas, constituidas de intercalaciones de tobas, pumitas y conglomerados polimícticos. Los niveles pumíticos y tobáceos varían su tamaño entre ceniza y lapilli, con fragmentos angulosos de pómez y vidrio. En los niveles arenosos y conglomeráticos, se observan fragmentos líticos de rocas extrusivas de composición intermedia, chert, cuarzo, rocas intrusivas y fragmentos de gneis y esquisto entre subangulosos y subredondeados.

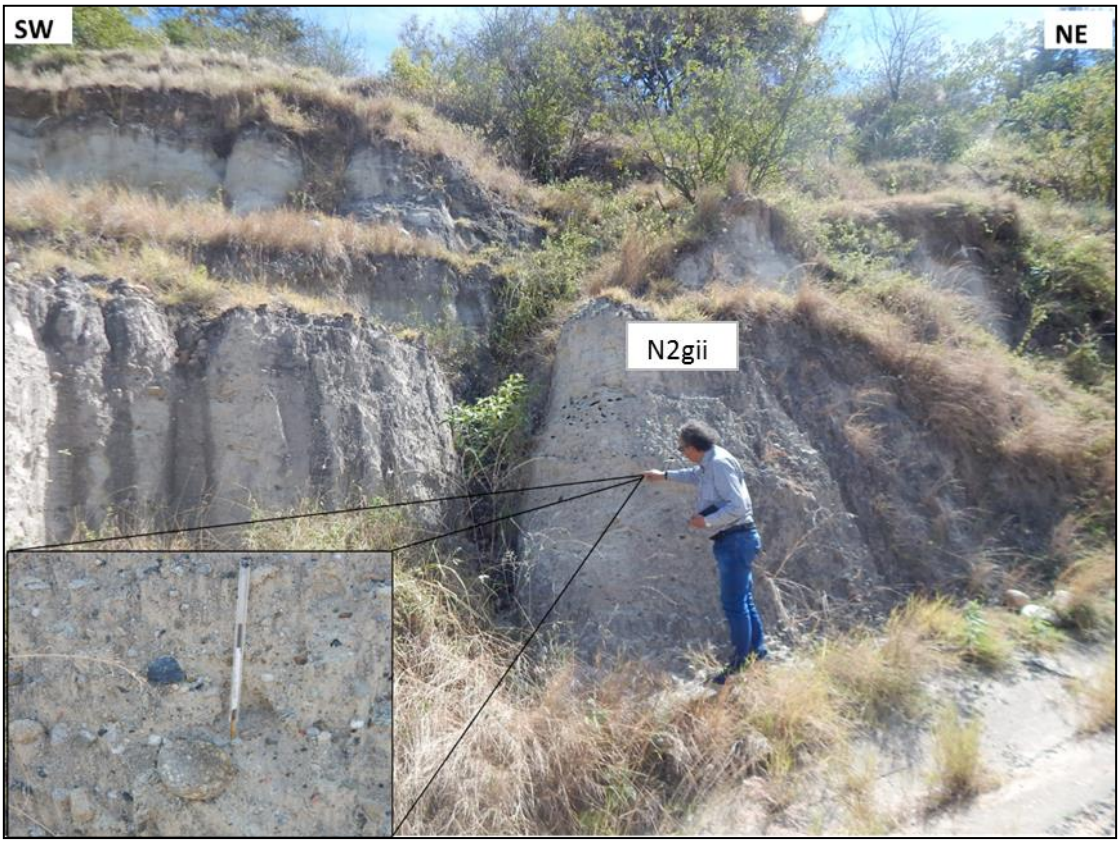


Ilustración 27 Afloramiento de la Formación Gigante medio E: 875342; N: 831641
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- **Nivel Superior (N2gis):** Principalmente conglomerados inequigranulares, matriz soportados con clastos de granodioritas, granitos, granulitas, gneises migmatíticos, ignimbritas, pórfidos andesíticos a dacíticos, dacitas, tobas, chert y cuarzo. Se intercalan con capas de areniscas de grano fino a muy grueso y arcillolitas grises y amarillas (INGEOMINAS, 1999).

Depósitos cuatrernarios, Q.

- **Depósitos de terraza alta (Q1al):** Depósitos de topografía plana, parcialmente consolidados con intercalaciones de gravas polimícticas, arenas y limos. Los clastos tienen buena redondez y están compuestos principalmente por migmatitas, granitos, andesitas, cuarzo y chert emplazados en una matriz de arena gruesa angulosa.

- **Depósitos aluvio torrenciales (Qdat):** Depósitos formados por eventos fluvio - torrenciales que se encausaron por antiguos drenajes en las partes altas de las cordilleras, y al desender y encontrarsen con un cambio brusco de la pendiente topografica, se explayaron en forma de abanicos. Depósitos semiconsolidados

conformados por bloques heterometricos embebidos en una matriz de textura variable entre areno – limosa y limo – arcillosa.

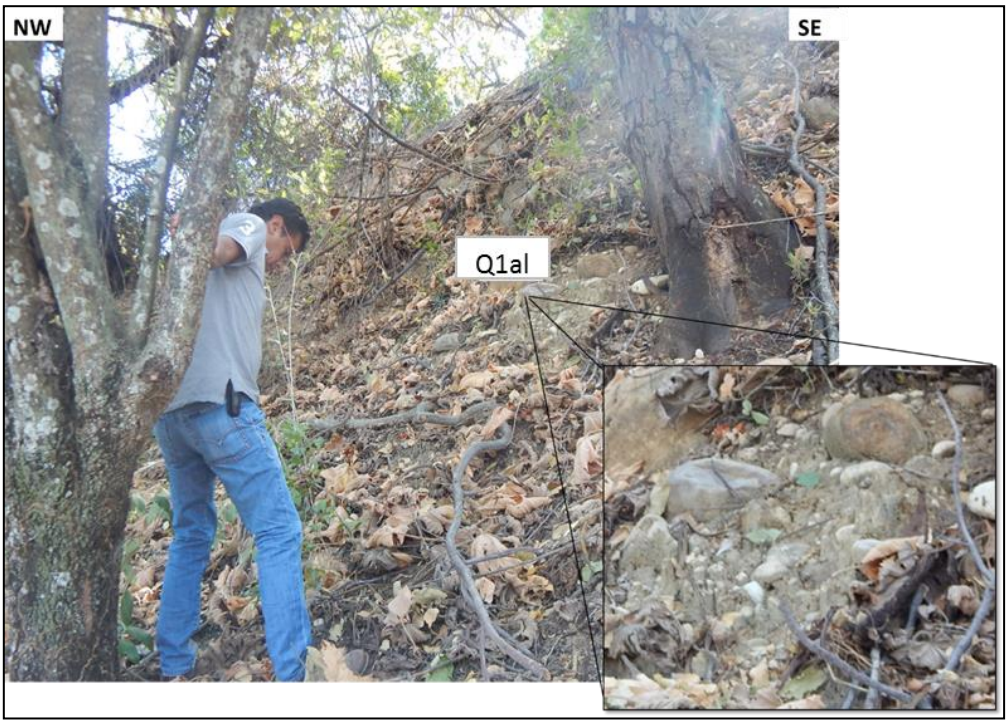


Ilustración 28 Depósitos Aluviales de Terraza Alta (Q1al) E: 875643; N: 831412
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- **Depósitos fluviolacustres (Q1fl):** Compuesto por materiales que evidencian sucesivos episodios de flujos de escombros acumulados en un área cerrada. Se estima una posible edad del Pleistoceno hasta el Holoceno.

- **Depósitos de terraza baja (Q2al):** Depósitos fluvio-volcánicos de bajo espesor (5-6m), no consolidados de gravas subred ondeadas compuestas por fragmentos de cuarzo, chert, granitos, migmatitas y gneises biofísicos embebidos en una matriz arenosa, pobremente seleccionada.

- **Depósitos Coluviales (Q2c):** Material erodado y redepositado en la base de los taludes, caracterizados por su mala selección y clastos angulosos con cantos de granodioritas, tobas y vulcanitas recientes, se encuentran en una matriz limo-arcillosa (INGEOMINAS, 1999).

- **Depósitos de Lahares (Q2lh):** Conglomerados con grandes bloques de rocas volcánicas, en una matriz areno-tobácea soldada, tiene un espesor de 40 a 50m compuesto de materiales de origen volcánico como flujos tipo lahar y cenizas (Burgos & Moreira, 1982).

- **Depósitos aluviales recientes (Qalr):** Depósitos recientes no consolidados de origen fluvial, ubicados en la llanura de inundación de ríos y quebradas, unidades de bajo espesor compuestas por arena, limo y grava.



Ilustración 29 Depósitos Aluviales recientes E: 890189; N: 840843
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.1.3 Geología Estructural

Regionalmente el Valle Superior del Magdalena, a pesar de ser una depresión tectónica, no puede ser considerado un graben como tal, ya que no está limitado por fallas normales tensionales, al contrario, fallas compresionales, más aún, al haber sido parte de un adelgazamiento dirección este de la cuenca de antepaís de la Cordillera Central antes de que la Cordillera Oriental fuese levantada. Sus principales características tectónicas incluyen un escalonamiento de falla inversa de alto ángulo y plegamiento a lo largo de los ejes longitudinales, son resultado del fallamiento del rígido basamento cristalino debido a fuerzas compresionales provenientes del oeste generadas por subducción. La deformación de los sedimentos Cretácicos-Cenozoicos tuvo lugar al final del Plioceno durante el levantamiento de la Cordillera Oriental. El previo levantamiento de la Cordillera Central evidenciado por la regresión al final del Cretáceo y por los depósitos molásicos cenozoicos fue principalmente el resultado del fallamiento en bloque con poco plegamiento o basculamiento al no haberse detectado discordancias angulares entre el inicio del Cretáceo y el final del Cenozoico.

El plegamiento y fallamiento al final del Plioceno dieron forma a la parte proximal de la cuenca de antepaís existente en un amplio sinclinorio, el Valle del Magdalena. La principal estructura sinclinal tiene su axis ligeramente buzando hacia el norte; su cierre puede ser observado cerca de Garzón, en la Formación Gigante, en cercanías a Altamira (límite sur de la Formación Honda) y cerca de Timaná (zona más meridional del Cenozoico inferior y Cretáceo). Cerca de Garzón su axis está desplazado por una falla N-S, visible como un prominente lineamiento en las imágenes satelitales. El flanco este de este sinclinal es cortado por fallas límites de la Cordillera Oriental, exceptuando un pequeño anticlinal en la Formación Honda, al este de Gigante, que anteriormente fue productora de petróleo.

Hacia el oeste de esta estructura, un anticlinal fuertemente fallado cuyo eje buzante hacia el sur puede ser identificado, iniciando desde alrededores de Agrado (Formación Gigante) hasta el núcleo de Saldaña en el Alto de la Hocha al norte del río Páez. El petróleo es producido desde la parte central de este anticlinal. Su flanco sur es cortado por la falla límite de la Serranía de las Minas.

Más al oeste, esta estructura es continuada por el prominente sinclinal de Tesalia, mostrando rocas cenozoicas al norte del río Páez y cerrando al sur de este en rocas cretácicas. La parte más occidental del fuertemente fallado anticlinal de Nátaga desaparece hacia el sur, pero la siguiente estructura sinclinal occidental puede ser continuada desde Itaibe a través de San Andrés a lo largo de gran parte del norte de la Serranía de las Minas. Esta estructura sinclinal es limitada al oeste por las fallas límite del Macizo de La Plata perteneciente a la Cordillera Central. Las fallas reversas longitudinales de alto ángulo les dan a la mayoría de anticlinales como aquellos de la parte sur de la Serranía de las Minas la apariencia de bloques que empujan hacia arriba con núcleos cristalinos.

La cuenca de Suaza es un valle anticlinal desarrollado principalmente en los conglomerados de Gualanday y Satía, pero el fallamiento longitudinal escalonado determina la mayoría de contactos geológicos, especialmente aquellos del Cretáceo como también en otros lugares dentro de la Cordillera Oriental. El angosto sinclinal de Palestina está también fuertemente fallado. Otras estructuras plegadas existen más al oeste, pero estas son ampliamente cubiertas por depósitos volcánicos. La cuenca de Pitalito es una depresión tectónica desarrollada enteramente en roca cristalina y llenada con depósitos lacustres del Holoceno.

Fallas Regionales y Locales

- **Falla La Plata – Chusma:** Trazo más destacado del sistema de Fallas de Chusma, relacionado al salto topográfico que define el inicio de la cordillera central. Desde el sur de La Plata hacia el norte pone en contacto rocas plutónicas, volcánicas y metamórficas con las unidades del Valle Superior del Magdalena, como secuencias sedimentarias paleógenas, cretácicas, vulcanitas de la Formación Saldaña y depósitos cuaternarios. Hacia el sur de La Plata no hay tal diferenciación, y afectan sólo las unidades de rocas plutónicas y volcánicas, y pueden incluso tener efecto sobre las ignimbritas neógenas de la Formación Guacacallo, pero por falta de estudios detallados, se asume por ahora como solapada bajo estos depósitos.

  Esta falla delimita un cinturón de cabalgamiento con estilo estructural de cobertura gruesa, con dirección de transporte tectónico al SE e inclinación general del plano de falla al NW. Por la configuración sinuosa de la línea de falla y la presencia de algunos afloramientos paleógenos “aislados” directamente relacionados con su trazo, se infiere un ángulo relativamente bajo de inclinación del plano de falla y, además, la posibilidad de encontrar bajo las rocas cristalinas, unidades sedimentarias del Valle Superior del Magdalena (subthrust).

  Un estudio detallado de esta falla puede determinar la posibilidad de actividad reciente, al analizar aspectos como los cambios fuertes de pendiente, lineamientos, control de drenajes, reptación y deslizamientos en depósitos cuaternarios asociados como los de La Plata, Itaibe, Pacarní y otros.

- **Falla Corozal:** Corresponde a un retrocabalgamiento del Sistema de Fallas de Chusma, con vergencia al noroccidente e inclinación al suroriente, orientada en sentido N30ºE, con un trazo más o menos recto, que indica fuerte inclinación del plano de falla. Aunque localmente en la Plancha 323 (Ferreira et al., en prep.) se muestre como una falla con plano inclinado al noroccidente, una visión regional del trazo de aproximadamente 50 km de extensión permite establecer la vergencia al noroccidente, que hace cabalgar en un sector a las metamorfitas precámbricas del Complejo Aleluya sobre la Formación Saldaña del Jurásico.

- **Falla El Fraile – La Pava:** La Falla El Fraile-La Pava tiene un trazo destacado hacia el suroccidente, al sur del río Páez, pero sólo en el macizo conformado por el Ortogranito de La Plata y al igual que las anteriores se pierde bajo las ignimbritas de la Formación Guacacallo. De todos modos, esta falla tiene características especiales que la hacen importante para su estudio detallado, ya que presenta rasgos neotectónicos asociados. Además, de la fuerte milonitización, ICEL (1983) reporta que "disloca y pliega una pequeña terraza del río Páez cerca al sitio denominado Frayle". Además, se observa que controla depósitos cuaternarios a lo largo de su trazo como en Jerusalem, entre Gaitania y Santa María (Plancha 322) donde esta acumulación cuaternaria se puede explicar cómo depositada en una cuenca de tracción (pull apart basin) relacionada con movimiento de rumbo de la falla.

  La expresión de la Falla El Fraile-La Pava, al igual que la de Corozal y Macama, en el noroccidente del Departamento del Huila, permite interpretarlas como trazos correspondientes a retro cabalgamientos relacionados con la falla principal de La Plata-Chusma que define este estilo tectónico de cabalgamiento en el borde oriental de la Cordillera Central. Estas fallas de backthrust presentan ángulos más altos de inclinación, de ahí su expresión más rectilínea en superficie, en relación con la Falla

  La vergencia de la Falla El Fraile-La Pava es también hacia el noroccidente con plano de falla inclinado al suroriente.

- **Falla Macama:** Con una orientación del trazo de falla de aproximadamente N30ºE, la Falla Macama se originaría en el Macizo Colombiano, cruza el río Páez en el Departamento del Cauca para terminar unida a la Falla El Fraile-La Pava, al norte de Santa María en la Plancha 322 (Gómez et al., en prep. a) cerca al límite de los departamentos de Huila y Tolima. Se trata de otro retrocabalgamiento con alta inclinación del plano de falla hacia el suroriente, que con vergencia al noroccidente pone en contacto localmente sedimentitas de la Formación Luisa (Triásico) con rocas intrusivas del Jurásico. Junto con la Falla El Fraile-La Pava al oriente, delimitan, por retro cabalgamientos, un bloque donde se logró conservar la secuencia triásico-jurásica de las formaciones Luisa, Payandé y Saldaña e incluso parte del Cretácico con la Formación Caballos.

  Según Marquínez et al. (2001b), en la zona de la Plancha 344-Tesalia, la Falla Macama presenta importante actividad neotectónica, observada en la intersección de su trazo con el río Páez donde se encuentran terrazas pumíticas basculadas.

- **Falla Avirama:** La Falla Avirama tiene trazo rectilíneo orientado aproximadamente N30ºE, aunque en el Departamento del Huila se cartografía sólo por 10 km hacia

N20ºE. Según ICEL (1983) se trata de una falla de tipo normal, sin evidencia de movimientos recientes; sin embargo, Gómez et al. (en prep. a y b) advierten que en la zona de la Plancha 322 Santa María, al suroriente de Gaitania, se presentan trazos que por su disposición podrían indicar que se trata de una falla de rumbo.

- **Falla El Agrado – Betania:** Esta estructura geológica se constituye en una de las más destacadas en la geología del Departamento del Huila, después de las fallas que conforman los límites de las cordilleras con el valle del río Magdalena. Su nombre es un intento para aclarar la nomenclatura de los rasgos que se han conocido como “Fallas del Magdalena” y que Diederix & Gómez (1991), entre otros autores, han cartografiado asociados al recorrido del río Magdalena al bajar del Macizo Colombiano y a lo largo del piedemonte oriental de la Serranía de Las Minas.

  La Falla El Agrado-Betania tiene vergencia o transporte tectónico al suroriente con inclinación del plano hacia el noroccidente; conforma un cinturón de cabalgamiento de escamación gruesa, que asociado en profundidad con el Sistema de Fallas de Chusma dio lugar al levantamiento de la Serranía de Las Minas. Pone en contacto principalmente rocas antiguas del Precámbrico, Paleozoico y Jurásico con las rocas sedimentarias del Cretácico, Paleógeno y Neógeno del Valle Superior del Magdalena.

  Las cuñas de rocas cretácicas y paleógenas que se encuentran asociadas al trazo principal de la falla y su trazado en superficie, sugieren la posibilidad de encontrar estructuras tipo subthrust debajo del basamento precretácico del borde oriental de la Serranía de Las Minas.

- **Falla Itaibe:** Toma su nombre de la población ubicada en el Departamento del Cauca, cerca al límite departamental (Diederix & Gómez, 1991) donde se vuelve a unir a la Falla La Plata-Chusma después de desprenderse de la misma en el sur en la Plancha 366 Garzón, y conforma el valle del río La Plata donde se presentan acumulaciones de abanicos del Cuaternario. Se trata del límite occidental de la Serranía de Las Minas y el retrocabalgamiento más occidental relacionado con la Falla El Agrado-Betania que es el borde oriental de la serranía. La Falla Itaibe presenta otras fallas menores o satélites asociadas a su trazo que dan lugar a un fuerte fracturamiento de las rocas del Cretácico en este costado de la Serranía de Las Minas.

- **Falla Las Minas – San Andrés:** Corresponde a un retrocabalgamiento con vergencia al noroccidente asociado a la Falla El Agrado-Betania; cruza por la parte más alta de la Serranía de Las Minas y termina cerca de la población de Paicol en el valle del río Páez, donde la falla es cortada por otro cabalgamiento asociado al Sistema de Chusma, llamado Falla Pacarní. Un segmento se desprende por el

recorrido de la quebrada Las Minas al acercarse a su desembocadura en la quebrada La Yaguilga, y se une a la Falla El Pital.

- **Falla El Pital:** Es el retrocabalgamiento más oriental asociado a la Falla El Agrado-Betania, el cual pone en contacto rocas precámbricas y paleozoicas con la de El Pital y El Agrado donde se une al trazo principal de El Agrado-Betania por la quebrada La Yaguilga. Hacia el sur también se conecta con la falla de cabalgamiento cerca de la población de Salado blanco.

- **Falla Pacarní:** Es una falla de ángulo bajo, con vergencia al suroriente, relacionada con el Sistema de Chusma. Cabalga rocas del Jurásico y Cretácico sobre unidades paleógenas y cretácicas, y conforma una cuña desde el sur del río Páez hasta el norte de la población de Íquira.

- **Falla de Algeciras:** Falla que enfrenta rocas precámbricas y jurásicas con sedimentarias del Neógeno, falla de rumbo con movimiento destral y actividad reciente. Hacia el nororiente de la localidad de Gigante hace cabalgar rocas precámbricas sobre intrusivos jurásicos (INGEOMINAS, Memoria explicativa. Mapa Geológico del Departamento del Huila, 2001).

- **Falla de Baraya:** Falla de cabalgamiento cuyo plano buza hacia el oriente, posee un rumbo de N25 a 35E poniendo en contacto los equivalentes del Grupo Villeta y la Grupo Guadalupe con las rocas del Grupo Honda. Esta falla limita la cuenca de depositación del Grupo Honda y la Formación Gigante (INGEOMINAS, Memoria explicativa. Mapa Geológico del Departamento del Huila, 2001).

Pliegues Sinclinales y Anticlinales:

- **Sinclinal de San Antonio:** Sinclinal asimétrico de eje fallado, con dirección N40-45E, el flanco sur está tumbado, buzando hacia el oriente. Las capas se normalizan a partir de una falla en sentido E-W y empiezan a buzar al occidente. En el núcleo del sinclinal, afloran rocas cenozoicas equivalentes al Grupo Gualanday, en el flanco occidental afloran los equivalentes del Grupo Villeta y la Grupo Guadalupe. En la parte oriental se encuentran las rocas de la Formación Caballos descansando de forma discordante sobre el Granitoide de Algeciras y la Formación Saldaña. Al costado nor-oriental se produce la repetición de unidades gracias a la falla El Bramal, mientras que la falla de Baraya limita su costado sur-occidental (INGEOMINAS, 1999).

- **Sinclinal de Tesalia**: En su flanco afloran las Formaciones Guaduala, Palermo y Bache, equivalentes al Cretácico superior hasta el Paleógeno, en el área dominan los buzamientos bajos a moderados, hacia el W-SW con ángulos no superiores a los 40°. La formación Potrerillo aflora en ambos flancos del sinclinal. Se reporta la

presencia de la Formación Doima en el centro del sinclinal, así como también estratos deformados del Grupo Honda (Jiménez, 2008).

- **Sinclinal La Media Luna:** Localizado al norte de la localidad de Aipe y limitado por la Falla de Chusma al sur. En su núcleo, presenta arcillolitas pertenecientes a la Formación Seca. En sus flancos se puede encontrar la sucesión cretácica que reposa discordantemente sobre la Formación Saldaña (INGEOMINAS, Memoria explicativa. Mapa Geológico del Departamento del Huila, 2001).



Ilustración 30 Sinclinal de Medialuna a la izquierda interpretación de imagen satelital a la derecha se muestra la estructura del sinclinal de media luna
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- **Anticlinal de La Hocha:** Se localiza entre las fallas La Hocha y El Agrado-Betania. Al sur es estrecho y se amplía en dirección norte, su núcleo presenta la discordancia entre la Formación Caballos y la Formación Saldaña, hacia su flanco oriental se observa la sucesión cretácica (INGEOMINAS, Memoria explicativa. Mapa Geológico del Departamento del Huila, 2001).

- **Anticlinal La Cañada:** Junto con el Anticlinal El Agrado se ubican en un bloque de rocas paleógenas a neógenas. Se encuentra limitado por las fallas El Agrado-Betania al noroccidente y Gigante al suroriente. Posee cabeceo dirección SW (INGEOMINAS, Memoria explicativa. Mapa Geológico del Departamento del Huila, 2001).

- **Anticlinal San Francisco:** Estructura estrecha y asimétrica, limitada por la falla de Baché al oriente y la falla de San Francisco al occidente, afecta a las rocas del Cretácico, incluso la Formación Seca que aparece en su costado occidental

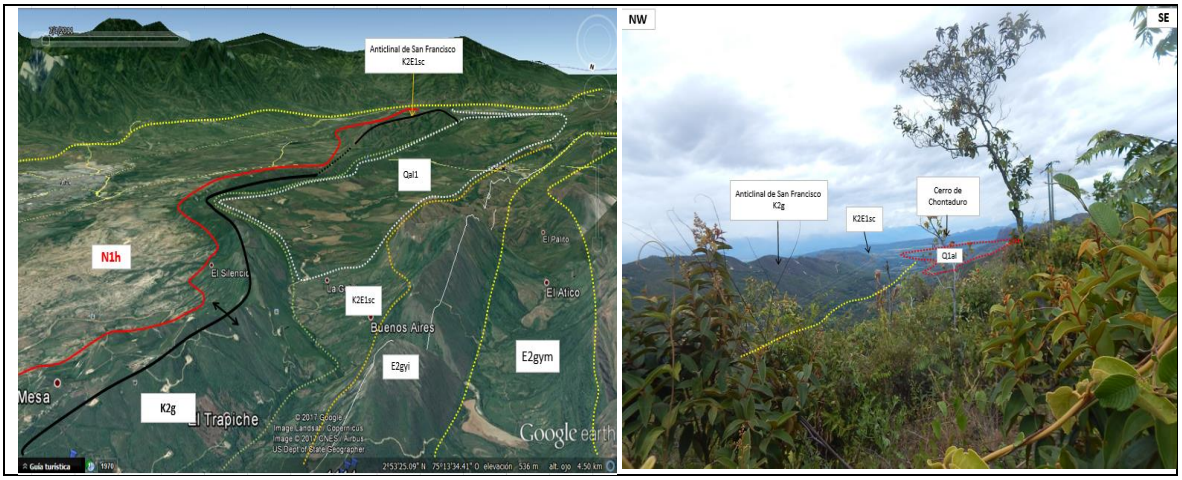


Ilustración 31 Anticlinal de San Francisco a la izquierda interpretación de imagen satelital a la derecha se muestra la estructura del Anticlinal
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.1.4 Modelo Geológico Con Interés Hidrogeológico En Sector Centro, Noroccidental Y Nororiental De La Cuenca Del Valle Superior Del Río Magdalena En El Departamento Del Huila.

Teniendo en cuenta las características geográficas, litológicas y estructurales, desde el punto de vista hidrogeológico el área de estudio se localiza en la Provincia Hidrogeológica del Valle Alto del Magdalena (SAM2.3) del Sistema Acuífero Neiva-Tatacoa - Garzón, se puede diferenciar claramente tres regiones de interés hidrogeológico diferente como son: Región Norte, Región Centro y Región occidente.

En la Ilustración 32 se presenta el Mapa geológico obtenido a escala 1:25.000 para el Sector Centro, Noroccidental y Nororiental de la Provincia Hidrogeológica del Valle Alto del Magdalena (SAM2.3) en el Departamento del Huila (**Ver Anexo B-2 del GE393-REG-PSIG-GE-001-00 al GE393-PMAA-PSIG-GE-069-00)**

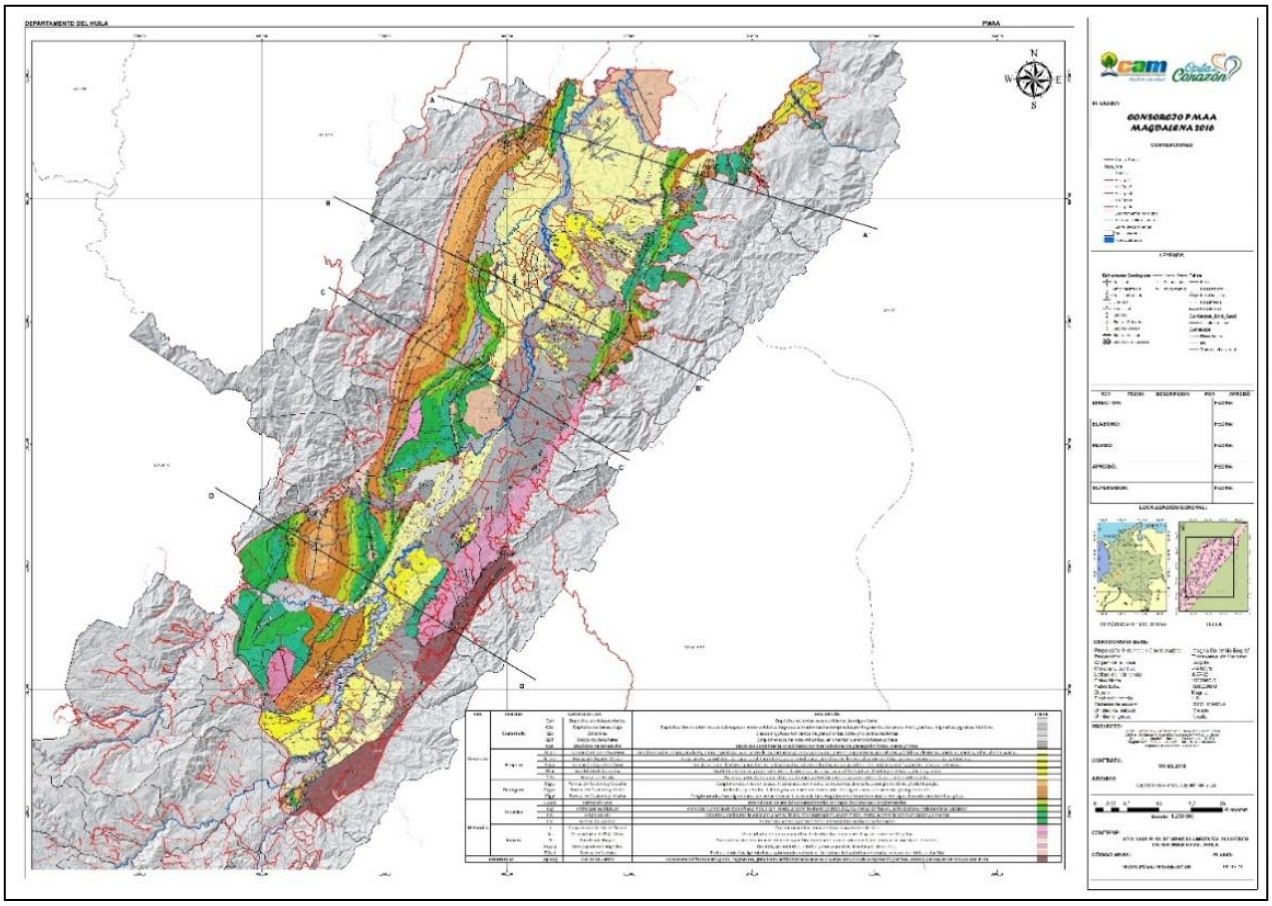


Ilustración 32 Mapa Geológico Departamento del Huila. Escala 1:25.000
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Los Cortes geológicos A-A´, B-B´, C-C´ y D-D´ y las representaciones del modelo 3D son secciones transversales perpendiculares a las estructuras geológicas en dirección NW-SE, como se muestran a continuación. (**Ver ANEXO B-3 GE393-PMAA-PSIG-PG-001-00 y ANEXO B-4 GE393-PMAA-PSIG-BG-001-00)**

3.1.4.1 Región Norte

La conforman en los Municipios al Neiva, Aipe, Algeciras, Baraya, Colombia Huila, Hobo, Íquira, Rivera, Santa María, Tello, Campoalegre, Villavieja, Palermo, Yaguará, Teruel. Los cortes geológicos y diagramas en bloque A-A´, B-B´y C-C´, esquematizan el Modelo Geológico para dicha región.

3.1.4.1.1 Corte Geológico A- A´

En la **Ilustración 33**, se exhiben a manera de perfil geológico en direción NO - SE, las estructuras presentes al norte del área de estudio, como los sinclinales de Media Luna,

Cabañas y Tivoli y sistema de Fallas de Chusmas, la Falla de Andalucia y la Falla de Baraya entre otras menores, así como su relación estratigráfica, descritas de forma detallada a continuación:

- Entre las progresivas K0+000 y aproximadamente K3+000 se pueden observar de las formaciones cretácicas de la Formación Caballos(K1c), Grupo Villeta (K2v) y del Grupo Guadalupe (K2g) suprayaciendo la Formación Saldaña, las cuales se encuentran plegadas formando el sinclinal de Media Luna.

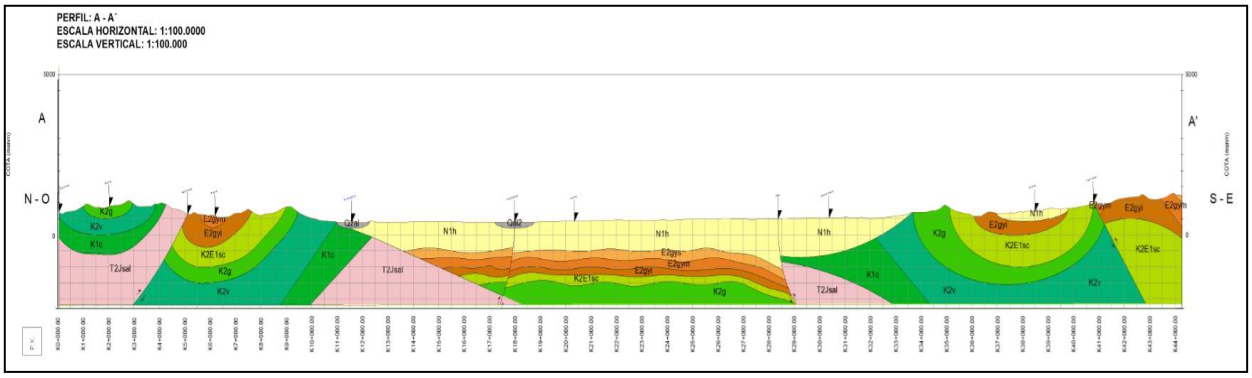
- En la progresiva K3+000 en un contacto fallado (Falla de Chusmas) entre Formación Saldaña (T2Jsal) y la secuencia de rocas cretácicas (K2v,K2g,K2E1sc), hasta la formación paleógena Gualanday medio e inferior (E2gym, E2gyi), plegandose desde la progresiva K3+000 hasta K9+000 aproximadamente formando sinclinal Cabañas.

- Ente K11+000 y K12+250, se muestra el Depósito Aluvial asociado al proceso de depsotación del Río Magdalena. Estos que suprayace por su flanco Occidental la Formación Caballos (K1c) y por el flanco Oriental el Grupo Honda (N1h).

- Desde la progresiva K11+500 y hasta K28+500 aproximadamente, la sección en muy muy homogénea, exhibiendo desde el grupo Guadalupe (K2g) y hastal Grupo Honda, en contacto neto. Entre las prograsivas K17+500 y K18+000 se puede ver una falla inversa que afecta la secuencia en este sector y que en superficie se encuentra cubierta por un depósito cuaternario. Cabe resaltar que al Occidente, en esta región, la secuencia anteriormente descrita, descansa discordantemente sobre la Formación Saldaña.

- En aproximadamente K29+000 se observa la Falla Andalucia de tipo inverso, que afecta la secuencia y levanta la Formación Saldaña.

- El sinclinal de Tivoli se identifica en este corte entre las progresivas K32+000 y K40+750 aproximadamente, donde desde es limitado por la Falla de Baraya que finalmente ocaciona el levantamiento y plegamiento de la secuencia hacia el final del corte.



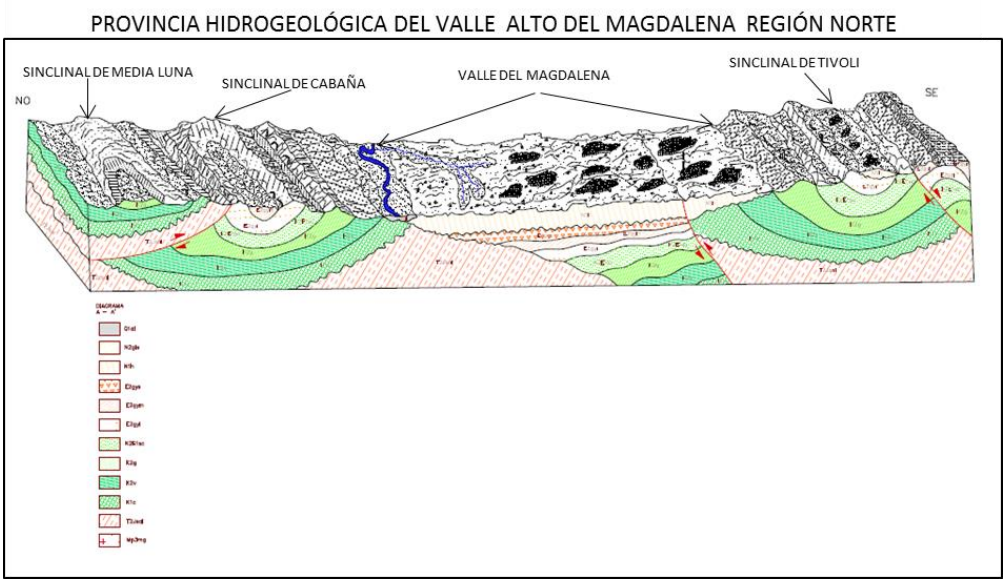


Ilustración 33 Corte Geológico A-A´ y Modelo 3D sector Noroccidental y Nororiental Cuenca VSM Escala 1:25.000
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.1.4.1.2 Corte Geológico B- B´

En la **Ilustración 34**, se muestra el corte en dirección NO-SE, donde se puede ver la relación estratigráfica y espacial de las estructuras y secuencias presentes en esta zona, las cuales se describen a continuación de forma detallada:

- El corte geológico inicia en la progresiva K0+000 donde se encuentran aflorando rocas del Batolito de Igague hasta la progresiva K1+000.

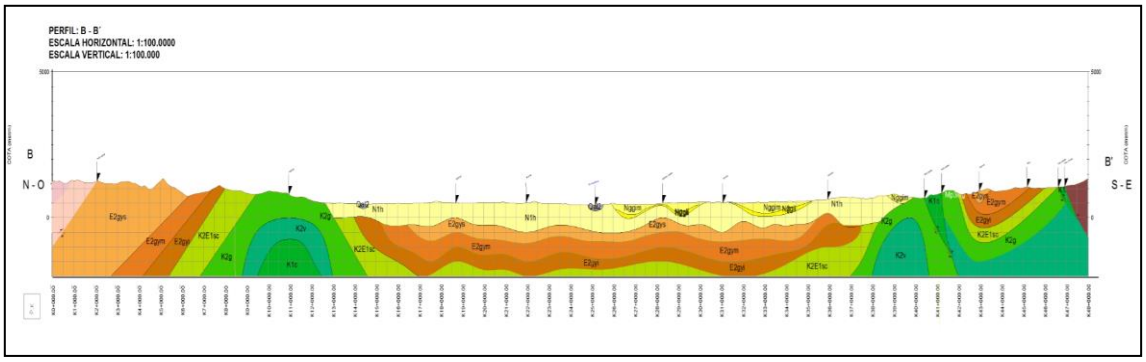
- Entre las progresivas K1+000 y K3+000 se observa la secuencia de la Formación Gualanday y sus mienbros inferior, medio y superior.

- Entre las progresivas K3+000 se presenta el contacto neto de la Fromación Gualanday inferior (E2gyi) y la Fromación Seca (K2E1).

- K3+000 hasta K14+000, aproximadamente, se observa el plegamiento formando el anticlinal de San Fransisco el cual tiene como núcleo rocas de la Formación Caballos (K1c) y rocas del Grupo Villeta (K2v) y en los flancos rocas del Grupo Guadalupe (K2g) esta estructura es de gran importancia en la industria petrolera, ya que se han desarrollados importantes campo petroleros en donde se han practicado tecnicas de recuperación segundaria por inyeccion de agua en los cuales se han realizado estudios de modelos de flujos los cuales son datos reservados por las empresas petroleras.

- A partir de la progresiva K14+000 y hasta más o menos la progresiva K40+000, se obseva que la secuencia desde la formación Seca hasta la Formación Gualanday superior, la cual es suprayacida por el Grupo Honda ha sido afectada por procesos compresivos plegamientos formando anticlinales como por ejemplo el anticlinal de Dinal y Anticlinal de Palogrande. Entre K24+800 y K25+500 se puede observar el Depósito Aluvial del Río Magdalena. Las Formaciones Gigante inferior y Gigante medio aparecen en esta sección entre K26+000 y K35+500.

- El flanco Oriental de la cuenca, corresponde al sinclinal de Antonio el cual, a su vez se ecuentra afectado por una serie de fallas inversas, una de ellas, la más Oriental, lo pone en contacto con el basamento Precámbrico.



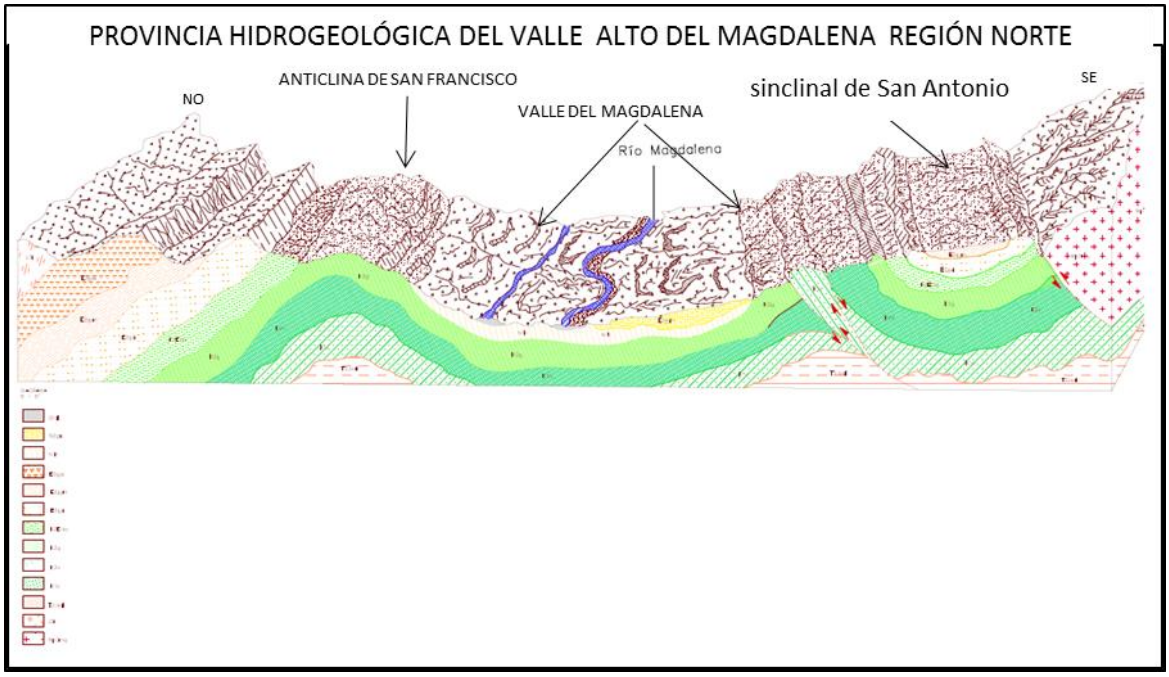


Ilustración 34 Corte Geológico B-B´ y Modelo 3D sector Noroccidental Y Nororiental Cuenca VSM
Escala 1:25.000
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.1.4.1.3 Corte Geológico C- C´

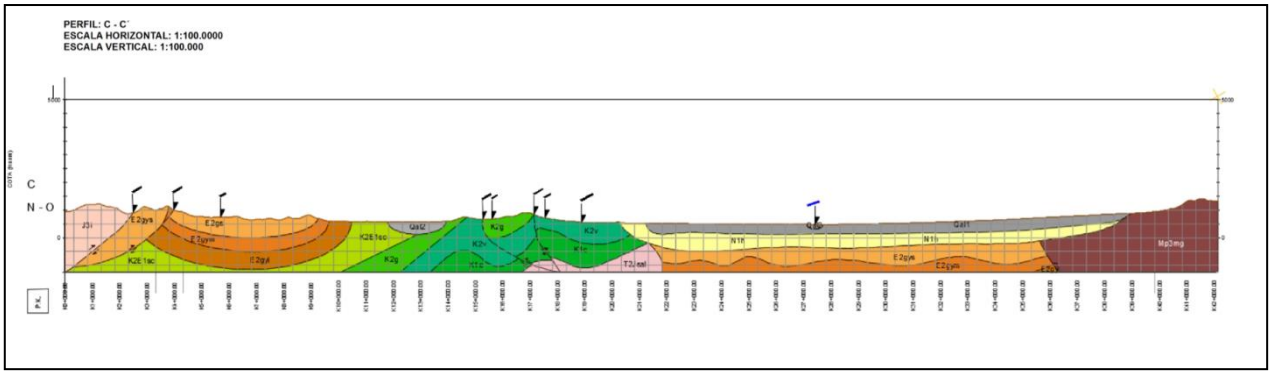
Este corte atraviesa de NO - SE la parte Noroccidental y Nororiental del área de estudio. A continuación se describe detalladamente la relación estratigráfica de las secuencias y estructuras presentes en la zona a partir del perfil geológico que se puede ver en la **Ilustración 35**.

- En la parte más Occidental del perfil, entre las progresivas K0+000 y K4+200, se puede ver el sistema de de Fallas de Chusmas que ponen en contacto rocas del Paleógeno y rocas Jurásicas del Batolito de Ibagué.

- Entre las progresivas K4+200 a K13+000 se puede observar el Sinclinal de Palermo donde se encuentran plegadas las secuencias de las rocas de edad del Cretacio y del Neogeo, las cuales entre las progresivas K11+500 y K14+000 se encuentran cubierto en una pequeña parte por un depósito cuaternario.

- A partir de la progresiva K14+000 y hasta aproximadamente la progresiva K21+000, la secuencia de rocas cretácicas se encuentran afectadas por plegamiento y fallas locales, donde se pueden reconocer el anticlinal de San Fransico, y contiguo a este el pliegue que forma la estructura de sinclinal , de igual forma, se ecuentran afectadas por fallas normales evidenciandose el fuerte control estructural presente en el área de estudio.

- Desde la progresiva K21+000 y hasta más o menos la progresiva K39+000 la cuenca presenta homogeneidad en cuanto a los materiales del depósito cuaternario del río Magdalena, y las rocas de la Formación Gigante, que se encuentra suprayaciendo al Gr. Honda. Infrayaciendo estas dos unidades, se pueden observar las Formaciones Gualanday superior y media, que aproximadamente en la progresiva K36+000 se encuentran en contacto fallado con rocas del Precámbrico en el flanco Oriental donde se encuentra el sistema de falla Suaza – Garzón – Algeciras.



PROVINCIA HIDROGEOLÓGICA DEL VALLE ALTO DEL MAGDALENA REGIÓN NORTE

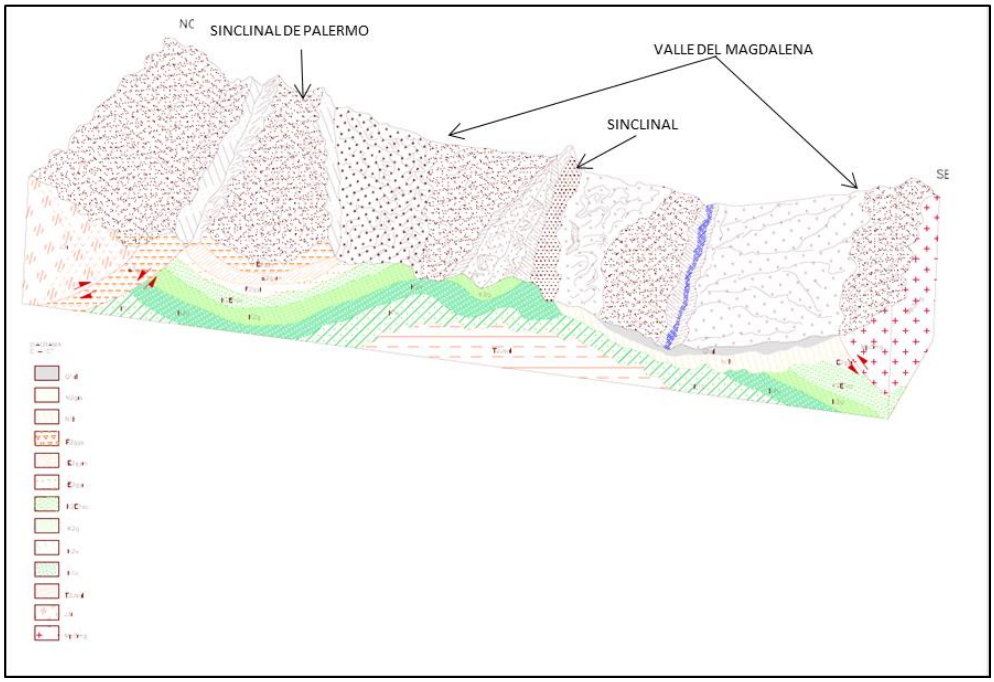


Ilustración 35 Corte Geológico C – C´ y Modelo 3D sector Noroccidental y Nororiental Cuenca VSM Escala 1:25.000
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Desde el punto de vista de interés hidrogeológico en la región norte se priorizan los acuíferos más someros ya que tiene importancia en el abasteciendo de comunidades, es decir, los acuíferos de la libres de los Depósitos Cuaternarios y los acuíferos semi-confinados a confinados de la Formación Gigante, y Gr. Honda. También se observa cierres estructurales favorables para el almacenamiento potencial de agua subterránea como lo es el amplio geosinclinal del Valle del Magdalena y pliegues menores de los sinclinales de Media Luna, Cabaña, Tivoli, Cabrera, Palermo y San Antonio en la en los cuales se estiman las mayores reservas de agua subterránea.

3.1.4.2 Región Centro

La conforman los Municipios de Garzón, Altamira, El Pital, El Agrado y Gigante al centro del Departamento del Huila. En la parte oriental del corte geológico D-D´ (al flanco derecho del anticlinal de la Hocha) se presenta el modelo geológico de la región centro en donde se priorizan los acuíferos más someros, es decir, los acuíferos de la libres de los Depósitos Cuaternarios y los acuíferos semi-confinados a confinados de las Formación Gigante. También se observa en esta región se presentan estructuras favorables para el almacenamiento potencial de agua subterránea, como lo son pliegues, de los sinclinales de Garzón, y de Tesalia, en los cual se almacena las mayores reservas de agua subterránea de la región centro.

3.1.4.3 Región Occidente

La conforman los Municipios de La Plata, Paicol, Tesalia, Nátaga. El corte Geológico D-D´ y diagrama en bloque D-D´, esquematizan el Modelo Geológico del sector occidental del área de estudio del PMAA.

3.1.4.3.1 Corte Geológico D - D´:

El corte D-D´ en dirección NO-SE exhibe esquemáticamente la relación estratigráfica y espacial de las estructuras y secuencias que se encuentran al Occidente en el área de estudio y que se describen detalladamente a continuación **Ilustración 37**:

Región occidental:

- En el flanco Occidental, entre las progresivas K0+000 hasta aproximadamente K5+800 se encuentran una serie de fallas inversas que afectan rocas cretáciacas de la secuencia estratigráfica.
- A partir de progresiva K4+200 hasta la K20+500 se observa el sinclinal de Tesalia conformado por rocas desde el Cretácico hasta el Paleógeno. Desde K20+500 hasta K25+500 se identifica el pliegue anticlinal de la Hocha, compuesto en su núcleo por rocas Triásico-Jurásicas de la Formación Saldaña y en sus flancos por rocas cretácicas de la Formación Caballos, Grupo Villeta y Grupo Guadalupe. Esta estructura es de gran importancia en la industria petrolera, ya que se han

desarrollados importantes campo petroleros en donde se han practicado tecnicas de recuperación segundaria por inyeccion de agua.

Región centro:

- En contacto fallado, mediante falla inversa, se encuentran las rocas cretácicas anteriormente mencionadas y rocas Neógenas, desde la progresiva K24+300 y hasta

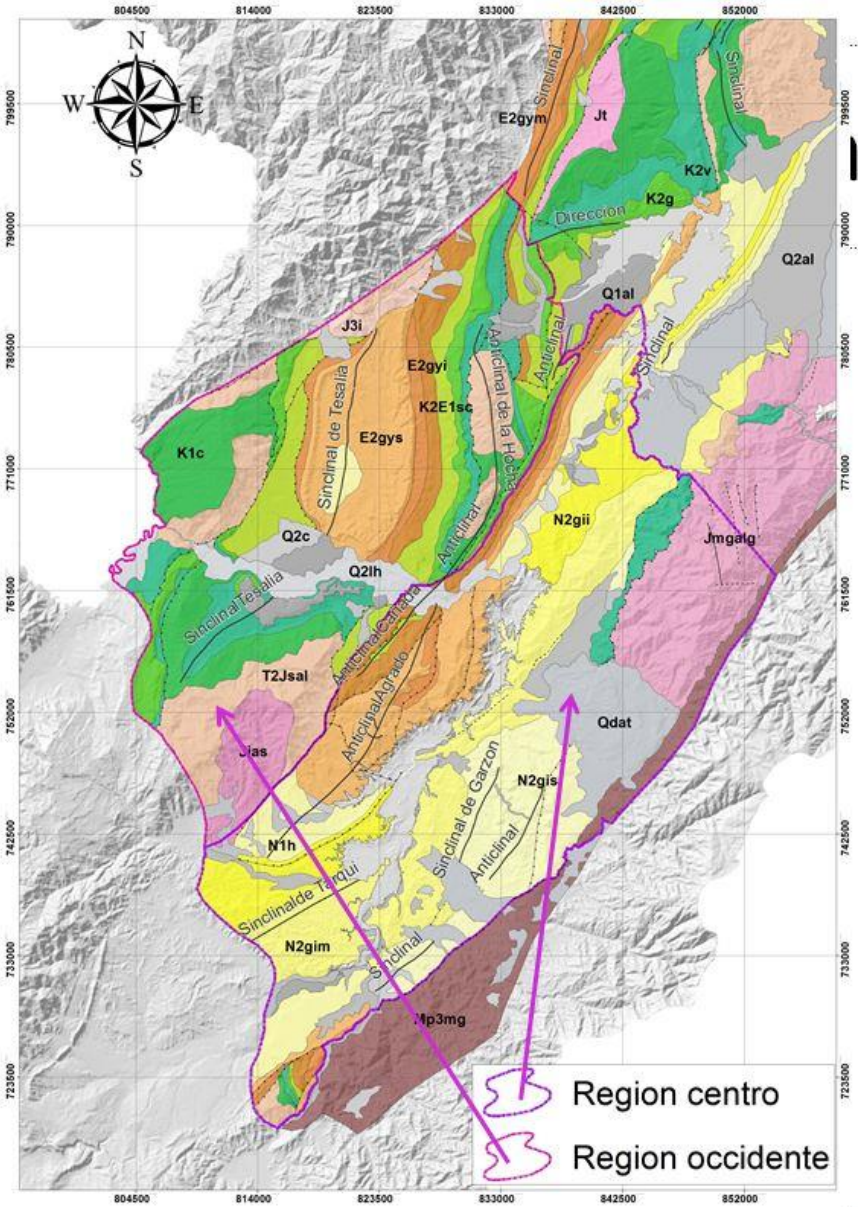
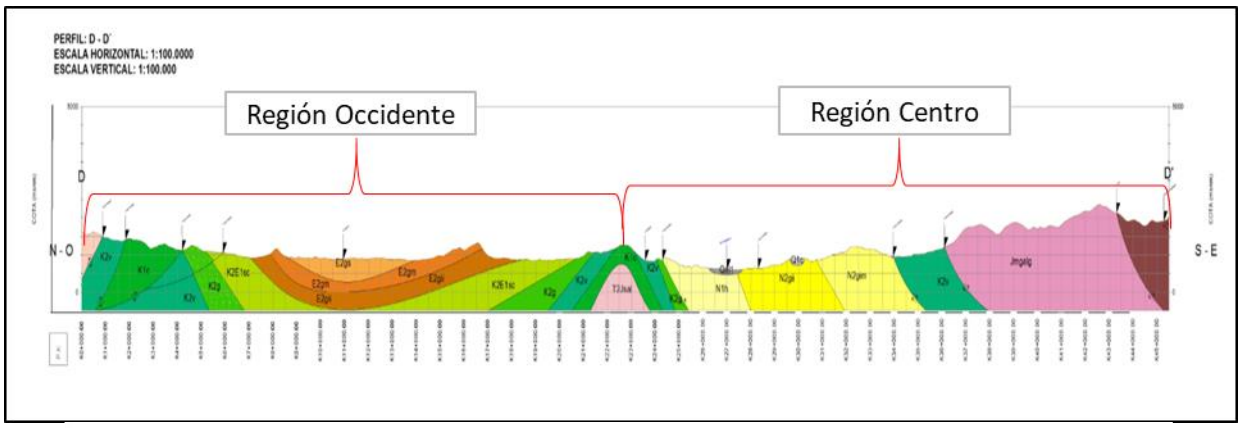


Ilustración 36 Modelo geológico sectores Centro y occidental de la Cuenca VSM Escala 1:25.000
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- aproximadamente K34+000 donde en contacto fallado, las rocas Neógenas del Grupo Honda (N1h) de nuevo se encuentran con rocas cretácicas de la Formación

Villeta. El depósito cuaternario del río Magdalena, se observa entre las progresivas K26+250 hasta K27+700.

- El flanco Oriental de la cuenca en este sector, se encuenta conformado por rocas del Jurásico, del Monzogranito de Algeciras que se encuentra en contacto fallado por el sistema de fallas Suaza- Garzón con rocas del Precámbrico en esta zona.



PROVINCIA HIDROGEOLÓGICA DEL VALLE ALTO DEL MAGDALENA REGIONES CENTRO Y OCCIDENTE

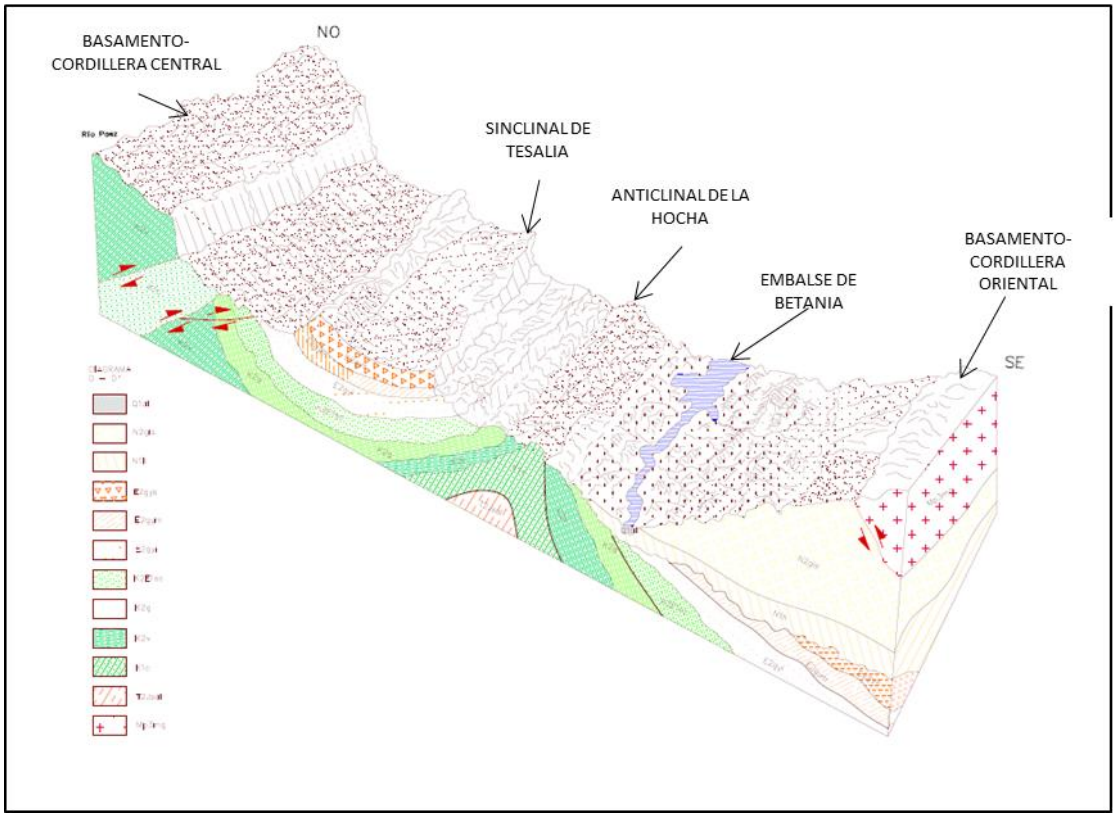


Ilustración 37 Corte Geológico D – D´ Modelo 3D sector Centro Noroccidental y Nororiental Cuenca VSM Escala 1:25.000
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Desde el punto de vista hidrogeológico en la región occidental se priorizan los acuíferos más someros es decir, los acuíferos de la libres de los Depósitos Cuaternarios, y las estructuras favorables para el almacenamiento potencial de agua subterránea como lo es el pliegue del sinclinales de Tesalia en el cual se almacena las mayores reservas de agua subterránea en esta región.

Consideraciones:

En general el área de estudio del PMAA, se pueden definir como regiones de interés con potencial hidrogeológico aquellas áreas donde la litología y el cierre de las estructuras geológicas permitan la recarga, el tránsito y almacenamiento (especialmente los sinclinales) del agua subterráneas. Como se mención en cada de las regiones de interés hidrogeológico se consideran de importancias en la priorización de los acuíferos de las unidades permeables que conforman sistemas de acuíferos libres de los sedimentos no consolidados, a semiconsolidados, de los: Depósitos cuaternarios de terraza alta (Q1al), Depósitos de terraza baja (Q2al), Depósitos aluvio - torrenciales (Qdat), Depósitos de lahar (Q2lh), Depósitos coluviales (Q2c), y Depósitos aluviales recientes (Q2alr) y los acuíferos multicapas semi-confinados a confinados de las Formación Gigante (N2gii), y en ocasiones los niveles de arenisca conglomerática de la Grupo Honda (N1h), los cuales son de vital importancia, ya que son los acuíferos más someros que pueden ser de uso para el abastecimiento de comunidades. En el ítem 2.11 Construcción del Modelo Hidrogeológico Conceptual se explica a detalle cada uno de los acuíferos su priorización y uso.

En la **Ilustración 38** se resalta la distribución espacial donde se localizan superficialmente de las formaciones geológicas de interés y de priorización de los acuíferos someros que conforman el área de PMAA.

En cuanto a la Formación Caballo (K1c), Grupo Guadalupe (K2g), Formación Gualanday miembros inferiores y superior (E2gyi, E2gys), por sus propiedades y características de porosidad y permeabilidad conforman acuíferos confinados de alta productividad y su uso puede ser para el consumo humano, industrial y agrícola. Estos son acuíferos más profundos que los anteriores y suelen ser agua subterránea de buena calidad que cuentan con las mayores reservas de agua subterránea en el departamento del Huila.

En cuanto a las rocas del Grupo Villeta (K2v), Formación Seca K2E1sc, y la Formación Arcillolitas de Colombia (Nac),3 no representan interés hidrogeológico ya que en un mayor porcentaje la conforman materiales impermeables que dificultan el tránsito de las aguas subterráneas a su través, no son de interés para la obtención de caudales que puedan servir para cubrir necesidades hídrica, pero en la naturaleza juegan un papel importante

como elementos transmisores del agua en recarga verticales a través de grandes superficies, estos son considerados entre acuitardos y acuicludos.

Las rocas del Macizo de Garzón (Mp3mg), Formación Saldaña (T2Jsal), Monzogranito de Algeciras (Jmgalg), Monzogranito de Altamira (Jgal), Batolito de Ibagué (J3i), Monzodiorita de El Astillero (Jias), Cuarzomonzodiorita de Teruel (Jt), son rocas muy compactas, por su textura y baja porosidad de materiales impermeables que no permiten el almacenamiento ni el tránsito de agua subterráneas, por lo tanto forman barreras hidráulicas, que solo conducen agua en el caso de estar muy fracturadas o se encuentren muy meteorizada (zona de weathering).

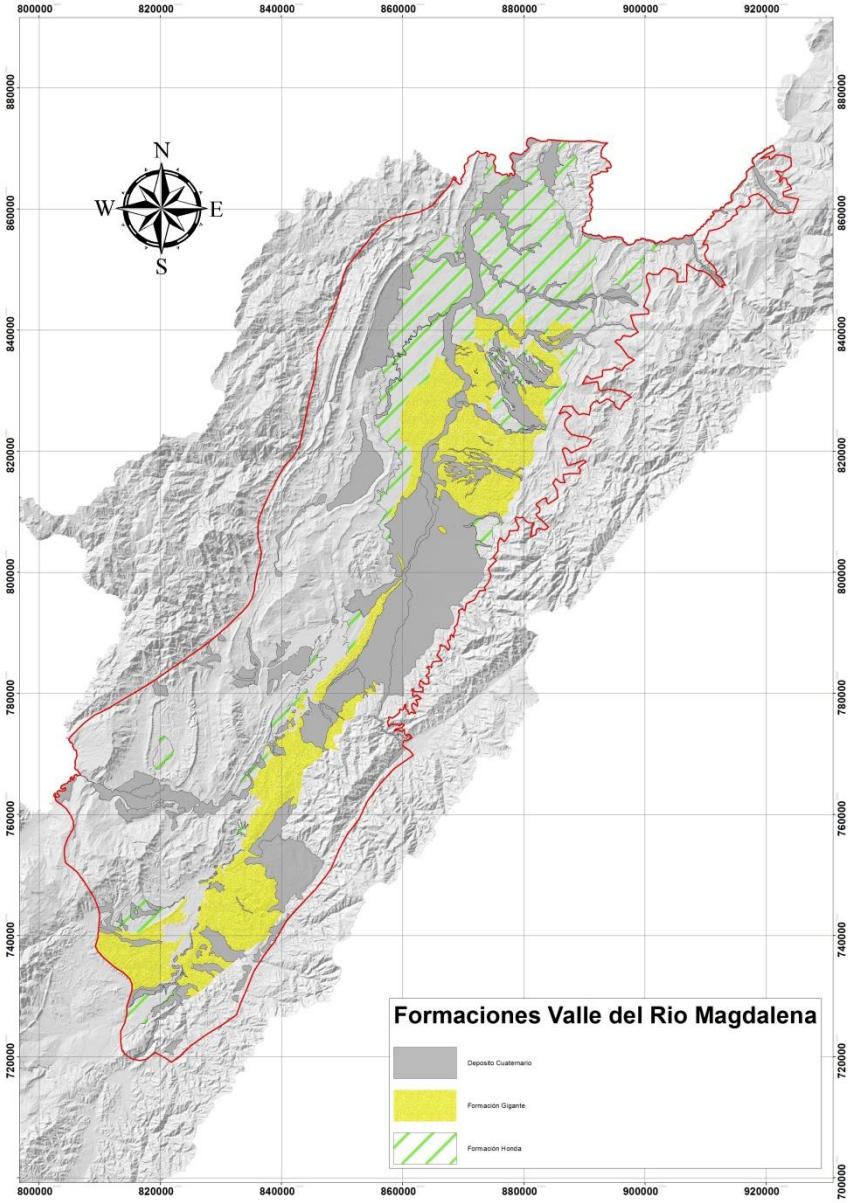


Ilustración 38 Localización superficial Formaciones geológicas de priorización de interés hidrogeológico
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

El área del PMAA, se identificaron estructuras geológicas ideales para el almacenamiento de agua subterránea como lo son los pliegues de sinclinales entre los cuales se destacan:

- Región Norte: Geosinclinal del Valle del Magdalena, Sinclinal de Media Luna, Sinclinal de Cabaña, Sinclinal de Tivoli, Sinclinal de San Antonio, Sinclinal de Palermo y Sinclinal de Cabrera, este último sin interés hidrogeológico, ya que lo conforman rocas de Arcillolita de Colombia los cuales son materiales impermeables.

- Región Centro: Sinclinal de Garzón.

- Región Occidental: Sinclinal de Tesalia.

En la **Ilustración 39**, se muestra la distribución espacial de las estructuras de sinclinales de interés desde el punto de vista hidrogeológico.

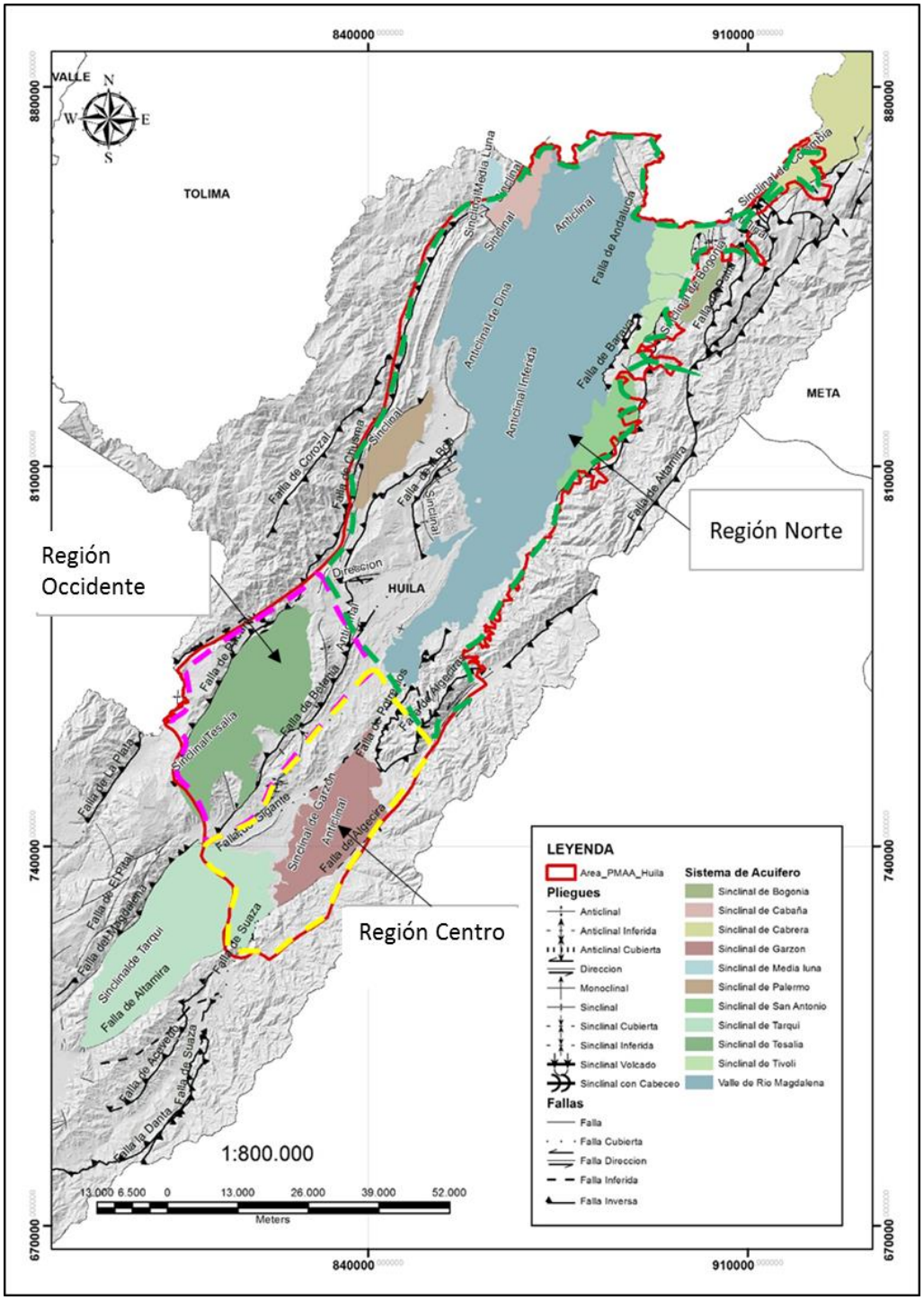


Ilustración 39 Estructuras de interés Hidrogeológico PMAA zona norte en línea punteada de color verde, zona centro línea punteada de color amarillo, zona occidente línea punteada de color verde
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.2 EVALUACIÓN GEOFÍSICA

Con la finalidad de definir la geometría y espesores de los acuíferos se plantea la exploración geofísica para la adquisición de treinta seis (36) ensayos de Magneto Telúrica (MT) y cuarenta (40) Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), con el objeto de ampliar la información geofísica existente, y ajustar el modelo geológico con fines hidrogeológicos.

3.2.1 Localización De La Exploración Geofísica

Los ensayos MT y SEV, fueron ejecutados en diferentes Municipios del Departamento del Huila con el objeto de complementar la información de propiedades de resistividad de las Formaciones geológicas de interés hidrogeológicos de los acuíferos someros identificados en estudios previos (INGEOMINAS, 1999) y (SGC, 2012), así como la identificación de nuevos prospectos acuíferos.

En la Tabla 7 e Ilustración 40 se presenta la localización de la exploración geofísica desarrollada para el presente estudio.

Tabla 7 coordenadas Exploración Geofísica

SONDEOS	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
MT-01	857241	857241	823.278
MT-02	873866	851161	396.911
MT-03	881644	844704	466.007
MT-04	890192	841003	629.811
MT-05	894774	829238	946.280
MT-06	885860	830711	649.873
MT-07	878526	832193	525.049
MT-08	861619	833021	482.079
MT-09	854764	835165	799.027
MT-10	862317	813714	463
MT-11	862317	813714	474.127
MT-12	870859	816611	588.877
MT-13	881003	813651	723.495
MT-14	863846	790604	644.620
MT-15	851423	784227	567.061
MT-16	832904	785735	852.417
MT-17	822016	763984	761.884
MT-18	813944	759863	1112.150
MT-19	838208	752961	1106.739
MT-20	833511	737399	1223.149
MT-21	836305	729863	1749.767
MT-22	821117	738677	749.100

SONDEOS	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
MT-23	812892	741011	842.947
MT-24	806134	742250	979.124
MT-25	800898	755304	1156.844
MT-26	788911	734477	1586.704
MT-27	803244	733211	1187.969
MT-28	809875	735348	880.337
MT-29	815127	730374	765.159
MT-30	806597	721511	1030.013
MT-31	803045	725332	922.082
MT-32	756007	747981	2245
MT-33	755691	716179	2272.540
MT-34	762864	706809	1831.703
MT-35	776354	701309	1327.506
MT-36	808021	770484	1376.259
SEV-01	877597	815934	655.171
SEV-02	878388	815657	672.537
SEV-03	879508	814395	778.379
SEV-04	880599	811197	823.417
SEV-05	881044	810492	867.818
SEV-06	881482	810163	915.633
SEV-07	862140	848648	477.294
SEV-08	864234	847155	445.997
SEV-09	866861	847422	434.069
SEV-10	860264	826381	550.852
SEV-11	861333	825245	492.773
SEV-12	864167	825337	474.523
SEV-13	842742	794667	864.582
SEV-14	844317	794870	867.085
SEV-15	852142	793703	560.203
SEV-16	840537	771160	669.962
SEV-17	842482	767453	899.641
SEV-18	842576	764540	900
SEV-19	835216	775803	942.197
SEV-20	834046	770387	912.961
SEV-21	826860	775889	861.883
SEV-22	799142	755963	1041.281
SEV-23	802665	752997	1610.421
SEV-24	805801	750873	1643.840
SEV-25	815107	744489	890.743

SONDEOS	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
SEV-26	816826	743727	827.971
SEV-27	821857	744979	749.804
SEV-28	808787	742064	902.876
SEV-29	816312	738437	788.386
SEV-30	819380	738188	782.144
SEV-31	817215	764341	832.077
SEV-32	821097	764570	764.332
SEV-33	824468	763248	766.562
SEV-34	825990	762396	764.817
SEV-35	836347	754257	877.310
SEV-36	839581	750480	1364.886
SEV-37	841344	746934	1550.169
SEV-38	827727	745712	766.878
SEV-39	828942	740486	860.340
SEV-40	827776	736746	916.493

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

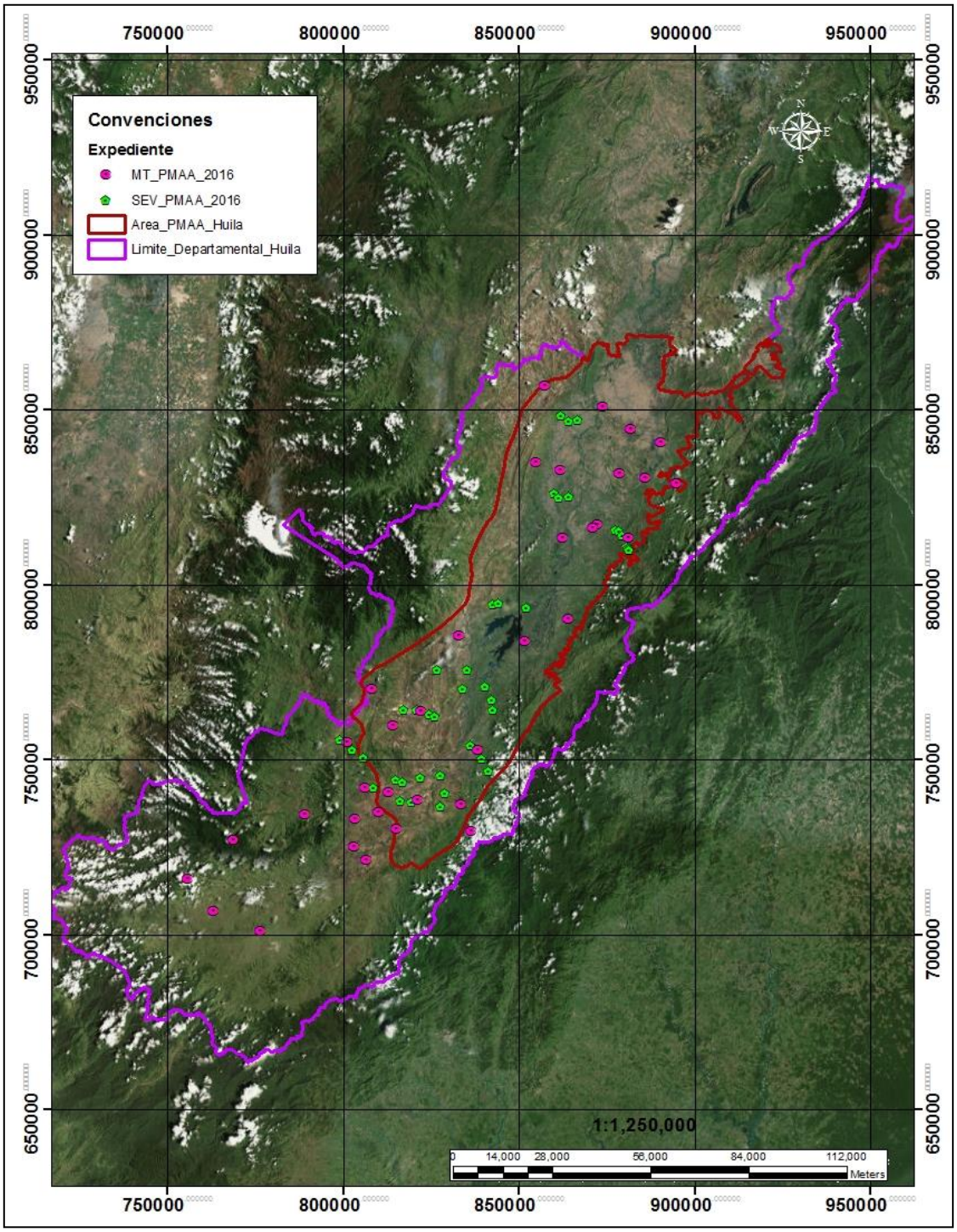


Ilustración 40 Localización Exploración Geofísica
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

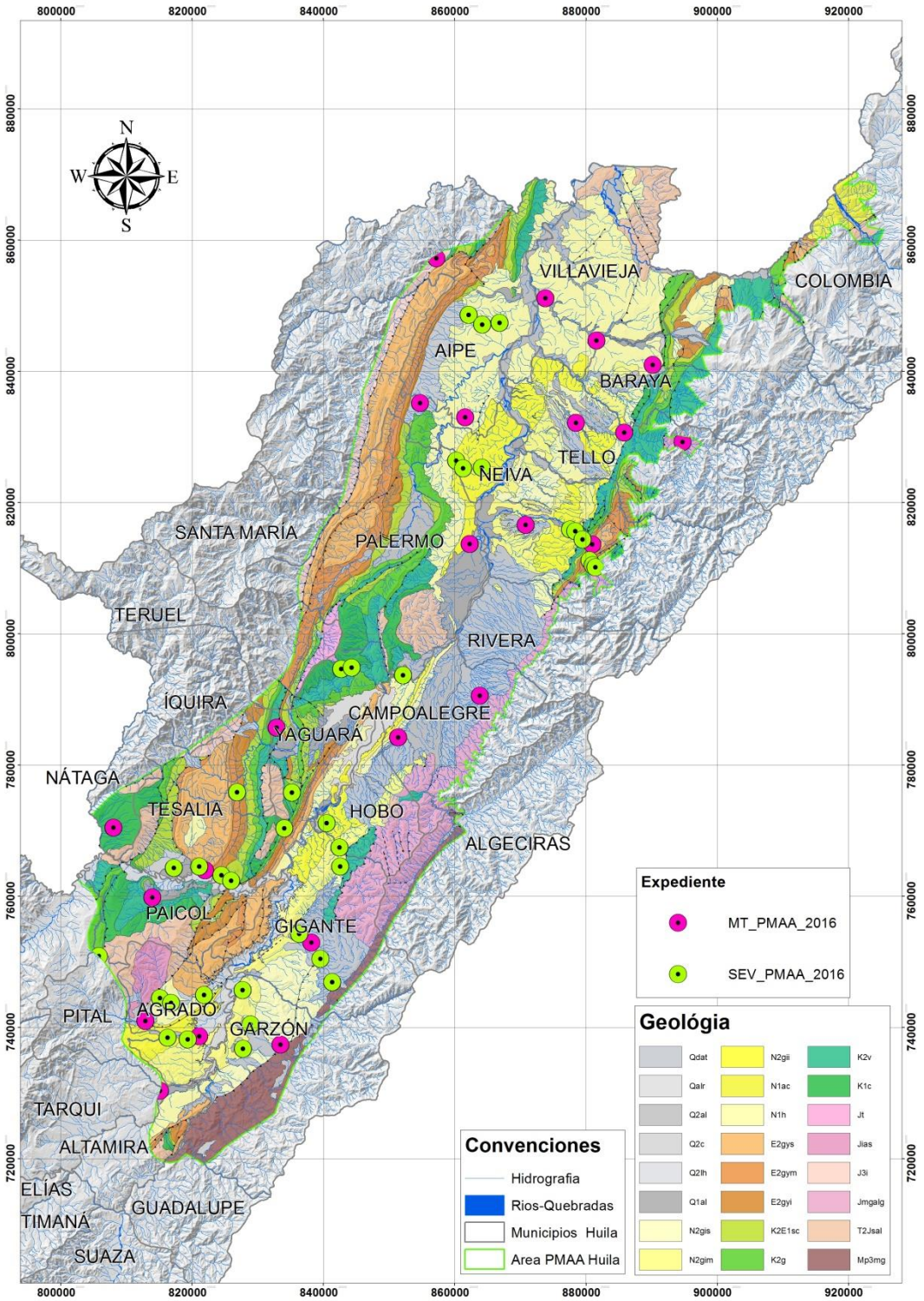


Ilustración 41 Mapa Geológico PMAA Escala 1:25.000
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.2.2 Marco Teórico

3.2.2.1 Método Magnetotelúrico

El método de magnetotelúrica establece la medición de anomalías o desviaciones del campo magnético normal de los materiales del subsuelo como consecuencia de la fuerte actividad atmosférica de nuestro planeta y a la radiación solar.

En la actualidad existen dos formas de realizar mediciones magnetotelúricas, lo cual varía por el rango de profundidad de generación del mapeo, y éste a su vez, está en función del intervalo de frecuencia empleado en el estudio. Por tanto, mientras que el método MT maneja un rango de frecuencias entre 100 a 0,0001 Hz, el AMT establece un intervalo entre 10000 y 1Hz (entre menor la frecuencia mayor profundidad de investigación). La profundidad de investigación para éste método se encuentra entre los 300 m hasta los cientos de km, dependiendo de la frecuencia empleada.

Un sondeo de magnetotelúrica permite conocer la interacción entre el campo magnético (en sus tres componentes Hx, Hy y Hz) y el campo eléctrico (Ex y Ey) para un amplio rango de frecuencias. Esto asegura conocer finalmente la resistividad de los materiales con relación a la profundidad necesaria del estudio.

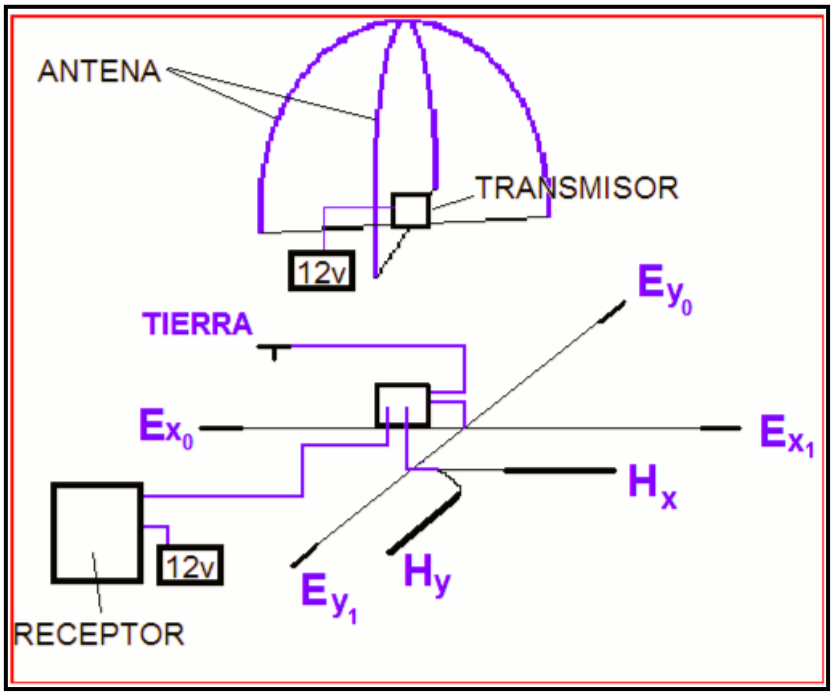


Ilustración 42 Esquema de distribución del equipo de Magnetotelúrica

Los sistemas MT se utilizan para medir la impedancia eléctrica en la superficie terrestre utilizando una serie de mediciones simultáneas de fluctuaciones eléctricas y magnéticas locales del campo. Estas mediciones de campo se hacen durante un periodo de varios minutos; mediante la Transformada de Fourier TFF se cambia del dominio de las frecuencias al dominio del tiempo, y se almacenan como espectros de potencia. La impedancia de la superficie que se calculó de estos valores espectrales es una función compleja de la frecuencia donde los rasgos de poca profundidad o cercanos influyen en los datos de frecuencia más alta, y las estructuras de más profundidad y distancia influyen en los datos de baja frecuencia. Un sondeo de MT brinda un cálculo de la resistividad vertical bajo el sitio de recepción e indica la complejidad geo eléctrica en el sitio de sondeo. En áreas donde la distribución de la resistividad no cambia rápidamente de una estación a otra, el sondeo de resistividad es un cálculo razonable de las capas geoeléctricas bajo el sitio.

El sistema MT consiste de dos componentes básicos; un receptor y un transmisor. En el rango de alta frecuencia, las señales naturales normalmente son débiles y el uso de un transmisor puede mejorar la calidad de los datos. Para ciertas aplicaciones, y bajo ciertas condiciones, puede no ser necesario el uso de potencia adicional de señal de alta frecuencia que da el transmisor.

Las mediciones de MT se pueden aplicar de manera efectiva en las investigaciones de aguas subterráneas, caracterización del subsuelo en sitios de estudios ambientales, exploración mineral y geotérmica y en estudios de ingeniería civil. Dado que este sistema funciona a base de baterías es compacto y portátil, tiene una buena producción aunque se encuentre en terreno escabroso y también se puede operar exitosamente en ambientes bastante hostiles. La velocidad y portabilidad del sistema MT permiten un diseño flexible de investigación. Los resultados de impedancia superficial se visualizan inmediatamente al hacer el sondeo de resistividad, también puede procesarlos en grupos de sondeos y verlos por sección mientras se está en el sitio. Esta flexibilidad permite al investigador modificar el diseño de la investigación en el sitio basado en el procesamiento preliminar y revisión de los resultados de las mediciones.

Componentes Del Sistema.

Estándar de recepción está configurado para adquirir los datos en un rango de frecuencia de 100 kHz hasta de 11.7 Hz. Los componentes opcionales de recepción se utilizan con un sistema estándar para la adquisición en un rango de frecuencia que va desde los 1000 Hz hasta 0.1 Hz.

Componentes estándar del receptor:

- Electrodos de acero inoxidable
- 1 juego de sistema de tierra y cable

- 4 electrodos buffer con cables telúricos de 26 metros
- 1 módulo de interfaz Frente Analógico (AFE)
- 2 bobinas de campo magnético (modelo BF6)
- 2 cables de interconexión de bobina/AFE estándar
- 1 consola Stratagem de procesamiento de señales
- 1 teclado IBM compatible
- 1 cable de comunicación consola/AFE
- 1 cable de alimentación de la consola
- 1 manual de operación
- 1 batería de 12 voltios de ciclo profundo

Componentes opcionales del receptor:

- Electrodos no polarizados (media celda de Cu-CuS04)
- 4 cables telúricos de 100 metros
- 2 bobinas de campo magnético modelo BF10
- 2 cables de interconexión bobina/AFE de 10 metros

Componentes del transmisor – sistemas de 400 Am2

- 2 Secciones de antena de transmisión
- 1 arandela central
- 1 módulo de transmisión
- 1 cable de alimentación del transmisor y un ensamble de tierra
- 1 control de transmisor y cables
- 1 bolsa de almacenamiento del transmisor
- 1 batería de 12 voltios de ciclo profundo

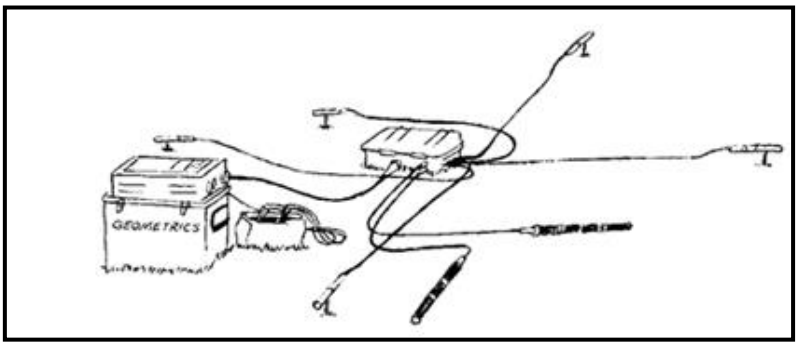


Ilustración 43 Diagrama del receptor estándar y el dipolo.

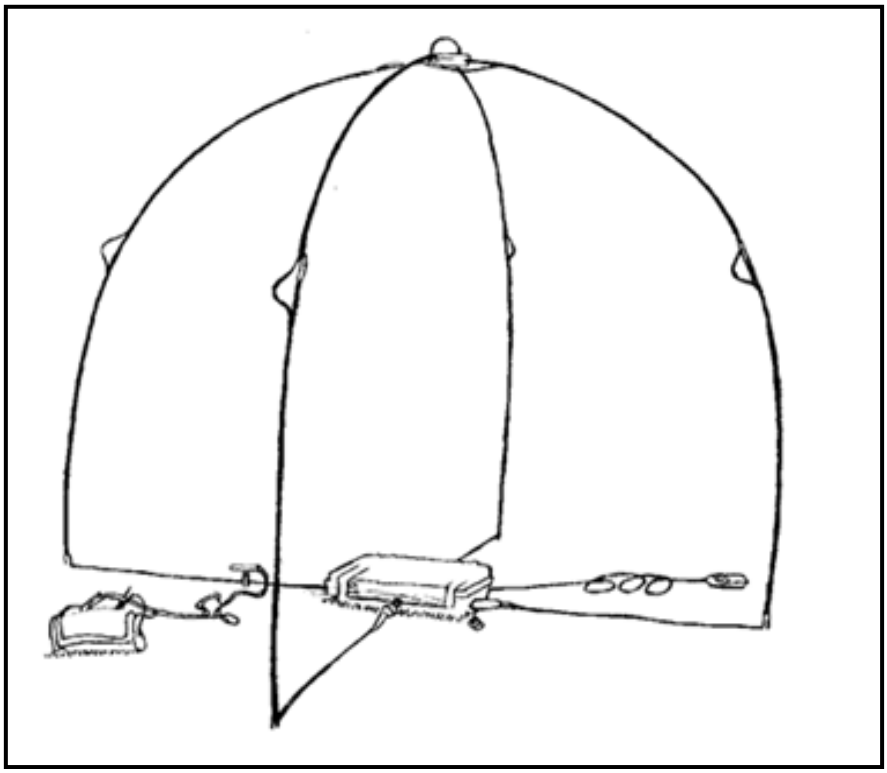


Ilustración 44 Diagrama del transmisor estándar de 400Am2.

Metodología de trabajo.

El desarrollo de los sondeos de MT se enmarca dentro de las siguientes actividades:

- Montaje del equipo en campo.
- Adquisición de datos en campo para altas frecuencias.
- Adquisición de datos en campo para bajas frecuencias.
- Procesamiento de datos.
- Generación de los perfiles.
- Interpretación de los datos.



Ilustración 45 Montaje del equipo en campo

Adquisición de datos en campo.

En el presente numeral se realiza una descripción de las salidas del software Imagen, el cual es el que se emplea para llevar a cabo la captura de los datos, y la determinación de las resistividades de los materiales mediante los ajustes y arreglos de Bostick.

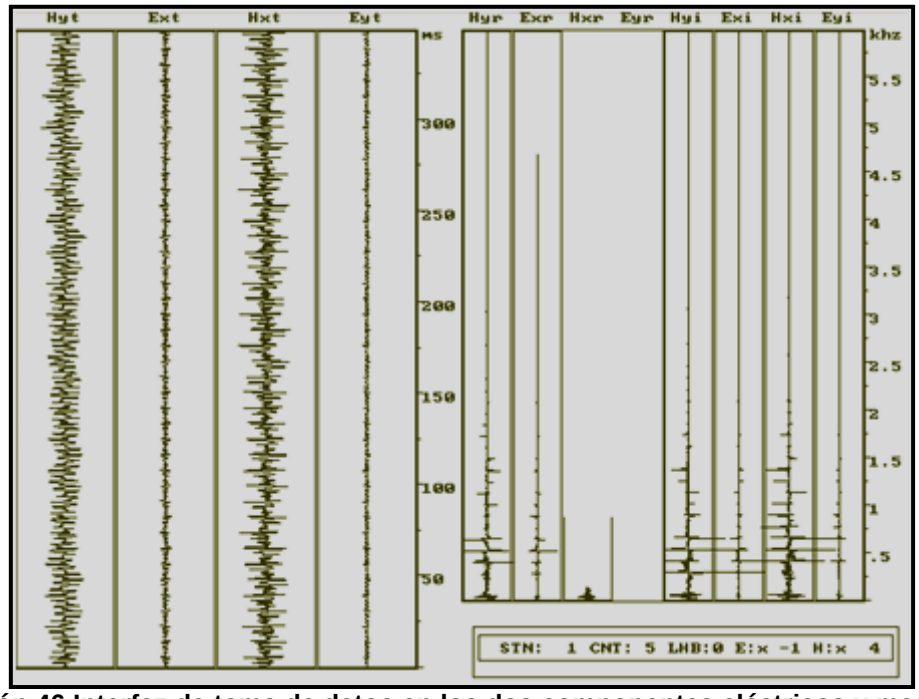


Ilustración 46 Interfaz de toma de datos en los dos componentes eléctricos y magnéticos.

Transformada de Bostick: Según Delgado et al. (2001) la transformada de Bostick crea básicamente una distribución continúa de la resistividad en función de la profundidad propuesta por Bostick (1977) como:

$$\rho(Z) = \rho_a(\omega)\left(\frac{\pi}{2\emptyset(\omega)} - 1\right)$$

Ecuación 1

$$Z = \sqrt{\frac{\rho_a(\omega)}{\mu\omega}}$$

Ecuación 2

Dónde:

Z=Fase.

μ=Permeabilidad magnética.

ω=Frecuencia angular.



Ilustración 47 Distribución sondeos.

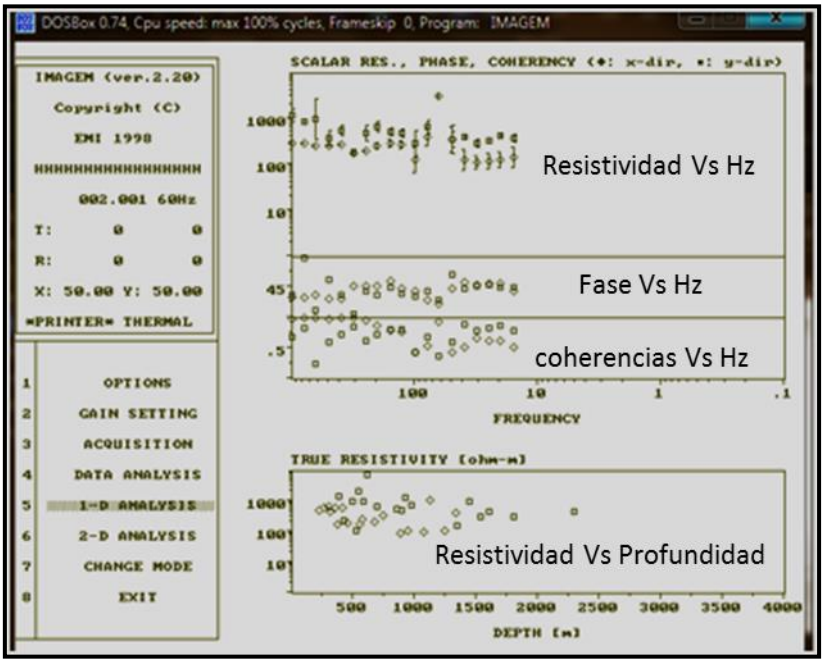


Ilustración 48 Interfaz salida de datos. En el recuadro superior se puede observar la varianza de los datos resistividad, fase y coherencia en el dominio de la frecuencia y en el tercero grafico se relaciona la resistividad con la profundidad.

3.2.2.2 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV´S)

El método de resistividad eléctrica consiste fundamentalmente en estudiar las variaciones, en el subsuelo, de la propiedad física conocida como resistividad eléctrica o propiedad que poseen los diferentes tipos de materiales, artificiales o naturales, de oponerse al flujo de la corriente eléctrica, en presencia de un campo eléctrico en cualquiera de las direcciones X, Y, o Z. A través de los contrastes de los valores obtenidos es posible diferenciar distintas clases de materiales existentes en el subsuelo y calcular sus espesores y profundidades.

De acuerdo con el arreglo Schlumberger usado (en la ilustración), se toma una serie de medidas aumentando cada vez la distancia AB/2 a partir de la configuración de Wenner inicial. El desplazamiento entre los electrodos de corriente significa una penetración mayor de la corriente en el subsuelo, siendo la distancia AB/2 final, la profundidad teórica o radio de penetración alcanzada en el sondeo eléctrico.

Para cada lectura de Intensidad de Corriente (I) y de Diferencia de Potencial (ΔV), y teniendo en cuenta la distancia entre los electrodos en cada punto de medición, se obtiene la resistividad eléctrica aparente, de acuerdo con la Ley de Ohm:

$$R = K * \Delta V / I$$

Ecuación 3

Donde K es una constante según la distancia entre los electrodos

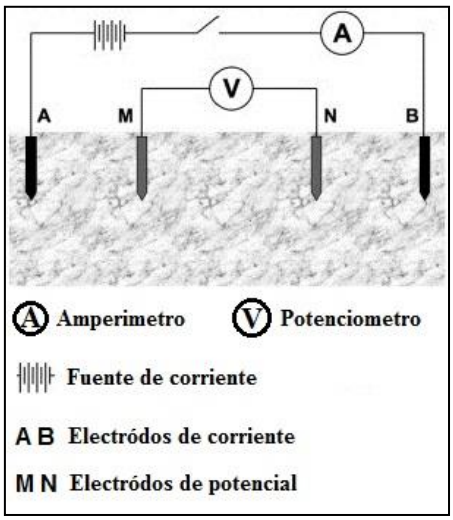


Ilustración 49. Interfaz Configuración teórica inicial del Arreglo Schlumberger
Fuente: Friedemann, 2011

La profundidad investigada está relacionada con las dimensiones y geometría del dispositivo utilizado. Las lecturas de corriente, de diferencia de potenciales y la constante geométrica (K), permiten calcular la resistividad de los materiales del subsuelo.

La toma de datos de resistividad eléctrica se realizó utilizando el equipo digital GeoAmp 202 con un rango de abertura de AB/2 de 400 m a partir del centro de medición.



Equipo GeoAmp 202



Arreglo Schlumberger



Instalación de electrodos AB-MN



Lectura de datos

Ilustración 50 Procedimiento de adquisición de geoeléctrica GeoAmp 202

Para el procesamiento de los datos de geoeléctrica se utilizó el programa IPI2WIN, el cual está basado en la metodología de aproximaciones sucesivas. Esta metodología consiste en la comparación de curvas de campo con curvas sintéticas generadas a partir de modelos hipotéticos, comparación que se realiza hasta cuando las curvas de campo y las sintéticas alcanzan un ajuste predeterminado de bajo error.

A partir del procesamiento de los sondeos eléctricos verticales, se interpretaron los resultados con el fin de determinar la disposición de las unidades geoeléctricas para cada SEV y su interpretación litológica.

Para la interpretación de los SEV adquiridos, se utilizaron como valores de referencia los presentados en la correspondiente a un estudio regional desarrollado por la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín en el año 2.000; incluyendo los rangos de valor y la interpretación litológica dada para los datos del presente estudio, aplicando información base de geología y las correcciones pertinentes. **Tabla 8**. Valores generales de referencia para la resistividad de acuerdo con el tipo de roca.

Tabla 8 Tabla de resistividades

Material	Resistividad (Ohm-metro)
Basamento. Roca sana con diaclasas espaciadas	>10000
Basamento. Roca fracturada	1500-5000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua corriente	100-2000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua salada	50-100
Gruss parcialmente saturado	500-1000
Gruss saturado	40-60
Saprolito parcialmente saturado	200-500
Saprolito saturado	40-100
Gravas parcialmente saturadas	500-3000
Gravas saturadas	300-500
Arenas parcialmente saturadas	400-700
Arenas saturadas	100-200
Limos parcialmente saturados	100-200
Limos saturados	20-100
Limos saturados con agua salada	5-15
Arcillas parcialmente saturadas	20-40
Arcillas saturadas	5-20
Arcillas saturadas con agua salada	1-10
Ceniza volcánica seca	1000-2000
Ceniza volcánica húmeda	300-1000
Ceniza volcánica saturada	100-300

Fuente: Universidad Nacional de Colombia, 2000

Resultados De La Exploración Geofísica

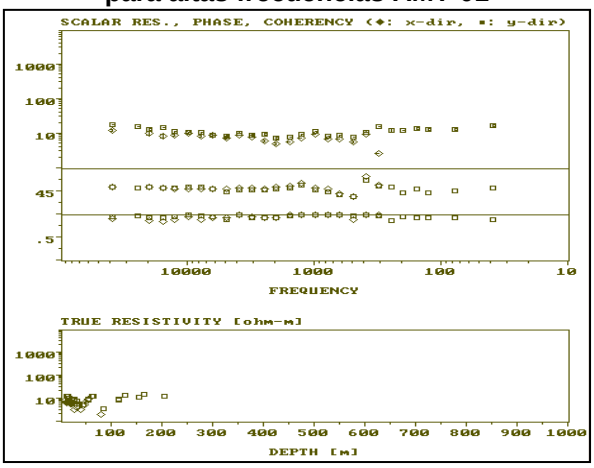
En este ítem se presentan los resultados obtenidos de las Exploración Geofísica mediante registro fotográfico, tablas y registro gráficos. (Ver **Anexo C-1**).

3.2.2.3 Resultados Magneto Telúrica (MT)

Sondeo MT-01

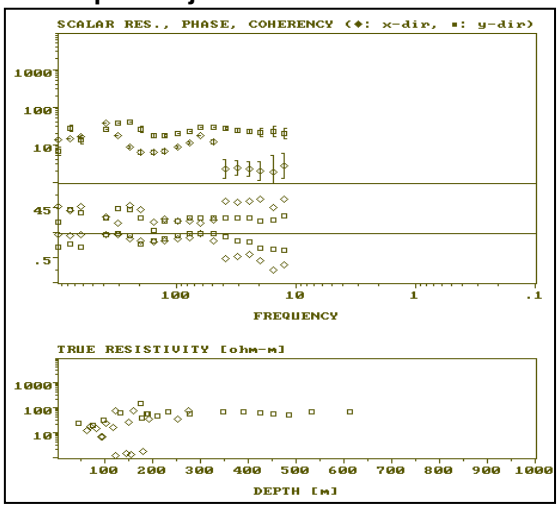
Gráfica 1 y Gráfica 2 se presentan los resultados para el MT-01, el punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre las rocas del Batolito de Ibagué (J3i).

Gráfica 1 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-01



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 2 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-01

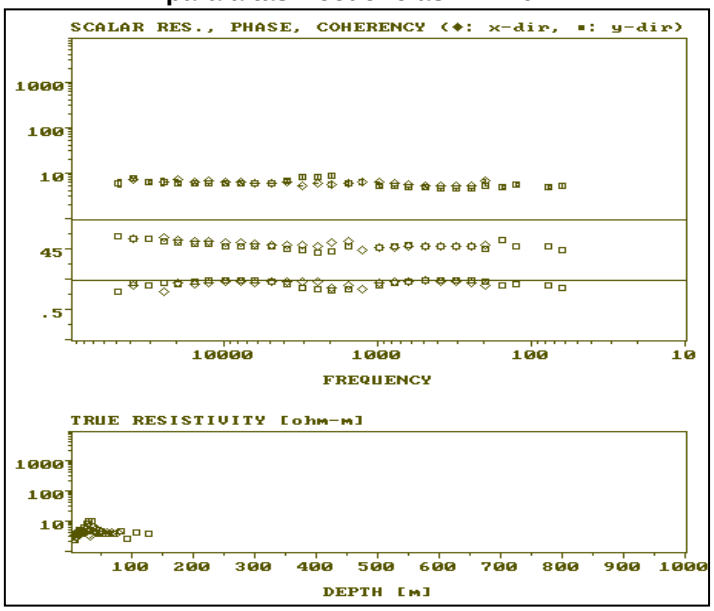


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-02

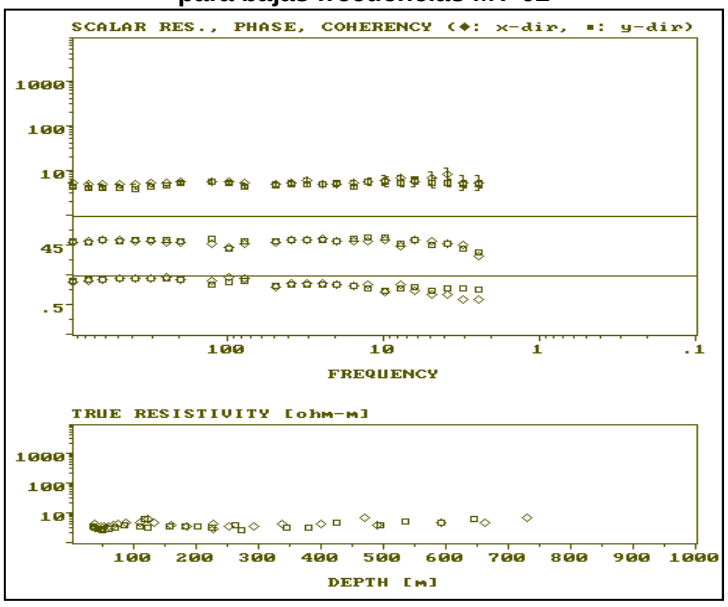
Gráfica 3 y **Gráfica 4** se presentan los resultados para el MT-02. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre roccas del Grupo Honda (N1h).

Gráfica 3 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-02



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 4 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-02

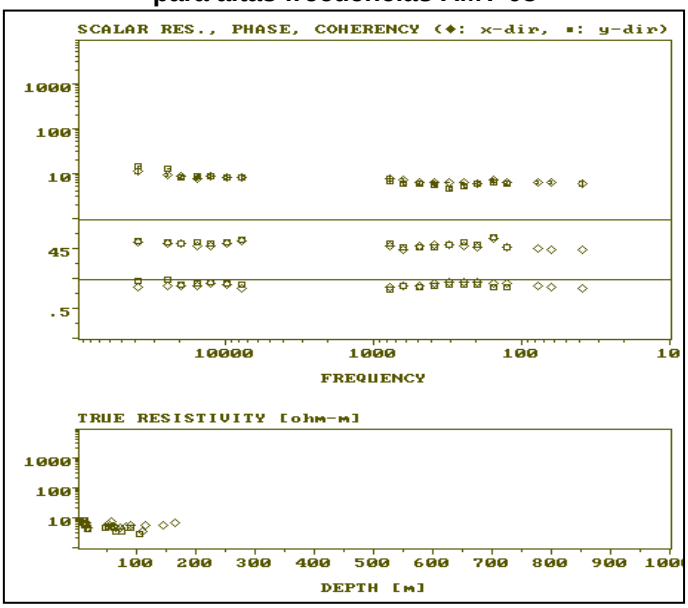


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-03

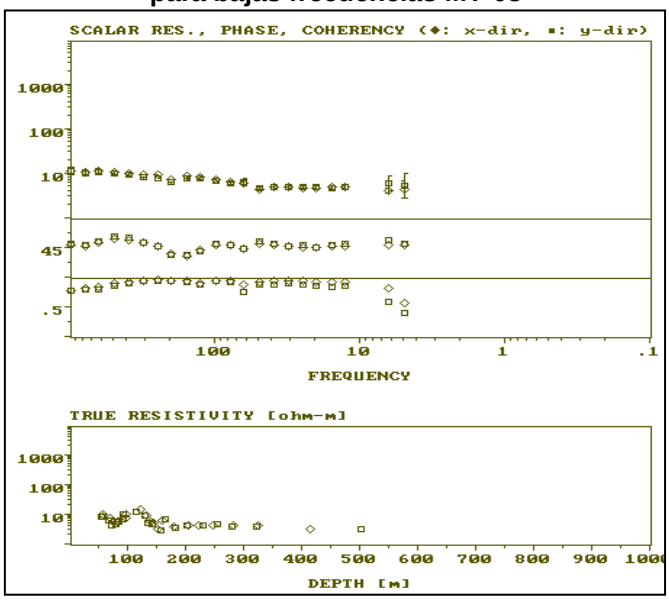
Gráfica 5 y **Gráfica 6** se presentan los resultados para el MT-03. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre rocas del Grupo Honda (N1h).

Gráfica 5 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-03



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 6 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-03

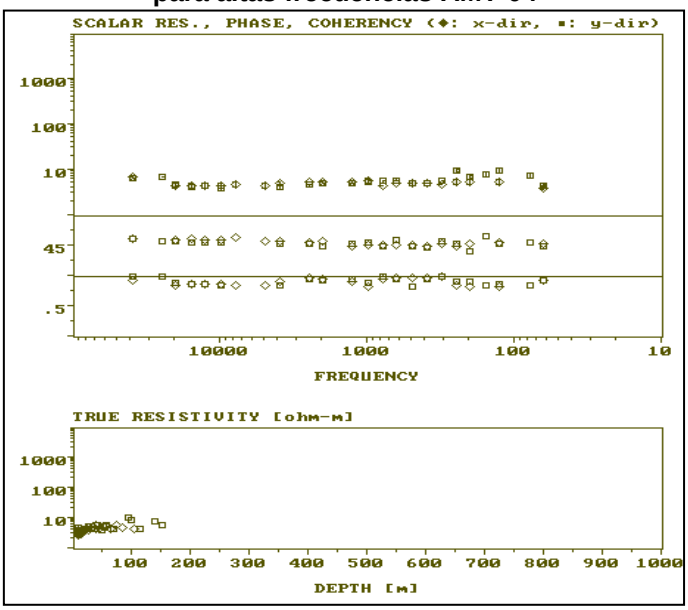


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-04

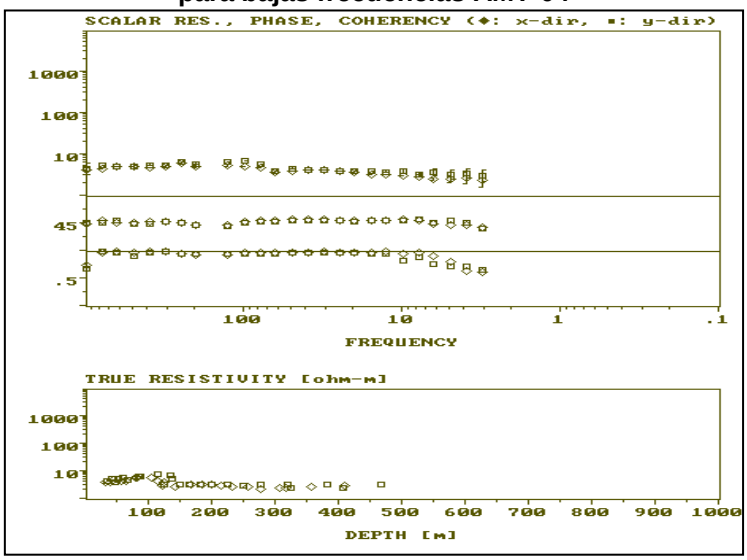
Gráfica 7 y **Gráfica 8** se presentan los resultados para el MT-04. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre rocas del Grupo Honda (N1h).

Gráfica 7 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-04



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 8 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias AMT-04

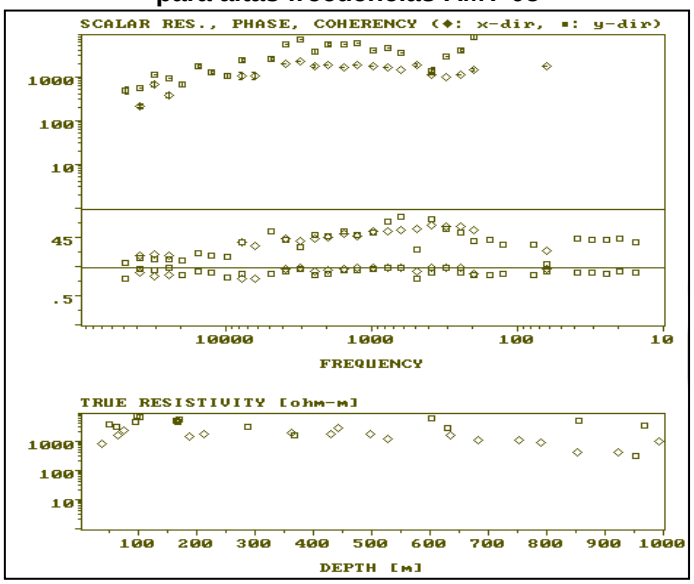


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-05

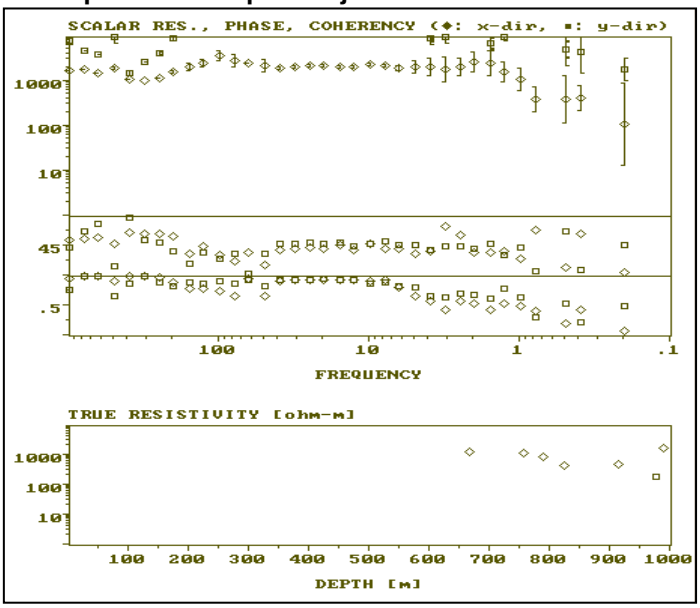
Gráfica 9 y **Gráfica 10** se presentan los resultados para el MT-05. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre rocas del la Formación Caballos (K1c).

Gráfica 9 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-05



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

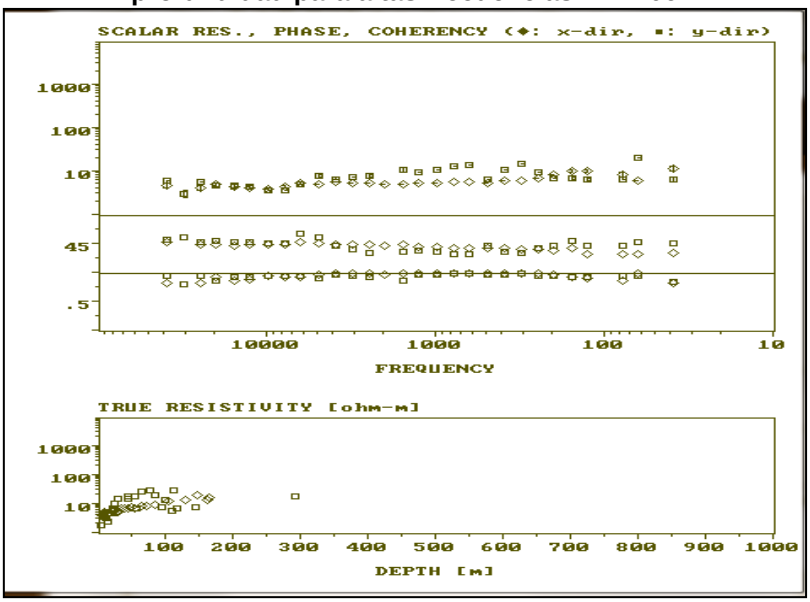
Gráfica 10 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-05



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016 Sondeo MT-06

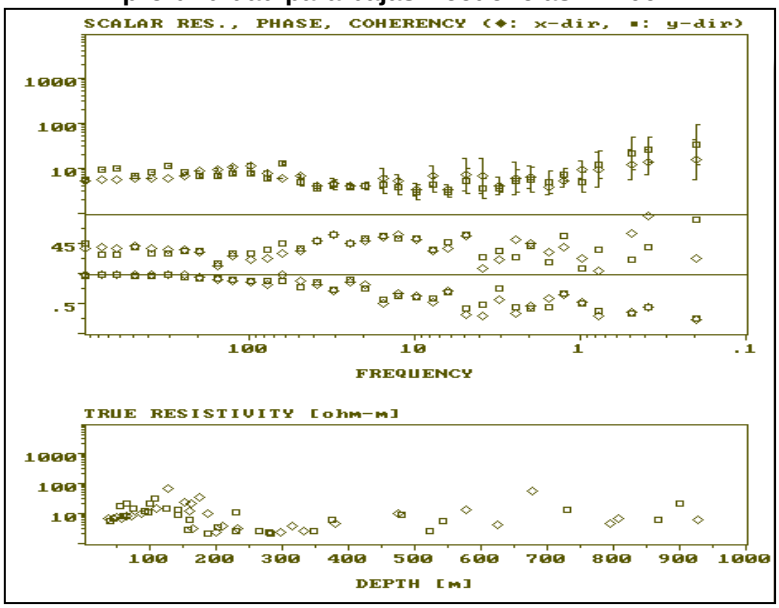
Gráfica 11 y **Gráfica 12** se presentan los resultados para el MT-06. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre rocas del Grupo Honda (N1h)

Gráfica 11 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-06



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 12 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-06

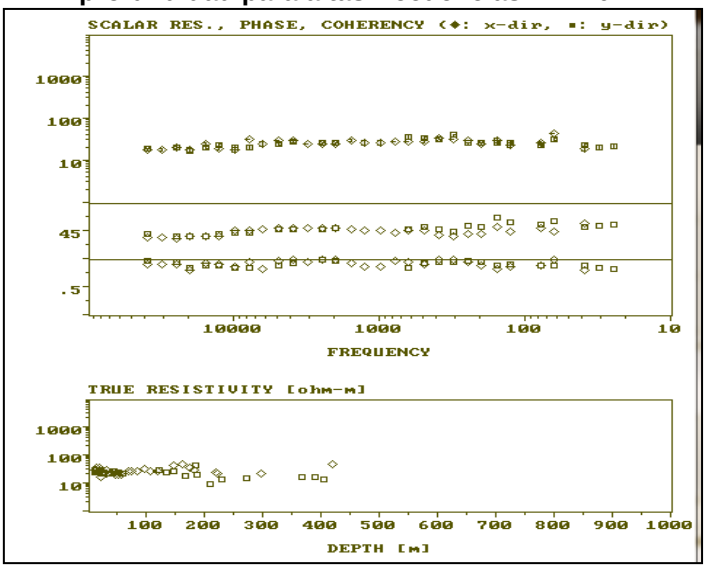


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-07

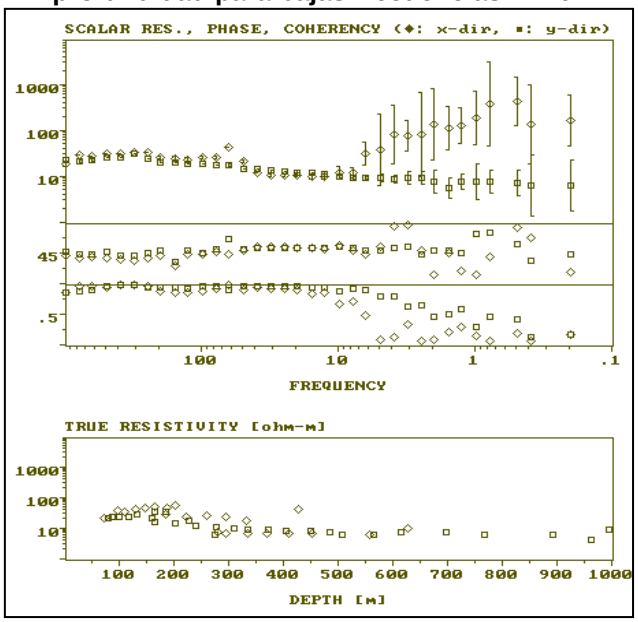
En la **Gráfica 13** y **Gráfica 14** se presentan los resultados para el MT-07. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre rocas de la Formación Gigante medio (N2gim)

Gráfica 13 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-07



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 14 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-07

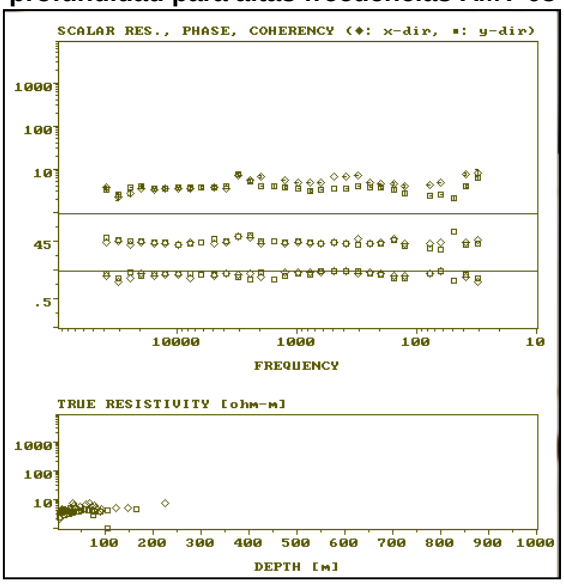


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-08

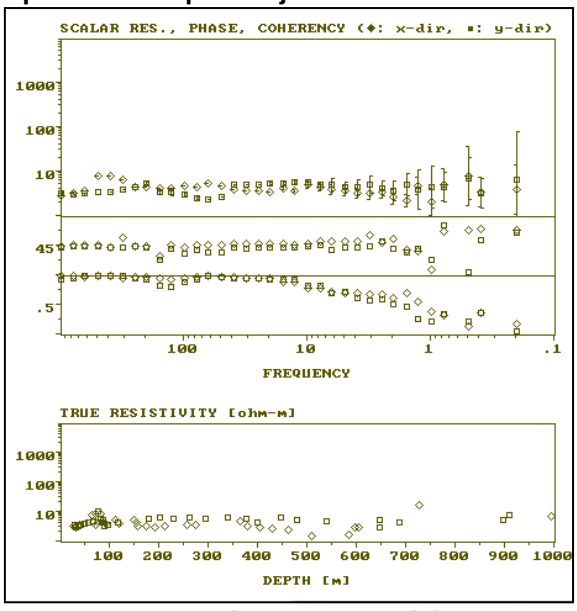
En la **Gráfica 15** y **Gráfica 16** se presentan los resultados para el MT-08. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre rocas del Grupo Honda (N1h)

Gráfica 15 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-08



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 16 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-08

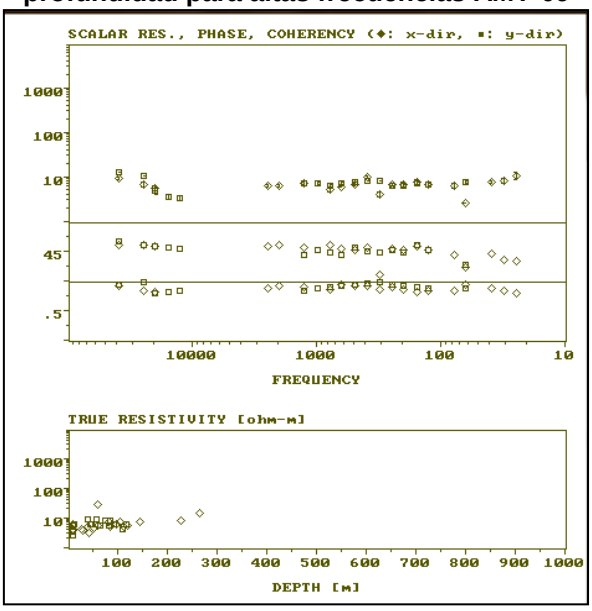


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-09

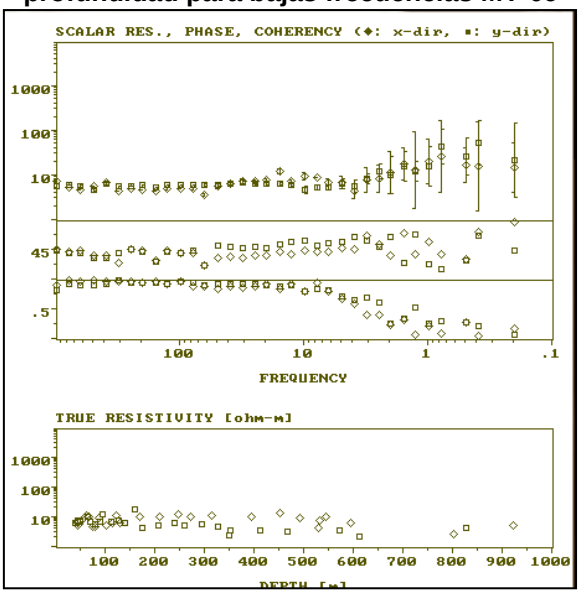
En la **Gráfica 17** y **Gráfica 18** se presentan los resultados para el MT-09. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre Depósitos Coluviales (Q2c)

Gráfica 17 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-09



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 18 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-09

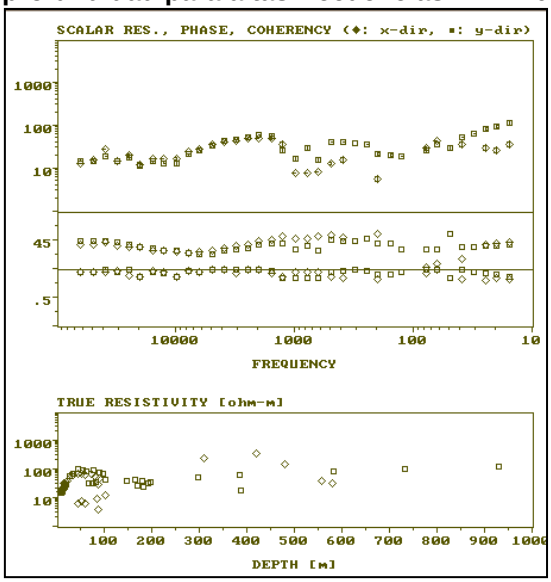


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-10

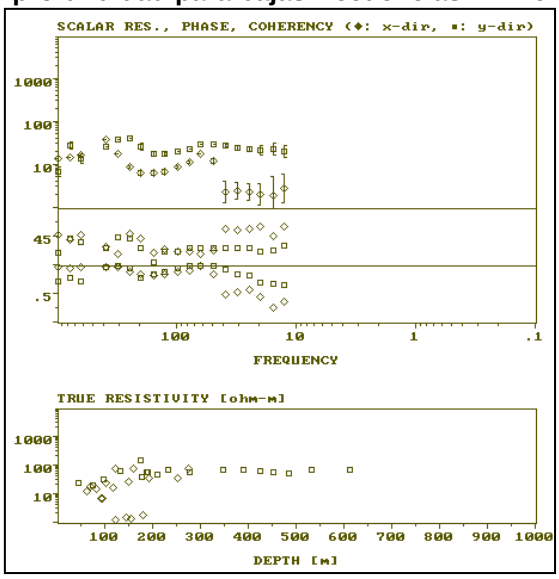
En la **Gráfica 19** y **Gráfica 20** se presentan los resultados para el MT-10. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre Depósitos de Terraza alta y/o Abanico antiguo (Q1al).

Gráfica 19 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-10



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 20 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-10

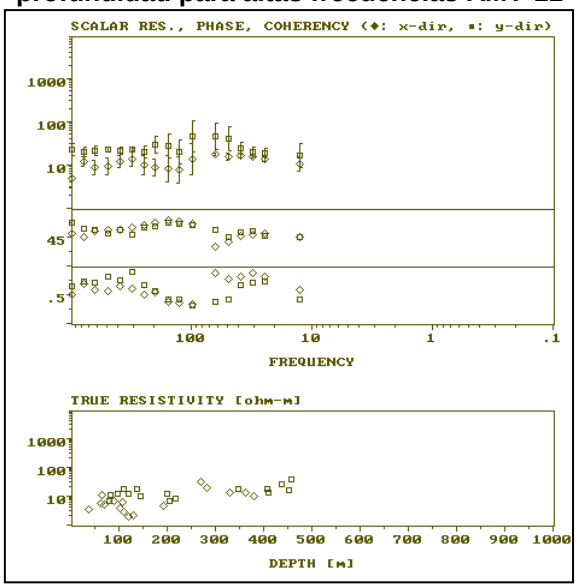


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-11

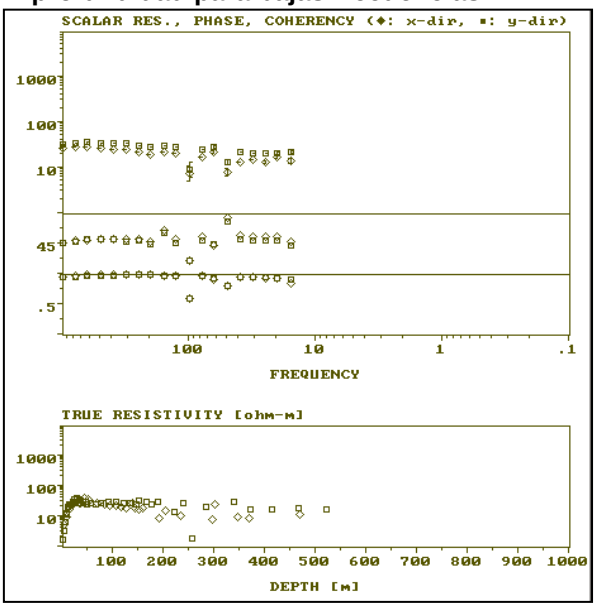
En la **Gráfica 21** y **Gráfica 22** se presentan los resultados para el MT-11. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre rocas de la Formación Gigante medio (N2gim).

Gráfica 21 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-11



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 22 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-11

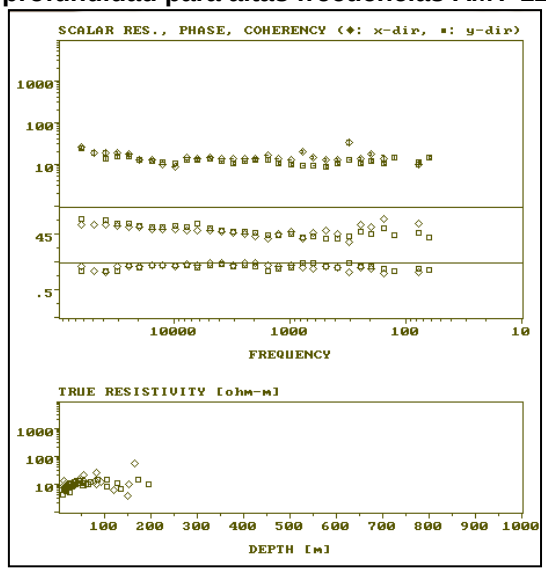


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-12

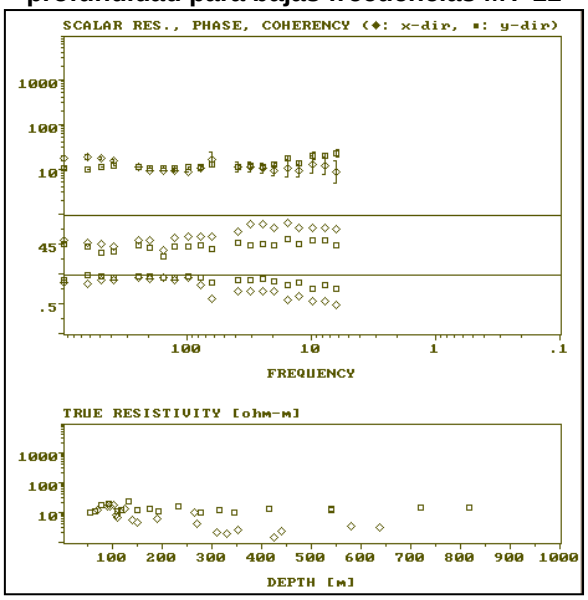
En la **Gráfica 23** y **Gráfica 24** se presentan los resultados para el MT-12. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre Depósitos de Terraza alta y/o Abanico antiguo (Q1al).

Gráfica 23 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-12



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 24 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-11

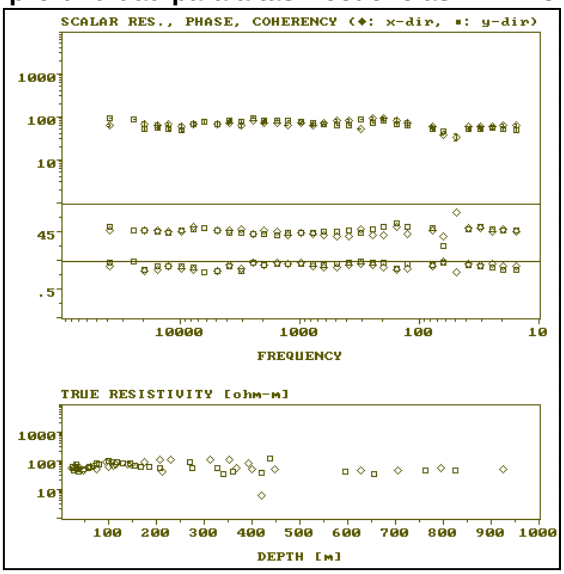


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-13

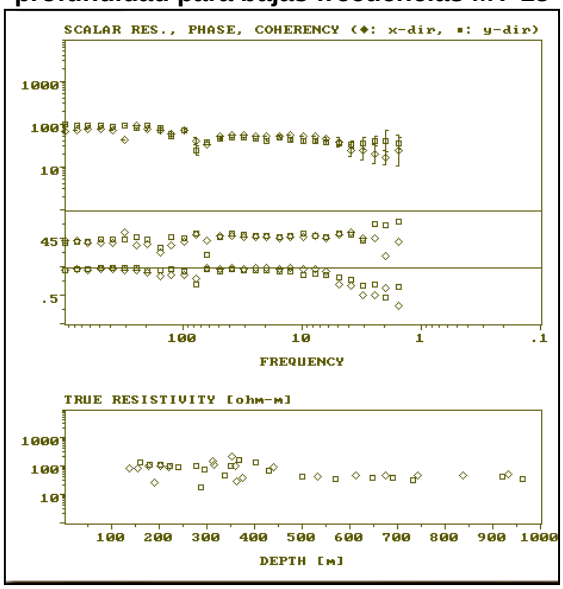
En la **Gráfica 25** y **Gráfica 26** se presentan los resultados para el MT-13. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre rocas de la Formación Gualanday medio (E2gym).

Gráfica 25 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-13



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 26 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-13

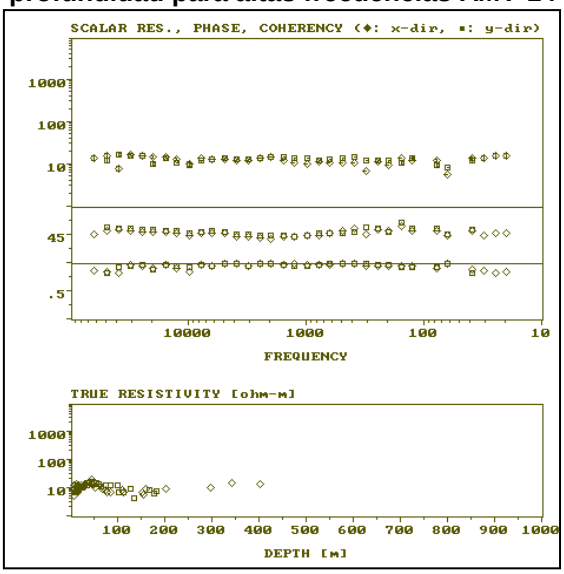


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-14

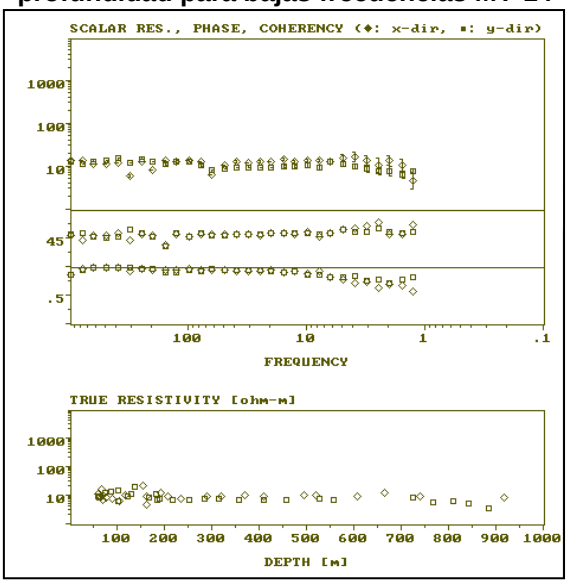
En la **Gráfica 27** y **Gráfica 28** se presentan los resultados para el MT-14. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre Depósitos de Terraza alta y/o Abanico antiguo (Q1al)

Gráfica 27 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-14



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 28 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-14

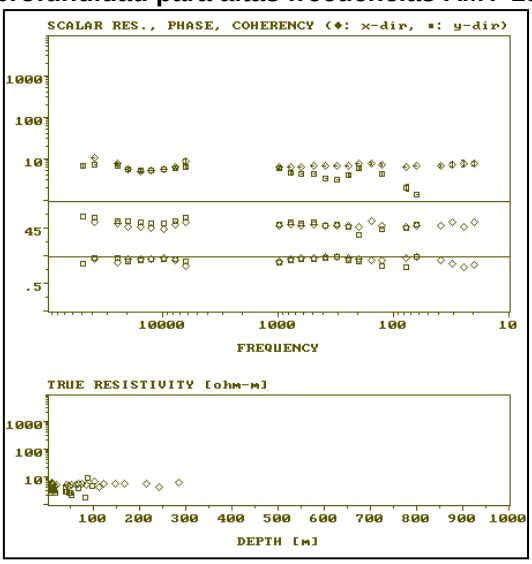


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-15

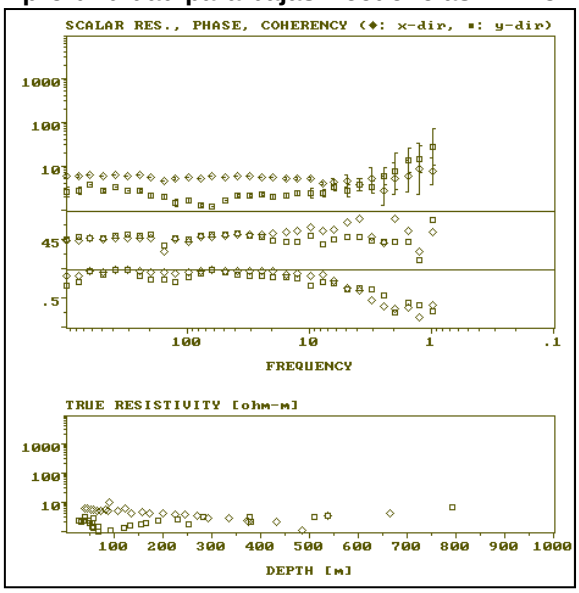
En la **Gráfica 29** y **Gráfica 30** se presentan los resultados para el MT-15. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre rocas del Grupo Honda (N1h)

Gráfica 29 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-15



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 30 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-15

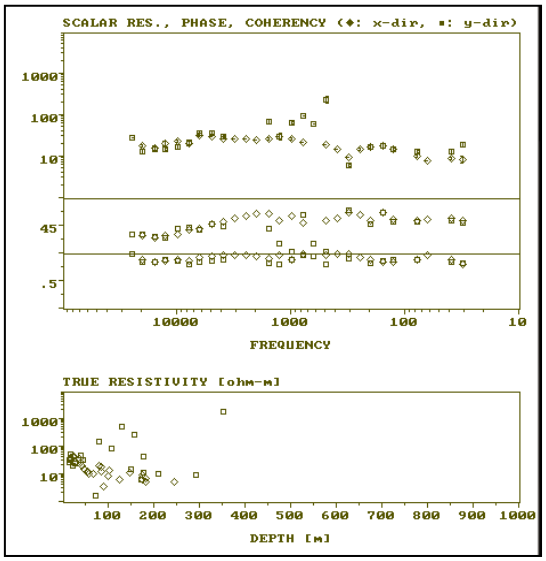


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-16

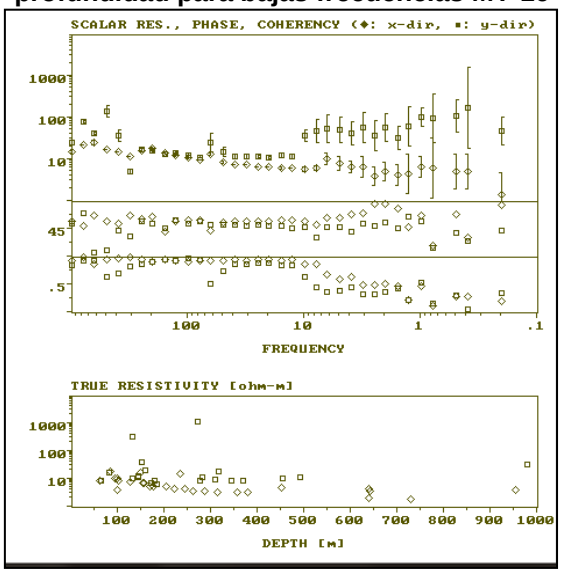
En la **Gráfica 31** y **Gráfica 32** presentan los resultados para el MT-16. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre rocas de la Formación Gualanday medio (E2gym).

Gráfica 31 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-16



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 32 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-16

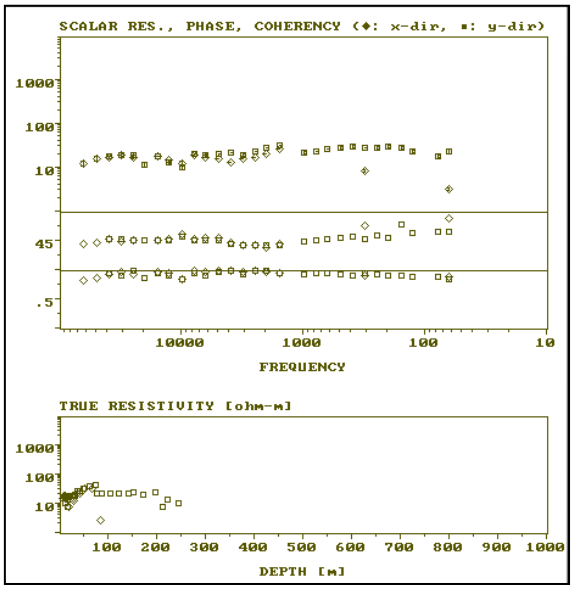


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-17

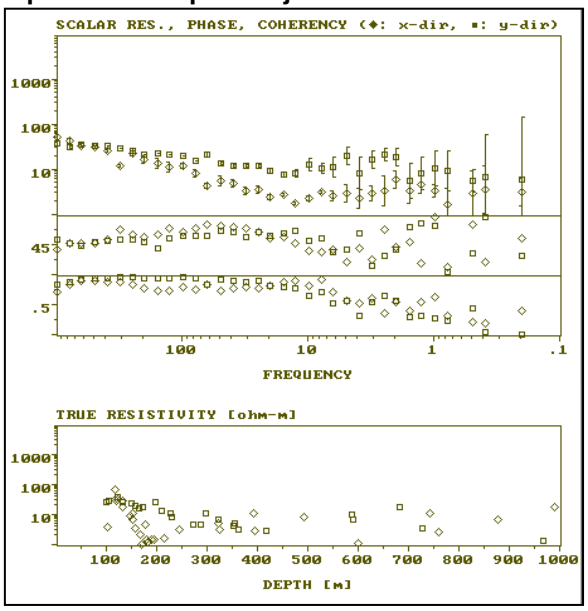
En la **Gráfica 33** y **Gráfica 34** se presentan los resultados para el MT-17. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre Depósitos de Lahares (Q2lh)

Gráfica 33 de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-17



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 34 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-17

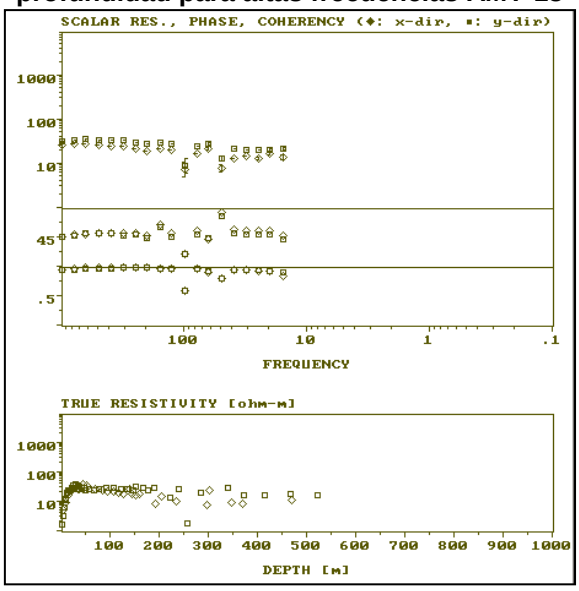


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-18

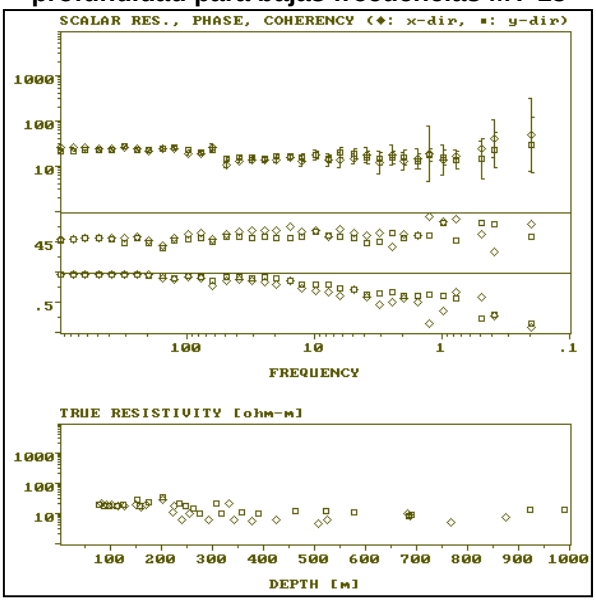
En la **Gráfica 35** y **Gráfica 36** se presentan los resultados para el MT-18. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre rocas de la Formación Caballos (K1c).

Gráfica 35 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-18



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 36 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-18

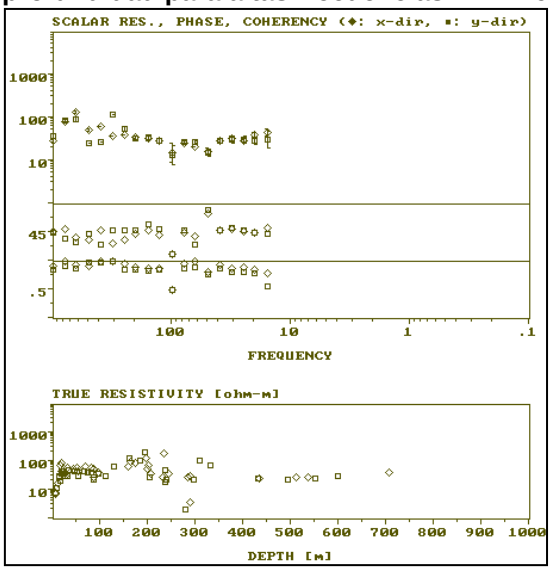


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-19

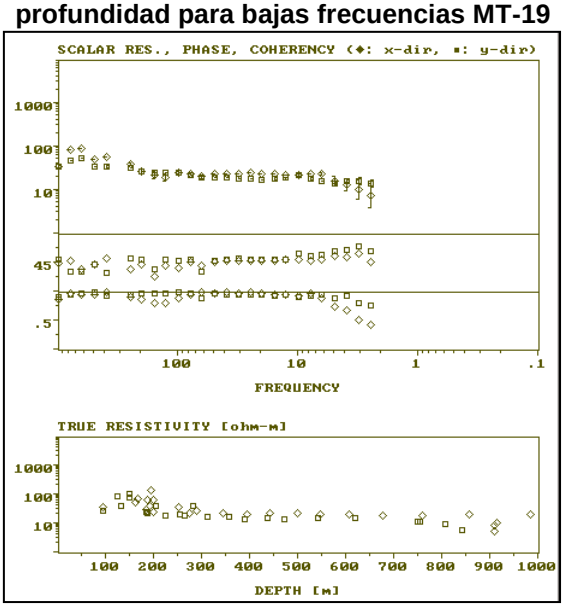
En la **Gráfica 37** y **Gráfica 38** se presentan los resultados para el MT-19. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre Depósitos de Terraza alta y/o Abanico antiguo (Q1al).

Gráfica 37 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-19



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 38 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-19

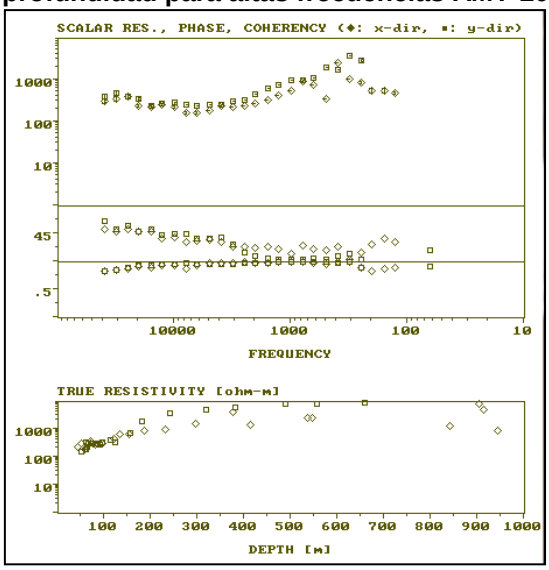


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-20

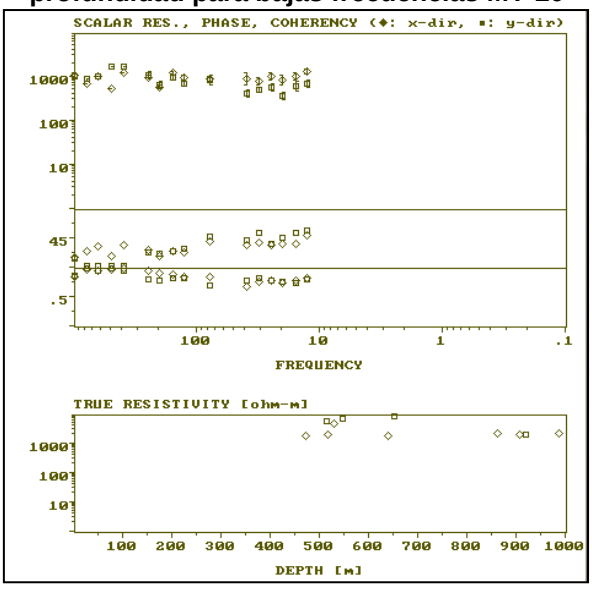
En la **Gráfica 39** y **Gráfica 40**se presentan los resultados para el MT-20. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre rocas de la Formación Gigante superior (N2gis).

Gráfica 39 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-20



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 40 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-20

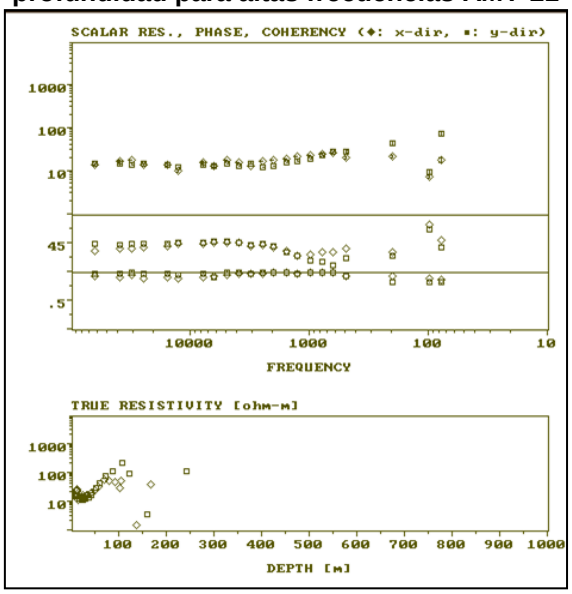


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-21

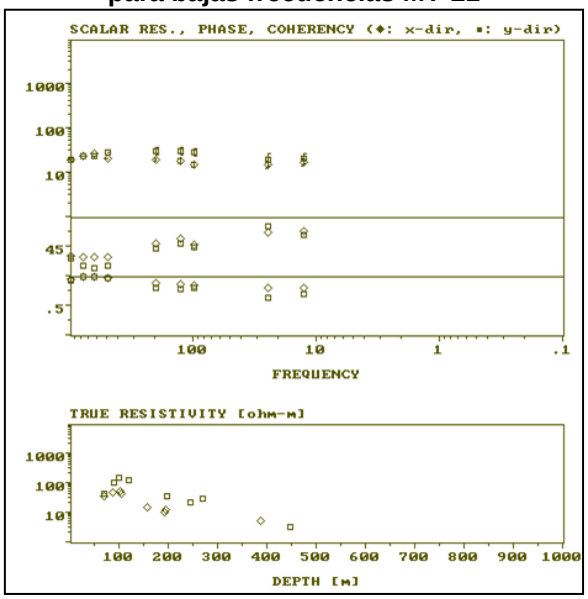
En la **Gráfica 41** y **Gráfica 42** se presentan los resultados para el MT-21. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre rocas del Macizo de Garzón (Mp3mg).

Gráfica 41 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-21



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 42Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-21

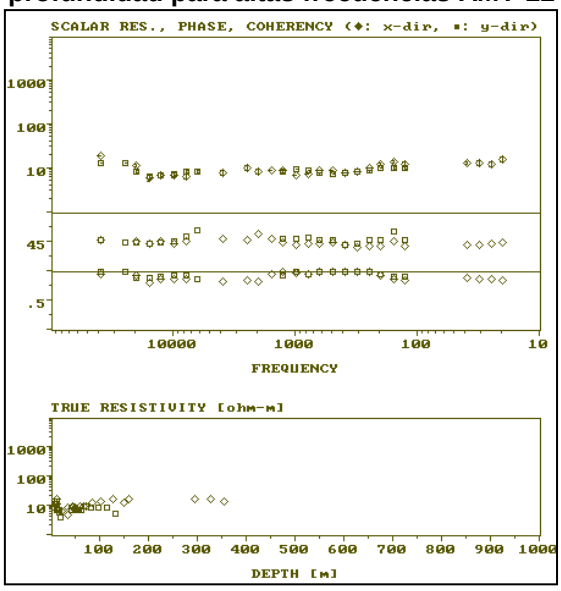


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-22

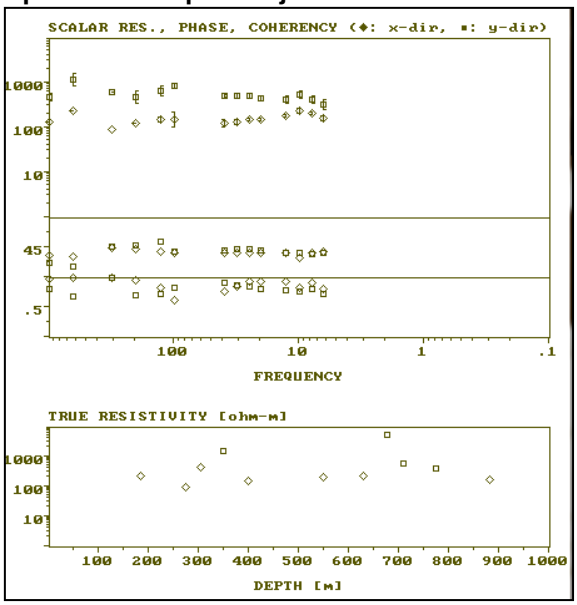
En la **Gráfica 43** y **Gráfica 44** se presentan los resultados para el MT-22. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre rocas de la Formación Gigante medio (N2gim)

Gráfica 43 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-22



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 44 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-22

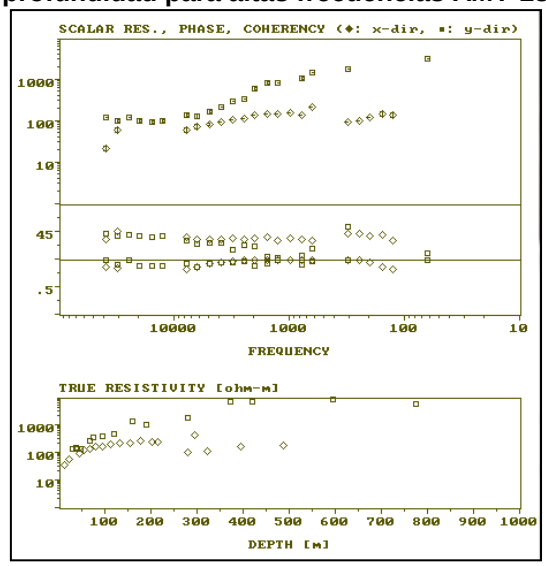


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-23

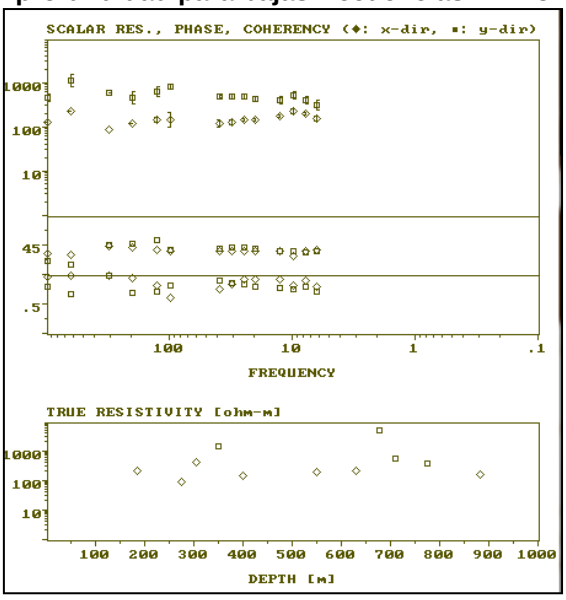
En la **Gráfica 45** y **Gráfica 46** se presentan los resultados para el MT-23. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre Depósitos de Terraza y/o Abanico antiguo (Q1al)

Gráfica 45 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-23



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 46 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-23

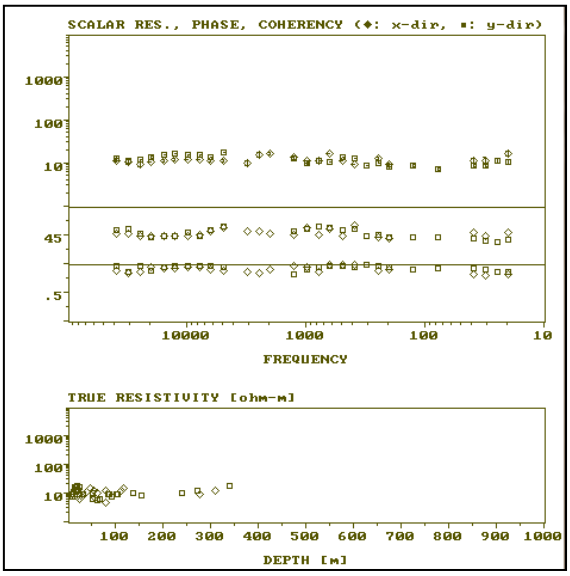


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-24

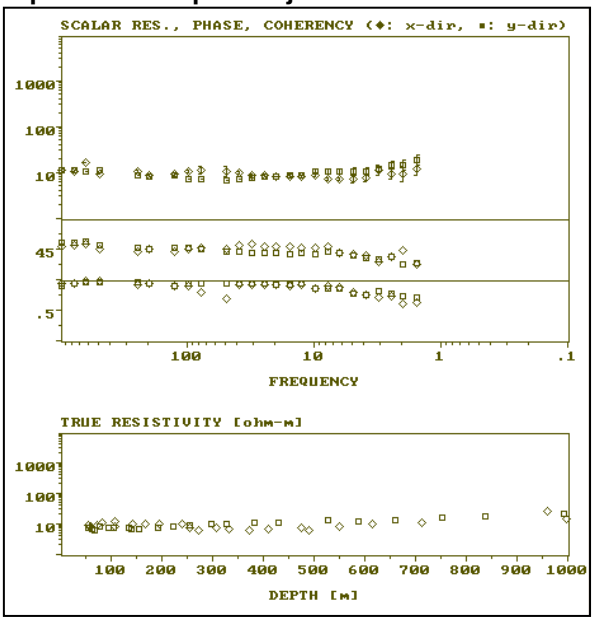
En la **Gráfica 47** y **Gráfica 48** se presentan los resultados para el MT-24. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre Depósitos de Terraza bajas (Q2al)

Gráfica 47 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-24



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 48 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-24

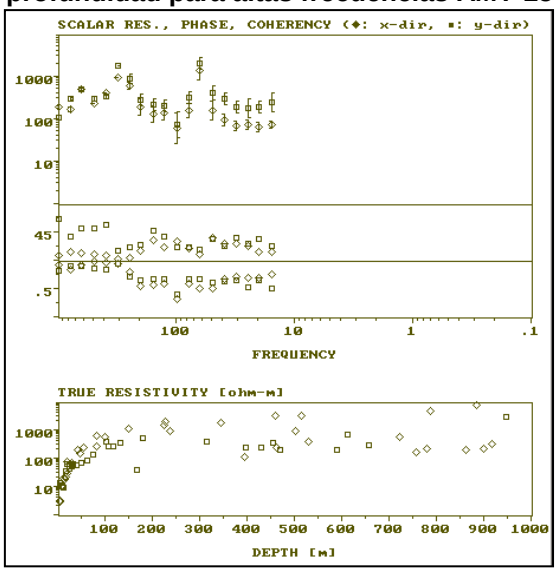


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-25

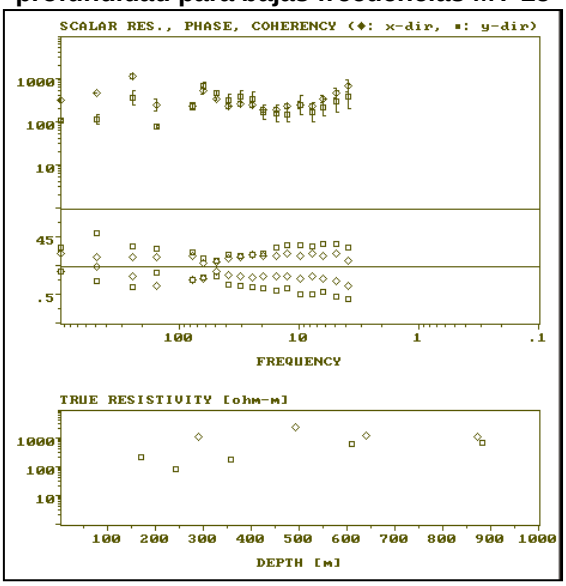
En la **Gráfica 49** y **Gráfica 50** se presentan los resultados para el MT-25. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre Depósitos de la Formación Seca (K2E1sc).

Gráfica 49 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-25



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 50 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-25

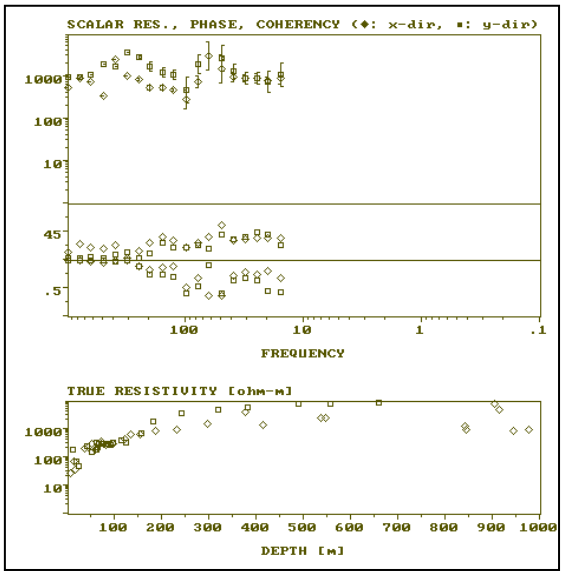


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-26

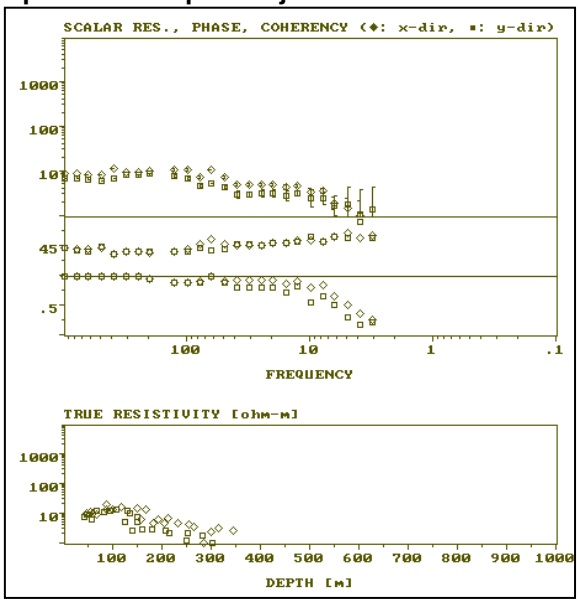
En la **Gráfica 51** y **Gráfica 52** se presentan los resultados para el MT-26. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre rocas de la Formación Guacacallo (N2Q1g).

Gráfica 51 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-26



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 52 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-26

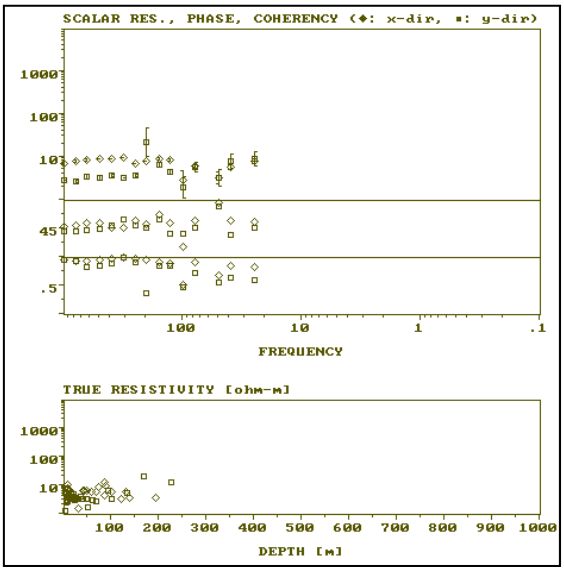


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-27

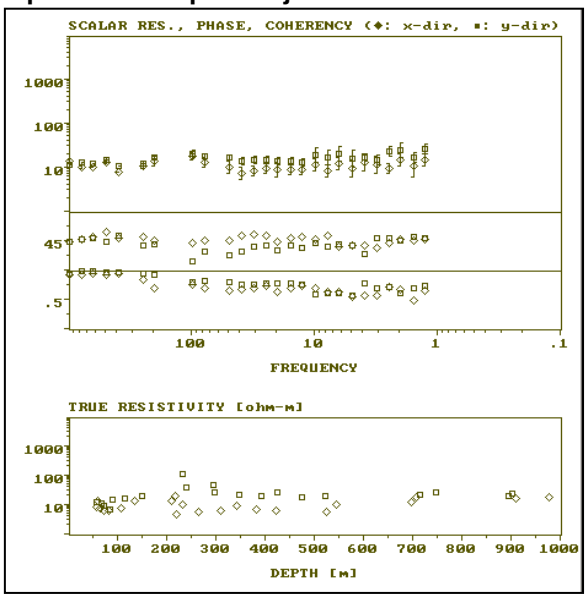
En la **Gráfica 53** y **Gráfica 54** se presentan los resultados para el MT-27. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre rocas del Grupo Honda (N1h).

Gráfica 53 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-27



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 54 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-27

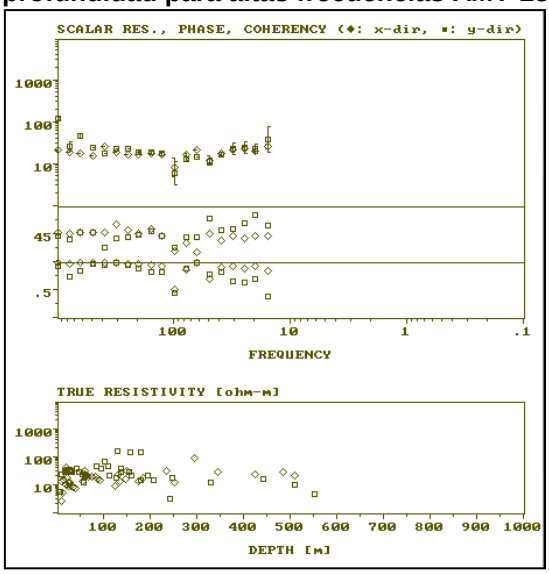


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-28

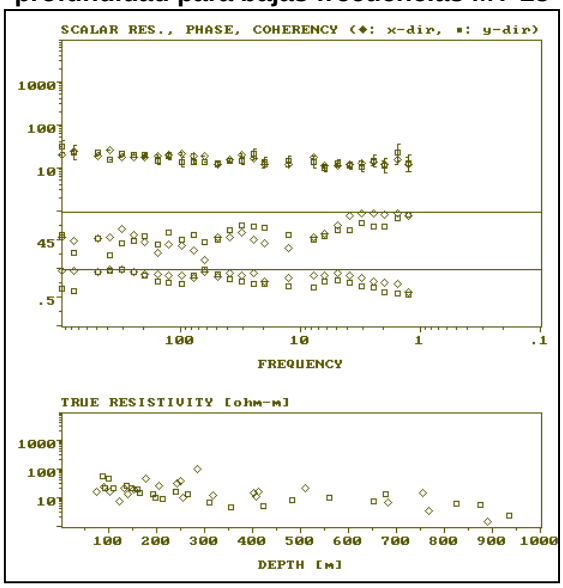
En la **Gráfica 55** y **Gráfica 56** se presentan los resultados para el MT-28. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre Depósitos de terrazas bajas y/o abanico reciente (Q2al).

Gráfica 55 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-28



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 56 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-28

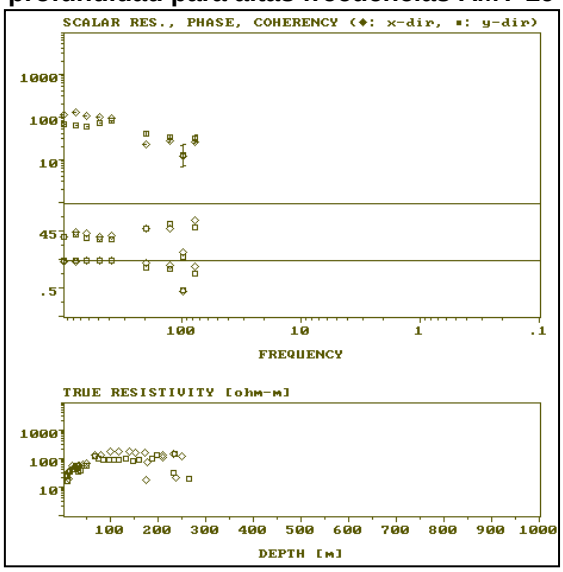


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-29

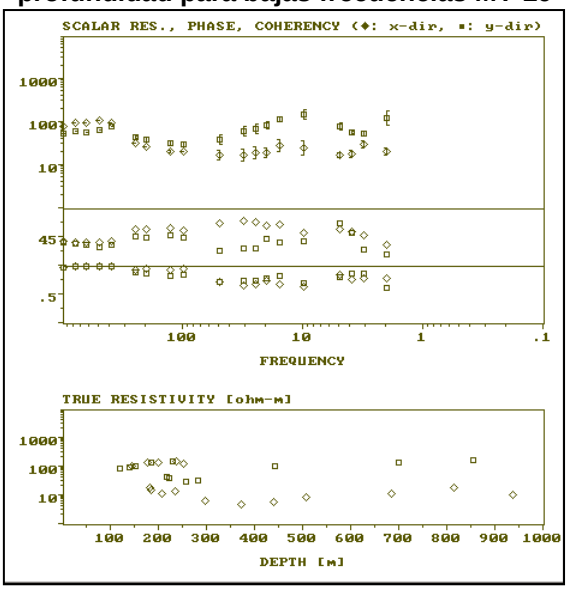
En la **Gráfica 57** y **Gráfica 58** se presentan los resultados para el MT-29. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado Depósitos de terrazas bajas y/o abanico reciente (Q2al).

Gráfica 57 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-29



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 58 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-29

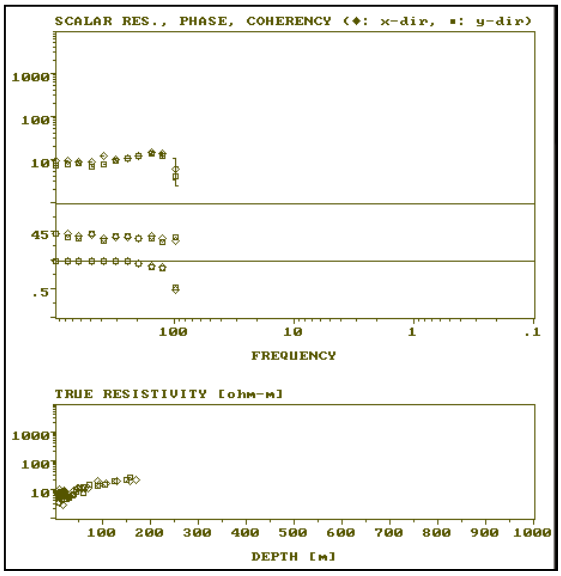


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-30

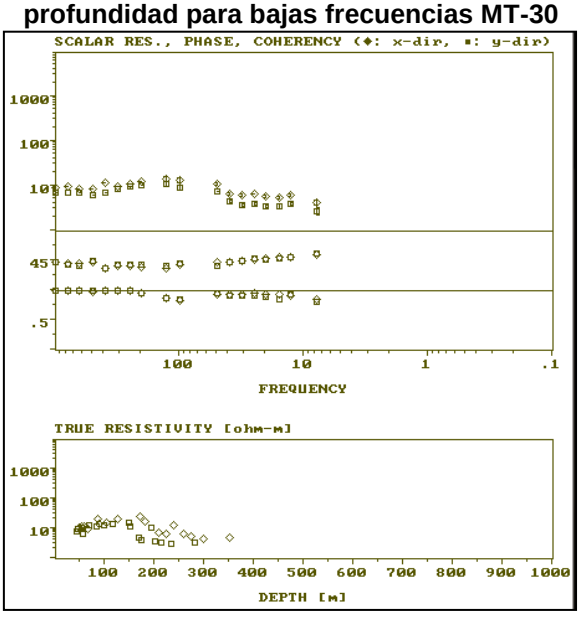
En la **Gráfica 59** y **Gráfica 60** se presentan los resultados para el MT-30. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado Depósitos de terrazas Alta y/o abanico antiguo (Q1al).

Gráfica 59 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-30



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 60 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-30

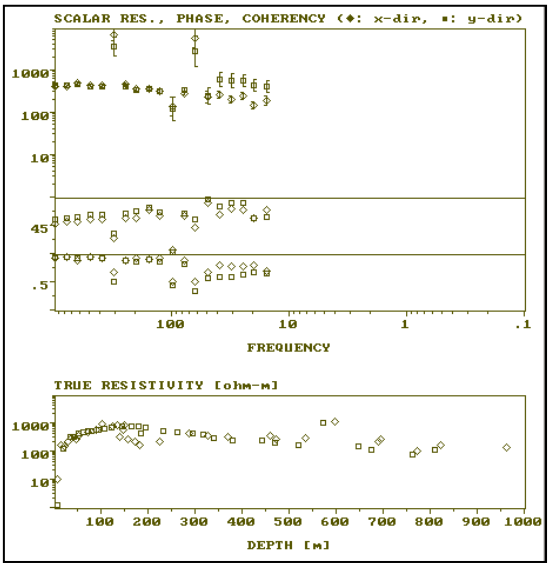


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-31

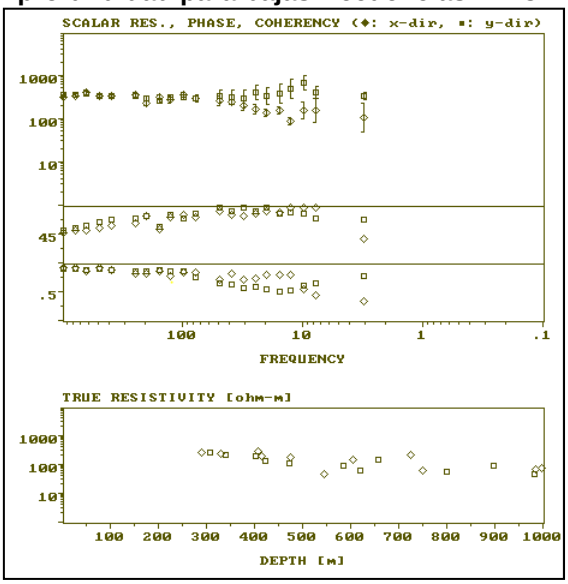
En la **Gráfica 61** y **Gráfica 62** se presentan los resultados para el MT-31. . El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado Depósitos de terrazas bajas y/o abanico reciente (Q2al).

Gráfica 61 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-31



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 62 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-31

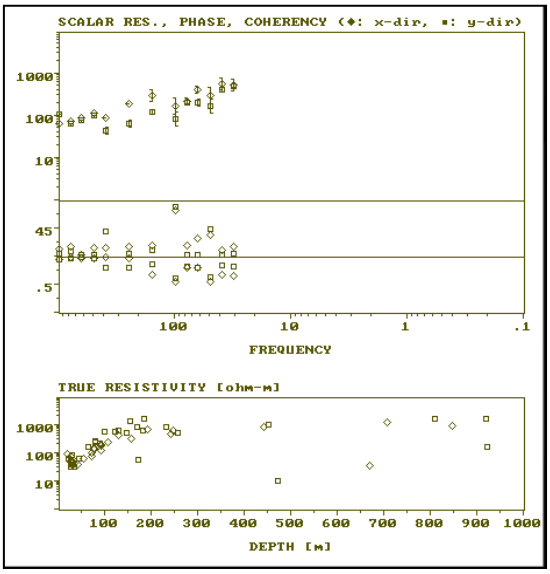


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-32

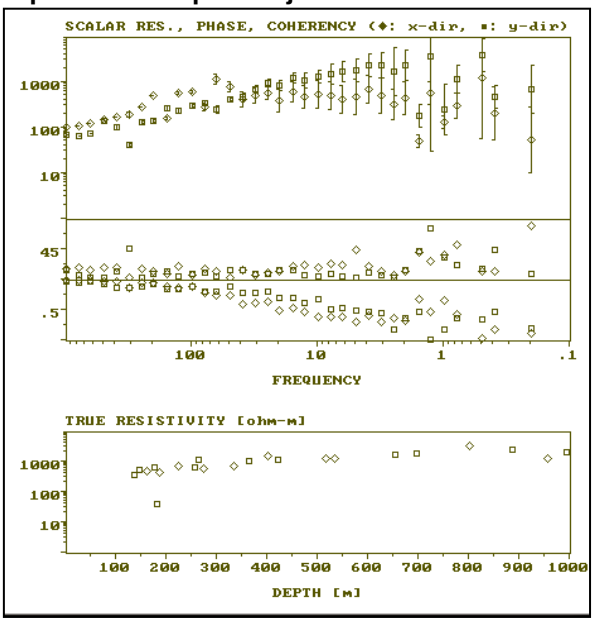
En la **Gráfica 63** y **Gráfica 64** se presentan los resultados para el MT-32. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre rocas del Batolito de Ibagué (J3i).

Gráfica 63 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-32



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 64 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-32

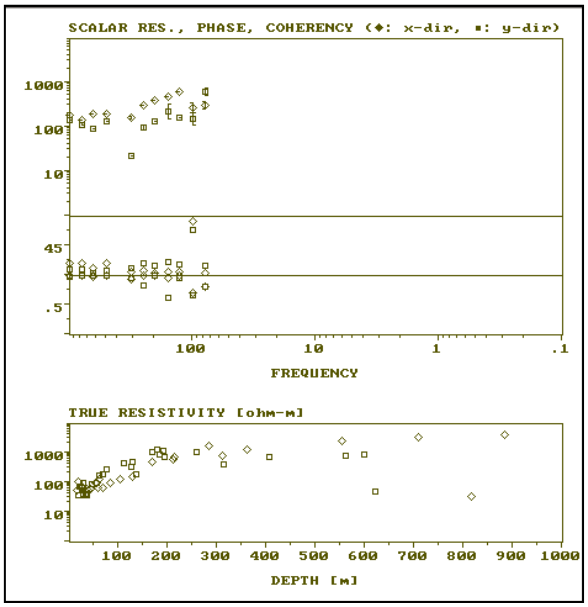


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-33

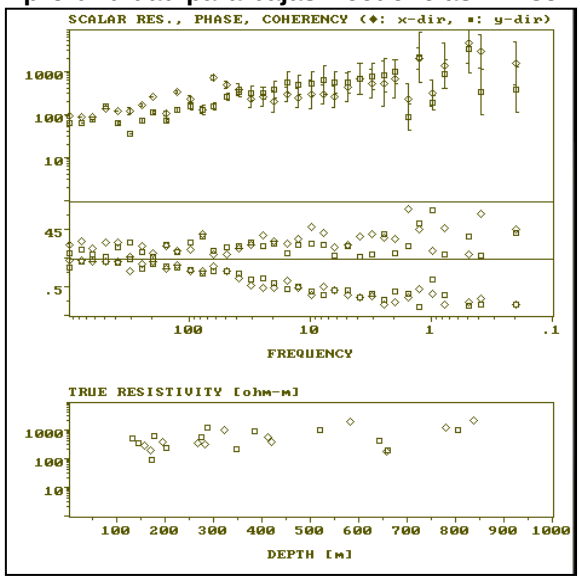
En la **Gráfica 65** y **Gráfica 66** se presentan los resultados para el MT-33. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre rocas de la Formación Guacacallo (N2Q1g).

Gráfica 65 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-33



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 66 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-33

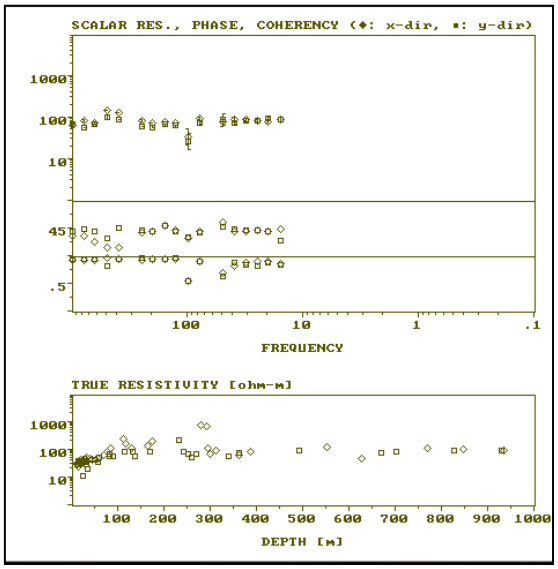


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-34

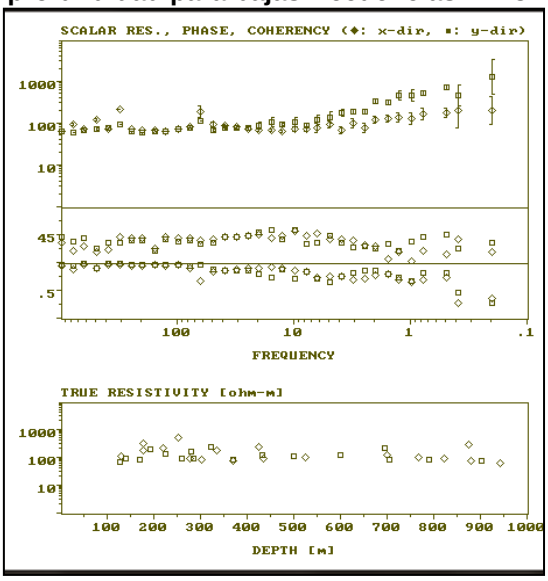
En la **Gráfica 67** y **Gráfica 68** se presentan los resultados para el MT-34. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre Depósitos de Vulcanitas Básicas (Qvb).

Gráfica 67 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-34



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 68 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-34

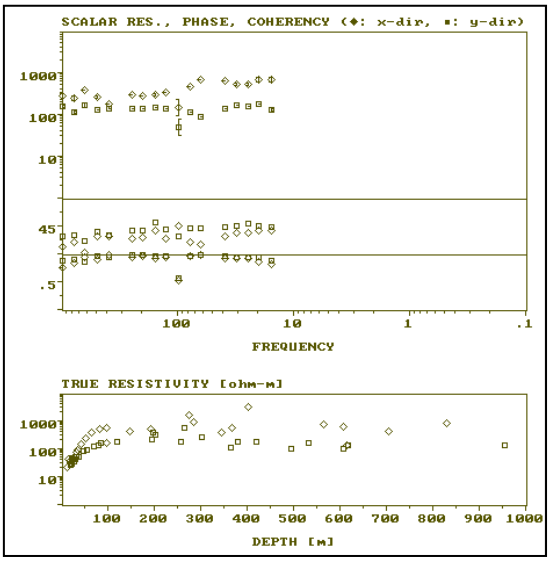


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-35

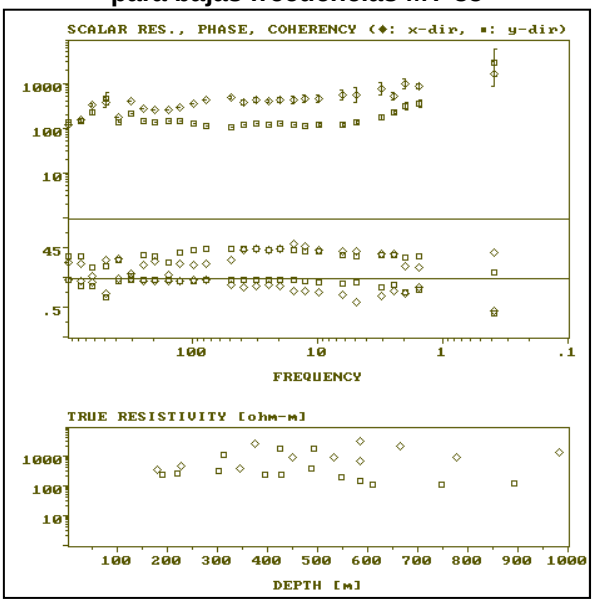
En la **Gráfica 69** y **Gráfica70** se presentan los resultados para el MT-35. El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre rocas de la Formación Saldaña (T2Jsal).

Gráfica 69 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-35



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica70 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-35

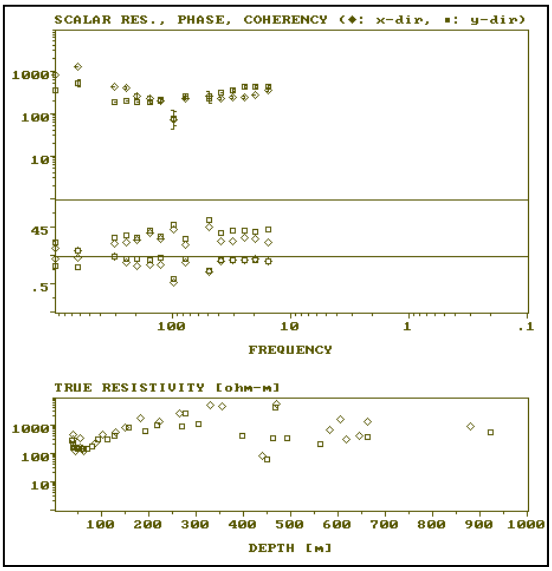


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sondeo MT-36

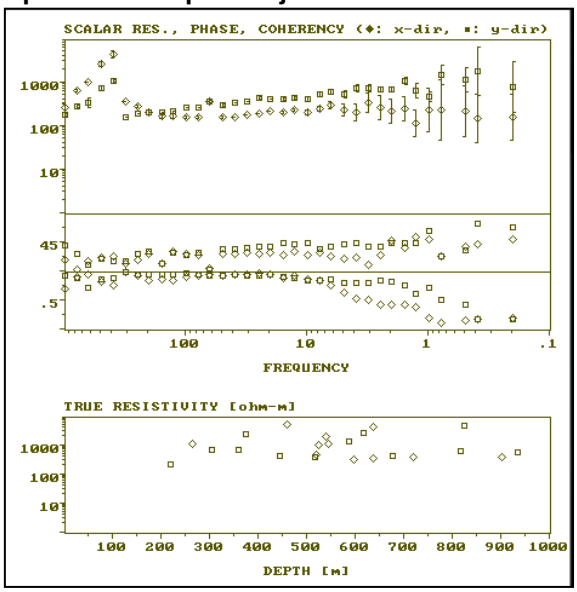
En la **Gráfica 71** y **Gráfica 72** se presentan los resultados para el MT-36. . El punto de muestreo en superficie se encuentra localizado sobre rocas de la Formación Caballos (K1c).

Gráfica 71 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para altas frecuencias AMT-36



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 72 Espectro de amplitud, Espectro de fase, coherencia y curva de resistividad en profundidad para bajas frecuencias MT-36



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.2.2.4 Resultados Sondeos Eléctricos Verticales (SEV´s)

A continuación, se presentan los resultados 40 SEVs ejecutados por el consorcio PMAA Magdalena 2016, representados mediante registro fotográfico, tablas y gráficos 1D para la representación del subsuelo. (Ver **Anexo C-2**)

SEV-01



Instalación del Equipo GeoAmp 202



Arreglo Schlumberger SEV-01

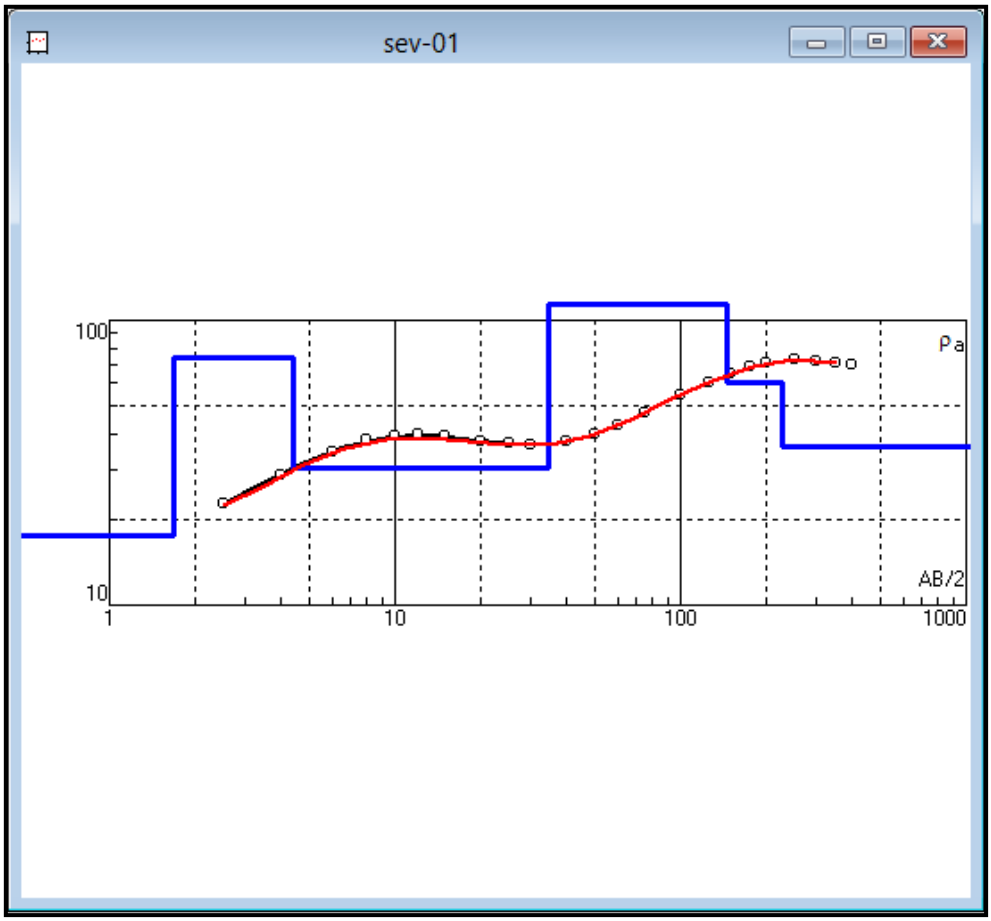
Ilustración 51 Procedimiento de adquisición SEV-01 Coordenadas E: 877597; N: 815934

Tabla 9 Valores de resultados SEV-01

SEV-01					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación -Geológica
1	1.7	1.7	18	Limos	Depósitos aluviales y/o terrazas bajas (Q2al)
2	4.4	2.7	73.9	Arenas	
3	34.5	30.1	30.3	Arena limosa	
4	145.4	110.9	114	Arenas	
5	227.1	81.7	60.4	Arena limosa	
6	-	-	36	Arena limosa	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 73 Curvas de resistividad aparente SEV-01



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-02



Localización Sondeo SEV-02



Arreglo Schlumberger SEV-02

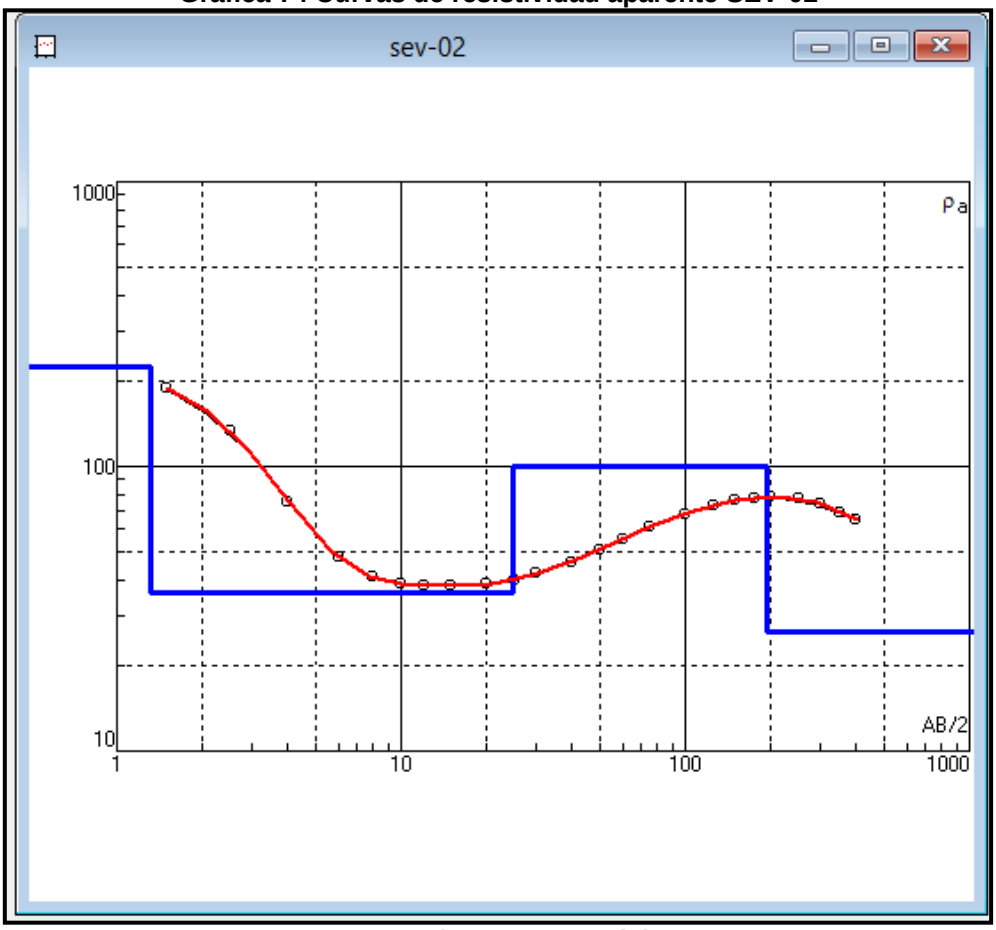
Ilustración 52 Procedimiento de adquisición SEV-02 Coordenada E: 878388; N: 815657

Tabla 10 Valores de resultados SEV-02

SEV-02					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación - Geológica
1	1.3	1.3	223.9	Arenas y gravas	Depósitos aluviales y/o terrazas bajas (Q2al)
2	24.8	23.4	36	Arena limosa	
3	193.9	169.1	100.4	Arenas	
4	-	-	26.2	Arena limosa	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 74 Curvas de resistividad aparente SEV-02



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-03



Instalación del Equipo GeoAmp 202



Arreglo Schlumberger SEV-03

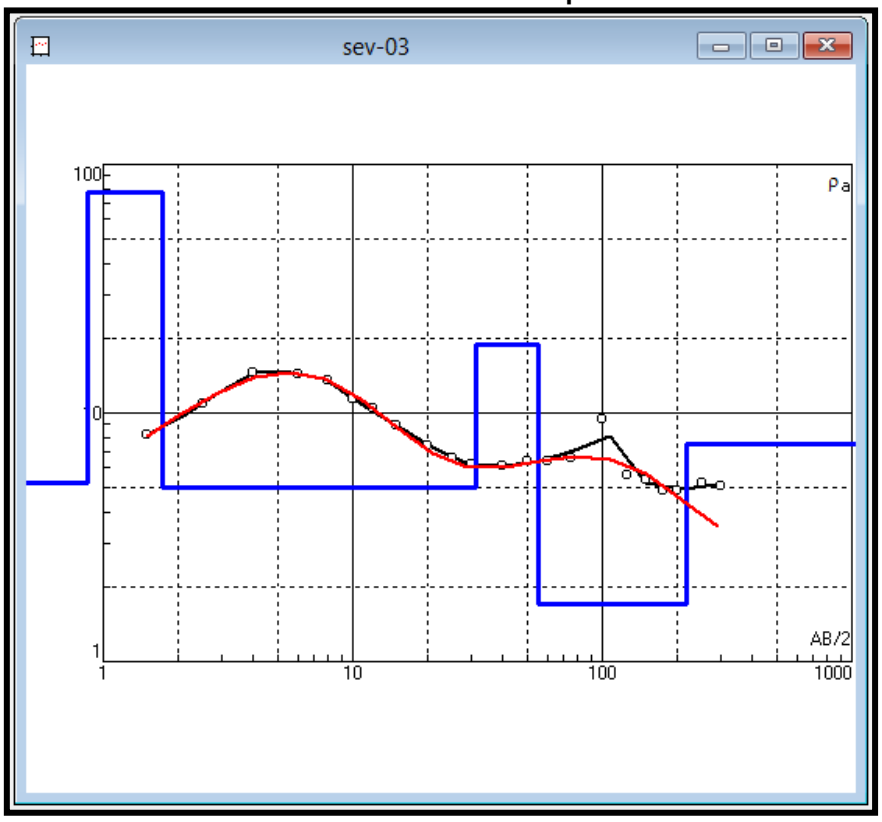
Ilustración 53 Procedimiento de adquisición SEV-03 Coordenada E: 879508; N: 814395

Tabla 11 Valores de resultados SEV-03

SEV-03					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	0.9	0.9	5.2	Arcilla	Grupo Guadalupe (K2g)
2	1.7	0.9	76.9	Arenas limosas	
3	31.2	29.4	5.0	Lutitas	
4	55.4	24.3	18.7	Chert	
5	218	162	1.7	Lutitas	
6	-	-	7.5	Lutitas	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 75 Curvas de resistividad aparente SEV-03



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-04



Instalación del Equipo GeoAmp 202



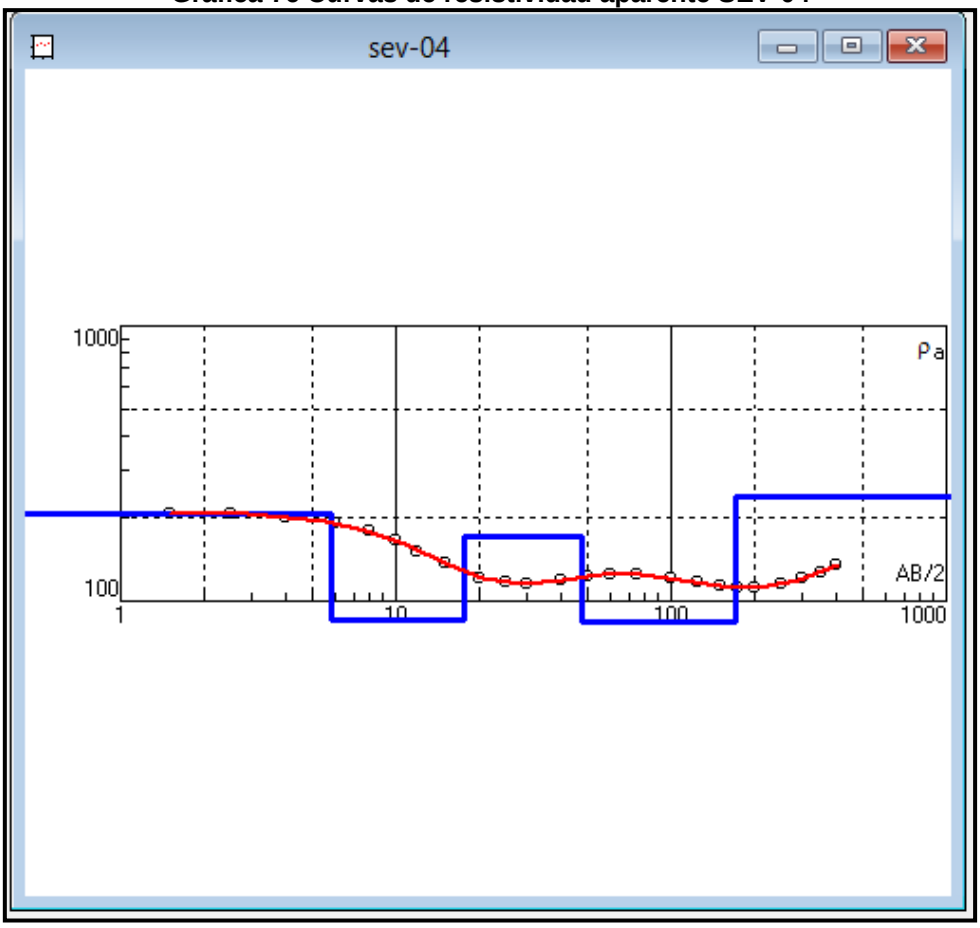
Arreglo Schlumberger SEV-04

Ilustración 54 procedimiento de adquisición SEV-04 Coordenada E: 880599; N: 811197

Tabla 12 Valores de resultados SEV-04

SEV-04					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	5.6	5.6	208.5	Arenas y gravas	Formación Gualanday medio(E2gym)
2	20.5	14.9	89.4	Limolita	
3	41	20.5	201.9	Arenisca conglomeráticas	
4	185.3	144.3	87.7	Limolita	
5	-		257.5	Arenisca conglomeráticas	

Gráfica 76 Curvas de resistividad aparente SEV-04



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-05



Localización Sondeo SEV-05



Arreglo Schlumberger SEV-05

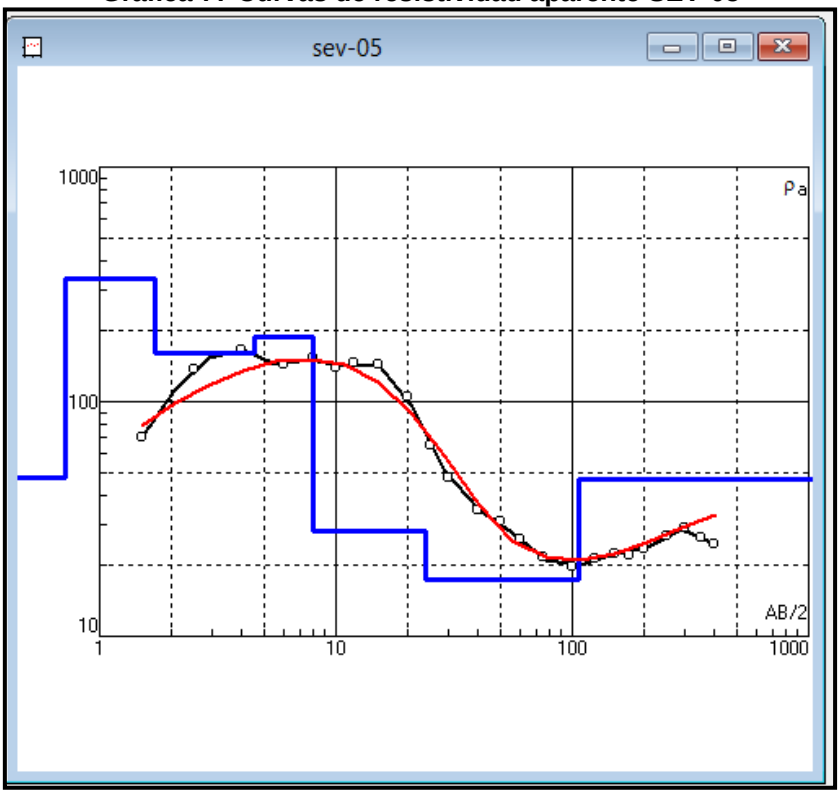
Ilustración 55 Procedimiento de adquisición Coordenada E: 881044; N: 810492

Tabla 13 Valores de resultados SEV-05

SEV-05					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	0.7	0.7	47.1	Limos	Formación Seca (K2E1sc)
2	1.7	0.9	334	Arenas y gravas	
3	4.5	2.8	161	Arenisca	
4	8.01	3.5	189	Arenisca	
5	24	15.9	28.1	Arcillolita	
6	107	82.6	17.4	Arcillolita	
7	-	-	46.7	Limolita	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 77 Curvas de resistividad aparente SEV-05



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-06



Localización Sondeo SEV-06



Arreglo Schlumberger SEV-06

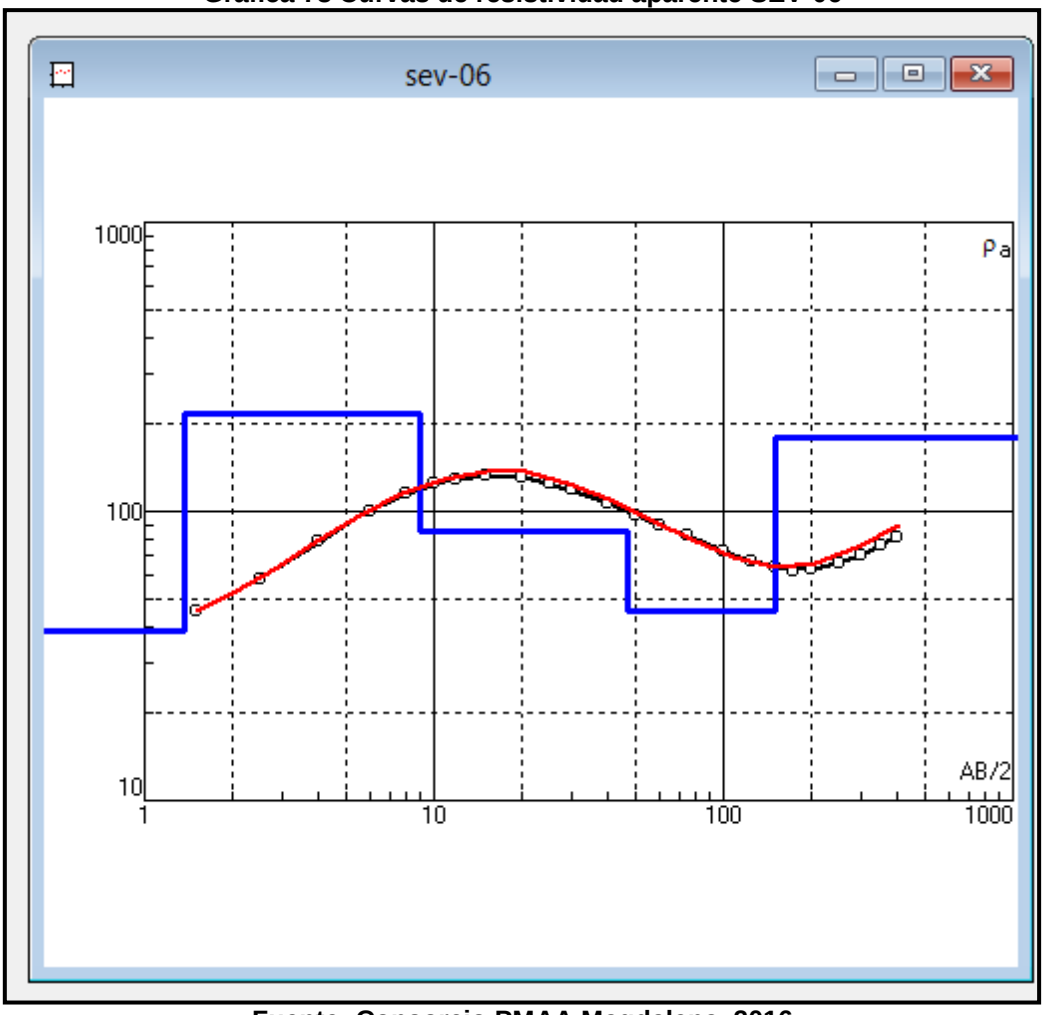
Ilustración 56 Procedimiento de adquisición SEV-06 Coordenada E: 881482; N: 810163

Tabla 14 Valores de resultados SEV-06

SEV-06					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	1.4	1.4	38.6	Limos	Grupo Villeta (K2v)
2	8.9	7.6	218	Arenisca	
3	46.7	37.7	85.3	Lutitas y/o y Calizas	
4	151	104	45.2	Lutitas y/o y Calizas	
5	-	-	180	Arenisca	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 78 Curvas de resistividad aparente SEV-06



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-07



Localización Sondeo SEV-07



Arreglo Schlumberger SEV-07

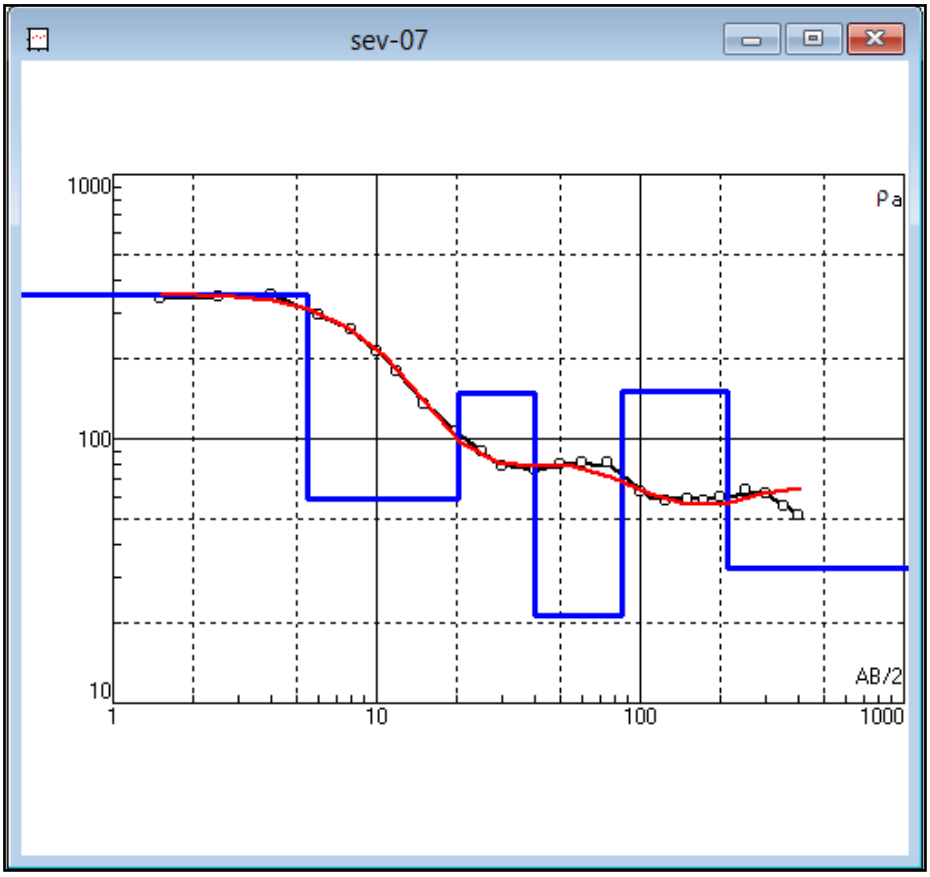
Ilustración 57 Procedimiento de adquisición SEV-07 Coordenada E: 862140; N: 848648

Tabla 15. Valores de resultados SEV-07

SEV-07					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	5.4	5.4	352	Arenas y gravas	Grupo Honda (N1h)
2	20.4	15	59.1	Arenas y limos	
3	39.8	19.4	149	Areniscas	
4	85.3	45.5	21.5	Limolitas	
5	214	129	151	Areniscas	
6	-	-	32.4	Limolitas	

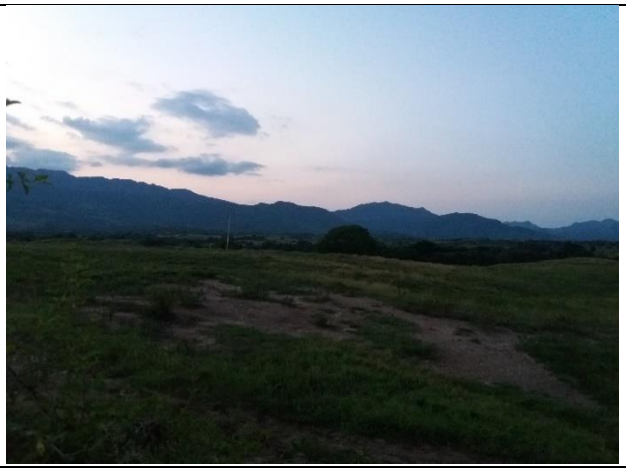
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 79 Curvas de resistividad aparente SEV-07



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-08



Localización Sondeo SEV-08



Arreglo Schlumberger SEV-08

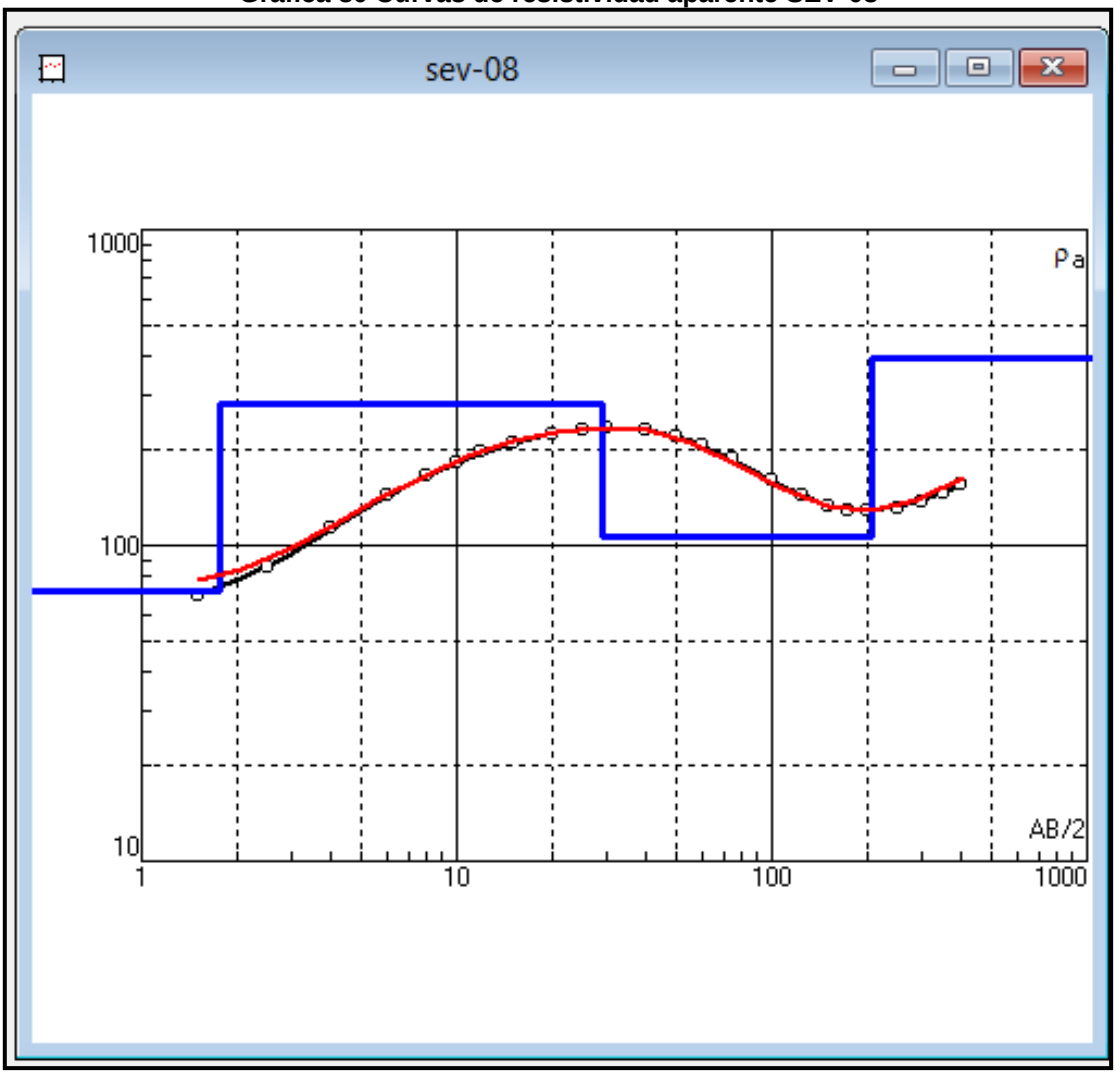
Ilustración 58 Procedimiento de adquisición SEV-08 Coordenada E: 864234; N: 847155

Tabla 16 Valores de resultados SEV-08

SEV-08					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	1.7	1.7	71.6	Limos	Grupo Honda (N1h)
2	29	27.2	281	Arenas y gravas	
3	146	117	107	Arenisca	
4	-	-	189	Areniscas	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 80 Curvas de resistividad aparente SEV-08



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-09



Localización Sondeo SEV-09



Arreglo Schlumberger SEV-09

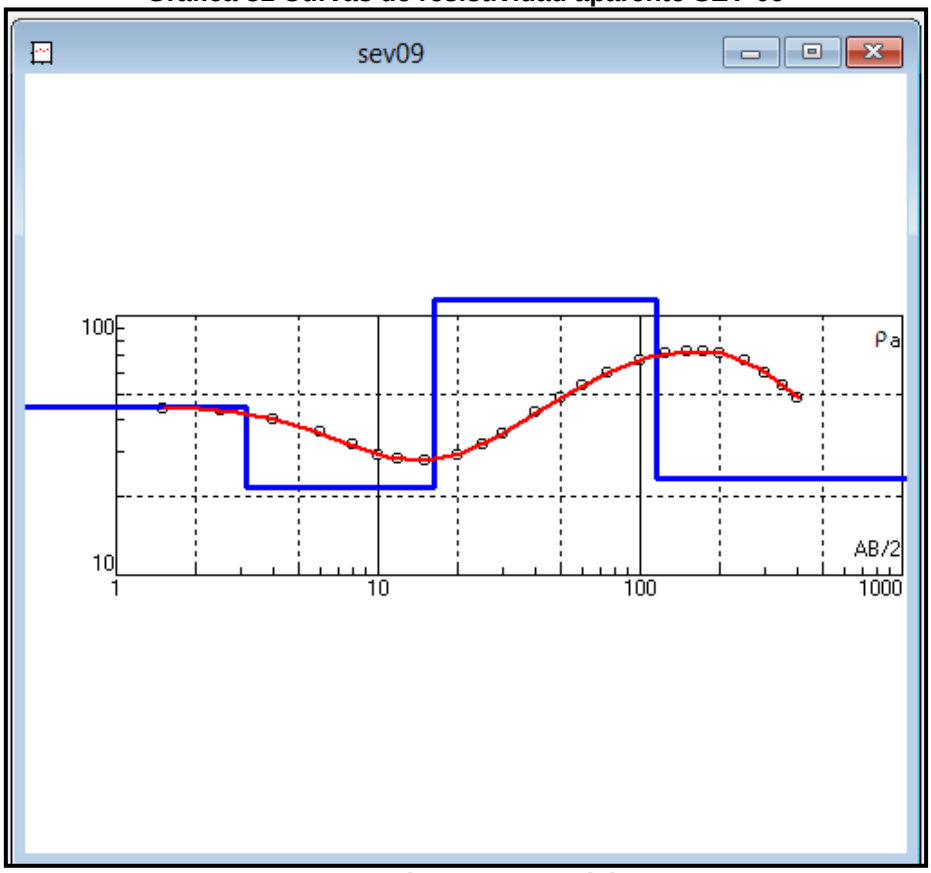
Ilustración 59 Procedimiento de adquisición SEV-09 Coordenada E: 866861; N: 847422

Tabla 17 . Valores de resultados SEV-09

SEV-09					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	3.1	3.1	44.5	Limos	Grupo Honda (N1h)
2	16.4	13.2	21.8	Limos	
3	115	99	115	Arenisca	
4	-		23.6	Limolita	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 81 Curvas de resistividad aparente SEV-09



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-10



Localización Sondeo SEV-10



Arreglo Schlumberger SEV-10

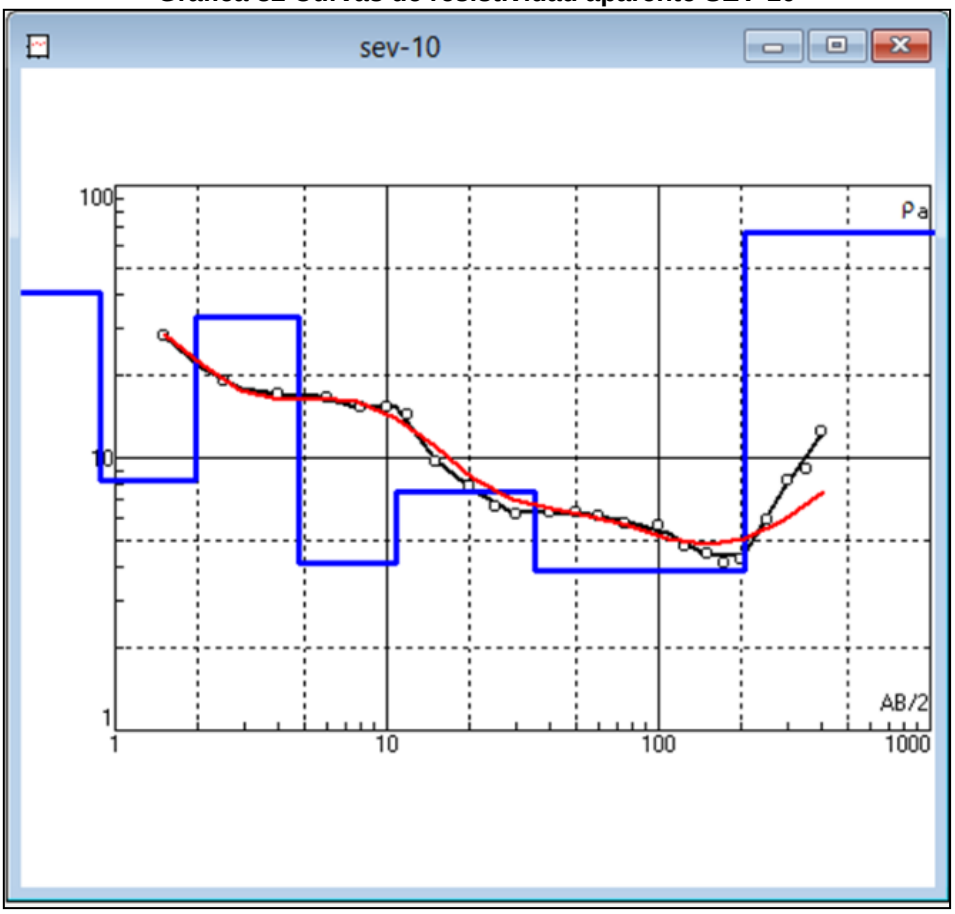
Ilustración 60 Procedimiento de adquisición SEV-10 Coordenada E: 860264; N: 826381

Tabla 18 Valores de resultados SEV-10

SEV-10					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	0.9	0.9	40.4	Limo	Grupo Honda (N1h)
2	2.0	1.1	8.28	Arcilla	
3	4.7	2.8	32.9	Limo	
4	10.8	6.1	4.11	Arcillolita	
5	35.1	24.2	7.51	Arcillolita	
6	208	173	3.86	Arcillolita	
7	-	-	67.2	Limolita	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 82 Curvas de resistividad aparente SEV-10



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-11



Localización Sondeo SEV-11



Arreglo Schlumberger SEV-11

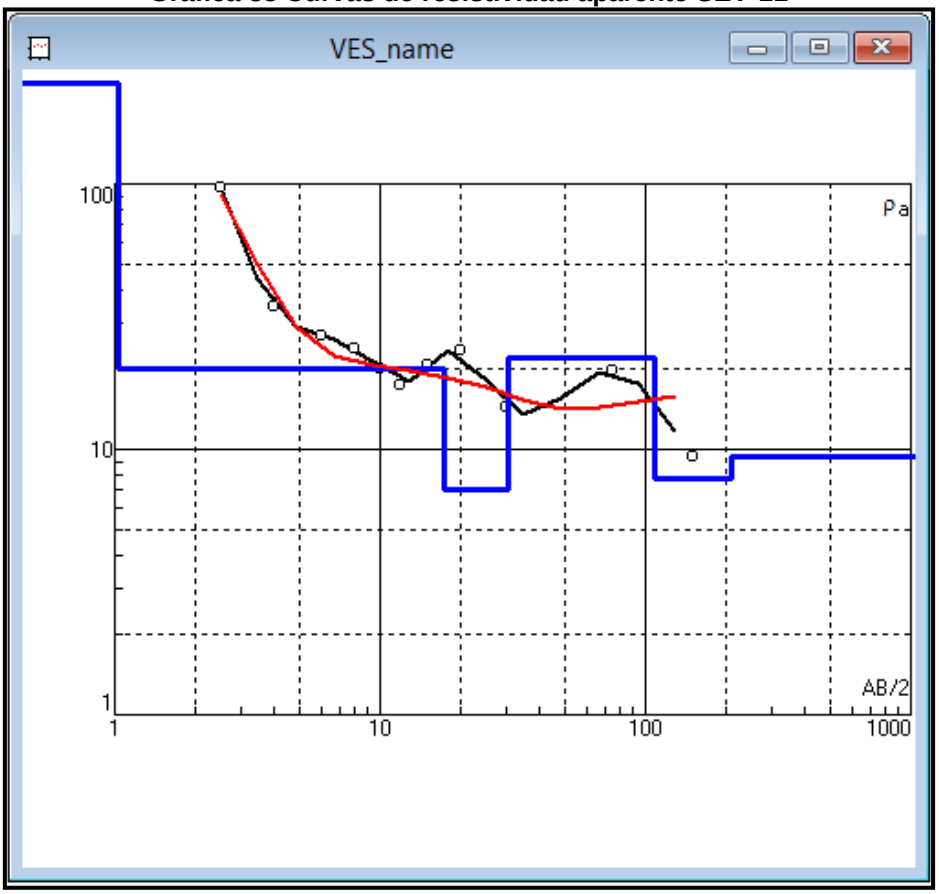
Ilustración 61 Procedimiento de adquisición SEV-11 Coordenada E: 861333; N: 825245

Tabla 19 Valores de resultados SEV-11

SEV-11					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	1.03	1.03	240	Arenas y gravas	Grupo Honda (N1h)
2	17.4	16.4	20.1	Limo	
3	30.4	13	7.05	Arcillolita	
4	108	77.9	22.1	Limolita	
5	211	103	7.76	Arcillolita	
6	-	-	9.38	Arcillas	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 83 Curvas de resistividad aparente SEV-11



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-12



Localización Sondeo SEV-12



Arreglo Schlumberger SEV-12

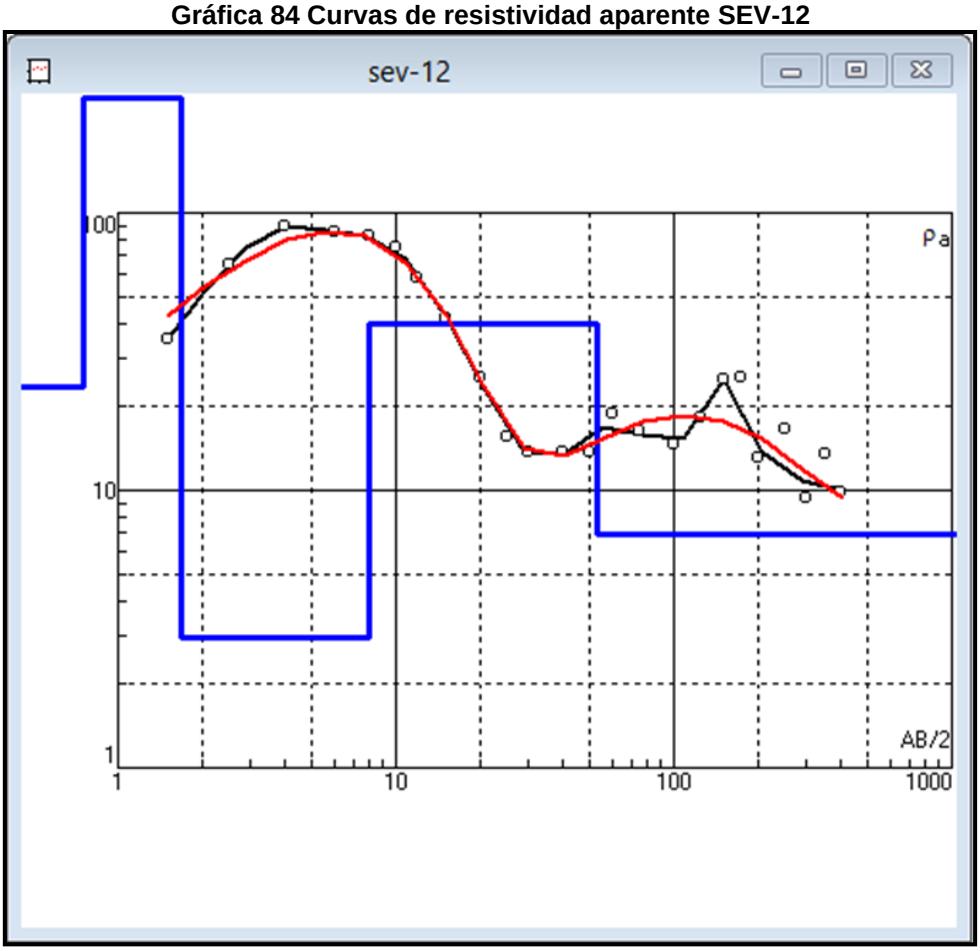
Ilustración 62 Procedimiento de adquisición SEV-12 Coordenada E: 864167; N: 825337

Tabla 20 Valores de resultados SEV-12

SEV-12					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	0.8	0.8	34.1	Limos	Grupo Honda (N1h)
2	2.6	1.75	353	Arenas y gravas	
3	20.3	17.7	10.9	Arcillolita	
4	213	193	22.8	Limolita	
5	-		10	Arcillolita	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 84 Curvas de resistividad aparente SEV-12



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-13



Localización Sondeo SEV-13



Arreglo Schlumberger SEV-13

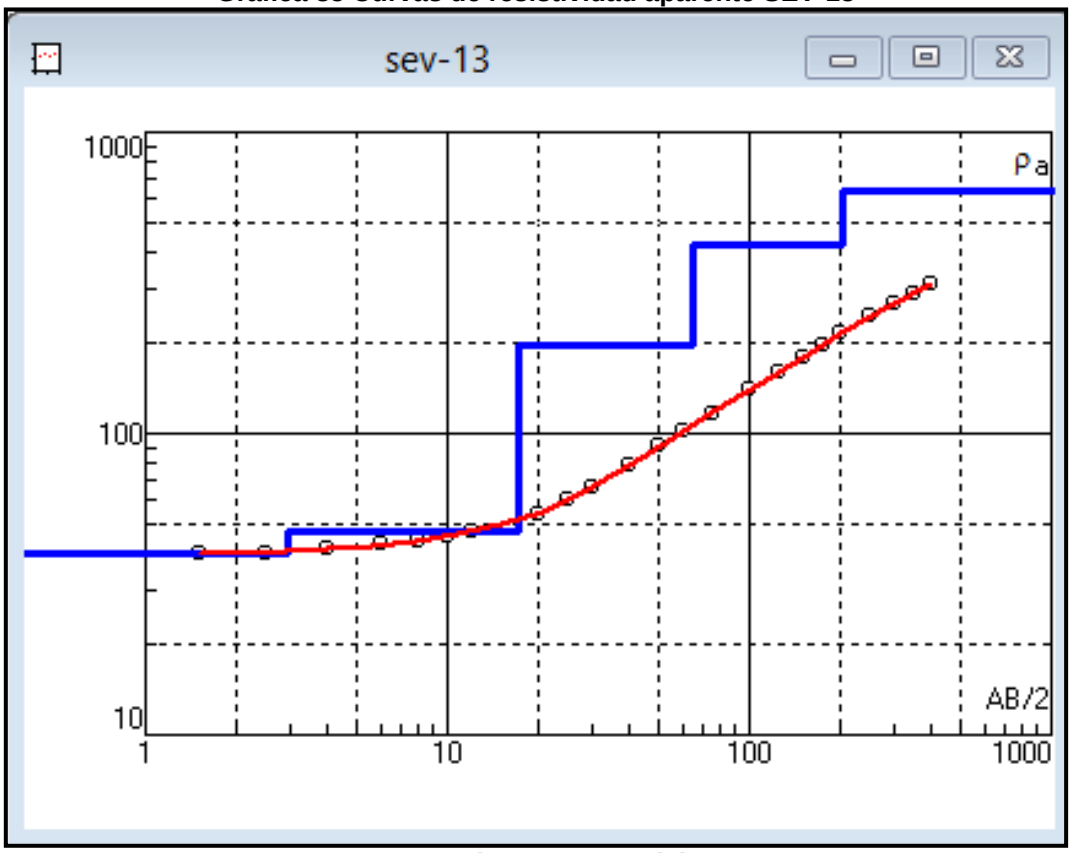
Ilustración 63 Procedimiento de adquisición SEV-13 Coordenada E: 842742; N: 794667

Tabla 21 Valores de resultados SEV-13

SEV-13					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	2.9	2.9	39.88	Arenas y limos	Formación Caballo (K1c)
2	17.1	14.2	47.4	Arenas y limos	
3	65.2	48.1	195	Arenisca	
4	205	140	419	Arenisca	
5	-	-	639	Arenisca	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 85 Curvas de resistividad aparente SEV-13

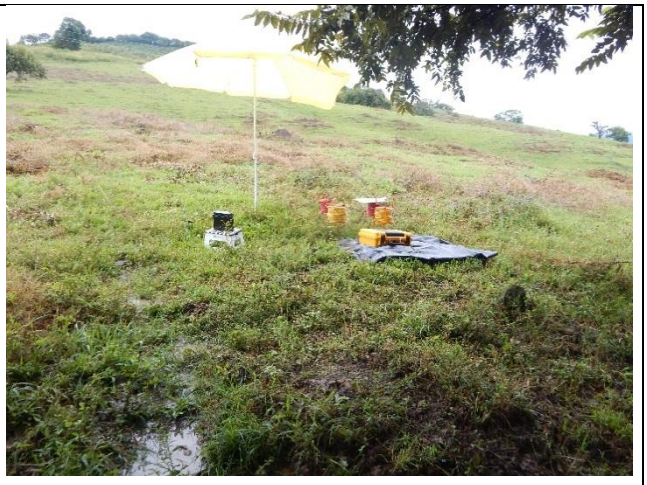


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-14



Localización Sondeo SEV-14



Arreglo Schlumberger SEV-14

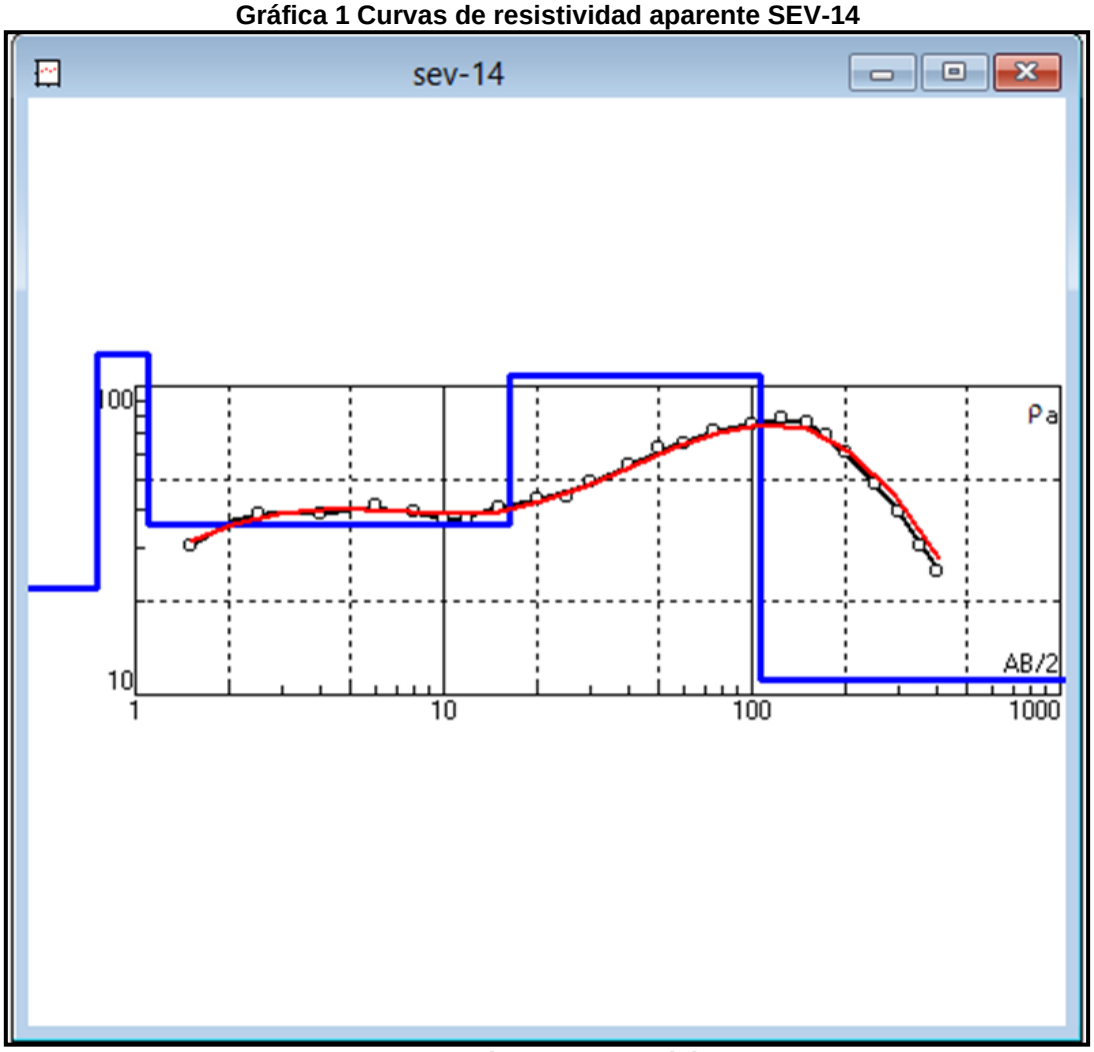
Ilustración 64 Procedimiento de adquisición SEV-14 Coordenada E: 844317; N: 794870

Tabla 22 Valores de resultados SEV-14

SEV-14					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	0.8	0.8	22.1	Limos	Grupo Villeta (K2v)
2	1.1	0.3	127	Caliza	
3	16.4	15.3	35.8	Lutita	
4	107	90.3	108	Arenisca	
5	-	-	11.2	Lutita	

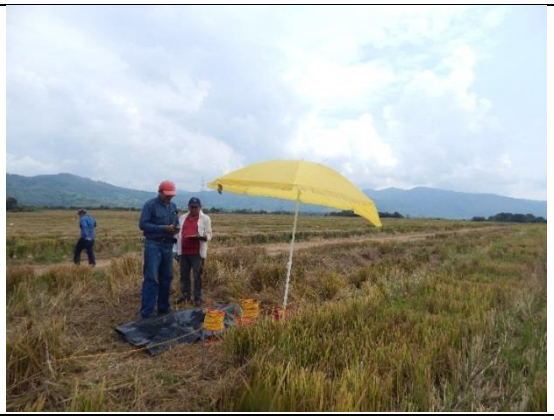
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 1 Curvas de resistividad aparente SEV-14



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-15



Localización Sondeo SEV-15



Arreglo Schlumberger SEV-15

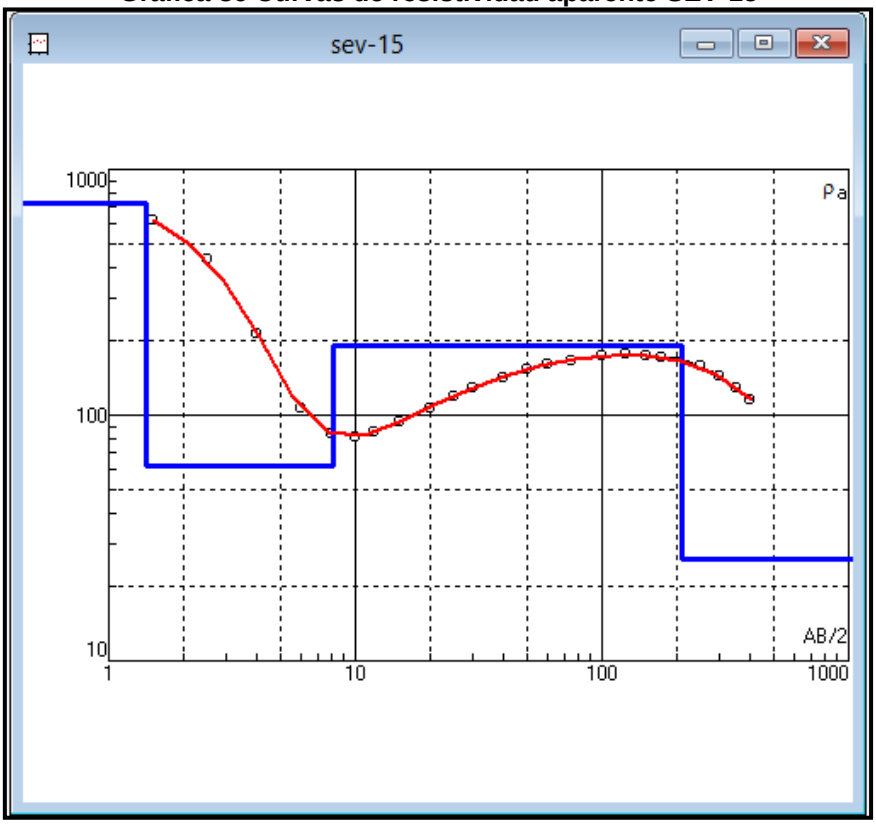
Ilustración 65 Procedimiento de adquisición SEV-15 Coordenada E: 852142; N: 793703

Tabla 23 Valores de resultados SEV-15

SEV-15					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	1.4	1.4	727	Arenas y gravas	Depósitos Aluviales y/o Terrazas Bajas (Q1al)
2	8.2	6.75	62.5	Limos	
3	209	201	193	Arenas	
4	-	-	26.1	Limos	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 86 Curvas de resistividad aparente SEV-15



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-16



Localización Sondeo SEV-16



Arreglo Schlumberger SEV-16

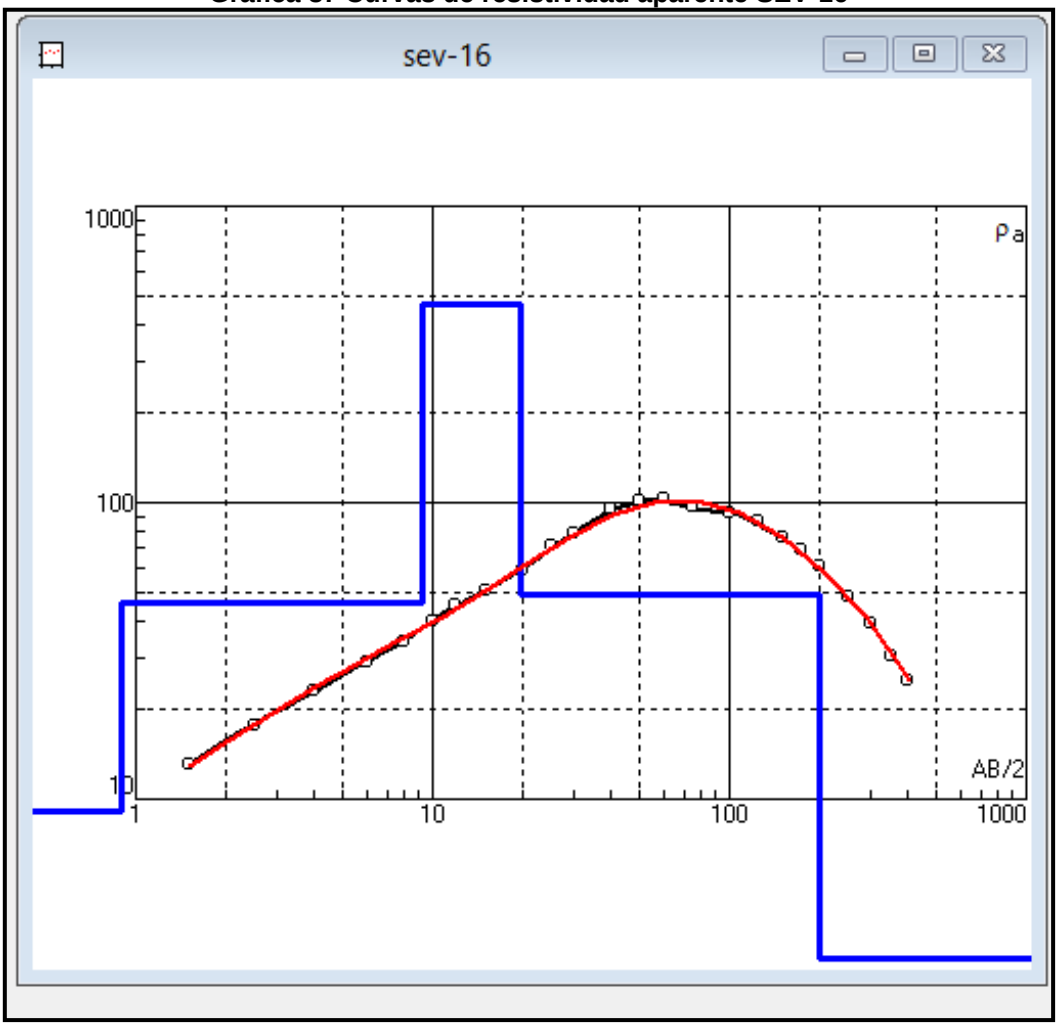
Ilustración 66 Procedimiento de adquisición E: 840537; N: 771160

Tabla 24 Valores de resultados SEV-16

SEV-16					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	0.9	0.9	9.03	Arcillas	Formación Gigante Inferior (N2gii)
2	9.24	8.3	45.7	Limo y arenas	
3	19.9	10.6	466	Tobas volcánicas	
4	201	181	49.1	Limolitas	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 87 Curvas de resistividad aparente SEV-16



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-17



Localización Sondeo SEV-17



Arreglo Schlumberger SEV-17

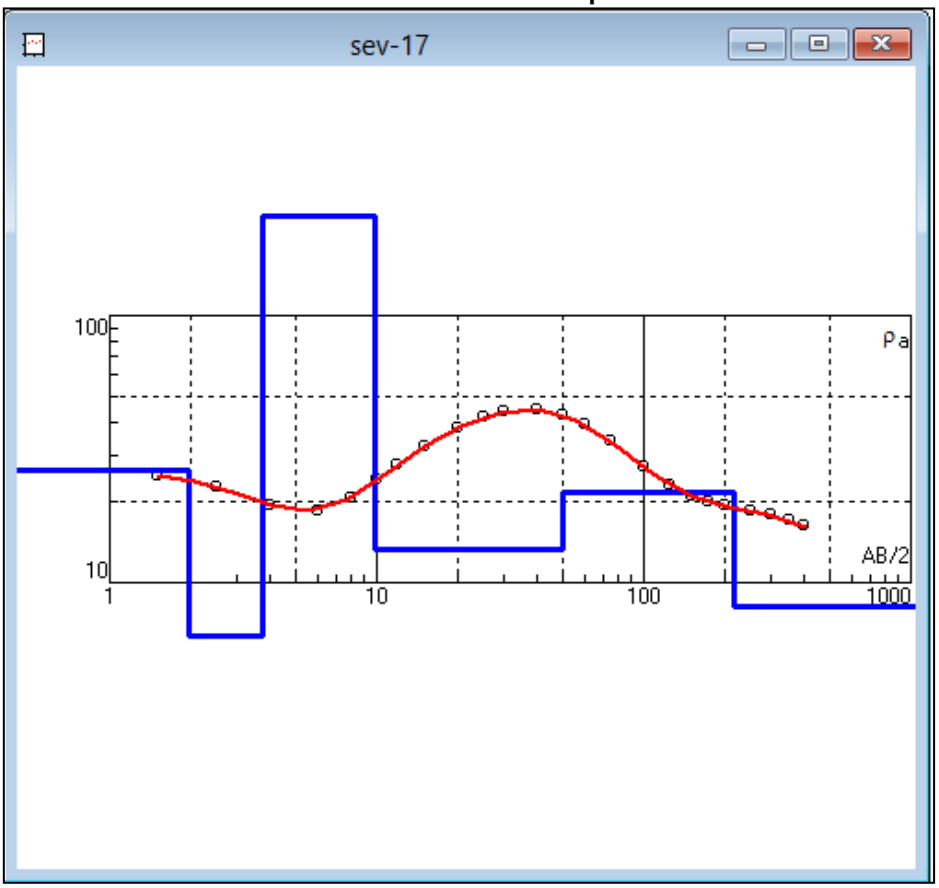
Ilustración 67 Procedimiento de adquisición SEV-17 Coordenadas E: 842482; N: 767453

Tabla 25 Valores de resultados SEV-17

SEV-17					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	1.9	1.98	26.3	Limos	Formación Gigante Medio (N2gim)
2	3.74	1.8	6.3	Arcillas	
3	9.8	6.1	236	Tobas volcánicas	
4	49.7	39.9	13.3	Arcillolita	
5	219	169	21.8	Limolita	
6	-	-	8.11	Arcillolita	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 88Curvas de resistividad aparente SEV-17



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-18



Localización Sondeo SEV-18



Arreglo Schlumberger SEV-18

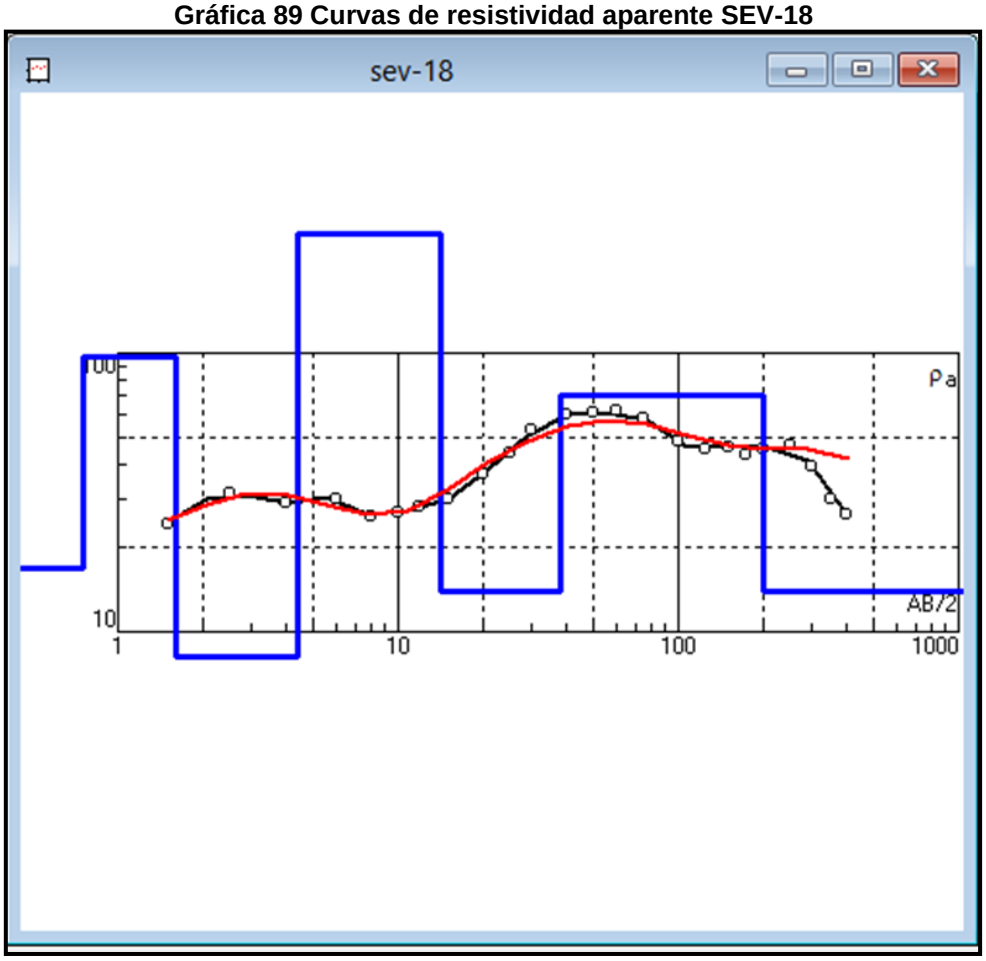
Ilustración 68 Procedimiento de adquisición SEV-18 Coordenadas E: 842576; N: 764540

Tabla 26 Valores de resultados SEV-18

SEV-18					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	0.8.	0.8	16.8	Limos	Formación Gigante Medio (N2gim)
2	1.6	0.9	97.1	Arenas y limos	
3	4.39	2.8	8.11	Arcillas	
4	14.1	9.7	267	Tobas volcánicas	
5	38.2	24.1	13.9	Limolitas	
6	201	163	70.5	Limolitas	
7	-	-	14	Limolita	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 89 Curvas de resistividad aparente SEV-18



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-19



Localización Sondeo SEV-19



Arreglo Schlumberger SEV-19

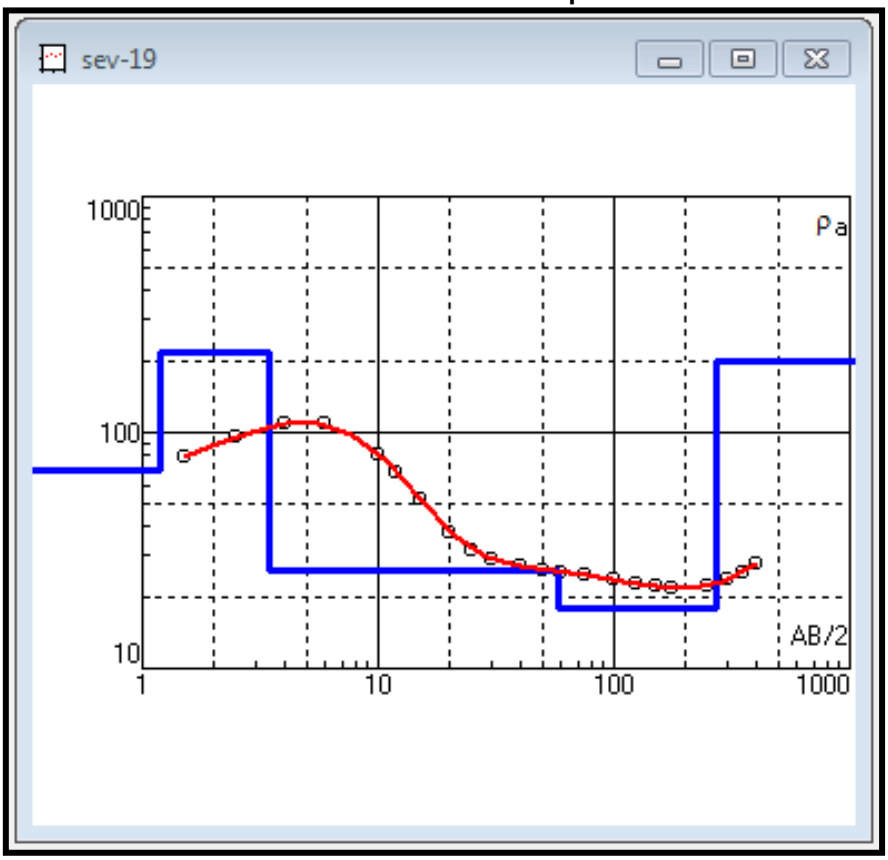
Ilustración 69 Procedimiento de adquisición SEV-19 Coordenadas E: 835216; N: 775803

Tabla 27 Valores de resultados SEV-19

SEV-19					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	1.2	1.2	68.6	Limos	Formación Seca (K2E1sc)
2	3.5	2.3	219	Arenisca conglomerática	
3	58.1	54.6	26	Limolita	
4	272	214	18	Arcillolita	
5			200	Arenisca conglomerática	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 90 Curvas de resistividad aparente SEV-19



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-20



Localización Sondeo SEV-20



Arreglo Schlumberger SEV-20

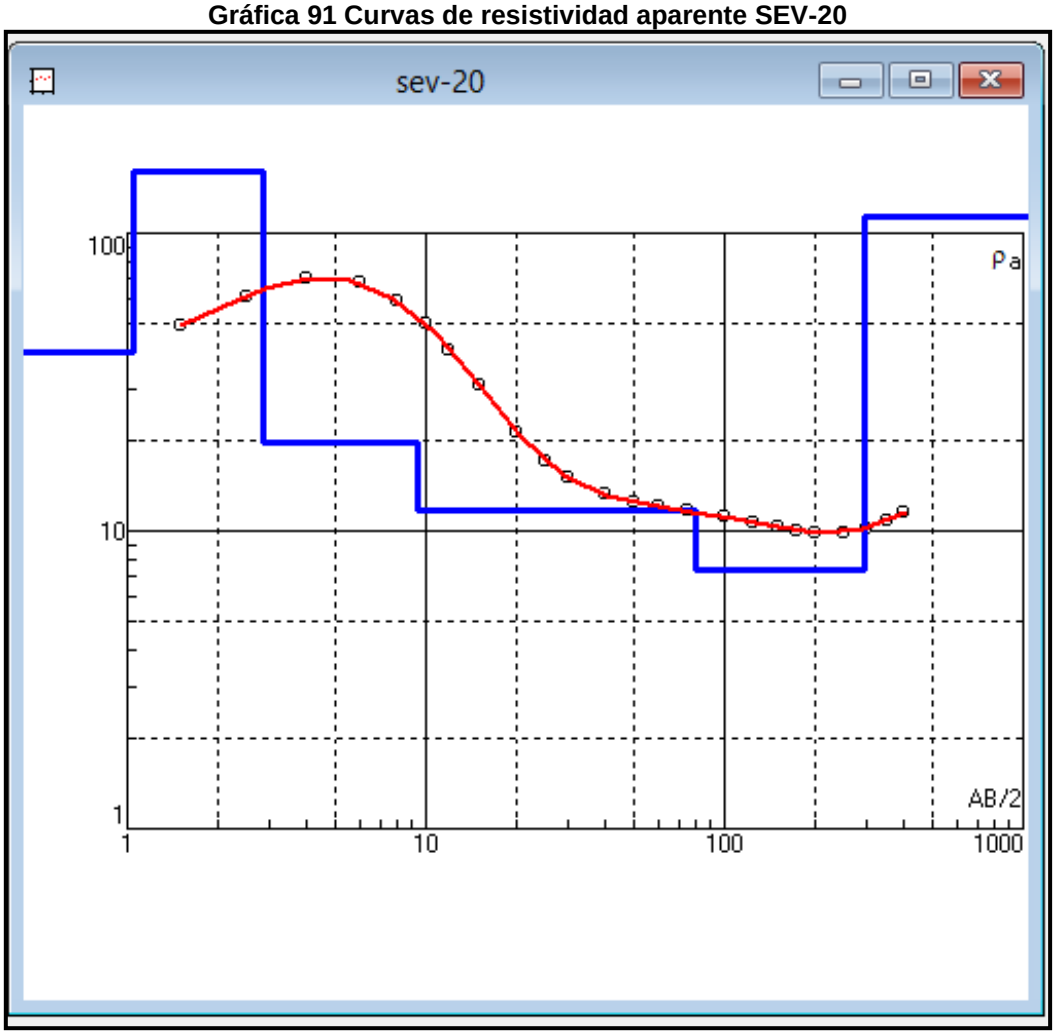
Ilustración 70 Procedimiento de adquisición SEV-20 Coordenada E: 834046; N: 770387

Tabla 28 Valores de resultados SEV-20

SEV-20					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	1.05	1.05	39.5	Limos	Grupo Guadalupe (K2g)
2	2.9	1.8	162	Arenisca	
3	9.4	6.5	19.6	Lodolita-lidita	
4	80.1	70.7	11.7	Lodolita-lidita	
5	294	214	7.4	Arcillolita	
6	-	-	114	Arenisca	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 91 Curvas de resistividad aparente SEV-20



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-21



Localización Sondeo SEV-21



Arreglo Schlumberger SEV-21

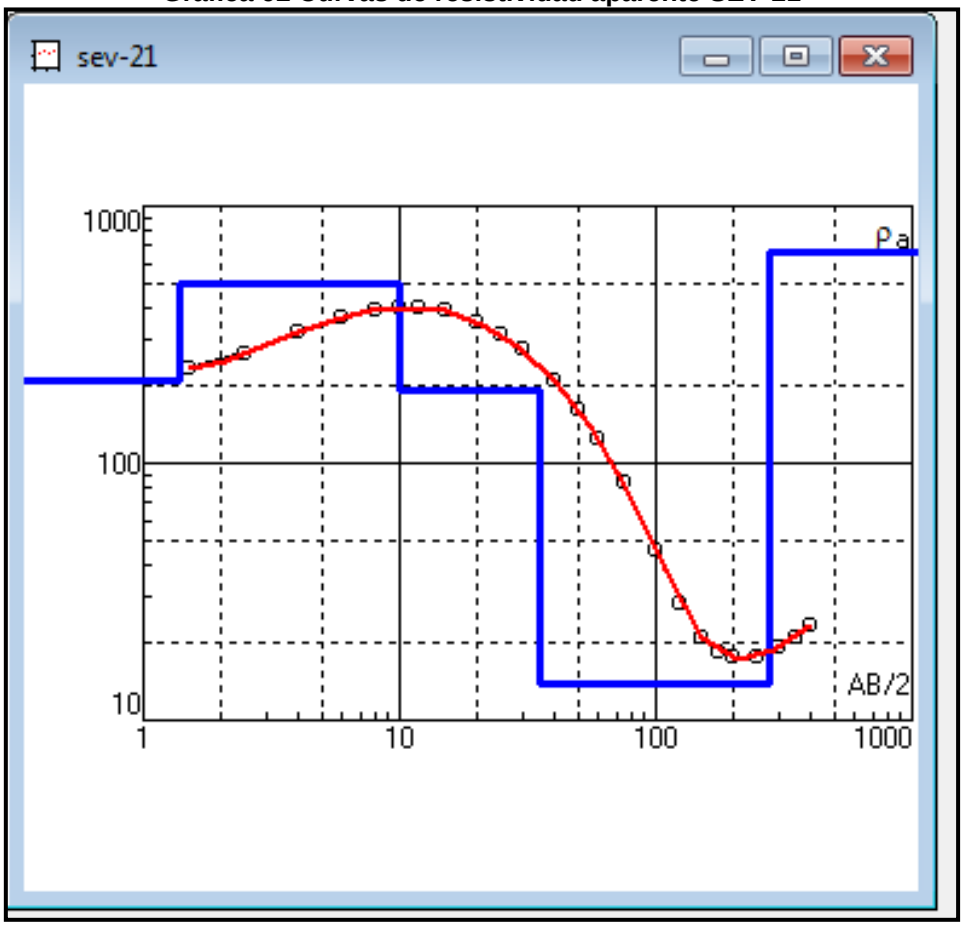
Ilustración 71 Procedimiento de adquisición SEV-21 Coordenada E: 826860; N: 775889

Tabla 29 Valores de resultados SEV-21

SEV-21					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	1.2	1.2	211.2	Arenas y gravas	Formación Gualanday Inferior (E2gyi)
2	10	8.6	502.7	Areniscas conglomeráticas	
3	35.1	25.1	193.1	Arenisca	
4	276.4	241.3	13.9	Limolita	
5	-	-	659.1	Areniscas conglomeráticas	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 92 Curvas de resistividad aparente SEV-21



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-22



Localización Sondeo SEV-22



Arreglo Schlumberger SEV-22

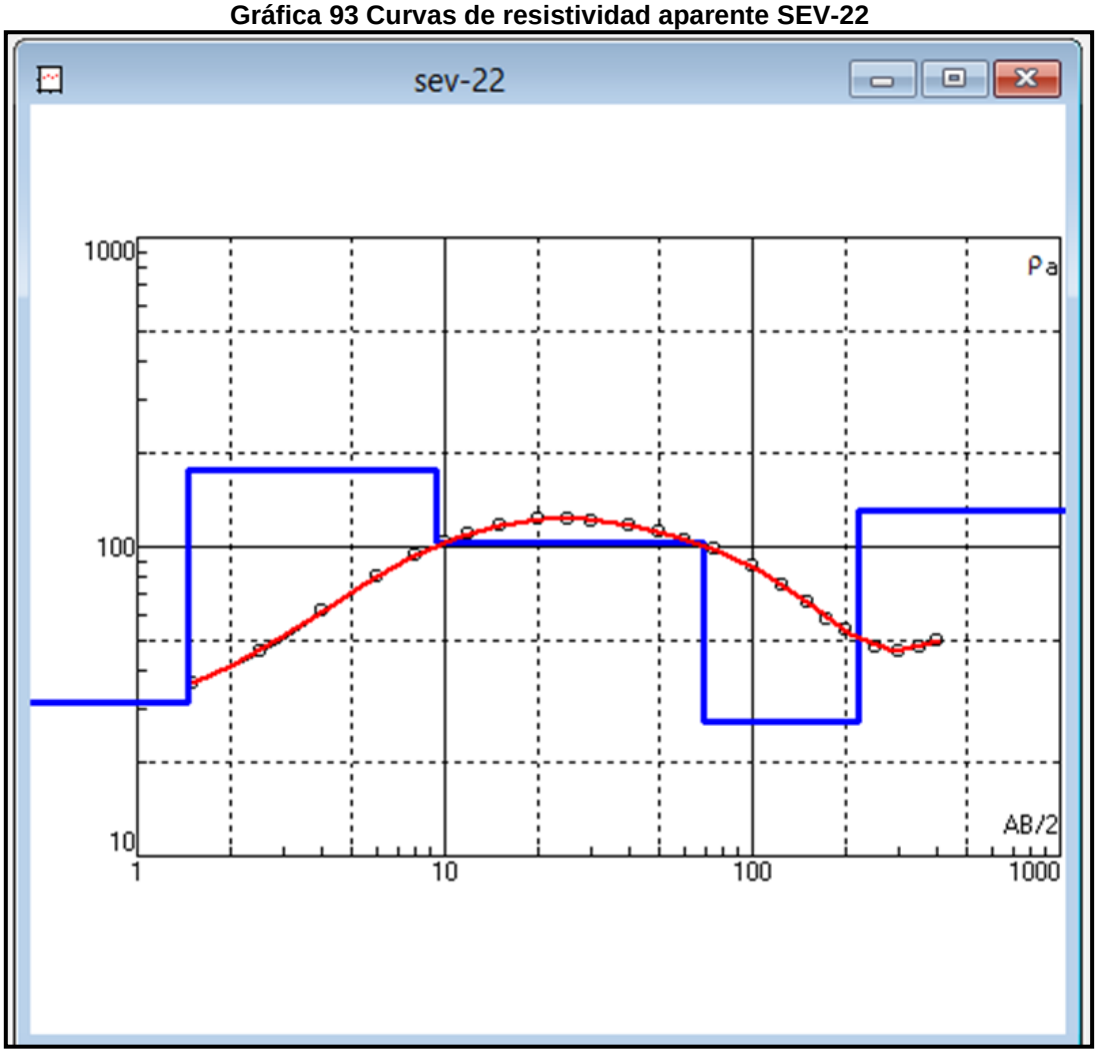
Ilustración 72 Procedimiento de adquisición SEV-22 Coordenada E: 799142; N: 755963

Tabla 30 Valores de resultados SEV-22

SEV-22					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	1.5	1.5	31.4	Limos	Formación Seca (K2E1sc)
2	9.4	7.9	177	Arenas y gravas	
3	69.4	60	103	Areniscas	
4	221	152	27.2	Limolitas	
5	-	-	131	Areniscas	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 93 Curvas de resistividad aparente SEV-22



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-23



Localización Sondeo SEV-23, Arreglo Schlumberger SEV-23

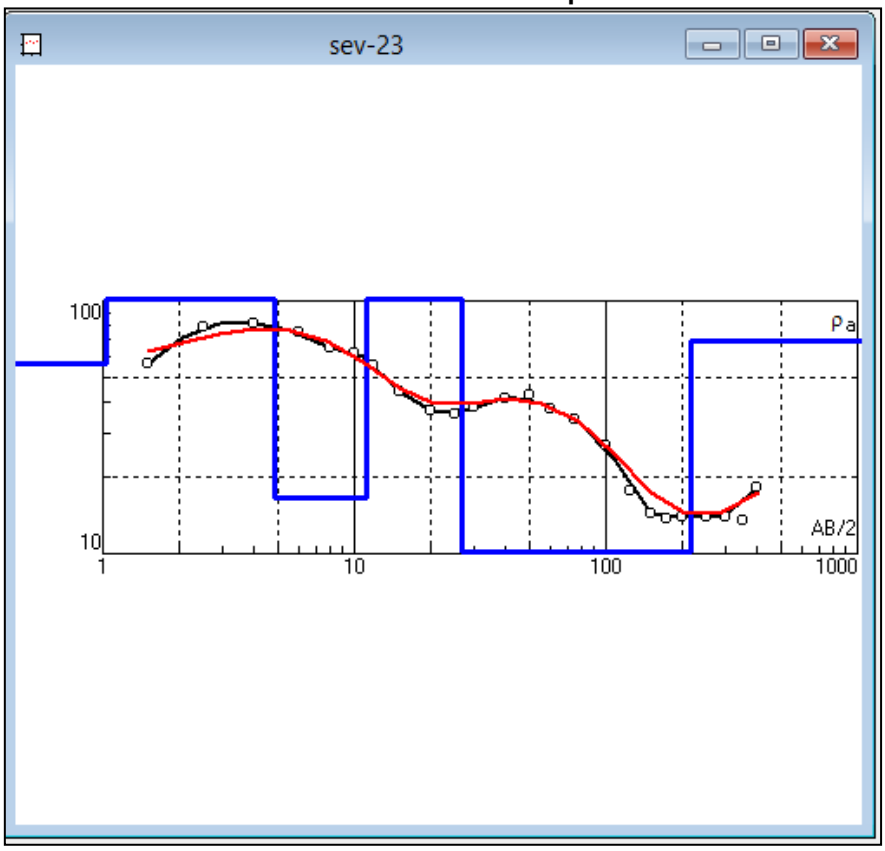
Ilustración 73 Procedimiento de adquisición SEV-23

Tabla 31 Valores de resultados SEV-23

SEV-23					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	1.0	1.0	56.5	Limos y arenas	Grupo Villeta (K2v)
2	4.8	3.8	102	Arenas	
3	11.2	6.4	16.6	Lutitas	
4	26.8	15.6	102	Areniscas	
5	218	191	10.2	Lutitas	
6	-	-	69.4	Lodolitas	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 94 Curvas de resistividad aparente SEV-23



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-24



Localización Sondeo SEV-24



Arreglo Schlumberger SEV-24

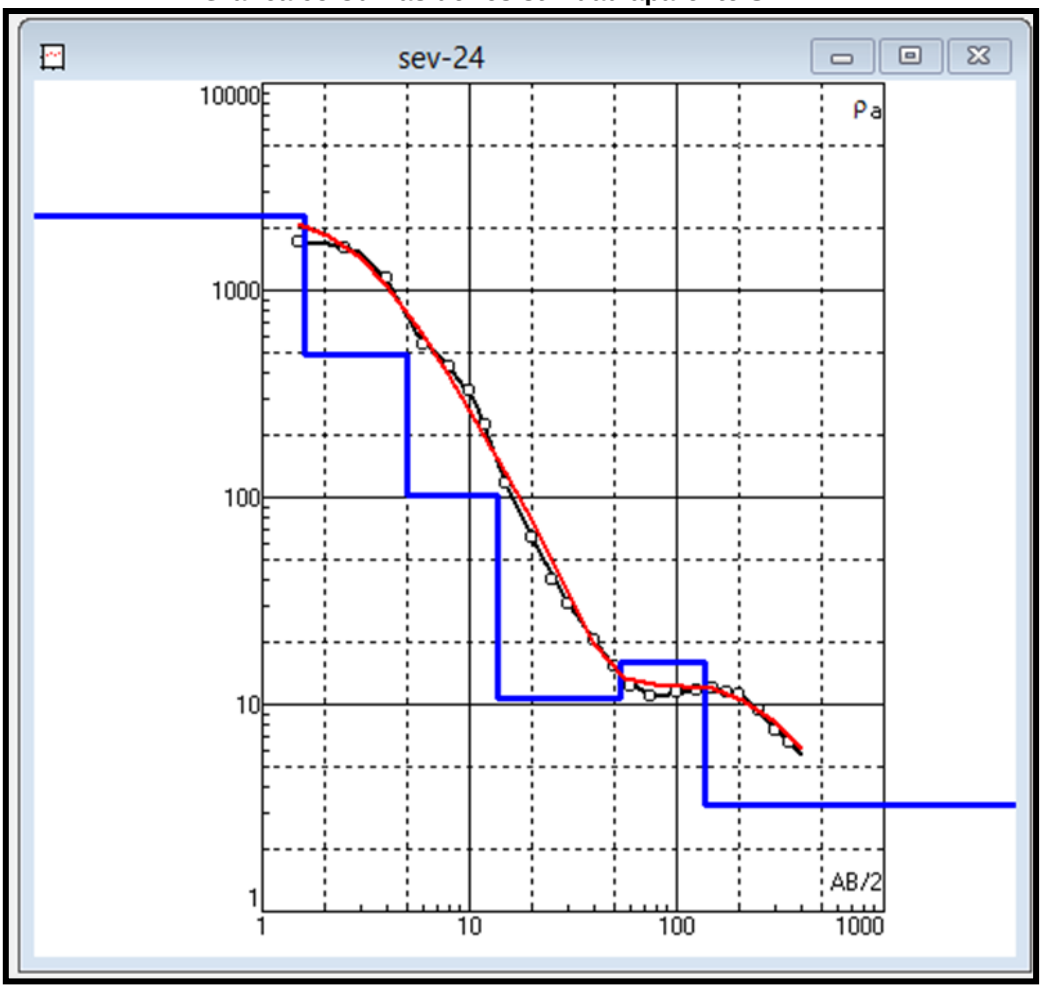
Ilustración 74 Procedimiento de adquisición SEV-24 Coordenada E: 805801; N: 750873

Tabla 32 Valores de resultados SEV-24

SEV-24					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	1.6	1.6	2287	Gravas y arenas	Grupo Villeta (K2v)
2	5	3.4	485	Arenas y gravas	
3	13.7	8.7	102	Arenas	
4	53.5	39.8	10.7	Lutitas	
5	137	83.3	16.0	Lutita	
6	-	-	3.27	Lodolitas	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 95 Curvas de resistividad aparente SEV-24



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-25



Localización Sondeo SEV-25



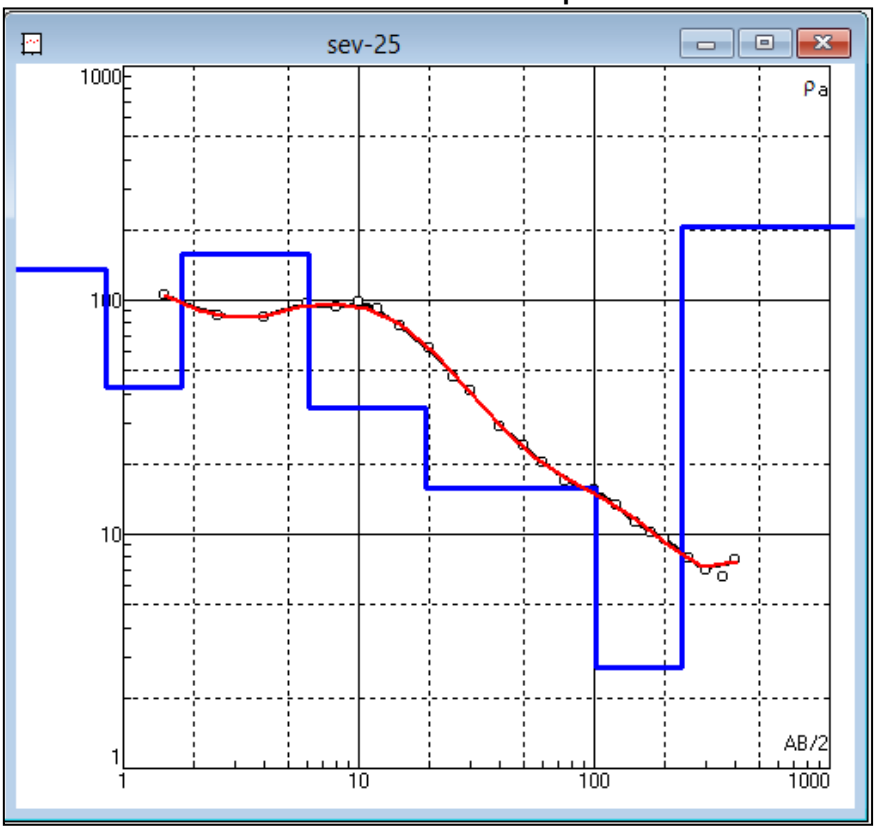
Arreglo Schlumberger SEV-25

Ilustración 75 28Procedimiento de adquisición SEV-25 Coordenada E: 815107; N: 744489

Tabla 33 Valores de resultados SEV-25

SEV-25					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	0.9	0.9	136	Arenas	Formación Gualanday medio(E2gym)
2	1.8	0.9	42.7	Limo y arenas	
3	4.4	4.4	156	Areniscas conglomeráticas	
4	12.9	12.9	34.7	Limolita	
5	82.9	82.9	15.6	Limolita	
6	132	132	2.67	Arcillolita	
7	-	-	207	Areniscas conglomeráticas	

Gráfica 96 Curvas de resistividad aparente SEV-25



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-26



Localización Sondeo SEV-26



Arreglo Schlumberger SEV-26

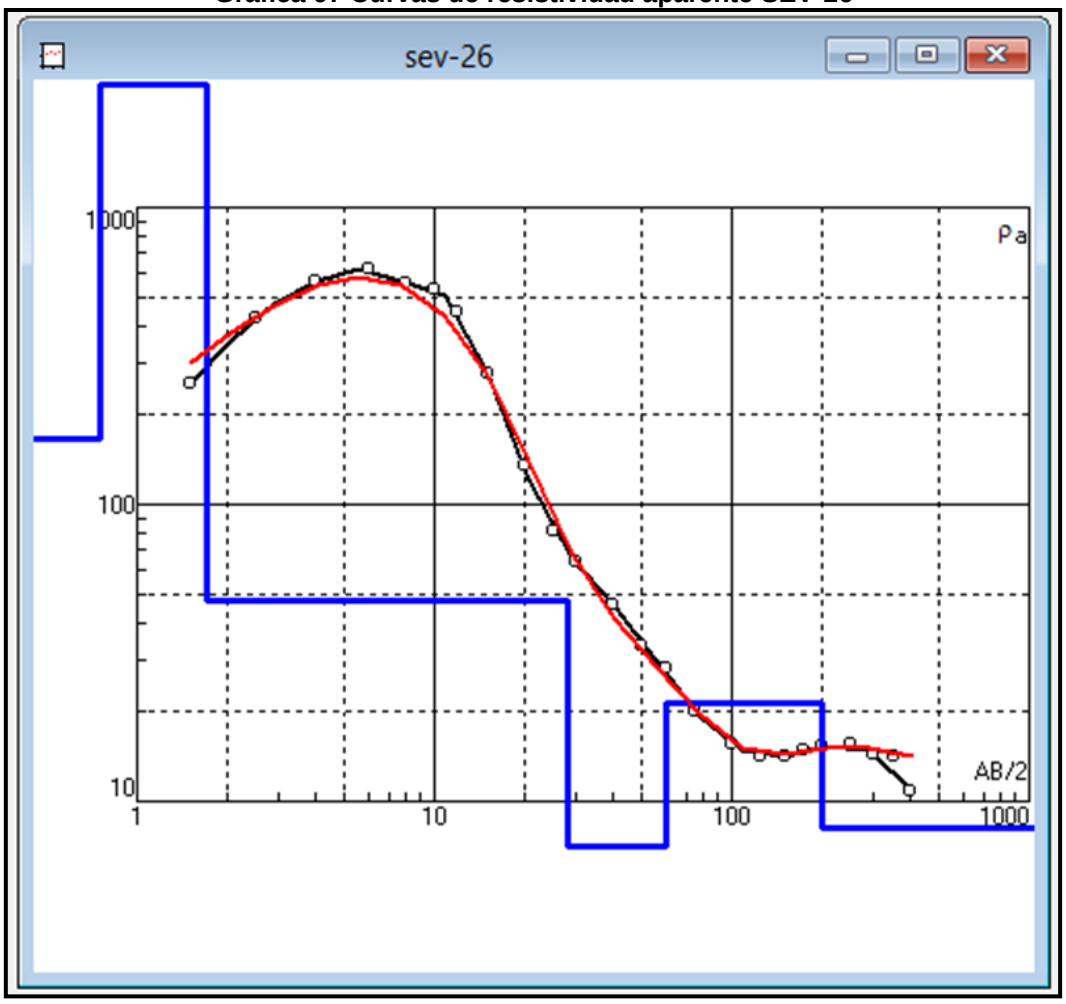
Ilustración 76 Procedimiento de adquisición SEV-26 Coordenada E: 816826; N: 743727

Tabla 34 Valores de resultados SEV-26

SEV-26					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	0.76	0.76	185.5	Arenas	Formación Gualanday medio(E2gym)
2	4.7	3.9	363.5	Arenas y gravas	
3	26.41	21.68	70.72	Limolita	
4	97.32	70.91	20.13	Arcillolita	
5	246.8	149.5	23.85	Arcillolita	
6	-	-	12.43	Arcillolita	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 97 Curvas de resistividad aparente SEV-26



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-27



Localización Sondeo SEV-27



Arreglo Schlumberger SEV-27

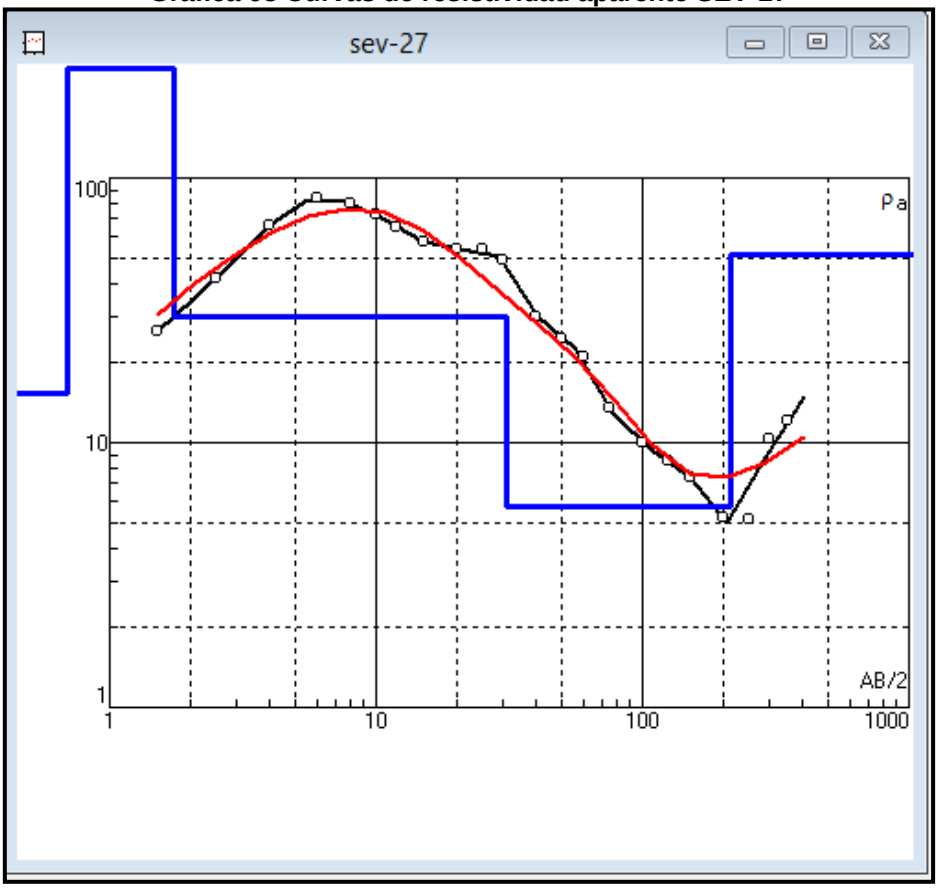
Ilustración 77 Procedimiento de adquisición SEV-27 Coordenada E: 821857; N: 744979

Tabla 35 Valores de resultados SEV-27

SEV-27					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	0.7	0.7	15.3	Limos	Formación Gualanday medio(E2gym)
2	1.05	1.74	491	Arenas y gravas	
3	29.1	30.9	29.9	Limolita	
4	183	214	5.74	Arcillolita	
5	-	-	51.3	Limolitas	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 98 Curvas de resistividad aparente SEV-27



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-28



Localización Sondeo SEV-28



Arreglo Schlumberger SEV-28

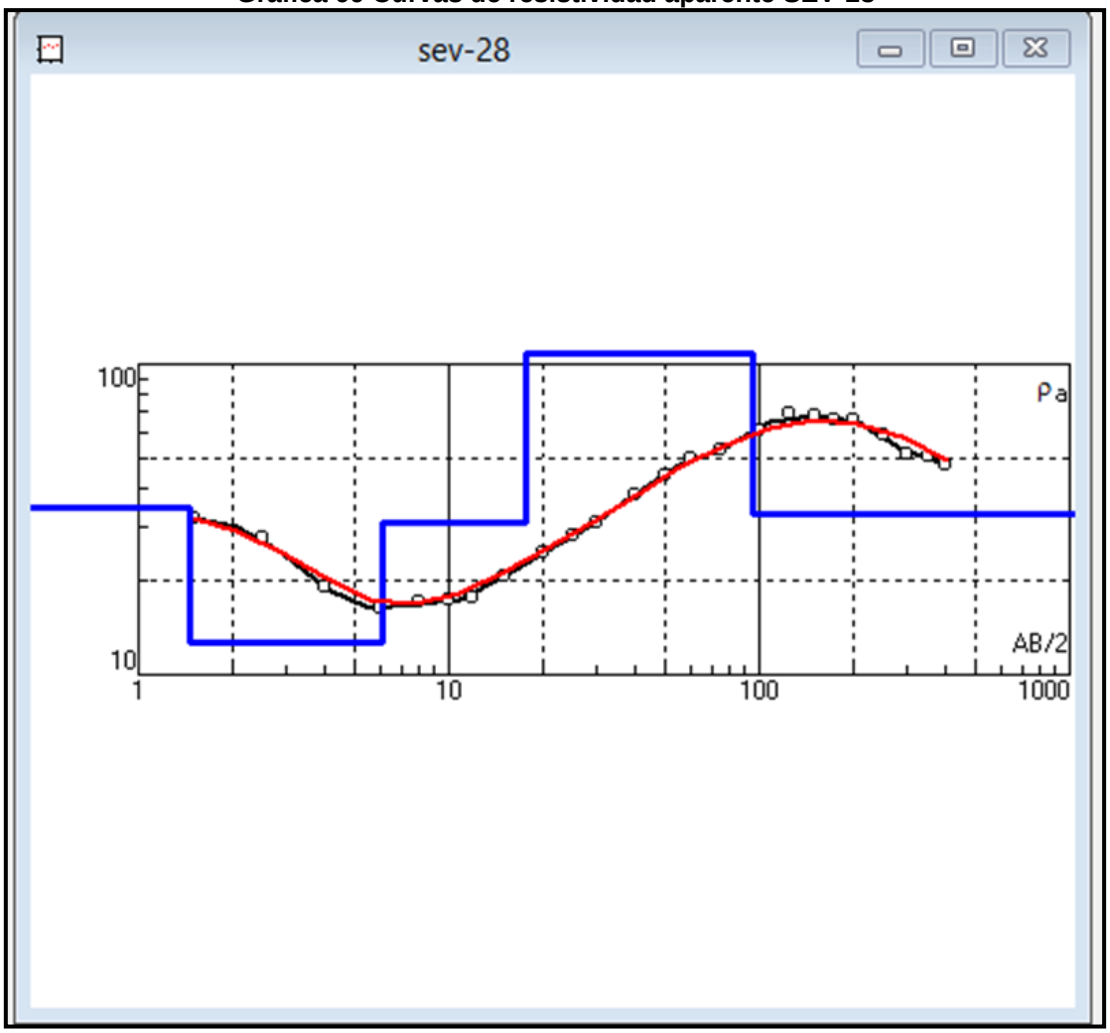
Ilustración 78 Procedimiento de adquisición SEV-28 Coordenada E: 808787; N: 742064

Tabla 36 Valores de resultados SEV-28

SEV-28					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	1.5	1.5	34.5	Limos	Depósitos Aluviales Antiguos y/o Terrazas Altas (Q1al)
2	4.7	6.1	12.7	Arcillas	
3	11.6	17.7	30.9	Limos	
4	77.6	95.4	108	Arenas	
5	-	-	32.9	Limo	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 99 Curvas de resistividad aparente SEV-28



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-29



Localización Sondeo SEV-29



Arreglo Schlumberger SEV-29

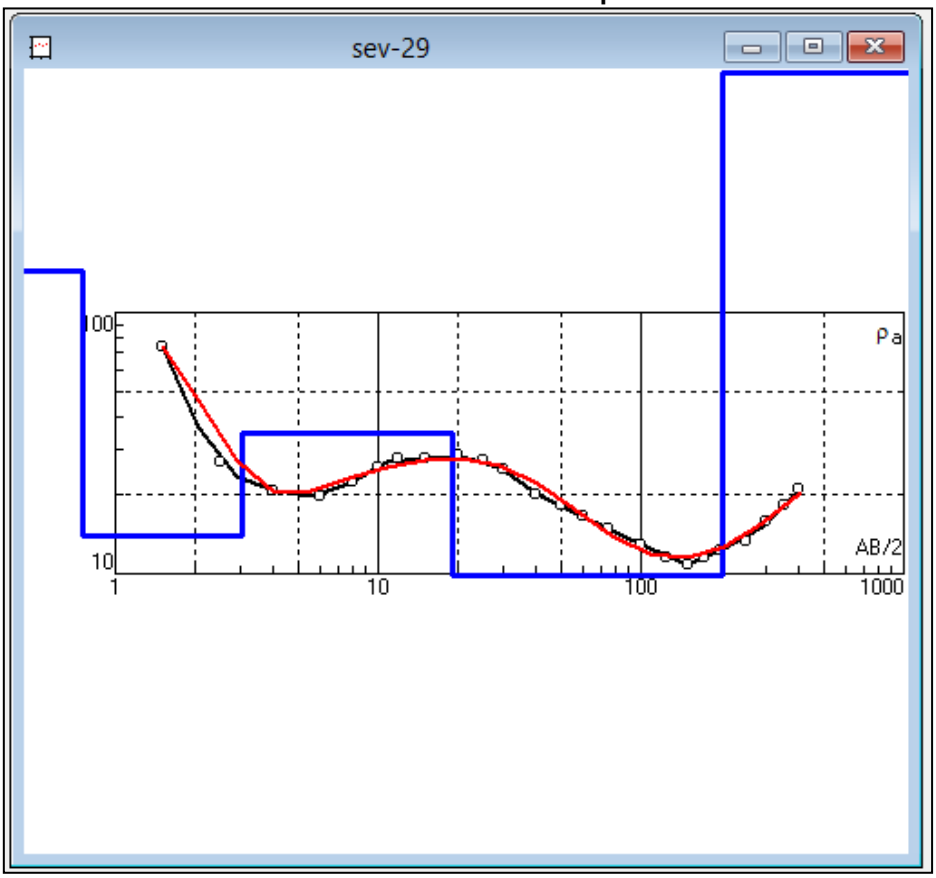
Ilustración 79 Procedimiento de adquisición SEV-29 Coordenada E: 816312; N: 738437

Tabla 37 Valores de resultados SEV-29

SEV-29					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	0.8	0.8	144	Arenas	Formación Gigante inferior (N2gii)
2	2.3	3.04	14	Limos	
3	16.2	19.3	34.5	Limos	
4	185	205	9.8	Arcillolita	
5	-	-	1034	Arenas conglomeráticas	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 100 Curvas de resistividad aparente SEV-29



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-30



Localización Sondeo SEV-30



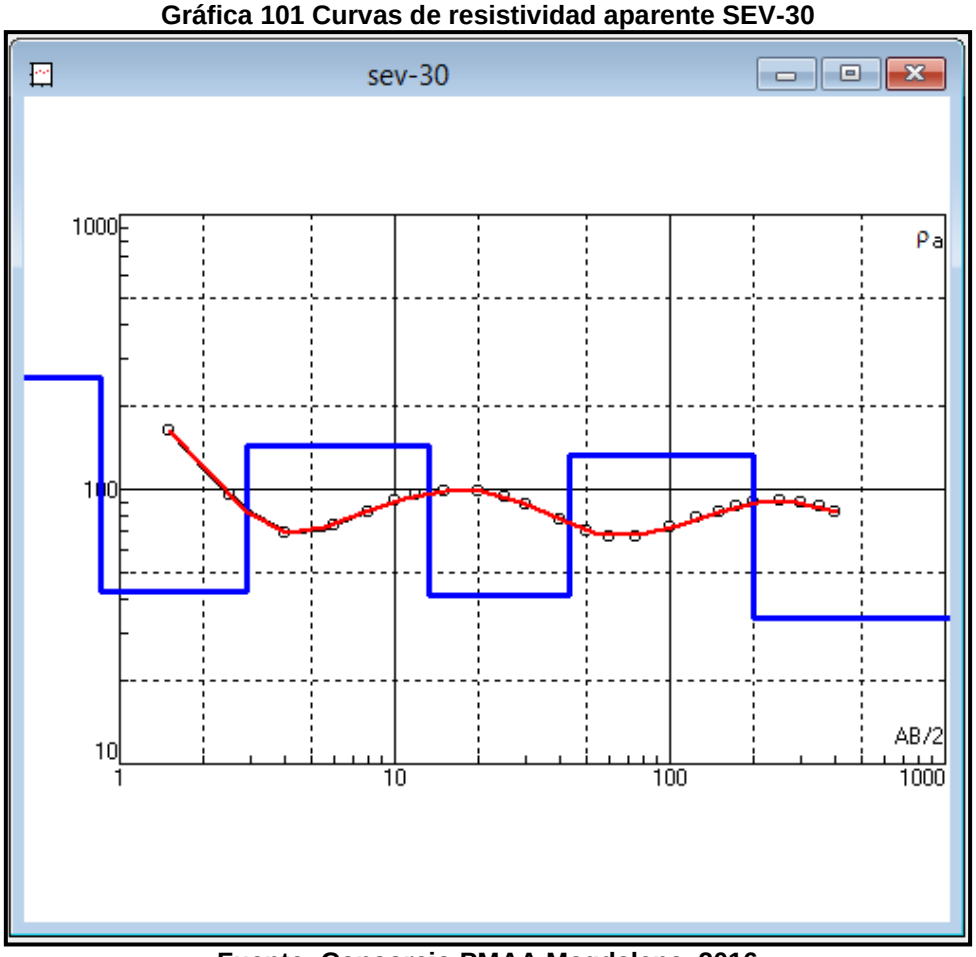
Arreglo Schlumberger SEV-30

Ilustración 80 Procedimiento de adquisición SEV-30 Coordenada N: 819380; E: 738188

Tabla 38 Valores de resultados SEV-30

SEV-30					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	0.9	0.9	255.2	Arenas y gravas	Formación Gigante medio (N2gim)
2	2.9	2.0	42.42	Limos	
3	10.41	13.31	144.6	Areniscas conglomeráticas	
4	29.8	43.1	41.1	Limolitas	
5	158	158	133.1	Areniscas conglomeráticas	
6	-	-	33.97	Limolitas	

Gráfica 101 Curvas de resistividad aparente SEV-30



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-31



Localización Sondeo SEV-31



Arreglo Schlumberger SEV-31

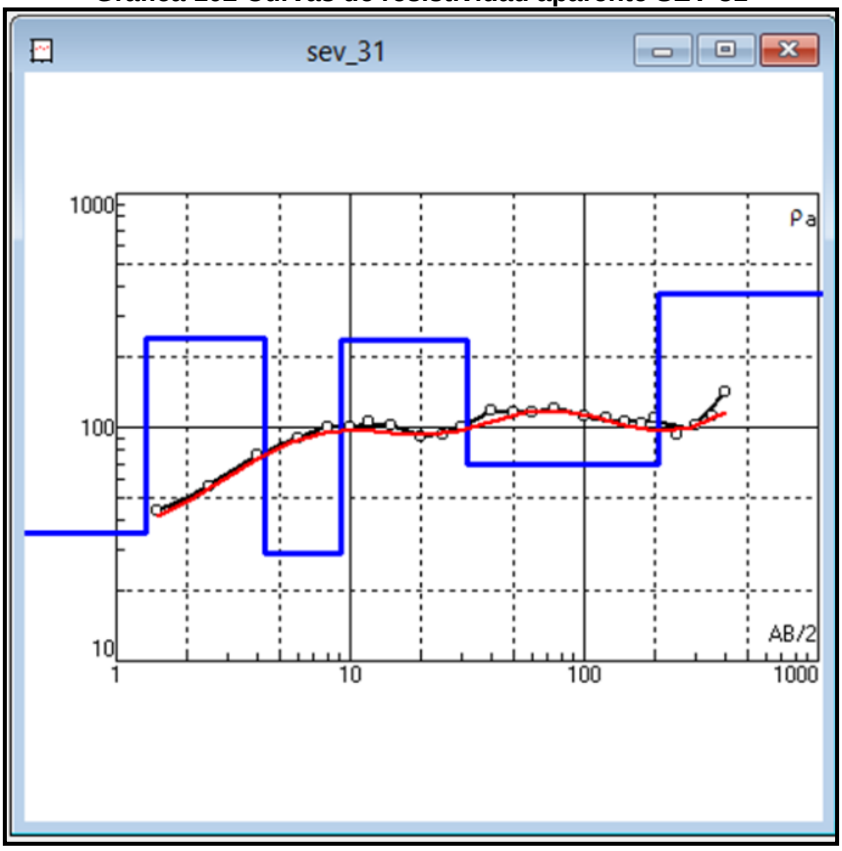
Ilustración 81 Procedimiento de adquisición SEV-31 E: 817215; N: 764341

Tabla 39 Valores de resultados SEV-31

SEV-31					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	1.34	1.34	35.1	Limos	Depósitos de Lahar (Q2lh)
2	4.3	2.96	240	Conglomerados de rocas volcánicas en matriz areno-tobácea soldada	
3	9.12	4.83	28.9	Limos	
4	31.8	22.6	237	Conglomerados de rocas volcánicas en matriz areno-tobácea soldada	
5	208	176	69.4	Limo	
6	-	-	373	Conglomerados de rocas volcánicas en matriz areno-tobácea soldada	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 102 Curvas de resistividad aparente SEV-31



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-32



Localización Sondeo SEV-32



Arreglo Schlumberger SEV-32

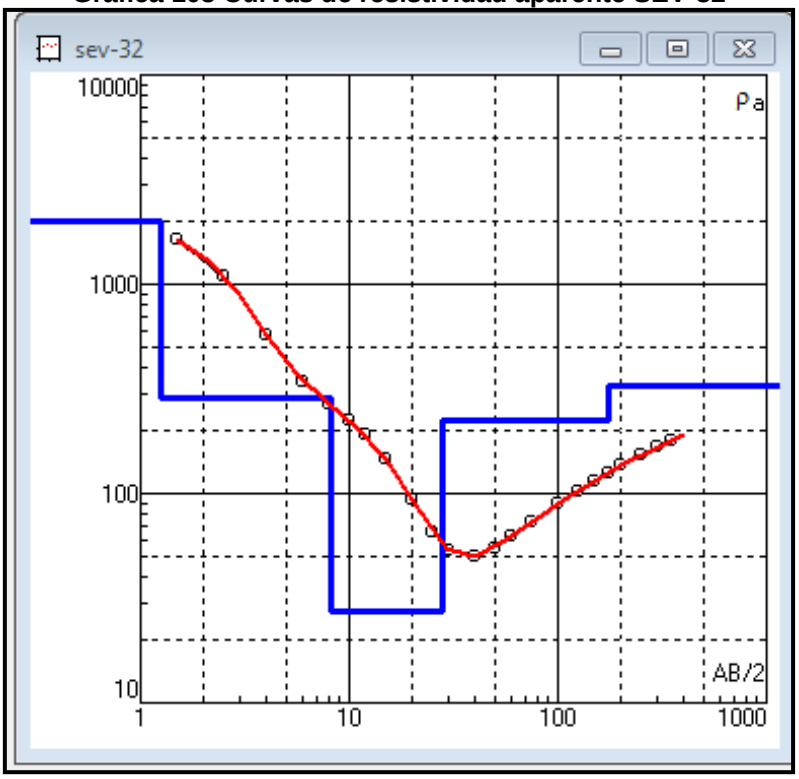
Ilustración 82 56Procedimiento de adquisición SEV-32 Coordenada E: 821097; N: 764570

Tabla 40 Valores de resultados SEV-32

SEV-32					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	1.22	1.22	55.7	Arenas y limos	Depósitos de Lahar (Q2lh)
2	8.18	6.96	36.6	Arenas y limos	
3	30.5	22.3	120	Conglomerados de rocas volcánicas en matriz areno-tobácea soldada	
4	215	185	100	Conglomerados de rocas volcánicas en matriz areno-tobácea soldada	
5	-	-	43.9	Limolitas	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 103 Curvas de resistividad aparente SEV-32



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-33



Localización Sondeo SEV-33



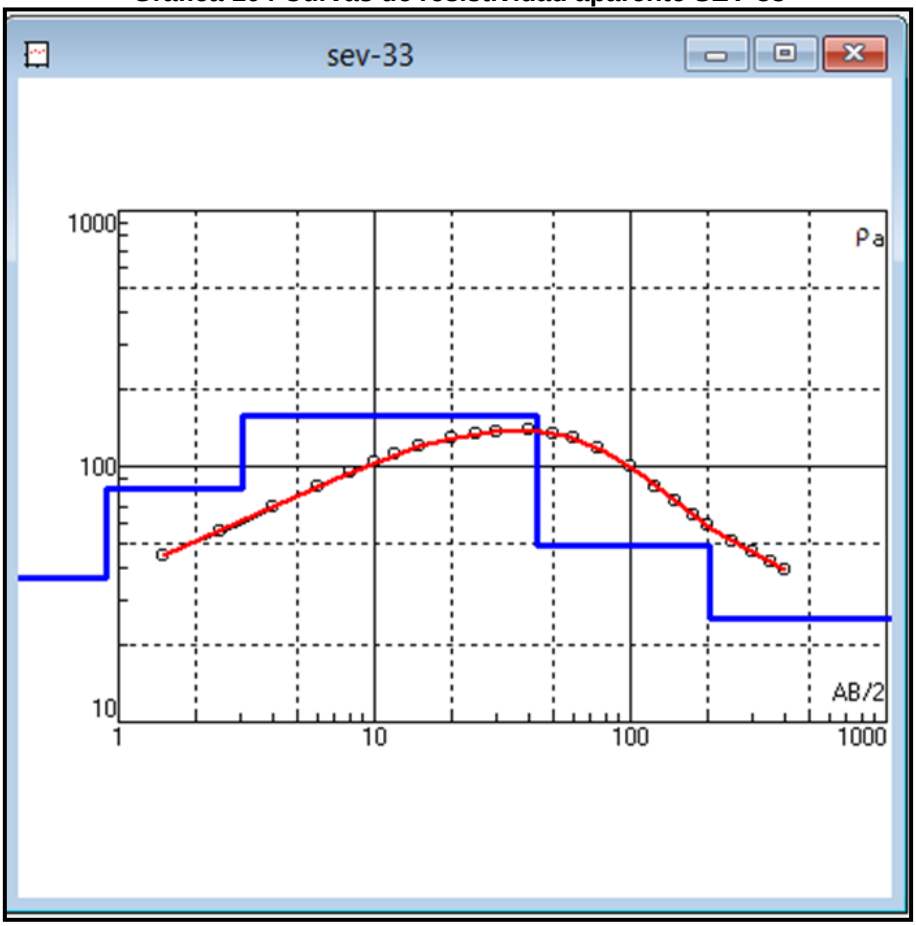
Arreglo Schlumberger SEV-33

Ilustración 83 Procedimiento de adquisición SEV-33 Coordenada E: 824468; N: 763248

Tabla 41 Valores de resultados SEV-33

SEV-33					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	0.9	0.9	36.6	Arenas y limos	Depósitos de Lahar (Q2lh)
2	2.15	3.05	81.8	Arenas y limos	
3	39.8	42.8	158	Conglomerados de rocas volcánicas en matriz areno-tobácea soldada	
4	161	204	49.3	Arenas y limos	
5	-	-	25.5	Limos	

Gráfica 104 Curvas de resistividad aparente SEV-33



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-34



Localización Sondeo SEV-34



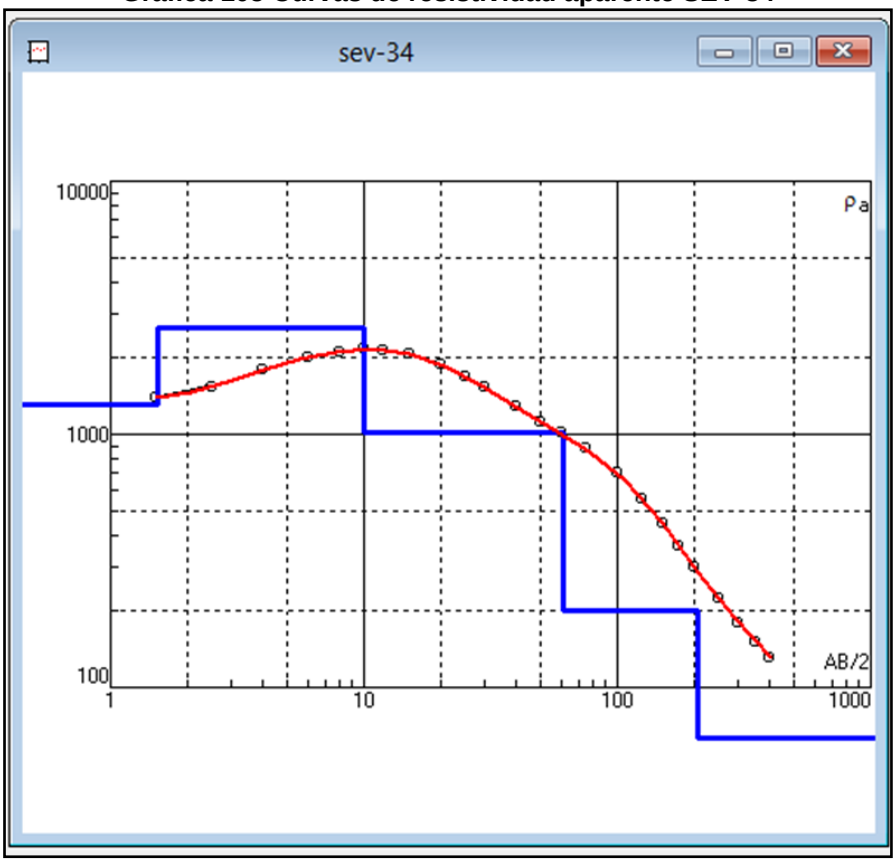
Arreglo Schlumberger SEV-34

Ilustración 84 Procedimiento de adquisición SEV-34 Coordenada E: 825990; N: 762396

Tabla 42 Valores de resultados SEV-34

SEV-34					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	1.61	1.61	37.2	Arenas y limos	Depósitos de Lahar (Q2lh)
2	19.3	17.7	158	Conglomerados de rocas volcánicas en matriz areno-tobácea soldada	
3	52.8	33.4	106	Conglomerados de rocas volcánicas en matriz areno-tobácea soldada	
4	212	159	49.9	Limos	
5	-	-	96.4	Arenas	

Gráfica 105 Curvas de resistividad aparente SEV-34



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-35



Localización Sondeo SEV-35



Arreglo Schlumberger SEV-35

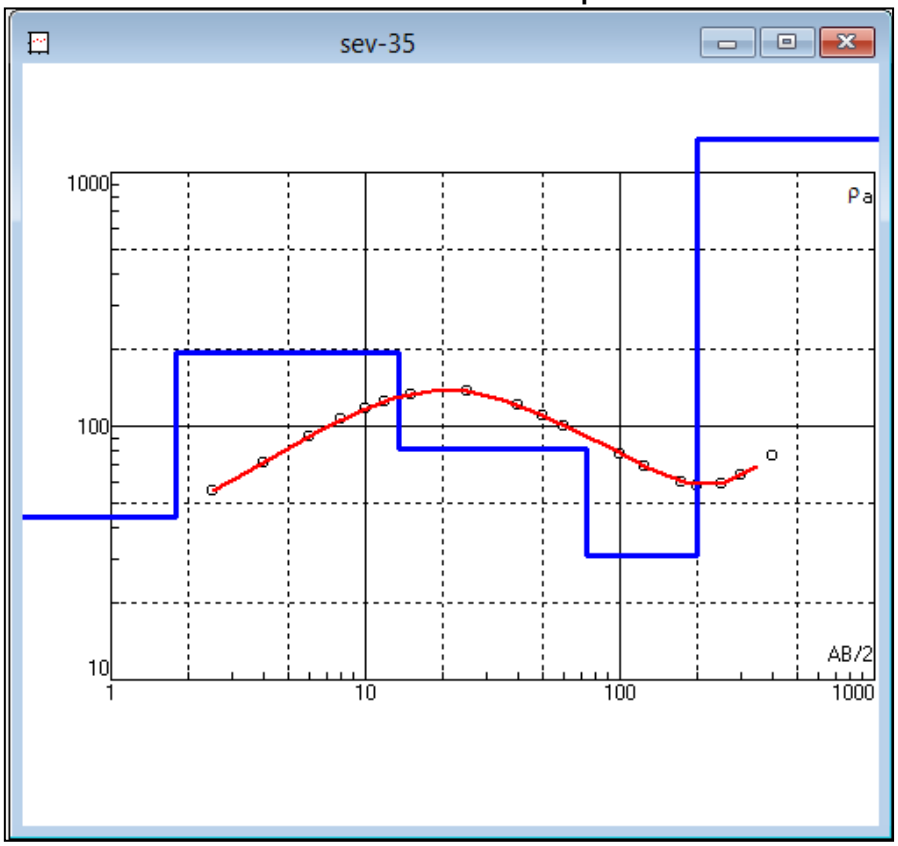
Ilustración 85 Procedimiento de adquisición SEV-35 Coordenada E: 836347; N: 754257

Tabla 43 Valores de resultados SEV-35

SEV-35					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	1.8	1.8	43.8	Limos	Depósitos Aluviales Antiguos y/o Terrazas Altas (Q1al)
2	13.5	11.7	195	Arenas y gravas	
3	74	60.4	81.3	Arenas y limos	
4	201	127	30.9	Limos	
5	-	-	1352	Arenas y gravas	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 106 Curvas de resistividad aparente SEV-35



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-36



Localización Sondeo SEV-36



Arreglo Schlumberger SEV-36

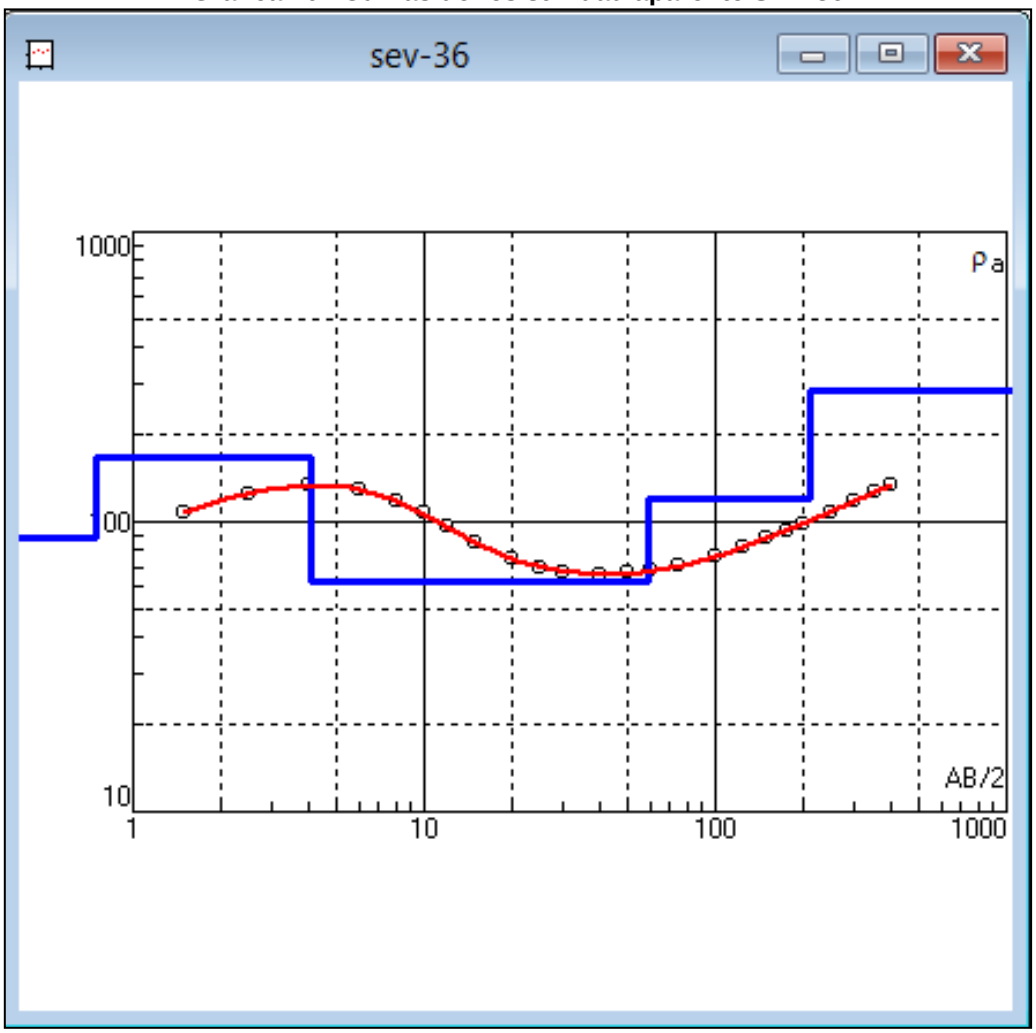
Ilustración 86 Procedimiento de adquisición SEV-36 Coordenada E: 839581; N: 750480

Tabla 44 Valores de resultados SEV-36

SEV-36					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	0.75	0.75	88	Arenas y gravas	Depósitos Aluviales Antiguos y/o Terrazas Altas (Q1al)
2	4.05	3.3	167	Arenas	
3	58.4	54.3	62.2	Arenas y limos	
4	213	155	120	Arenas	
5	-	-	283	Arenas y gravas	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 107 Curvas de resistividad aparente SEV-36



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-37



Localización Sondeo SEV-37



Arreglo Schlumberger SEV-37

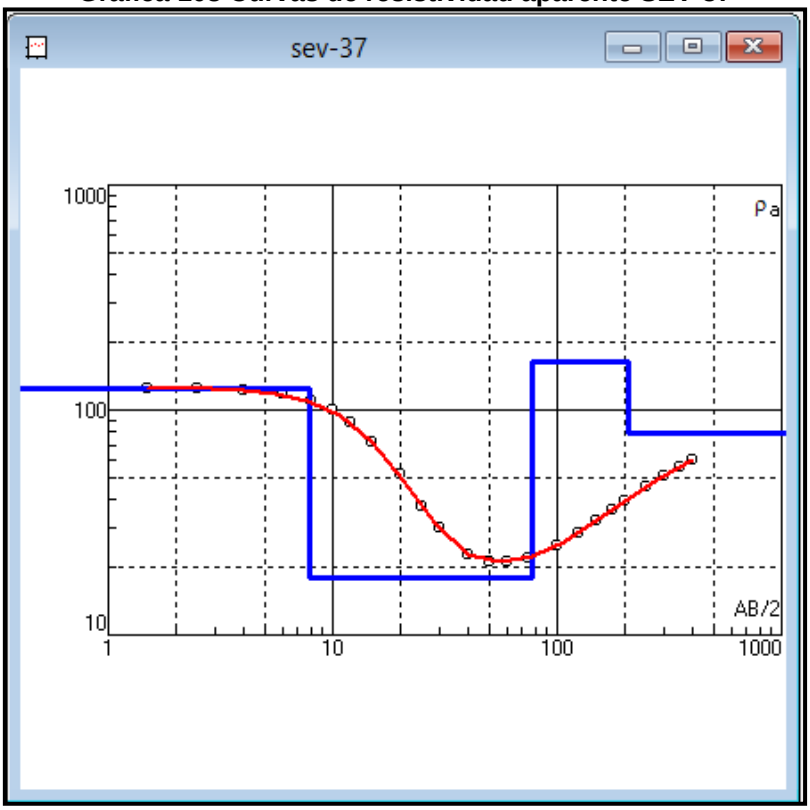
Ilustración 87 Procedimiento de adquisición SEV-37 Coordenada E: 841344; N: 746934

Tabla 45 Valores de resultados SEV-37

SEV-37					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	7.9	7.9	125	Arenas y gravas	Depósitos Aluviales y/o Terrazas bajas (Q2al)
2	77.7	69.8	17.9	Limos	
3	206	128	164	Arenas y gravas	
4	-	-	79	Arenas y limos	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 108 Curvas de resistividad aparente SEV-37



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-38



Localización Sondeo SEV-38



Arreglo Schlumberger SEV-38

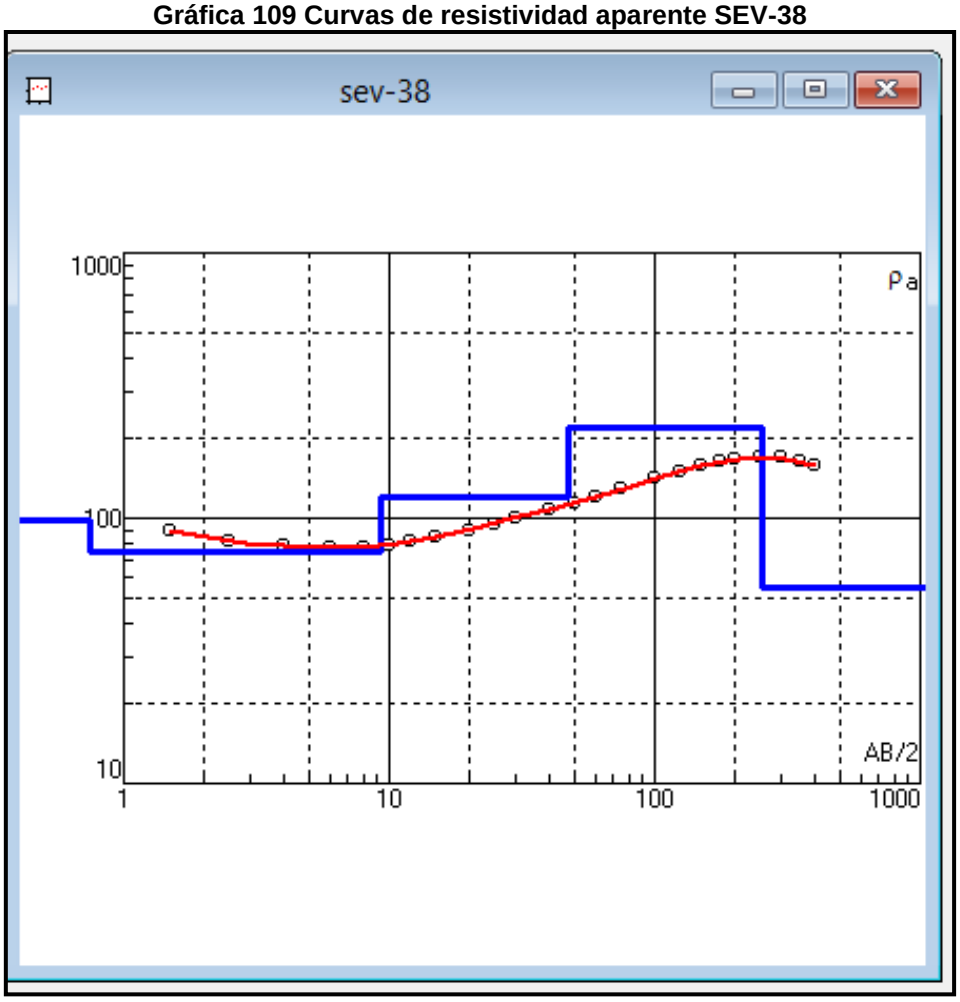
Ilustración 88 Procedimiento de adquisición SEV-38 Coordenada E: 827727; N: 745712

Tabla 46 Valores de resultados SEV-38

SEV-38					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	0.75	0.75	98.2	Arenas y limos	Formación Gigante medio (N2gim)
2	9.38	8.63	74.6	Arenas y limos	
3	47.2	37.8	120	Areniscas conglomeráticas	
4	254	207	219	Tobas volcánicas	
5	-	-	54.6	Limolitas	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 109 Curvas de resistividad aparente SEV-38



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-39



Localización Sondeo SEV-39



Arreglo Schlumberger SEV-39

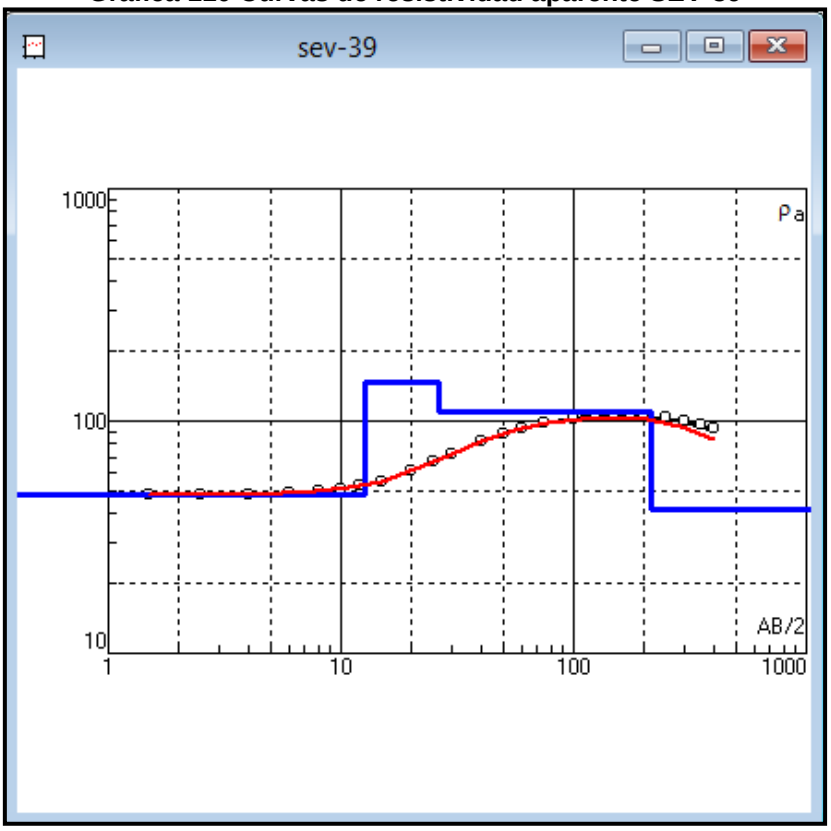
Ilustración 89 Procedimiento de adquisición SEV-39 Coordenada E: 828942; N: 740486

Tabla 47 Valores de resultados SEV-39

SEV-39					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	12.7	12.7	48.31	Arenas y limos	Depósitos Aluviales y/o Terrazas Bajas (Q2al)
2	26.2	13.5	147	Arena	
3	215	189	110	Arena	
4	-	-	41.6	Limos	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 110 Curvas de resistividad aparente SEV-39



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

SEV-40



Localización Sondeo SEV-40



Arreglo Schlumberger SEV-40

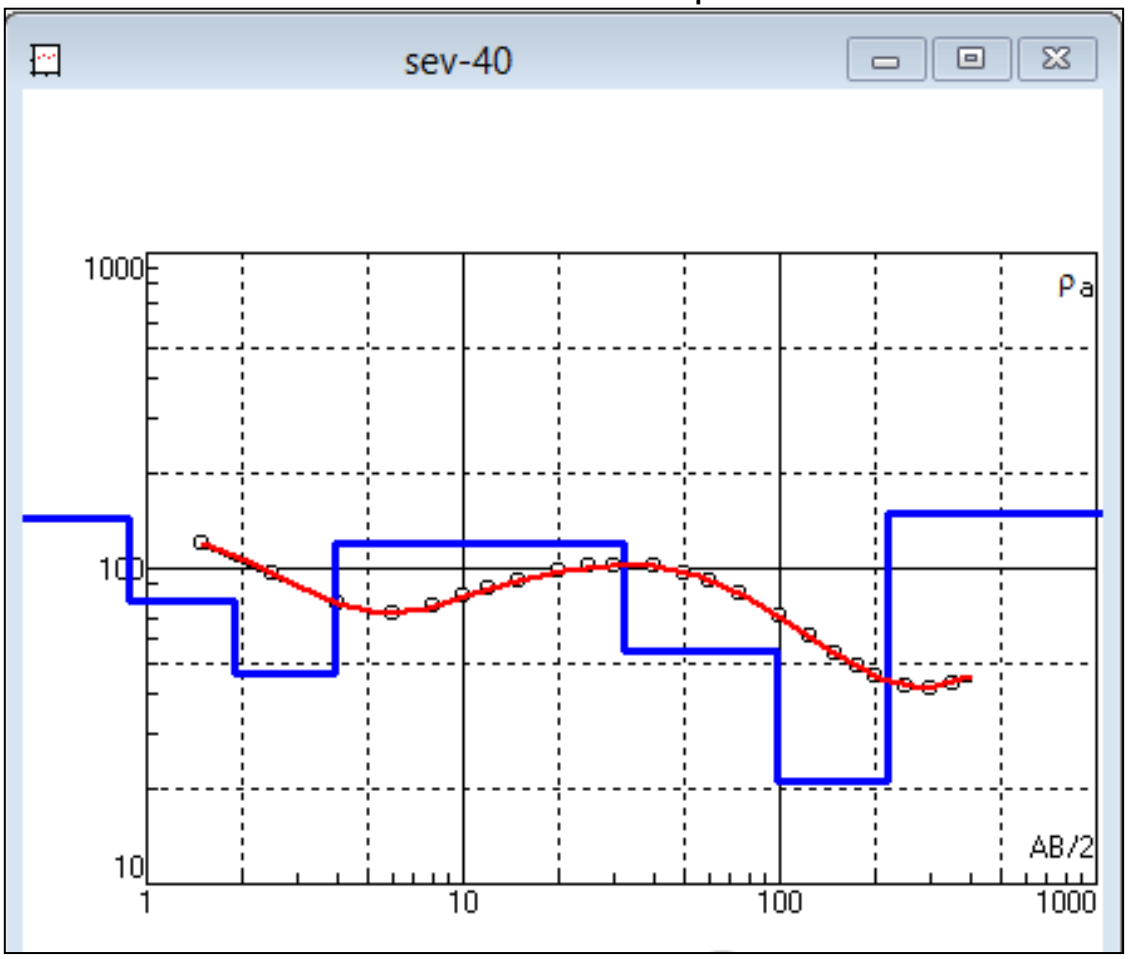
Ilustración 90 Procedimiento de adquisición SEV-40 Coordenada E: 827776; N: 736746

Tabla 48 Valores de resultados SEV-40

SEV-40					
Capa	Profundidad de la base (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm - m)	Interpretación	Formación Geológica
1	0.9	0.9	144.1	Arenas	Formación Gigante medio (N2gim)
2	1.9	1.0	78.86	Arenas y limos	
3	3.9	2.0	46.42	Limos	
4	31.9	28.0	120.1	Arenas conglomerática	
5	98.4	66.4	54.71	Limolita	
6	219.2	120.8	21.15	Arcillolita	
7	-	-	149.5	Arenas conglomerática	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 111 Curvas de resistividad aparente SEV-40



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.2.2.5 Mapas de iso-resistividad

Estos mapas permiten observar en planta la distribución de resistividades a una determinada profundidad. Con una buena densidad de SEV y combinando esta información con datos geológicos e hidrogeológicos, además los contrastes de resistividad, son asociados a la presencia de estructuras como fallas, se logra determinar la profundidad del basamento geológico y cambios de salinidad, determinar aproximadamente la geometría de las capas geoeléctricas con potencial acuífero, tanto en profundidad como en extensión lateral.

Mediante el software Geosoft Oasis montaj, ArcGis, y Autocad se procesan los datos, se analizan y se generan los mapas de iso-resistividad a diferentes profundidades; en todos los mapas se utilizan el método de interpolación Kriging con tamaño de pixel para cada celda de 250X250. Los rangos de color asociados a valores de resistividad, con el objeto de facilitar su interpretación muestra en general las resistividades más altas se representadas por tonalidades rojizas hasta magenta, las resistividades medias en tonalidades amarillas hasta verdes y las más bajas por la escala en tonalidades azules. Las curvas de igual valor de resistividad o isolíneas, están trazadas a intervalos de 100 Ohm-m.

La GDB se construye a partir del inventario de estudios geoeléctricos registrados en el polígono del área de estudio del PMAA, donde se cuenta con información de 264 SEV´s de los expedientes de la solicitud de concesión de aguas subterráneas, estudios y documentación oficial registrada en la **CAM**, adicionalmente se completa las zonas con vacíos de información con la adquisición de 36 SEV's y 23 MT para un total de 323 puntos de muestreo con diferentes profundidades de investigación alcanzada.

En la **Ilustración 91**, se muestra el Modelo Digital del Terreno y la localización SEV´S y MT analizados para el estudio.

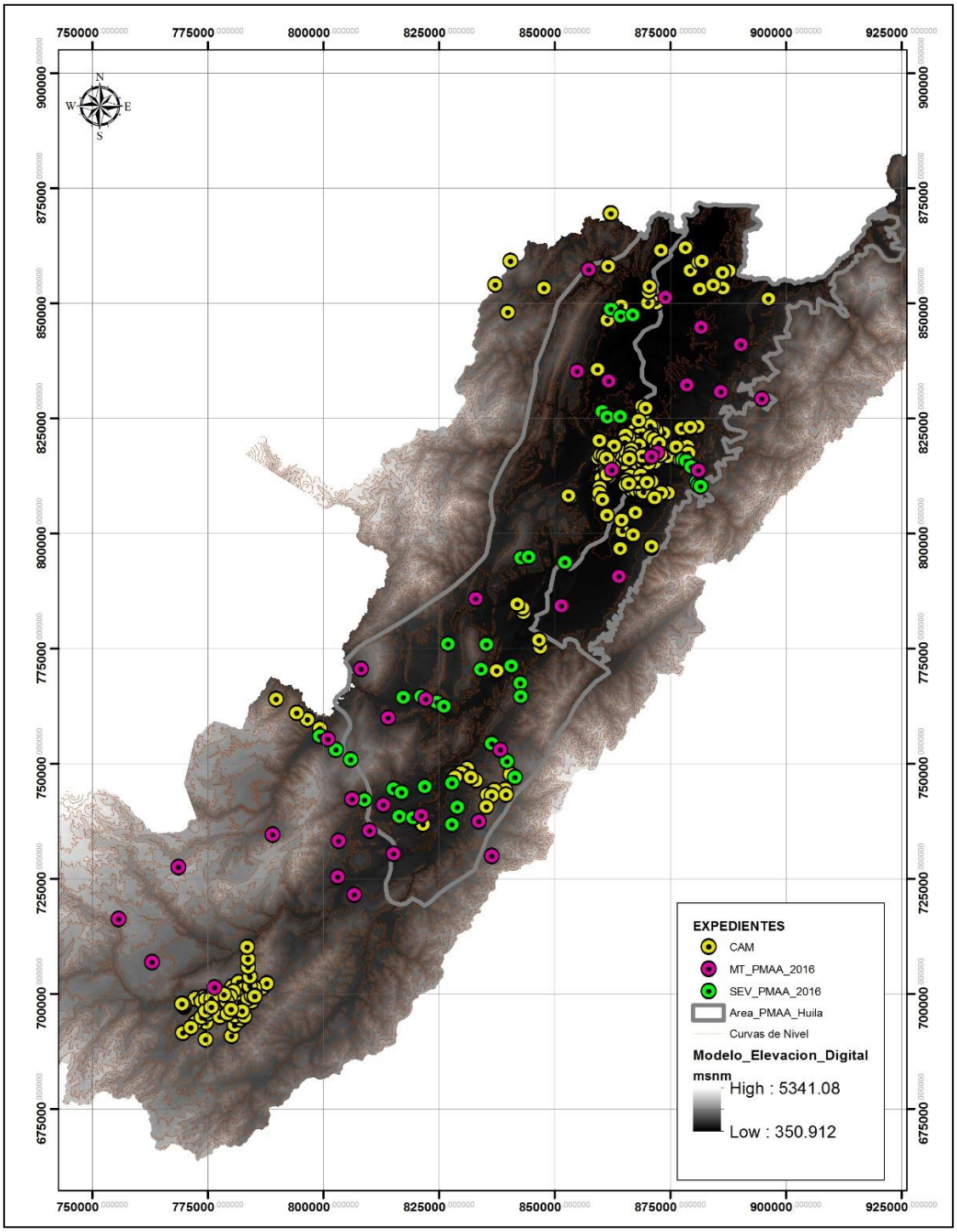


Ilustración 91 DEM localización de SEV´s y MT para el procesamiento, y análisis se tomaron los puntos de muestreo de limitados dentro del polígono del área de estudio PMAA
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

A continuación, se presenta la interpretación de los diferentes modelo de iso-resistividades a la profundidad de 10m, 25m, 50m, 75m, 100m, 125m, 150m, 175m, 200m, 225m, 250m, 275m, 300m, 400m, 500m, 600m, 700m, 800m, 900m, 1.000m, 2.000m y 3.000m asociando la respuesta de resistividad con los materiales litológico descritos en la geología local para el presente estudio (Ver **ANEXO C-3 del GE393-PMAA-PSIG-EGF-001-00 al GE393-PMAA-PSIG-EGF-022-00**).

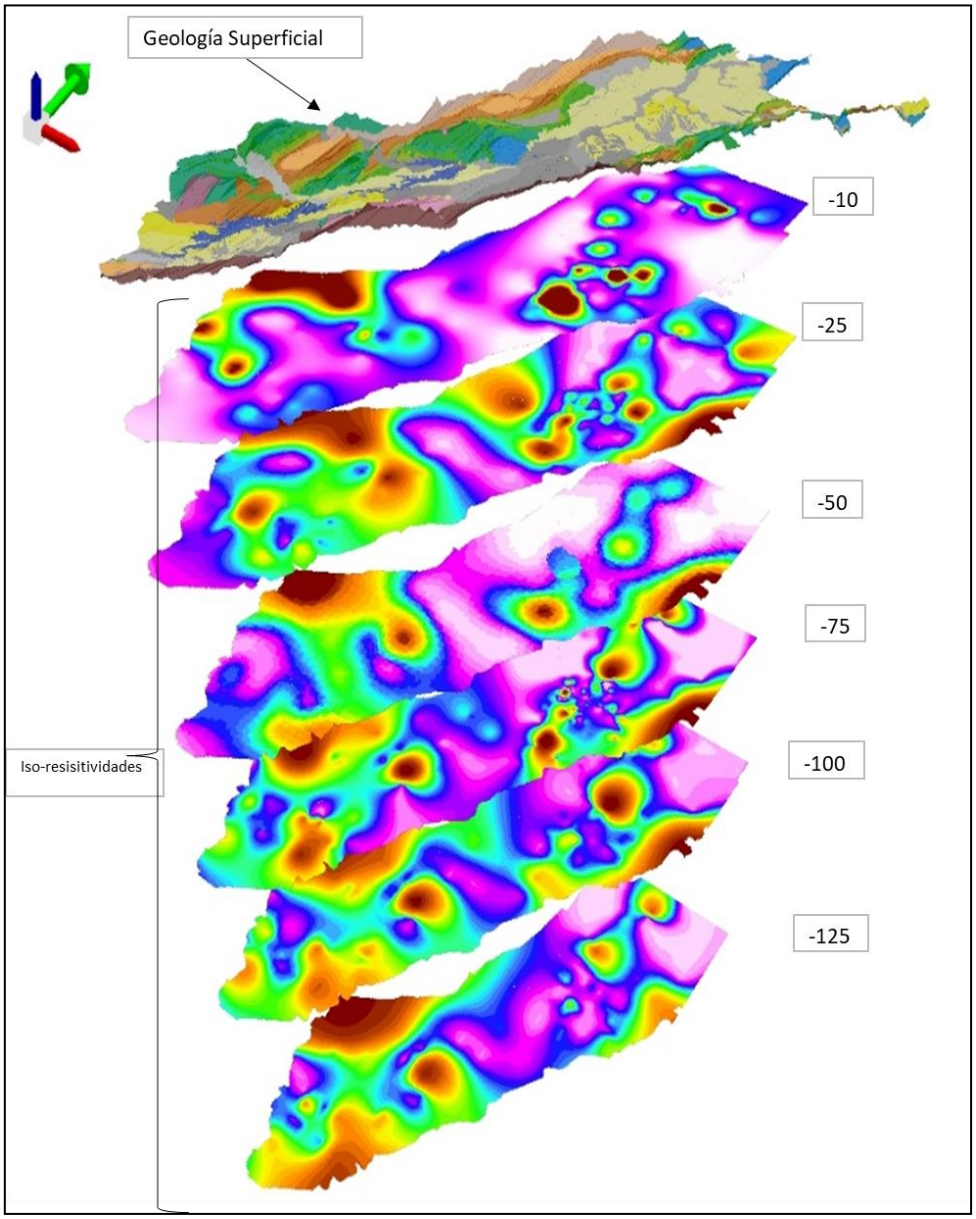


Ilustración 92 Modelo iso resistividades 3D
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Mapas de Iso-resistividad a 10m de profundidad:

En la **Ilustración 93** se muestra el Mapa de iso-resistividad a 10m, para la elaboración del mapa se implementa 323 puntos de muestreo los cuales se interpolan mediante el método Kriging. Finalmente se obtiene resistividades entre 1 - 1128 ohm-m. (Ver **ANEXO GE393-PMAA-PSIG-EGF-001-00**)

- **Zona de iso-resistividad 1**: Representadas en tonalidades de azules a verdes y amarillas, naranjas hasta rojizas los cuales comprenden un rango de isoresistividades desde los 2 a 327 Ohm – m, las cuales se asocian a Depósitos Cuaternario no consolidados como son los Depósitos de abanicos antiguo y/o terrazas altas (Q1al), Depósitos aluviales y/o terrazas bajas (Q2al) y Depósitos coluviales (Q2c) y Depósitos de Lahar (Q2lh) clasificados como acuíferos libres. Se resalta con línea punteada las zonas con respuesta de saturación con agua dulces con rangos de iso-resistividades entre 92 a 327 Ohm-m.

- **Zona de iso-resistividad 2:** La provincia hidrogeológica denominada cuenca artesiana más superficial corresponde a los materiales litológicos de la Formación Gigante (N2gim, N2gii) clasificada como de acuífero semi – confinado a confinado con iso-resistividades entre 35 a 225 Ohm.-m en tonalidades desde azul, verde, naranja y rojizas asociados a materiales litológicos con porosidad primaria intergranular o muy porosos saturados con agua dulce. Estos últimos acuíferos de la Formación Gigante son considerados de gran importancia, ya que son actualmente de uso doméstico para abastecimiento de comunidades.

- **Zona de iso-resistividad 3**: Representadas en tonalidades azul a verde y amarillas hasta naranjas, los cuales comprenden un rango de isoresistividades desde los 2 a 130 Ohm – m, las cuales se asocian a la unidad hidrogeológica de cuenca artesiana de la Grupo Honda (N1h) clasificada como acuífero confinado por las intercalaciones de paquetes de arcillolitas entre estratos de areniscas y conglomerados. Se observan que en la zona del desierto de la Tatacoa a 10 m de profundidad tiene respuesta de iso-resistividades bajas entre 2 a 40 Ohm-m las cuales se asocian a un potente paquete de arcillo lita y limolitas. Esta unidades hidrogeológicas, se considera de gran importancia hídrica, ya que juega un papel importante como elementos transmisores del agua en recargas verticales a través de grande superficies, tal es el caso de la extensión del DRMI de la Tatacoa.

- **Zona de iso-resistividad 4**: Se representa en varias de tonalidades desde azules a verdes y de amarillas hasta naranjas con rangos de iso-resistividades de desde los 35 a 400 Ohm – m, asociado a la cuenca artesiana de la secuencia del Paleógeno de la Formación Gualanday inferior, medio y superior, respectivamente

(E2gyi, E2gym, E2gys). Se clasifican los miembros de Fm. Gualanday inferior (E2gyi) y Fm. Gualanday superior (E2gys) como acuíferos confinados con iso-resistividades comprendidas en un rango entre 40 a 400 Ohm – m, asociadas a las areniscas conglomeráticas con posibilidad de saturaciones de agua dulce en un rango de resistividades entre 100 a 200 Ohm-m. En cuanto a la Formación Gualanday medio (E2gym) se clasifica como un acuítardo con resistividades entre los 2 a 70 Ohm-m.

Es importante resaltar las anomalías por las estructura geológicas, como se observa en el sinclinal de San Antonio en donde la secuencia de la Formación Gualanday es considerado de importante potencial hidrogeológica, además se evidencia las del sinclinal de Tesalia y del Agrado.

- **Zona de iso-resistividad 5**: Representadas en tonalidades azules a verdes y amarillas hasta naranjas, los cuales comprenden un rango de iso-resistividades desde los 13 a 1128 Ohm – m, se asocian a la provincia hidrogeológica de cuenca artesiana de la secuencia cretácica las Formación Seca (K2E1sc), Grupo Guadalupe (K2g), Grupo Villeta (K2v) y Formación Caballos (K1c). Desde el punto de vista hidrogeológico Formación Seca (K2E1sc), y el Grupo Villeta (K2v) son clasificadas como acuitardo con resistividades comprendidas entre 13 a 75 Ohm-m asociadas litología de capas impermeables como lo son las arcillolitas y lutitas, y la Grupo Guadalupe(K2g) y Formación Caballos (K1c) se clasifica como acuífero confinado con resistividades entre 80 – 256 Ohm-m considerándose de interés hidrogeológico con rango de iso-resistividades comprendida entre 300 – 1128 Ohm-m las cuales se asocia a rocas masivas de cuarzo areniscas de la Formación Caballo (K1c), el cual se clasifica como acuífero confinado.

- **Zona de iso-resistividad 6**: Representada en tonalidades azules a amarillas con rango de iso-resistividades comprendida entre 2 – 110 Ohm-m se asocian a la Formación Saldaña (T2Jsal) y Macizo de garzón (Mp3mg) la cual no representa interés hidrogeológico con resistividades que superan los 1128 Ohm-m.

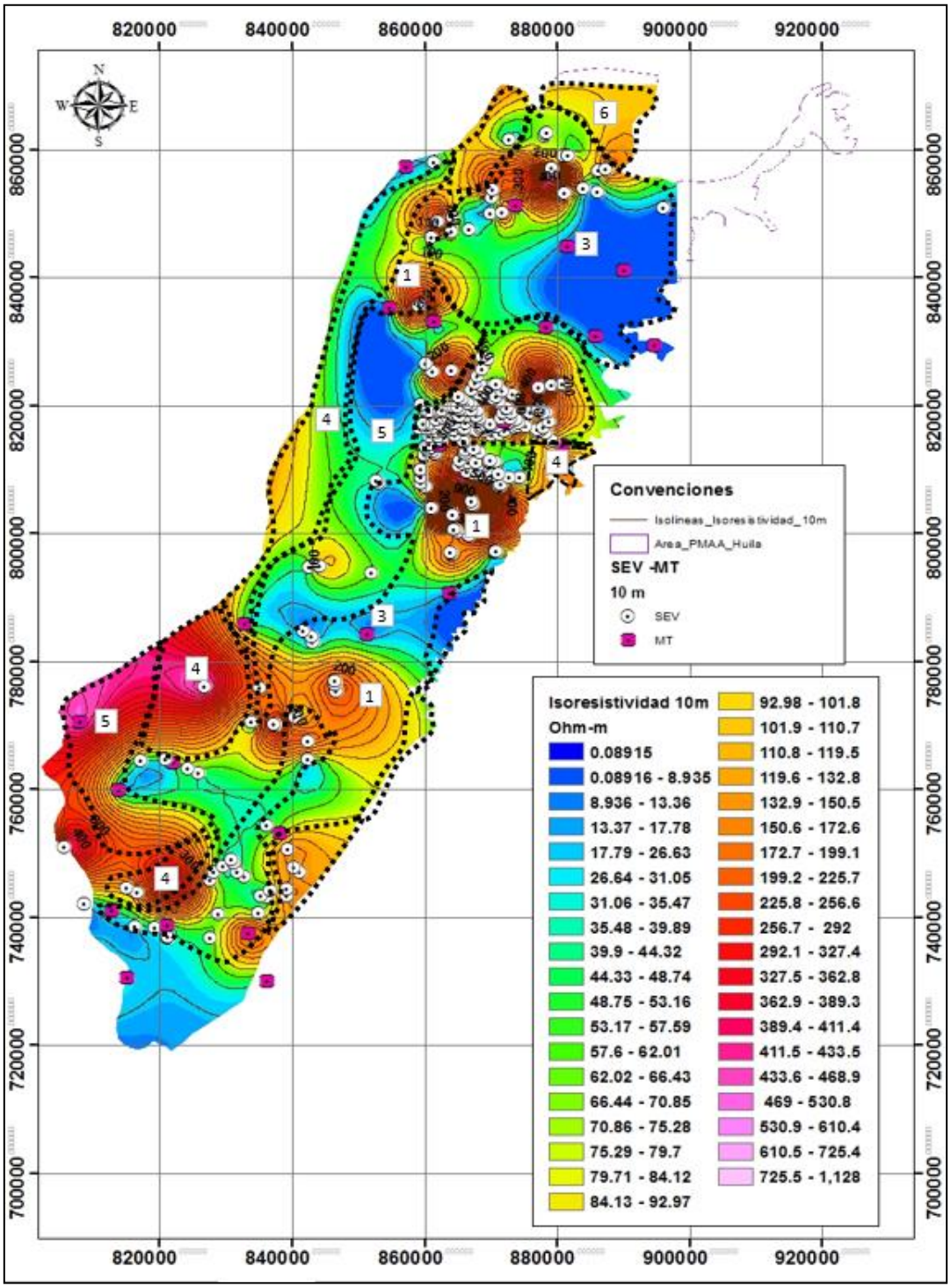


Ilustración 93 Mapa de iso-resistividades a 10m de profundidad
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Mapas de Iso-resistividad a 25m de profundidad:

En la **Ilustración 94** muestra el Mapa de iso-resistividad a 25m, para la elaboración del mapa se implementa 307 puntos de muestreo los cuales se interpolan mediante el método Kriging. Finalmente se obtiene resistividades entre 1ohm-m y 830 ohm-m. (Ver **ANEXO GE393-PMAA-PSIG-EGF-002-00**)

- **Zona de iso-resistividad 1:** Se asocian a Depósitos Cuaternario no consolidados como son los Depósitos (Q1al), (Q2al) (Q2c) (Q2lh) con resistividades comprendidas entre 1 a 250 Ohm-m.

- **Zona de iso-resistividad 2** corresponde a los materiales litológicos de la Formación Gigante (N2gim, N2gii) con rango de iso-resistividades entre 5 a 240 Ohm.-m

- **Zona de iso-resistividad 3**: Asociada a la Grupo Honda (N1h) con iso-resistividades entre 2 a 120 Ohm-m. se registran resistividades bajas de 2 a 40 Ohm-m en la zona del desierto de la Tatacoa la cual se interpreta como espesores potentes de arcillolitas y lodolitas.

- **Zona de iso-resistividad 4**: con rangos de iso-resistividades de desde los 1 a 488 Ohm – m, asociado a la Formación Gualanday inferior, medio y superior, respectivamente (E2gyi, E2gym, E2gys). Las resistividades de medias a altas comprendidas entre 100 – 488 se asocian a las arenas conglomeráticas de los miembros Formación Gualanday inferior (E2gyi), superior (E2gys). Mientras que las resistividades bajas a medias entre 1 a 100 Ohm-m se asocian a niveles más una matriz de arcillas con conglomerados y areniscas del miembro medio (E2gym)

- **Zona de iso-resistividad 5**: en general comprenden rangos de iso-resistividades desde los 16 a 830 Ohm – m, se asocian a la Formación Seca (K2E1sc), Grupo Guadalupe (K2g), Grupo Villeta (K2v) y Formación Caballos (K1c).

- **Zona de iso-resistividad 6**: Representada en tonalidades azules a amarillas con rango de iso-resistividades comprendida entre 2 – 110 Ohm-m se asocian a la Formación Saldaña (T2Jsal), y Macizo de Garzón (Mp3mg) la cual no representa interés hidrogeológico superan los 830 Ohm – m.

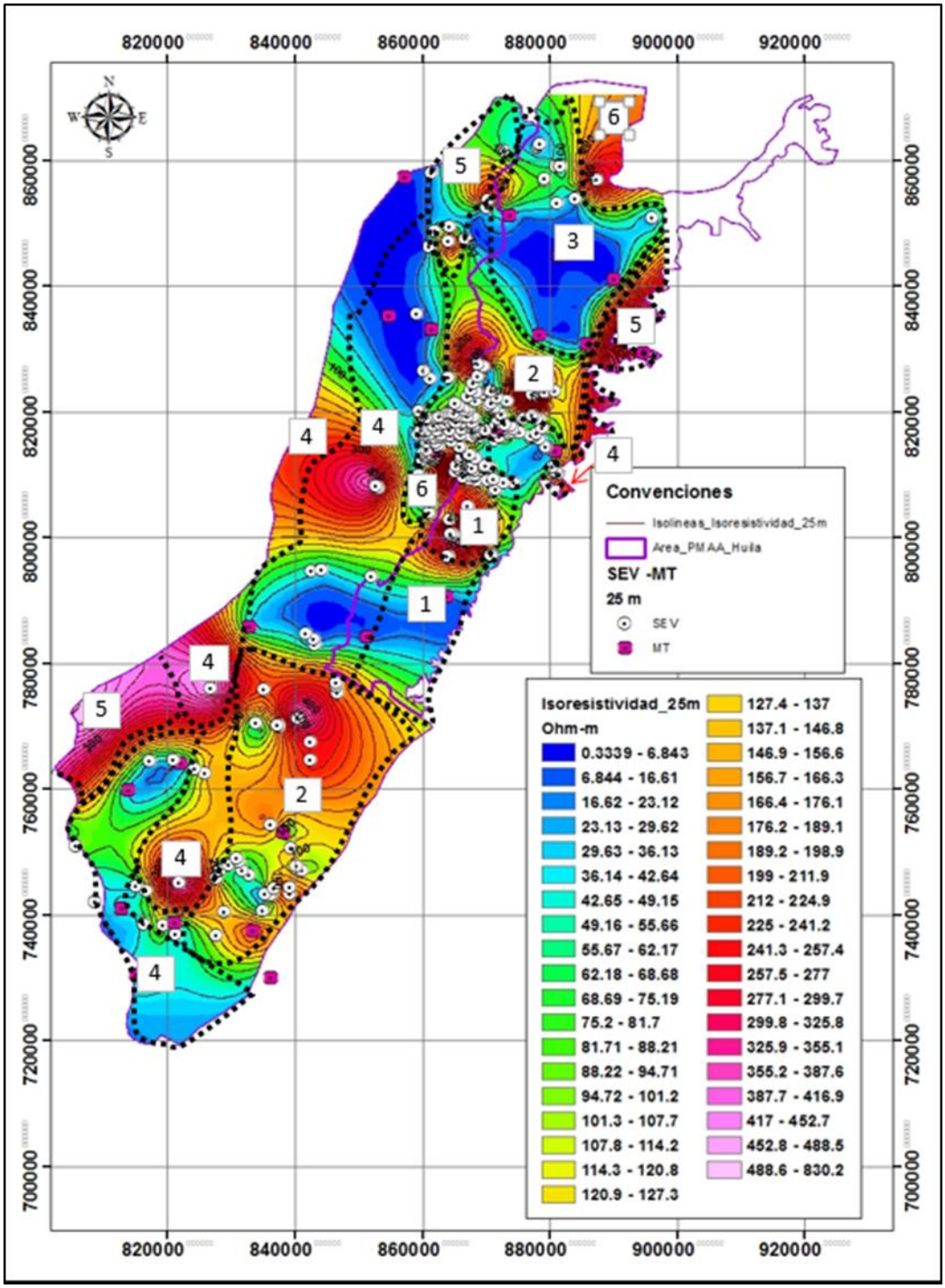


Ilustración 94 Mapa de iso-resistividades a 25m de profundidad
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Mapas de Iso-resistividad a 50m de profundidad:

En la **Ilustración 95** muestra el Mapa de iso-resistividad a 50m, para la elaboración del mapa se implementa 243 puntos de muestreo los cuales se interpolan mediante el método Kriging. Finalmente se obtiene resistividades entre 1ohm-m y 544 ohm-m. (Ver **ANEXO GE393-PMAA-PSIG-EGF-003-00**)

- **Zona de iso-resistividad 1:** Se asocian a Depósitos Cuaternario no consolidados como son los Depósitos (Q1al), (Q2al) (Q2c) (Q2lh) con resistividades comprendidas entre 2 a 237 Ohm-m.

- **Zona de iso-resistividad 2** corresponde a los materiales litológicos de la Formación Gigante (N2gim, N2gii) con rango de iso-resistividades entre 2 a 183 Ohm.-m

- **Zona de iso-resistividad 3**: Asociada a la Grupo Honda (N1h) con iso-resistividades entre 2 a 55 Ohm-m., la cual se interpreta como espesores potentes de arcillolitas y lodolitas.

- **Zona de iso-resistividad 4**: con rangos de iso-resistividades de desde los 1 a 215 Ohm – m, asociado a la Formación Gualanday.

- **Zona de iso-resistividad 5**: en general comprenden rangos de iso-resistividades desde los 15 a 544 Ohm – m, se asocian a la Formación Seca (K2E1sc), Grupo Guadalupe (K2g), Grupo Villeta (K2v) y Formación Caballos (K1c).

- **Zona de iso-resistividad 6**: Representada en tonalidades azules a amarillas con rango de iso-resistividades comprendida entre 2 – 80 Ohm-m se asocian a la Formación Saldaña (T2Jsal), y Macizo de Garzón (Mp3mg) la cual no representa interés hidrogeológico supera los 544 Ohm – m.

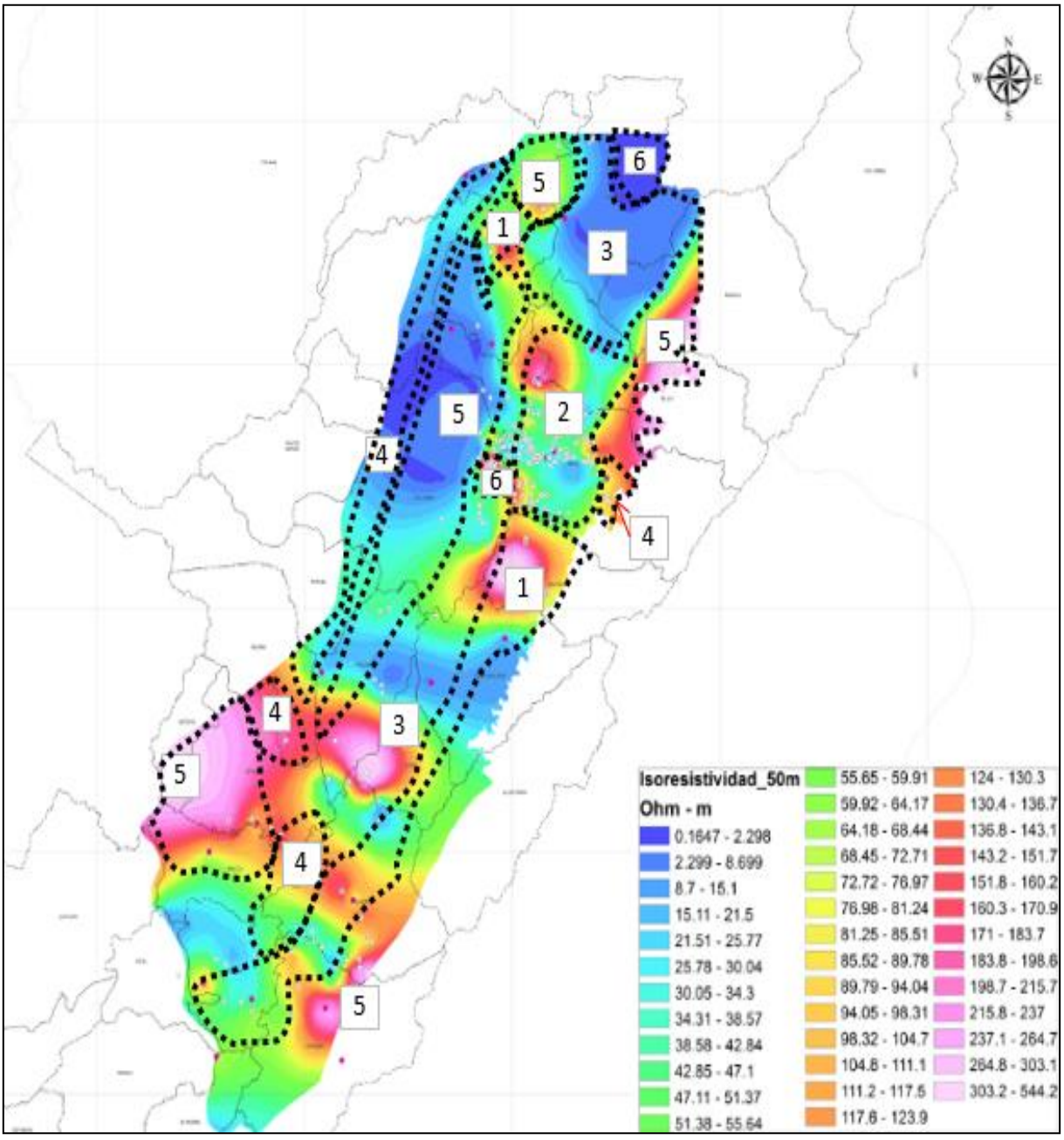


Ilustración 95 Mapa de Iso-resistividades a 50m de profundidad.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Mapas de Iso-resistividad a 75m de profundidad:

En la **Ilustración 96** muestra el Mapa de iso-resistividad a 75m, para la elaboración del mapa se implementa 243 puntos de muestreo los cuales se interpolan mediante el método Kriging. Finalmente se obtiene resistividades entre 1ohm-m y 588 ohm-m. (Ver **ANEXO GE393-PMAA-PSIG-EGF-004-00**)

- **Zona de iso-resistividad 1:** Se asocian a Depósitos Cuaternario no consolidados como son los Depósitos (Q1al), (Q2al) (Q2c) (Q2lh) con resistividades comprendidas entre 2 a 207 Ohm-m.

- **Zona de iso-resistividad 2** corresponde a los materiales litológicos de la Formación Gigante (N2gim, N2gii) con rango de iso-resistividades entre 2 a 106 Ohm.-m

- **Zona de iso-resistividad 3**: Asociada a la Grupo Honda (N1h) con iso-resistividades entre 2 a 70 Ohm-m., la cual se interpreta como espesores potentes de arcillolitas y lodolitas.

- **Zona de iso-resistividad 4**: con rangos de iso-resistividades de desde los 1 a 180 Ohm – m, asociado a la Formación Gualanday.

- **Zona de iso-resistividad 5**: en general comprenden rangos de iso-resistividades desde los 30 a 588 Ohm – m, se asocian a la Formación Seca (K2E1sc), Grupo Guadalupe (K2g), Grupo Villeta (K2v) y Formación Caballos (K1c).

- **Zona de iso-resistividad 6**: rango de iso-resistividades comprendida entre 2 – 588 Ohm-m se asocian a la Formación Saldaña (T2Jsal), y Macizo de Garzón (Mp3mg) la cual no representa interés hidrogeológico supera los 588 Ohm-m.

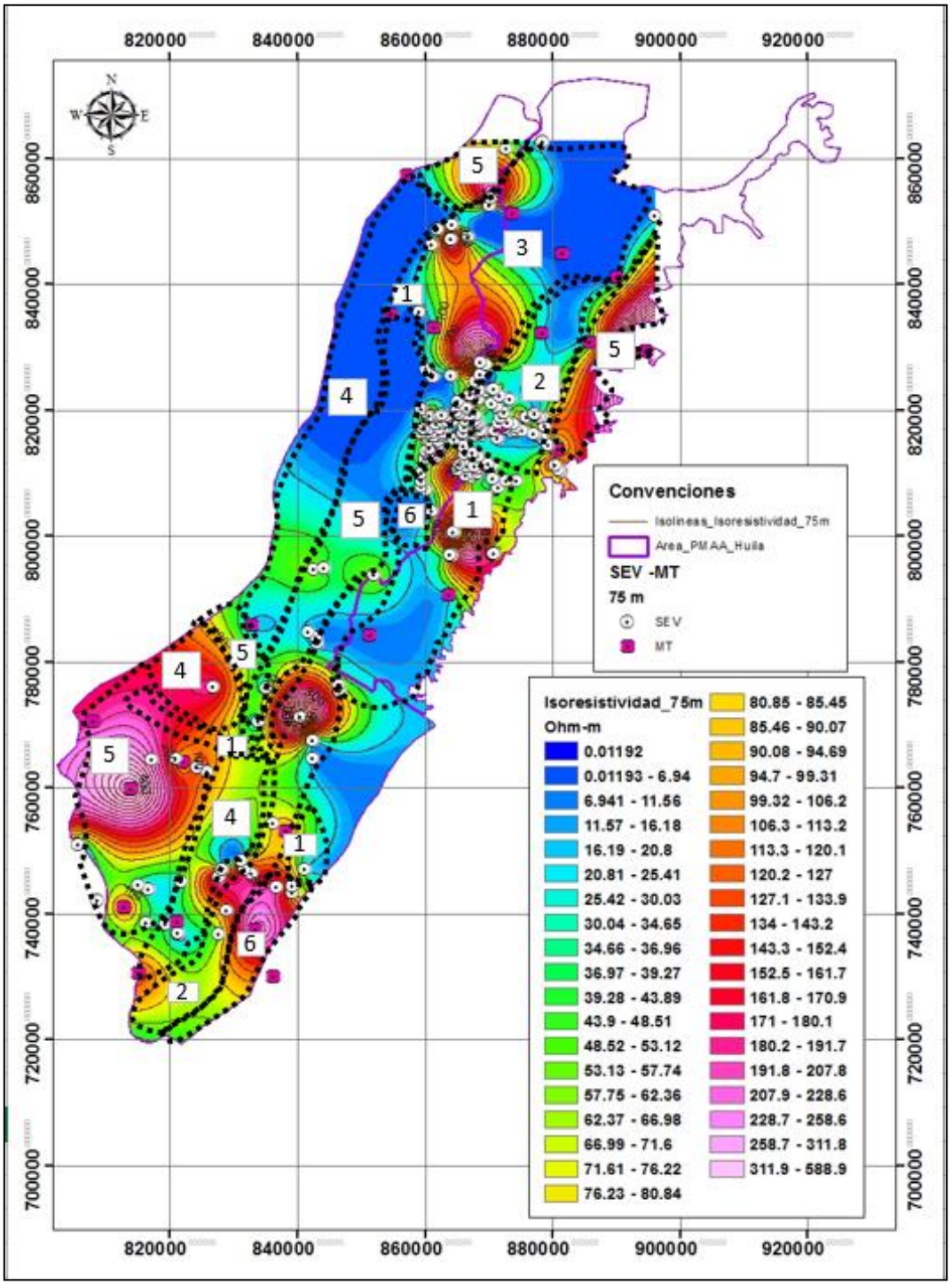


Ilustración 96 Mapa de Iso-resistividades a 75m de profundidad.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Mapas de Iso-resistividad a 100m de profundidad:

En la **Ilustración 97** muestra el Mapa de iso-resistividad a 100m, para la elaboración del mapa se implementa 218 puntos de muestreo los cuales se interpolan mediante el método Kriging. Finalmente se obtiene resistividades entre 1ohm-m y 438 ohm-m. (Ver **ANEXO GE393-PMAA-PSIG-EGF-005-00**)

- **Zona de iso-resistividad 1:** Se asocian a Depósitos Cuaternario no consolidados como son los Depósitos (Q1al), (Q2al) (Q2c) (Q2lh) con resistividades comprendidas entre 2 a 180 Ohm-m.

- **Zona de iso-resistividad 2** corresponde a los materiales litológicos de la Formación Gigante (N2gim, N2gii) con rango de iso-resistividades entre 2 a 86 Ohm.-m. Se observa la disminución de espesor en la zona comprendida entre Neiva y Tello, y se conserva el espesor en la zona comprendida entre Campo alegre, Hobo y Gigante.

- **Zona de iso-resistividad 3**: Asociada a la Grupo Honda (N1h) con iso-resistividades entre 2 a 86 Ohm-m., la cual se interpreta como espesores potentes de arcillolitas y lodolitas.

- **Zona de iso-resistividad 4**: con rangos de iso-resistividades desde los 1 a 223 Ohm – m, asociado a la Formación Gualanday.

- **Zona de iso-resistividad 5**: en general comprenden rangos de iso-resistividades desde los 86 a 438 Ohm – m, se asocian a la Formación Seca (K2E1sc), Grupo Guadalupe (K2g), Grupo Villeta (K2v) y Formación Caballos (K1c).

- **Zona de iso-resistividad 6**: rango de iso-resistividades comprendida entre 2 – 438 Ohm-m se asocian a la Formación Saldaña (T2Jsal), y Macizo de Garzón (Mp3mg) la cual no representa interés hidrogeológico.

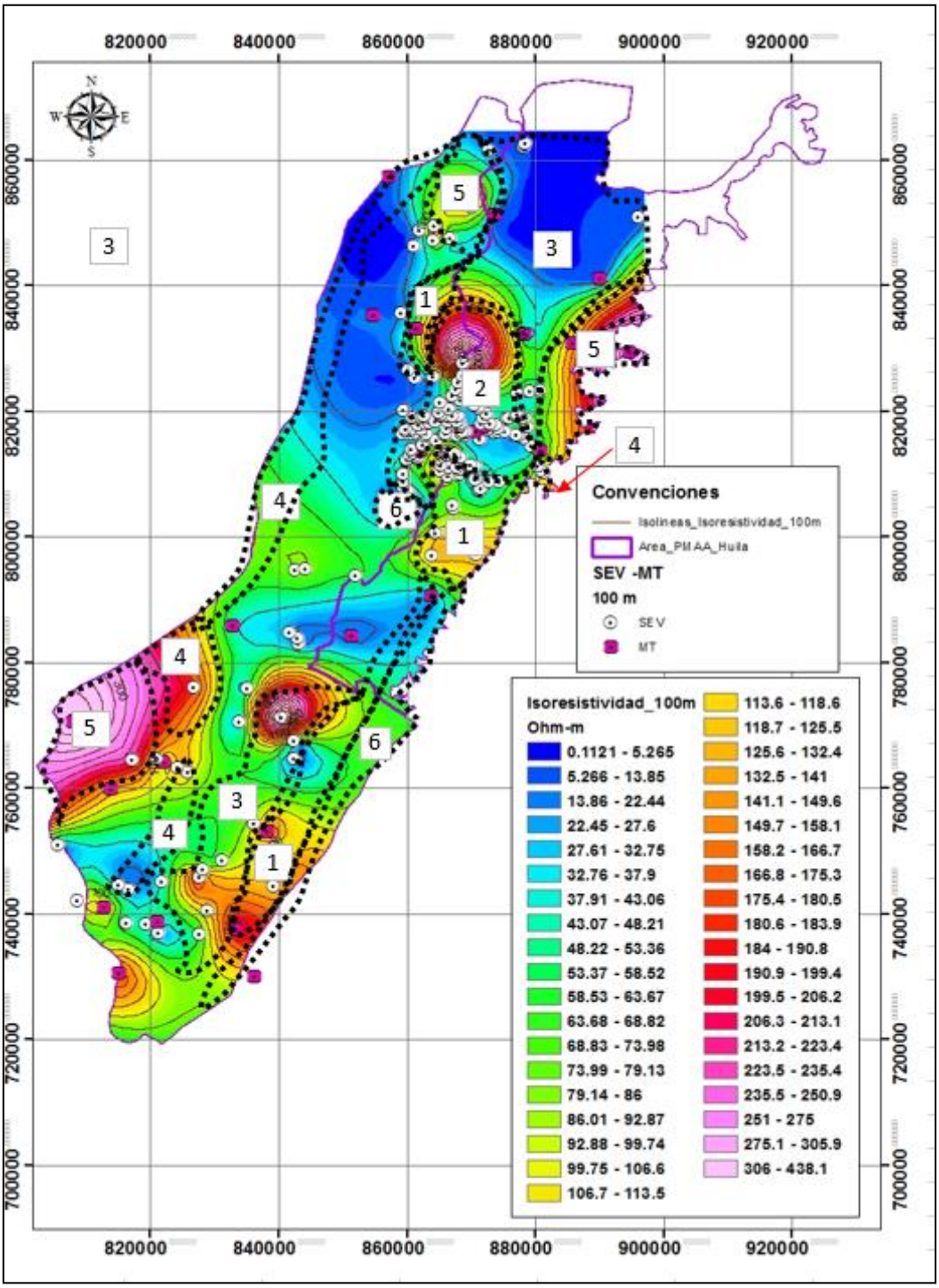


Ilustración 97 Mapa de Iso-resistividades a 100m de profundidad.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Mapas de Iso-resistividad a 125m de profundidad:

En la **Ilustración 98** muestra el Mapa de iso-resistividad a 125m, para la elaboración del mapa se implementa 173 puntos de muestreo los cuales se interpolan mediante el método Kriging. Finalmente se obtiene resistividades entre 1 Ohm-m y 540 ohm-m. (Ver **ANEXO GE393-PMAA-PSIG-EGF-006-00**)

- **Zona de iso-resistividad 1:** Se asocian a Depósitos Cuaternario no consolidados como son los Depósitos (Q1al), (Q2al) (Q2c) (Q2lh) con resistividades comprendidas entre 8 a 142 Ohm-m. se observa disminución del espesor en los Municipios Neiva, Aipe, Rivera Campo Alegre y se mantiene en el sector de Hobo y Gigante.

- **Zona de iso-resistividad 2** corresponde a los materiales litológicos de la Formación Gigante (N2gim, N2gii) con rango de iso-resistividades entre 8 a 200 Ohm.-m. Se observa la disminución de espesor en la zona comprendida entre Neiva y Tello, y se conserva el espesor en la zona comprendida entre Campo alegre, Hobo y Gigante.

- **Zona de iso-resistividad 3**: Asociada a la Grupo Honda (N1h) con iso-resistividades entre 8 a 110 Ohm-m., a esta profundidad se encuentran espesores de arenisca e intercalación arcillolitas y lodolitas.

- **Zona de iso-resistividad 4**: con rangos de iso-resistividades desde los 8 a 205 Ohm – m, asociado a la Formación Gualanday.

- **Zona de iso-resistividad 5**: En general comprenden rangos de iso-resistividades desde los 30 a 540 Ohm – m, se asocian a la Formación Seca (K2E1sc), Grupo Guadalupe (K2g), Grupo Villeta (K2v) y Formación Caballos (K1c).

- **Zona de iso-resistividad 6**: rango de iso-resistividades comprendida entre 102 – 540 Ohm-m se asocian a la Formación Saldaña (T2Jsal), y Macizo de Garzón (Mp3mg) la cual no representa interés hidrogeológico.

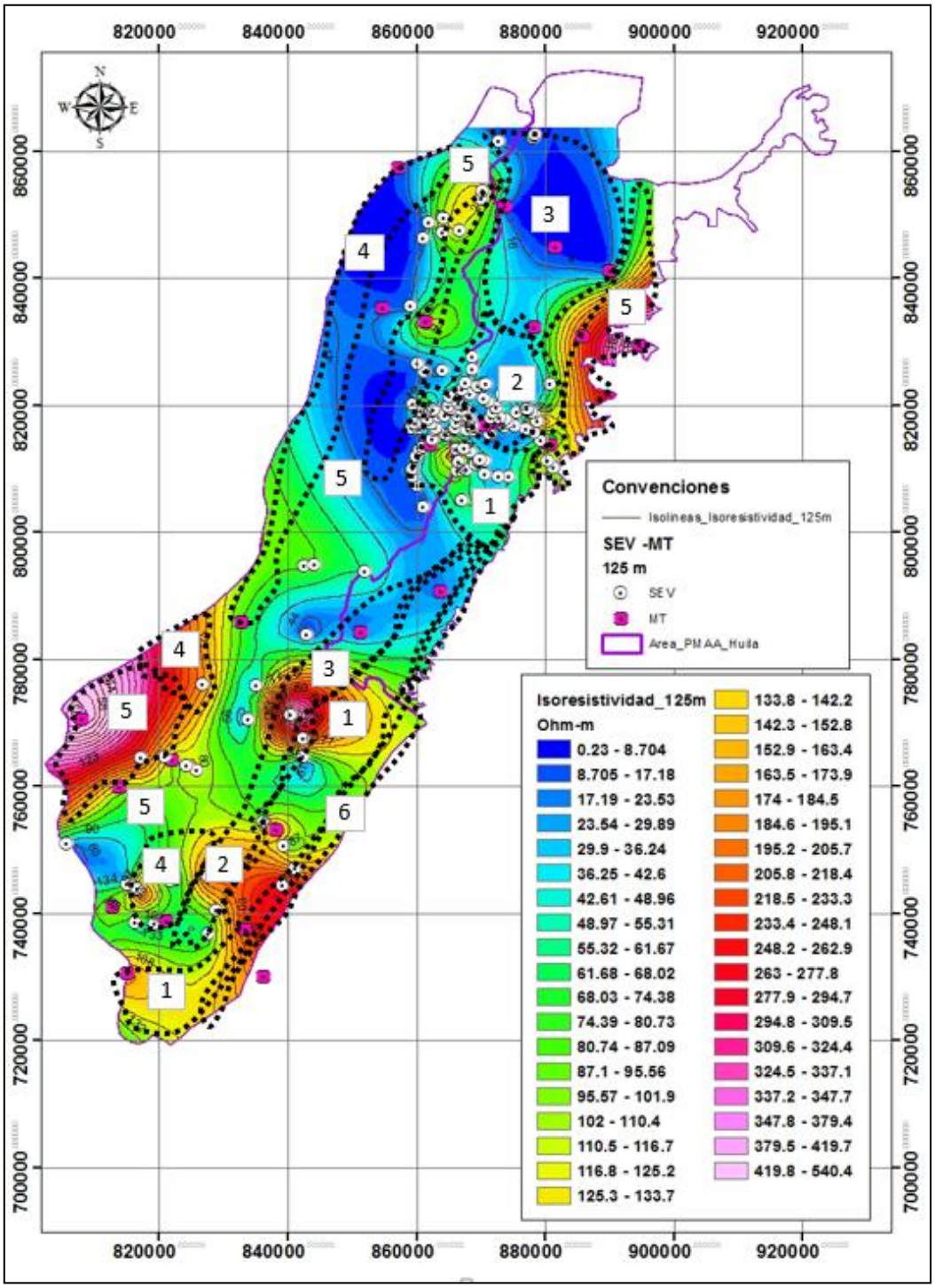


Ilustración 98 Mapa de Iso-resistividades a 125m de profundidad
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Mapas de Iso-resistividad a 150m de profundidad.

En la **Ilustración 99** muestra el Mapa de iso-resistividad a 150m, para la elaboración del mapa se implementa 153 puntos de muestreo los cuales se interpolan mediante el método Kriging. Finalmente se obtiene resistividades entre 1 Ohm-m y 672 Ohm-m. (Ver **ANEXO GE393-PMAA-PSIG-EGF-007-00**)

- **Zona de iso-resistividad 1:** Se asocian a Depósitos Cuaternario no consolidados como son los Depósitos (Q1al), (Q2al) (Q2c) (Q2lh) con resistividades comprendidas entre 5 a 145 Ohm-m. se observa disminución del espesor en los Municipios Neiva, Aipe, Rivera Campo Alegre y se mantiene en el sector de Hobo y Gigante.

- **Zona de iso-resistividad 2** corresponde a los materiales litológicos de la Formación Gigante (N2gim, N2gii) con rango de iso-resistividades entre 5 a 145 Ohm.-m. Se observa la disminución de espesor en la zona comprendida entre Neiva y Tello, y se conserva el espesor en la zona comprendida entre Campo alegre, Hobo y Gigante.

- **Zona de iso-resistividad 3**: Asociada a la Grupo Honda (N1h) con iso-resistividades entre 5 a 97 Ohm-m., continúa la secuencia de arcillolitas y lodolitas.

- **Zona de iso-resistividad 4**: con rangos de iso-resistividades desde los 5 a 271 Ohm – m, asociado a la Formación Gualanday.

- **Zona de iso-resistividad 5**: En general comprenden rangos de iso-resistividades desde los 113 a 672 Ohm – m, se asocian a la Formación Seca (K2E1sc), Grupo Guadalupe (K2g), Grupo Villeta (K2v) y Formación Caballos (K1c).

- **Zona de iso-resistividad 6**: rango de iso-resistividades comprendida entre 105 – 672 Ohm-m se asocian a la Formación Saldaña (T2Jsal), y Macizo de Garzón (Mp3mg) la cual no representa interés hidrogeológico.

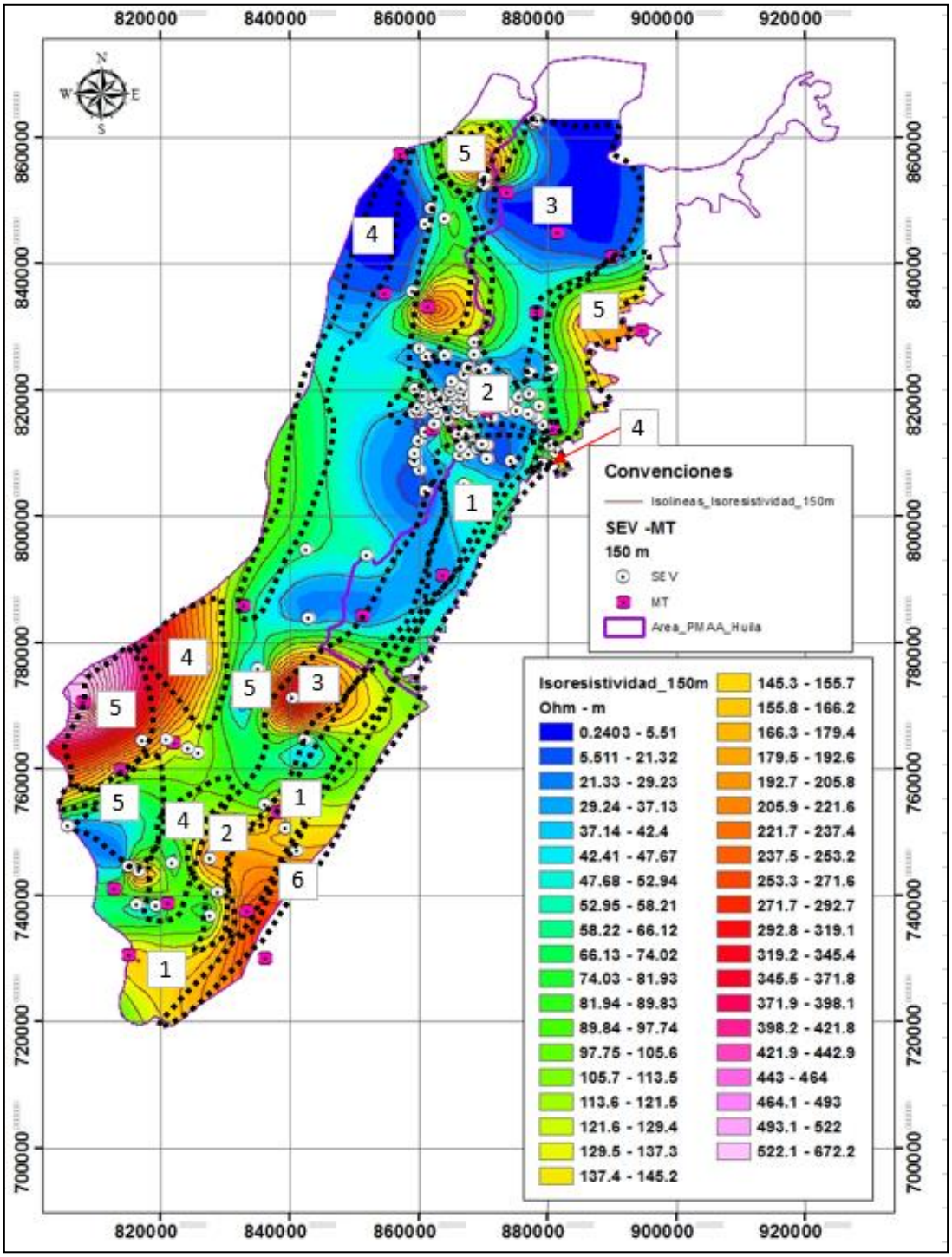


Ilustración 99 Mapa de iso-resistividades a 150m de profundidad
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Mapas de Iso-resistividad a 175m de profundidad:

En la **Ilustración 100** muestra el Mapa de iso-resistividad a 175m, para la elaboración del mapa se implementa 113 puntos de muestreo los cuales se interpolan mediante el método Kriging. Finalmente se obtiene resistividades entre 16 Ohm-m y 679 Ohm-m. (Ver **ANEXO GE393-PMAA-PSIG-EGF-008-00**)

- **Zona de iso-resistividad 1:** Se asocian a Depósitos Cuaternario no consolidados como son los Depósitos (Q1al), (Q2al) (Q2lh) con resistividades comprendidas entre 50 a 80 Ohm-m. se observa que en la zona de Campoalegre, Rivera y Neiva desaparece la respuesta por lo tanto se asume que los depósitos, tienen un espesor promedio de 150m en dicho sector.

- **Zona de iso-resistividad 2** corresponde a los materiales litológicos de la Formación Gigante (N2gim, N2gii) con rango de iso-resistividades entre 37 a 160 Ohm.-m. Se observa la disminución de espesor en la zona comprendida entre Neiva y Tello en el que se presume que sea la transición del contacto entre la Formación Gigante (N2gii) y la Grupo Honda (N1h), mientras que en el sector próximo al Municipios Hobo - Gigante el espesor se hace potente.

- **Zona de iso-resistividad 3**: Asociada a la Grupo Honda (N1h) con iso-resistividades entre 5 a 97 Ohm-m., continúa la secuencia de arcillolitas y lodolitas. A la Profundidad de 175m se observa que la Formación Honda tiene una correlación lateral desde la zona del desierto de la Tatacoa en la zona Noroccidental hasta el centro del Departamento.

- **Zona de iso-resistividad 4**: con rangos de iso-resistividades desde los 50 a 393 Ohm – m, asociado a la Formación Gualanday. Se observa que las isolíneas tiene una tendencia en dirección de las estructuras geológicas, con lo cual se puede evidenciar el control estructural del sistema de Falla de Chusma, sobre el costado Occidental del área de estudio.

- **Zona de iso-resistividad 5**: En general comprenden rangos de iso-resistividades desde los 110 a 679 Ohm – m, se asocian a la Formación Seca (K2E1sc), Grupo Guadalupe (K2g), Grupo Villeta (K2v) y Formación Caballos (K1c).

- **Zona de iso-resistividad 6**: rango de iso-resistividades comprendida entre 430 – 679 Ohm-m se asocian a la Formación Saldaña (T2Jsal), y Macizo de Garzón (Mp3mg) la cual no representa interés hidrogeológico supera los 679 Ohm-m.

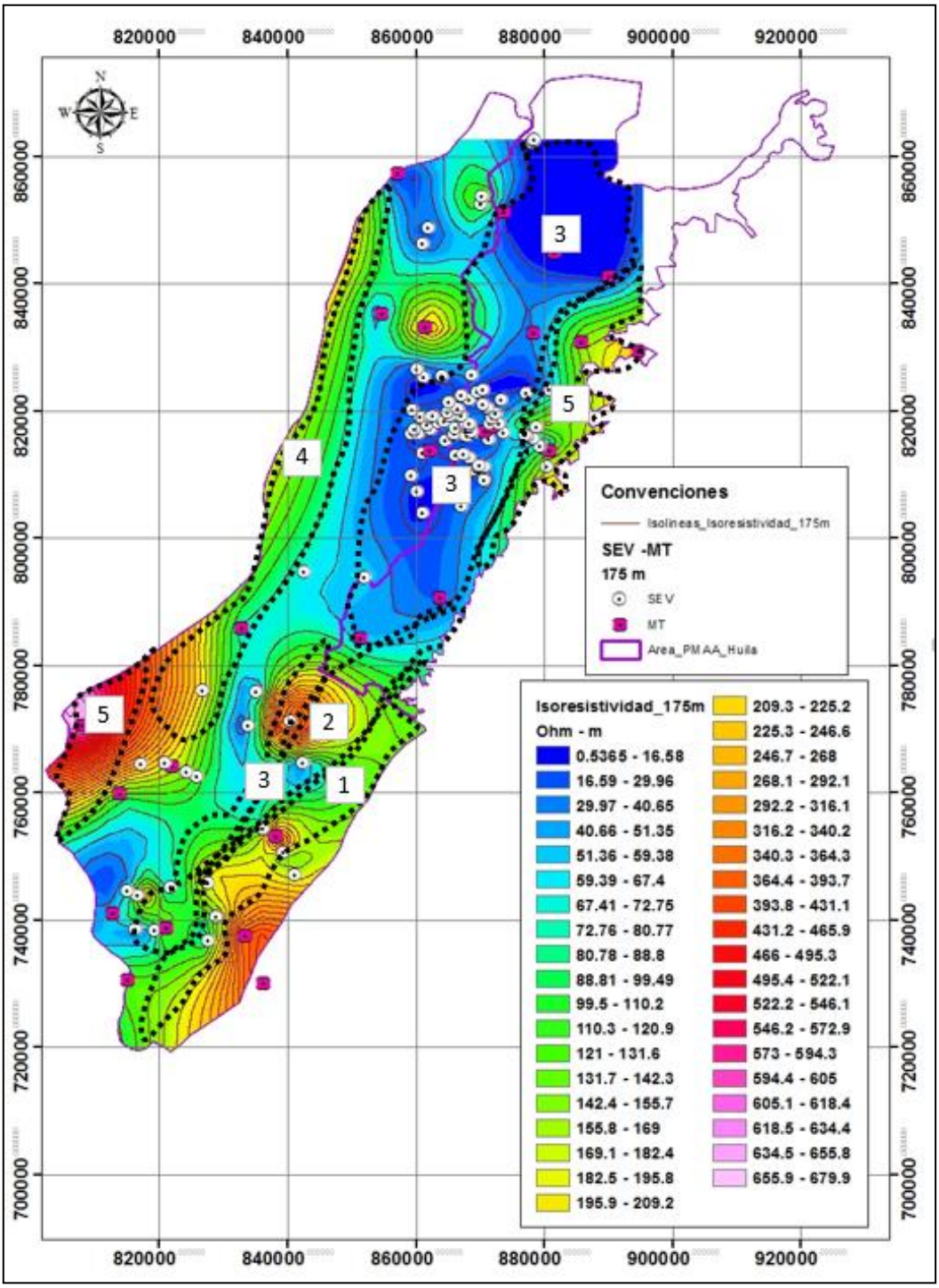


Ilustración 100 Mapa de iso-resistividades a 175m de profundidad
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Mapas de Iso-resistividad a 200m de profundidad:

En la **Ilustración 101** muestra el Mapa de iso-resistividad a 200m, para la elaboración del mapa se implementa 135 puntos de muestreo los cuales se interpolan mediante el método Kriging. Finalmente se obtiene resistividades entre 1Ohm-m y 1082 Ohm-m. (Ver **ANEXO GE393-PMAA-PSIG-EGF-009-00**)

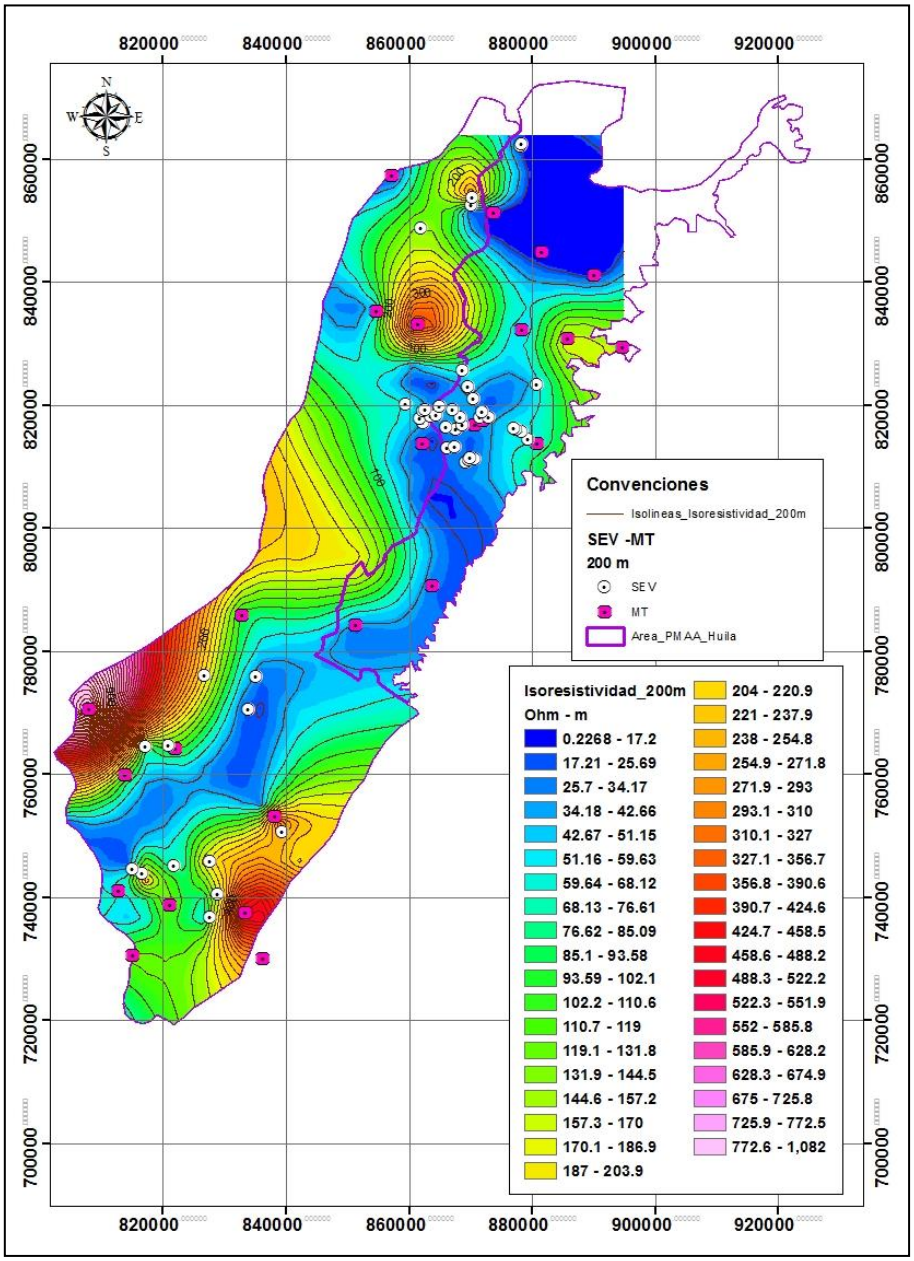


Ilustración 101 Mapa de iso-resistividades a 200m de profundidad
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Mapas de Iso-resistividad a 225m de profundidad:

En la **Ilustración 102** muestra el Mapa de iso-resistividad a 10m, para la elaboración del mapa se implementa 71 puntos de muestreo los cuales se interpolan mediante el método Kriging. Finalmente se obtiene resistividades entre 1 Ohm-m y 1013 Ohm-m. (Ver **ANEXO GE393-PMAA-PSIG-EGF-010-00**)

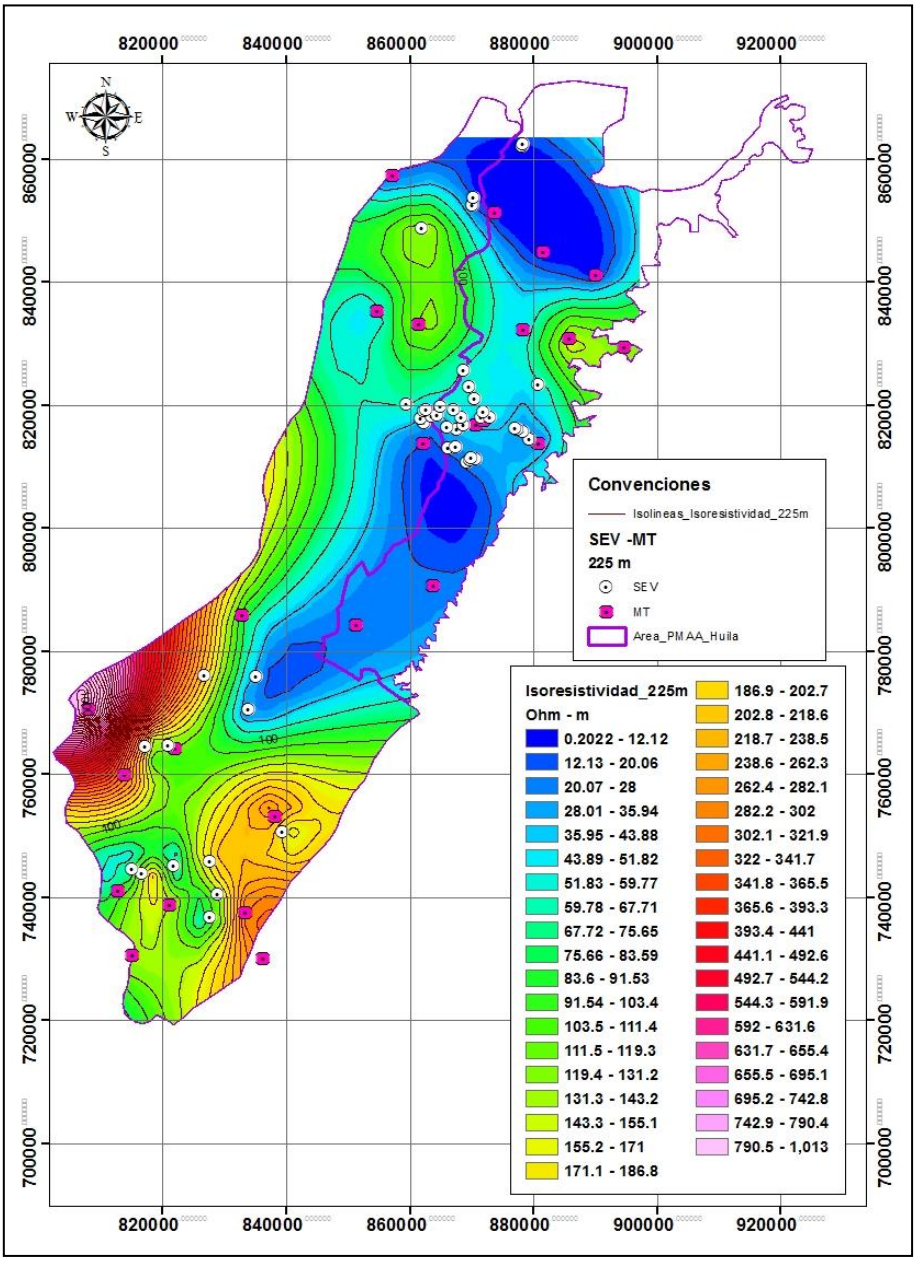


Ilustración 102 Mapa de iso-resistividades a 225m de profundidad
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Mapas de Iso-resistividad a 275m de profundidad:

En la **Ilustración 103** muestra el Mapa de iso-resistividad a 275m, para la elaboración del mapa se implementa 68 puntos de muestreo los cuales se interpolan mediante el método Kriging. Finalmente se obtiene resistividades entre 2 Ohm-m y 1166 Ohm-m. (Ver **ANEXO GE393-PMAA-PSIG-EGF-012-00**)

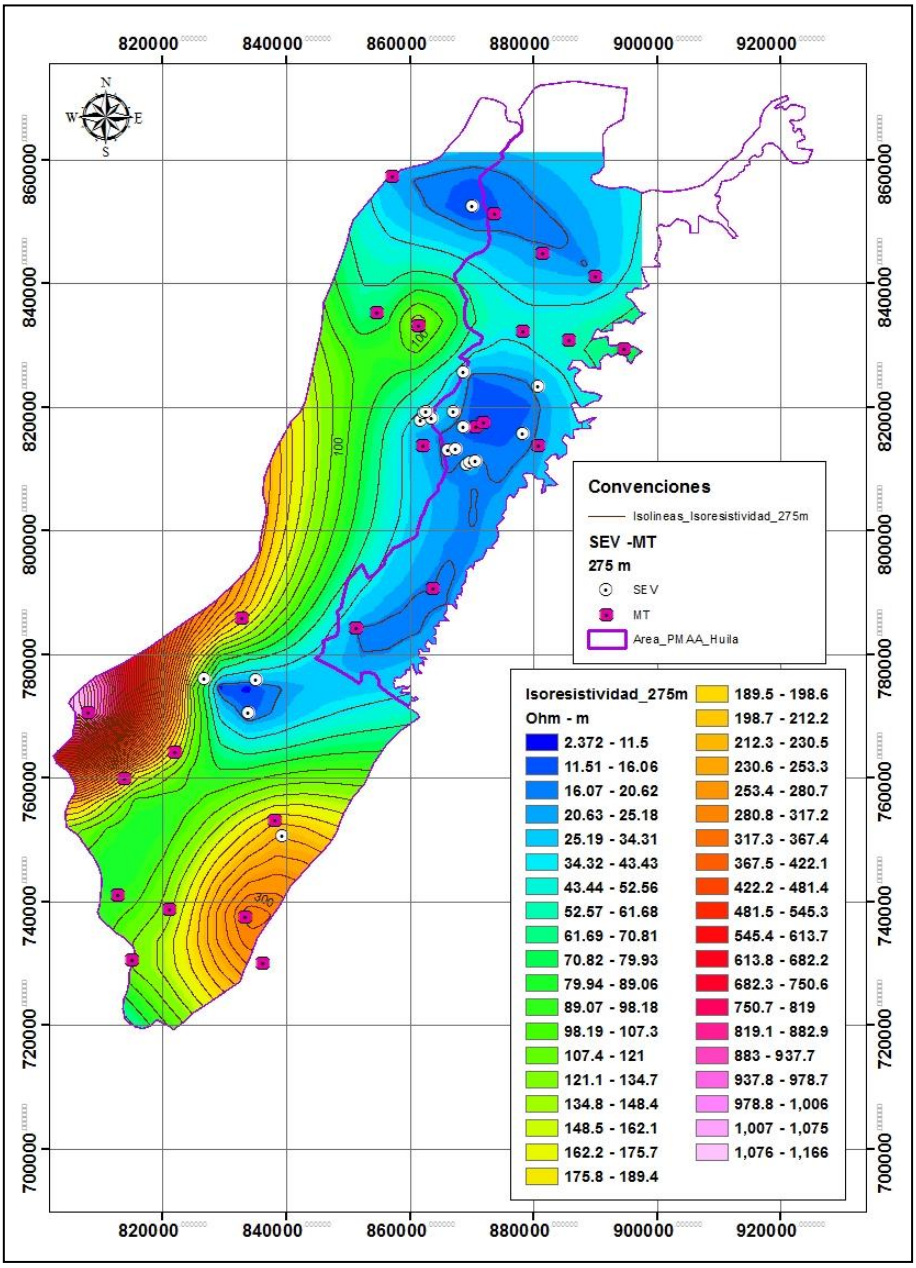


Ilustración 103 Mapa de iso-resistividades a 275m de profundidad
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Mapas de Iso-resistividad a 300m de profundidad:

En la **Ilustración 104** muestra el Mapa de iso-resistividad a 300m, para la elaboración del mapa se implementa 56 puntos de muestreo los cuales se interpolan mediante el método Kriging. Finalmente se obtiene resistividades entre 1ohm-m y 2297 ohm-m. (Ver **ANEXO GE393-PMAA-PSIG-EGF-013-00**)

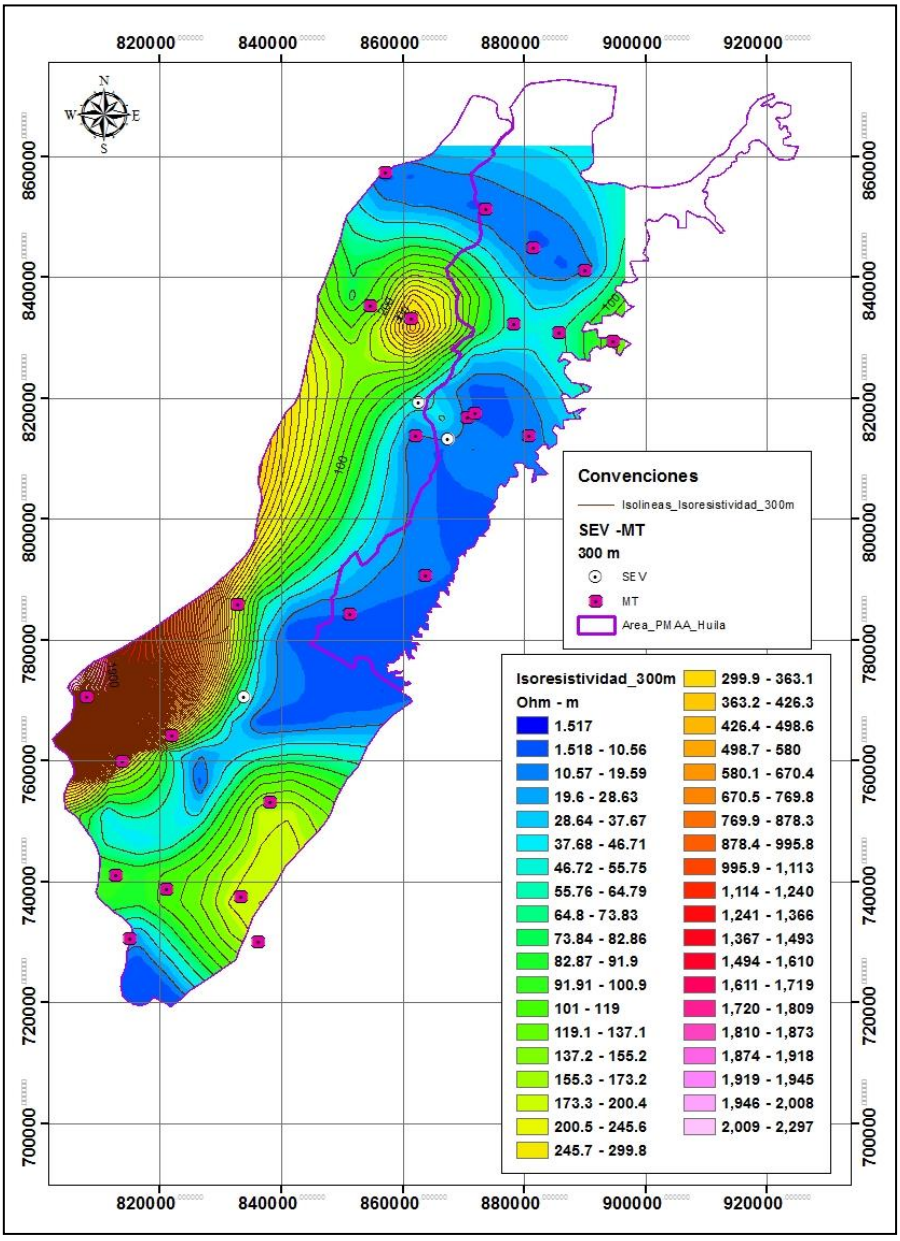


Ilustración 104 Mapa de iso-resistividades a 300m de profundidad
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Mapas de Iso-resistividad a 400m de profundidad:

En la **Ilustración 105** muestra el Mapa de iso-resistividad a 400m, para la elaboración del mapa se implementa 39 puntos de muestreo los cuales se interpolan mediante el método Kriging. Finalmente se obtiene resistividades entre 3 Ohm-m y 1734 Ohm-m. (Ver **ANEXO GE393-PMAA-PSIG-EGF-014-00**)

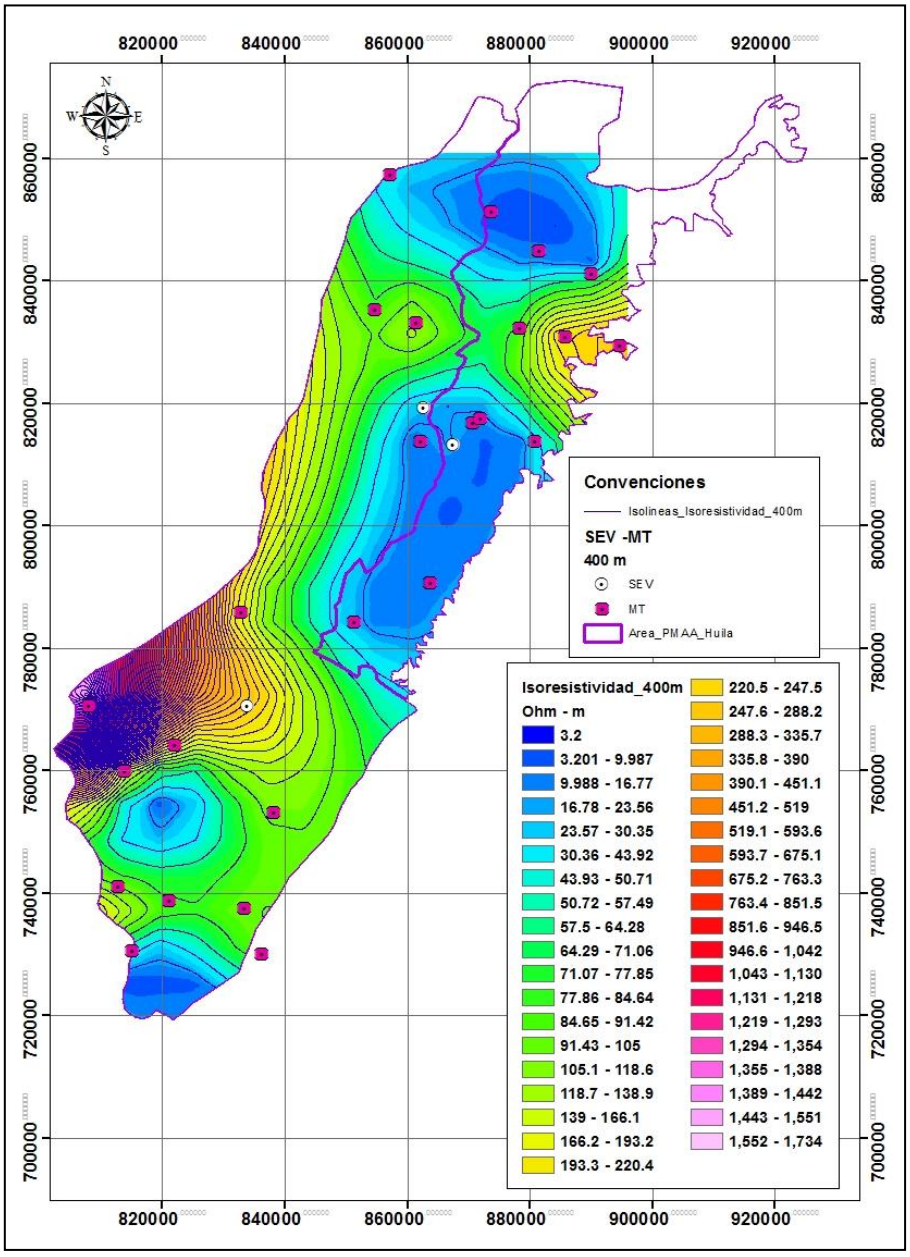


Ilustración 105 Mapa de iso-resistividades a 400m de profundidad
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Mapas de Iso-resistividad a 500m de profundidad:

En la **Ilustración 106** muestra el Mapa de iso-resistividad a 500m, para la elaboración del mapa se implementa 36 puntos de muestreo los cuales se interpolan mediante el método Kriging. Finalmente se obtiene resistividades entre 1ohm-m y 953 ohm-m. (Ver **ANEXO GE393-PMAA-PSIG-EGF-015-00**)

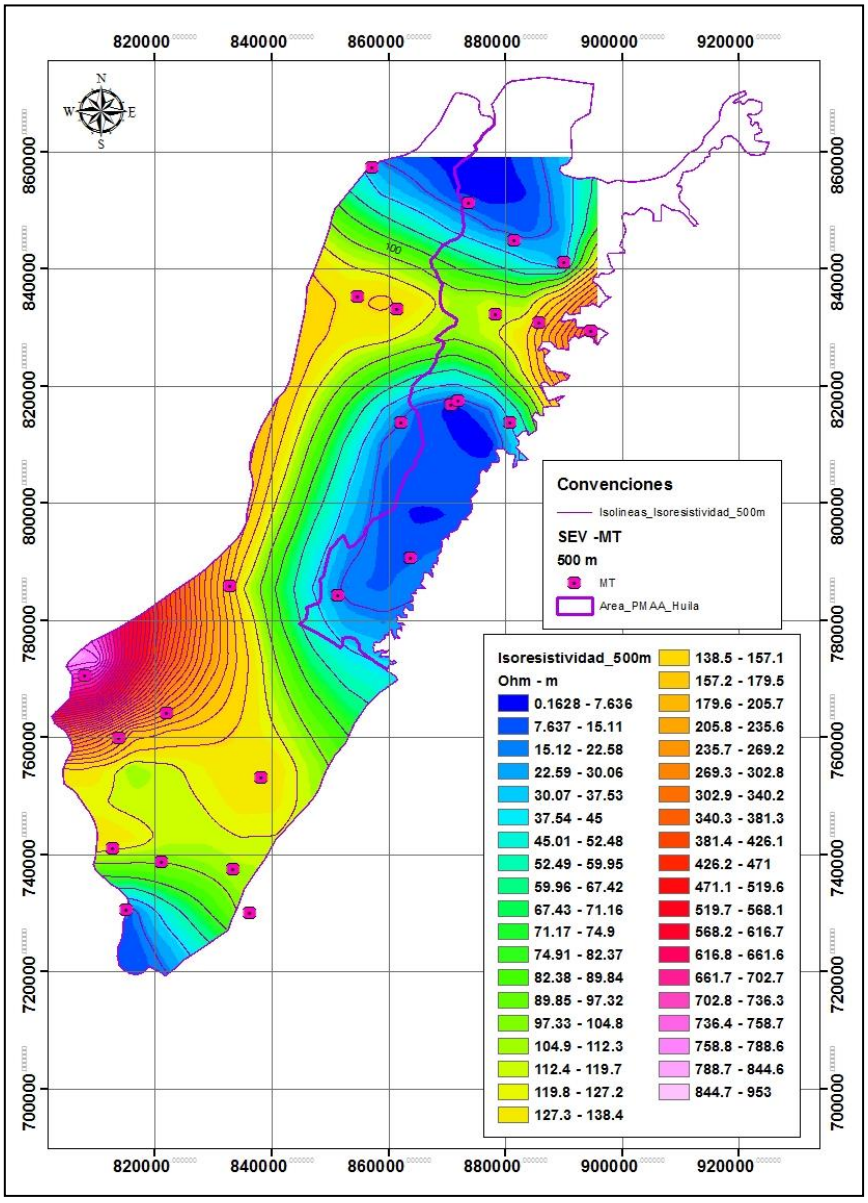


Ilustración 106 Mapa de iso-resistividades a 500m de profundidad
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Mapas de Iso-resistividad a 600m de profundidad:

En la **Ilustración 107** muestra el Mapa de iso-resistividad a 600m, para la elaboración del mapa se implementa 35 puntos de muestreo los cuales se interpolan mediante el método Kriging. Finalmente se obtiene resistividades entre 1Ohm-m y 1566 Ohm-m. (Ver **ANEXO GE393-PMAA-PSIG-EGF-016-00**)

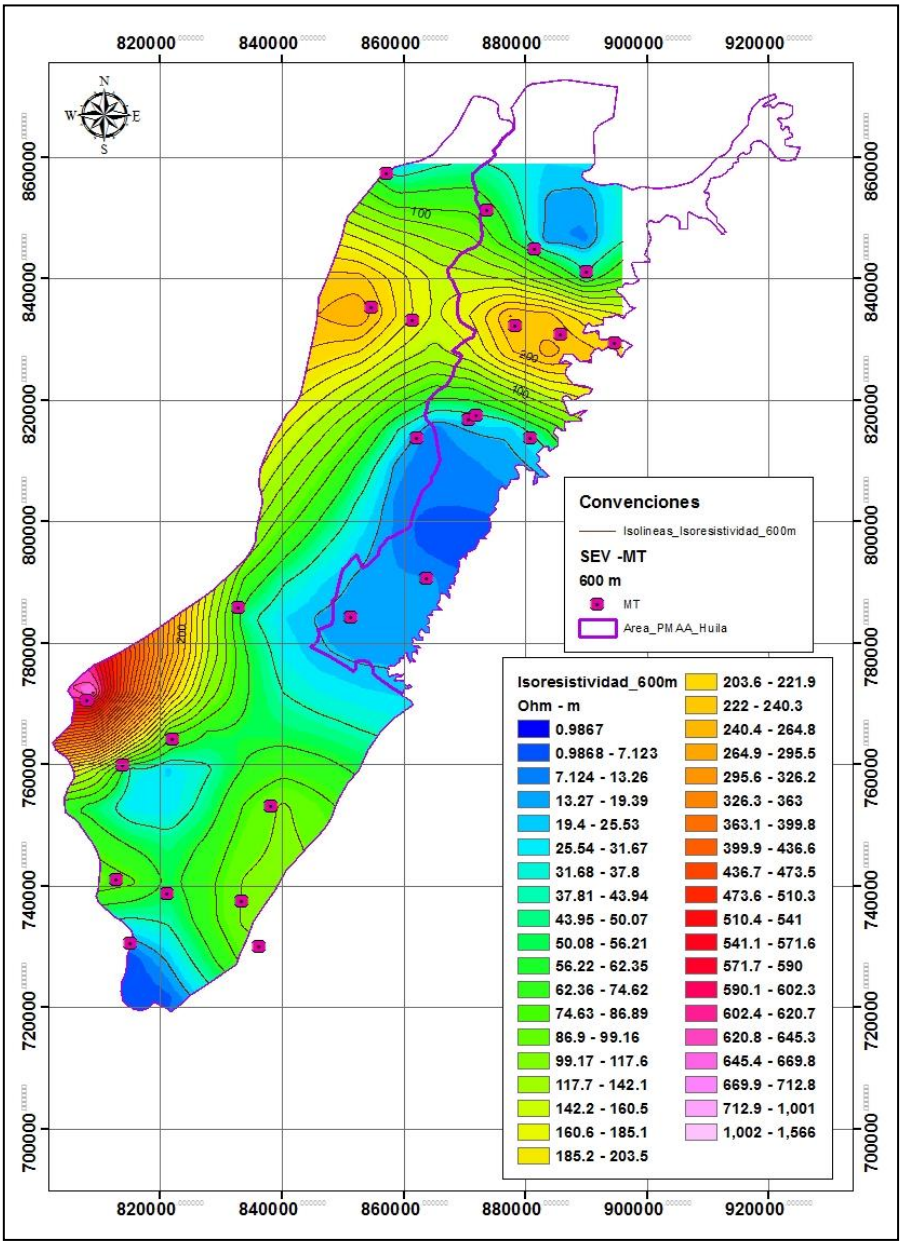


Ilustración 107 Mapa de iso-resistividades a 600m de profundidad
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Mapas de Iso-resistividad a 700m de profundidad:

En **Ilustración 108** muestra el Mapa de iso-resistividad a 700m, para la elaboración del mapa se implementa 32 puntos de muestreo los cuales se interpolan mediante el método Kriging. Finalmente se obtiene resistividades entre 1ohm-m y 806 ohm-m. (Ver **ANEXO GE393-PMAA-PSIG-EGF-017-00**)

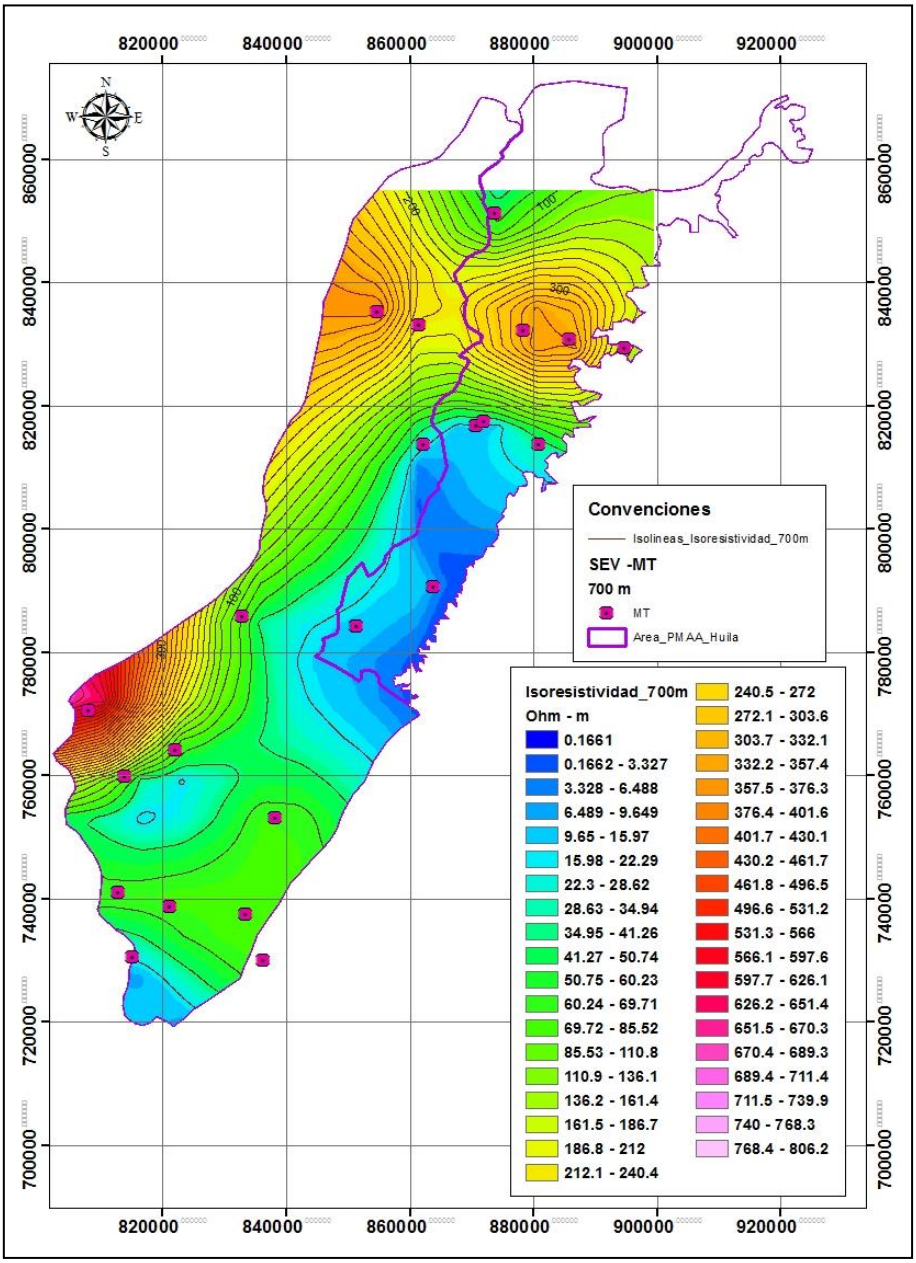


Ilustración 108 Mapa de iso-resistividades a 700m de profundidad
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Mapas de Iso-resistividad a 800m de profundidad:

En **Ilustración 109** muestra el Mapa de iso-resistividad a 800m, para la elaboración del mapa se implementa 32 puntos de muestreo los cuales se interpolan mediante el método Kriging. Finalmente se obtiene resistividades entre 1ohm-m y 924 ohm-m. (Ver **ANEXO GE393-PMAA-PSIG-EGF-018-00**)

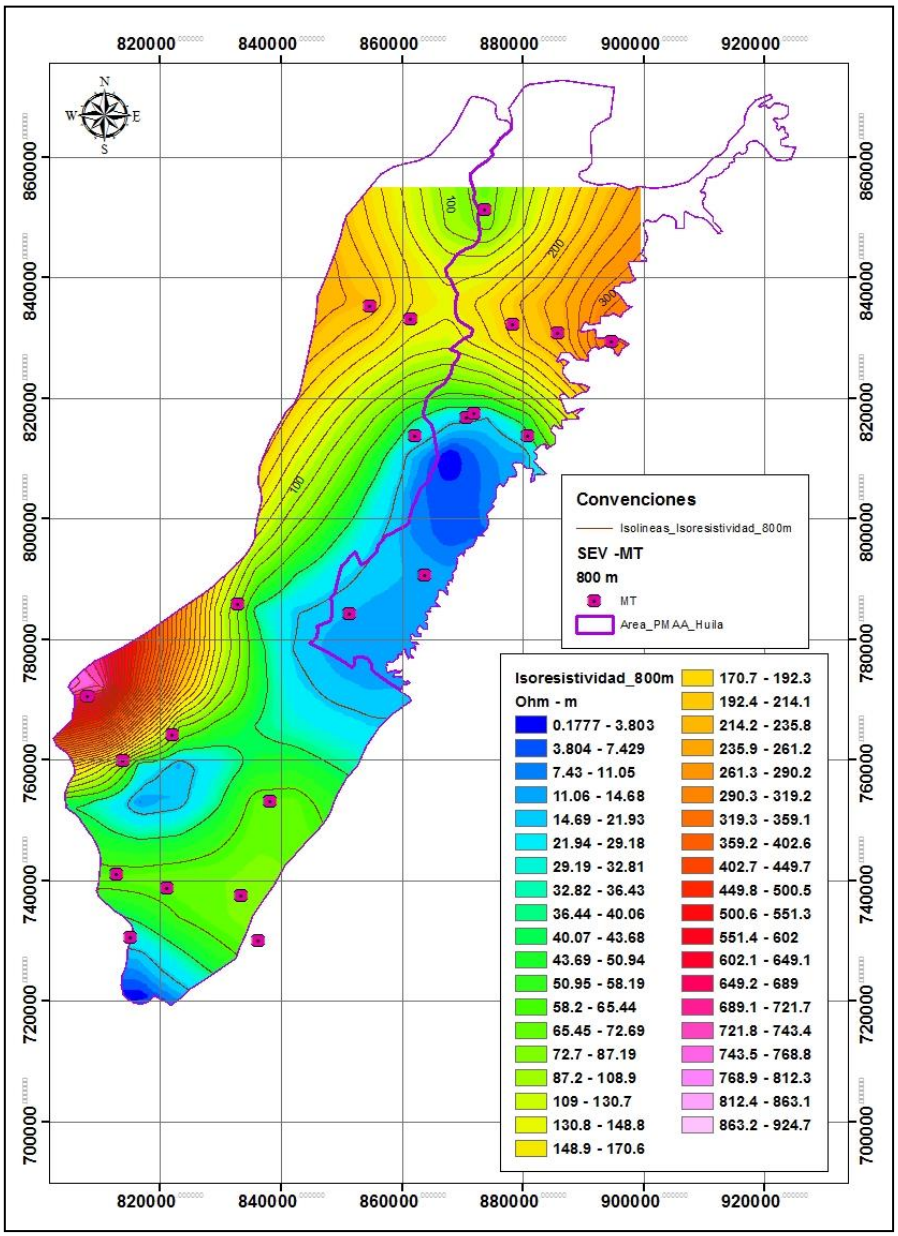


Ilustración 109 Mapa de iso-resistividades a 800m de profundidad
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Mapas de Iso-resistividad a 900m de profundidad:

En la **Ilustración 110** muestra el Mapa de iso-resistividad a 900m, para la elaboración del mapa se implementa 32 puntos de muestreo los cuales se interpolan mediante el método Kriging. Finalmente se obtiene resistividades entre 1ohm-m y 841 ohm-m. (Ver **ANEXO GE393-PMAA-PSIG-EGF-019-00**)

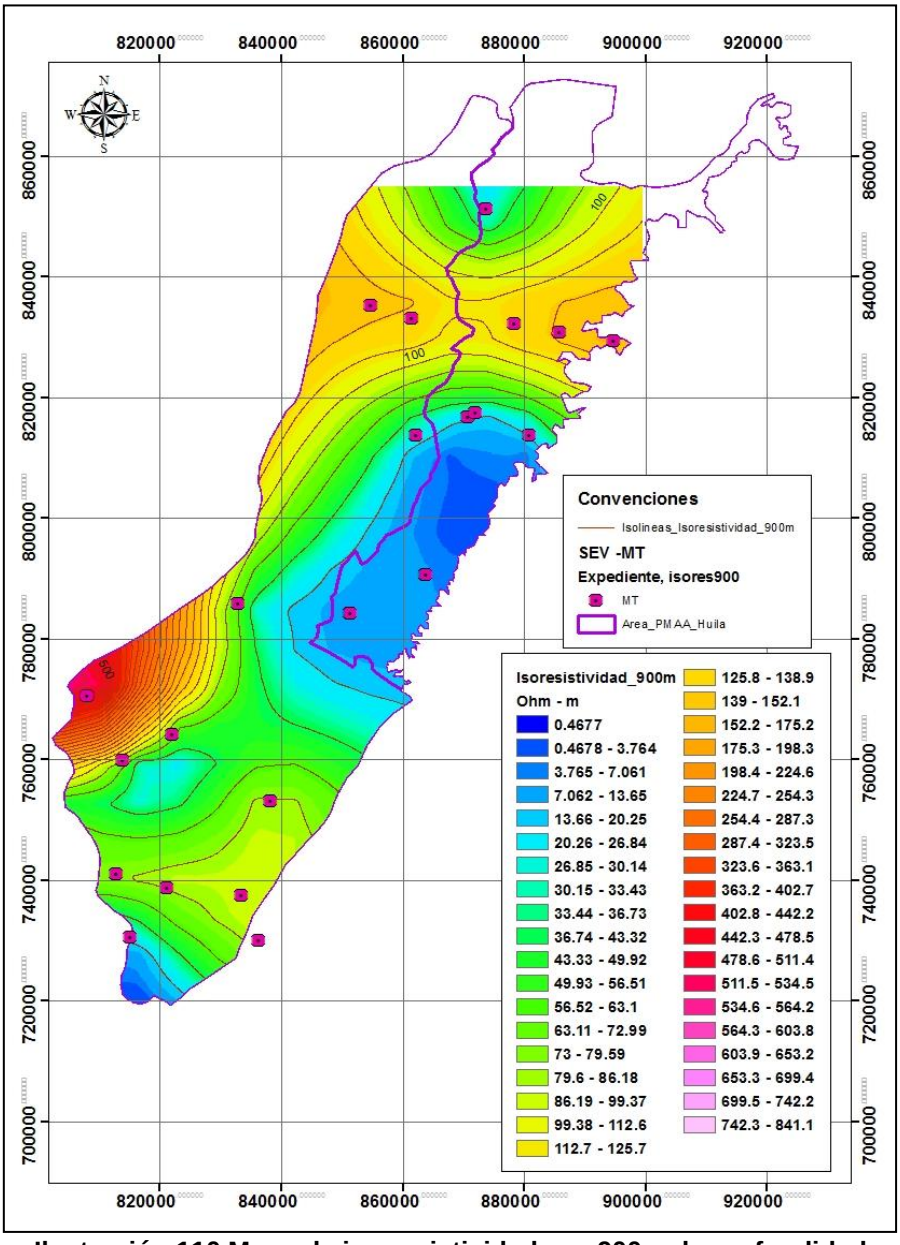


Ilustración 110 Mapa de iso-resistividades a 900m de profundidad
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Mapas de Iso-resistividad a 1000m de profundidad:

En la **Ilustración 111** muestra el Mapa de iso-resistividad a 1000m, para la elaboración del mapa se implementa 32 puntos de muestreo los cuales se interpolan mediante el método Kriging. Finalmente se obtiene resistividades entre 1ohm-m y 841 ohm-m. (Ver **ANEXO GE393-PMAA-PSIG-EGF-020-00**)

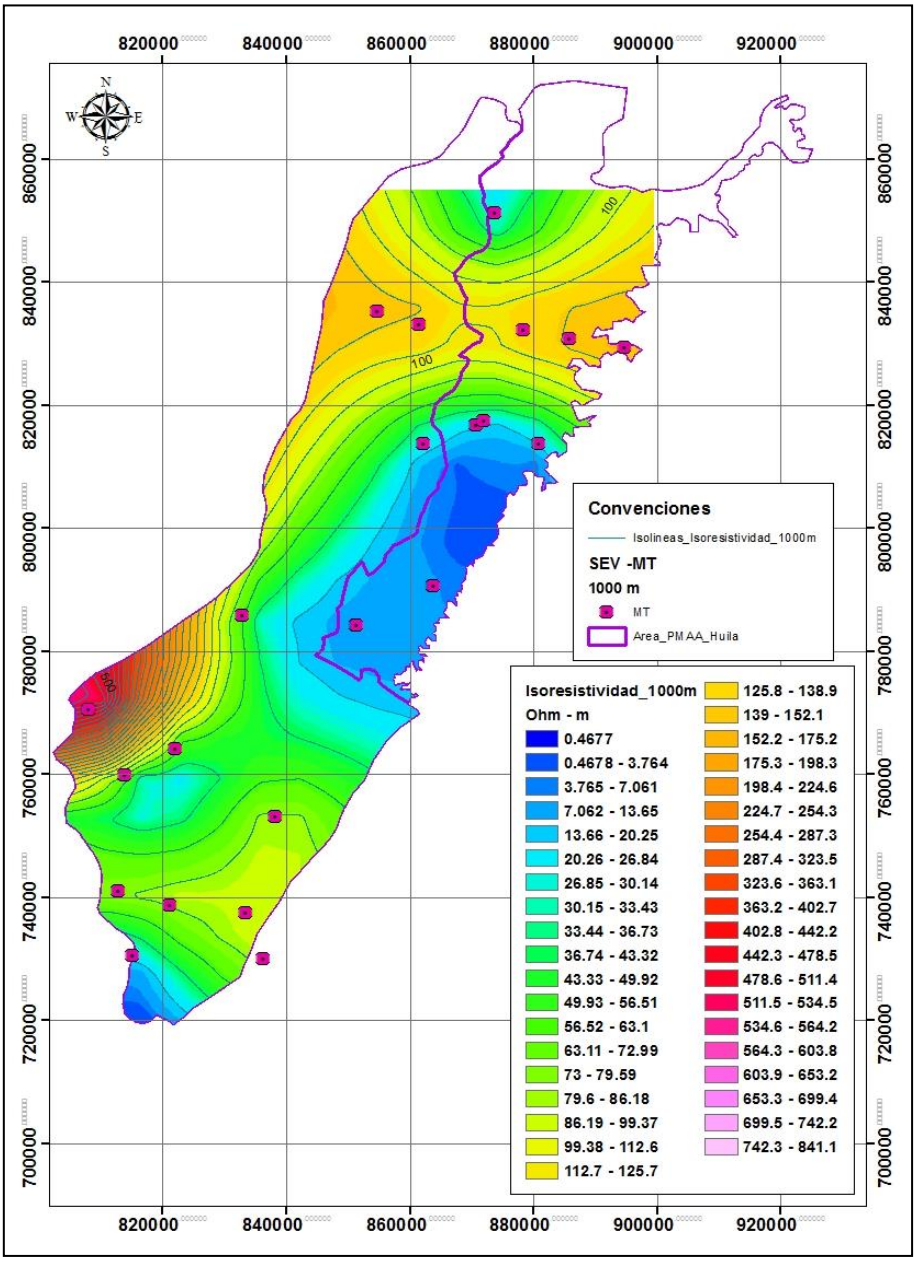


Ilustración 111 Mapa de iso-resistividades a 1000m de profundidad
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Mapas de Iso-resistividad a 2000m de profundidad:

En la **Ilustración 112** muestra el Mapa de iso-resistividad a 2000m, para la elaboración del mapa se implementa 25 puntos de muestreo los cuales se interpolan mediante el método Kriging. Finalmente se obtiene resistividades entre 1ohm-m y 841 ohm-m. (Ver **ANEXO GE393-PMAA-PSIG-EGF-021-00**)

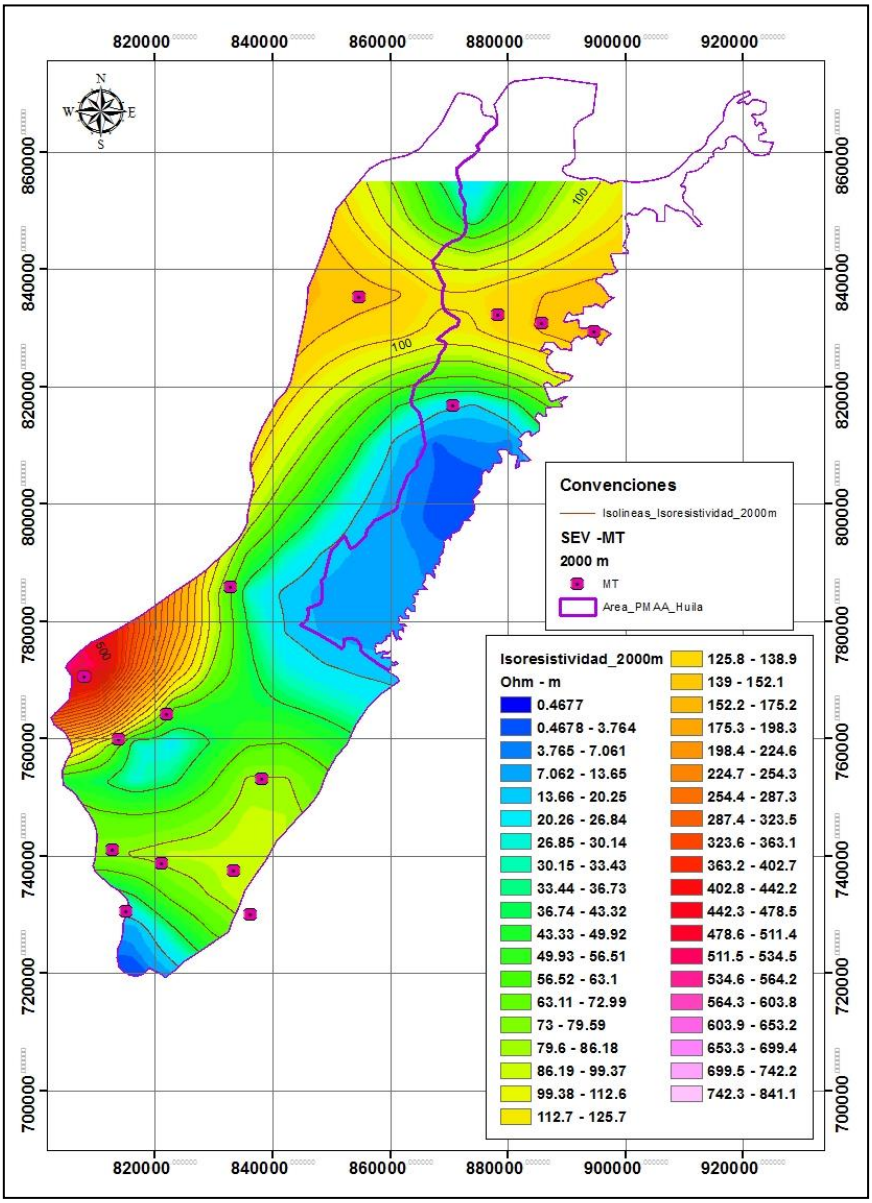


Ilustración 112 Mapa de iso-resistividades a 2000m de profundidad
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Mapas de Iso-resistividad a 3000m de profundidad:

En la **Ilustración 113** muestra el Mapa de iso-resistividad a 3000m, para la elaboración del mapa se implementa 19 puntos de muestreo los cuales se interpolan mediante el método Kriging. Finalmente se obtiene resistividades entre 1ohm-m y 841 ohm-m. (Ver **ANEXO GE393-PMAA-PSIG-EGF-022-00**)

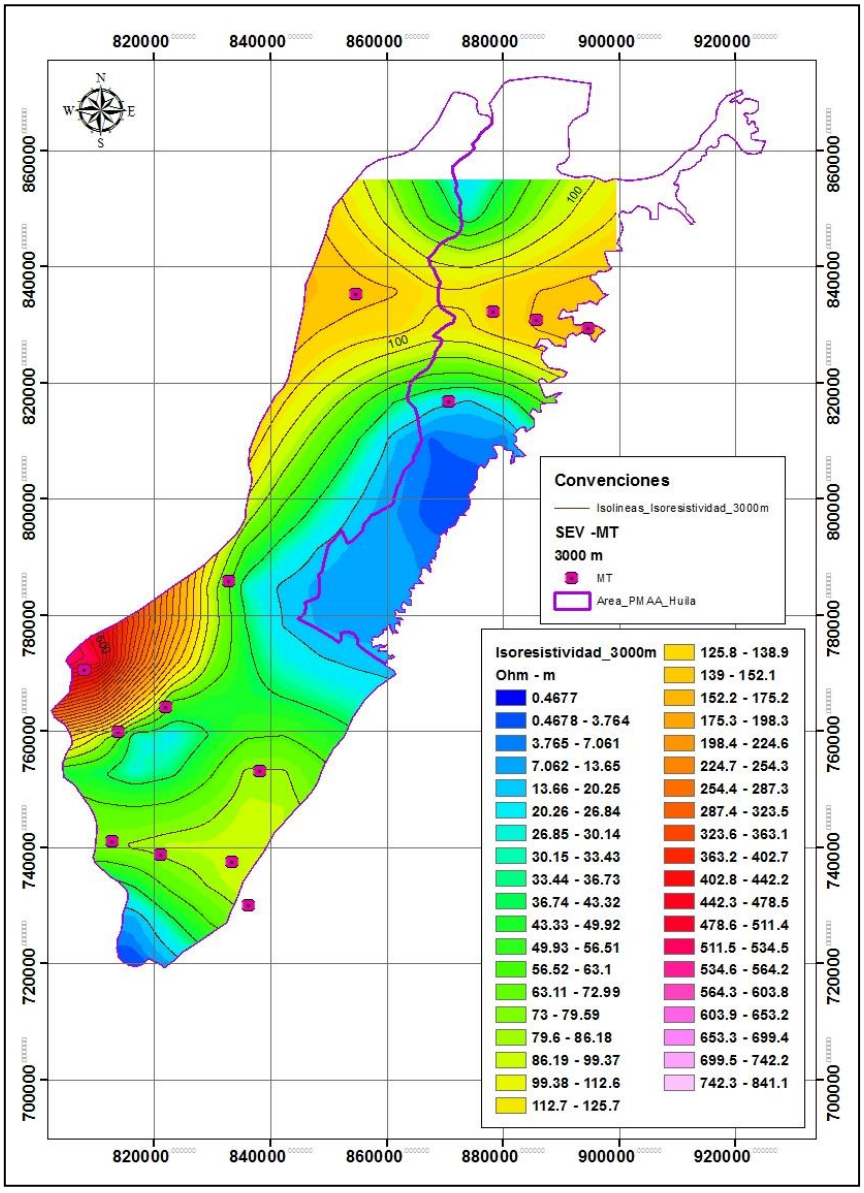


Ilustración 113 Mapa de iso-resistividades a 3000m de profundidad
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.2.2.6 Perfiles Geoeléctricos

En la **Ilustración 114** se muestra el mapa de localización de los perfiles geoeléctricos construidos para el presente estudio. (Ver **ANEXO C-4 del GE393-PMAA-PSIG-PGE-001-00 al GE393-PMAA-PSIG-PGE-001-05**)

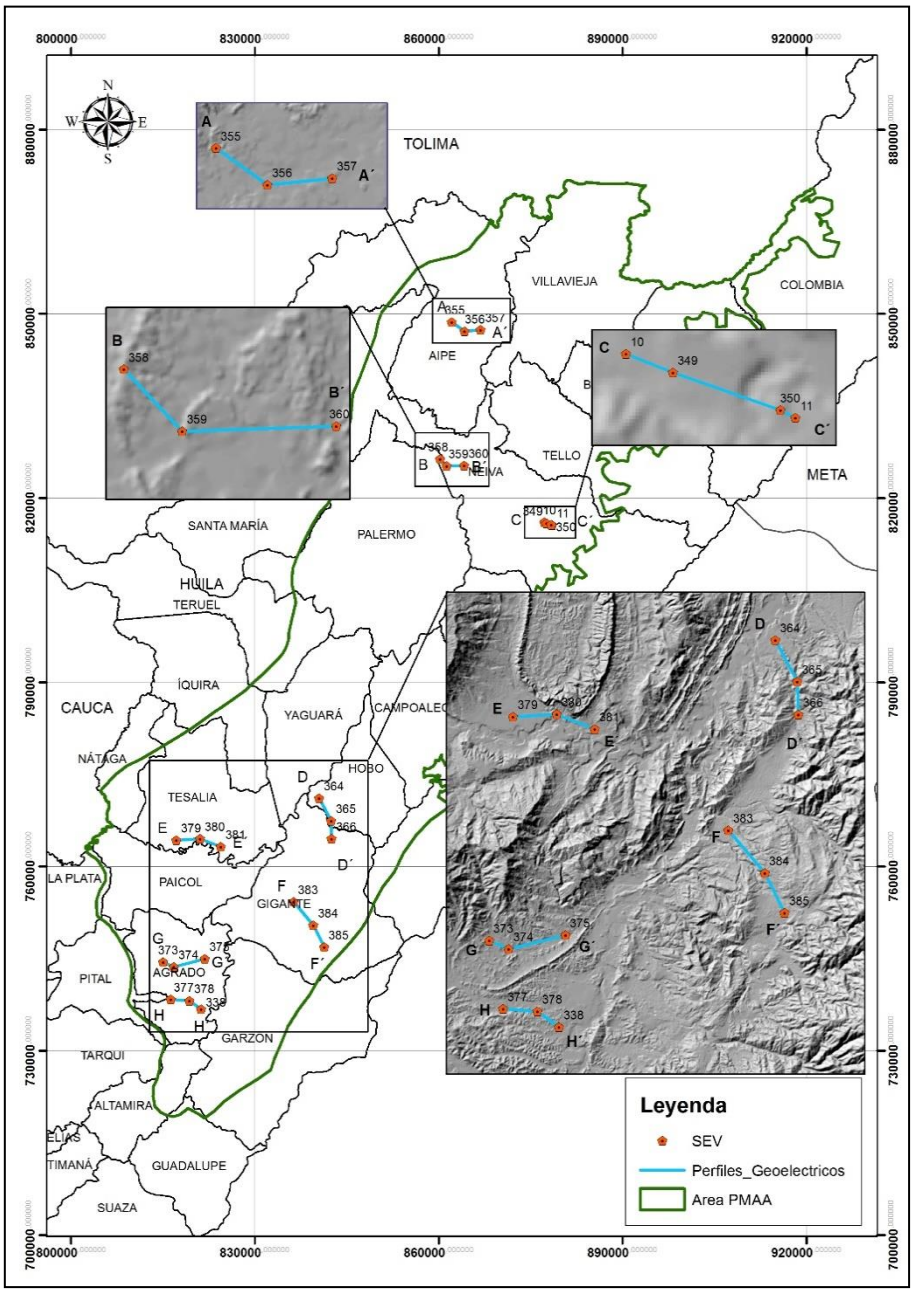


Ilustración 114 Localización Perfiles Geoeléctricos
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Perfil Geoeléctricos A-A´

En el perfil geoeléctricos A-A´ se correlacionaron los SEV-07, SEV-08 y SEV-09 de la Grupo Honda (N1h), se determinó la existencia de cuatro (4) unidades geoeléctricas, las cuales se describen a continuación:

- Unidad geoeléctrica A: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 44 Ohm.m. y 72 Ohm.m. Su espesor varía entre 1,7 m. y 20,4 m. La unidad se interpretó como Limos.

- Unidad geoeléctrica B: La unidad B se encuentra dentro del rango de resistividad comprendido entre 281 Ohm.m. y 352 Ohm.m. Esta unidad se identificó con un espesor que se encuentra entre 5,4 m y 27,2 m. La unidad se interpretó como gravas.

- Unidad geoeléctrica C: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 107 Ohm.m. y 151 Ohm.m. Su espesor varía entre 19,4 m. y 129 m. La unidad se interpretó como Areniscas saturada.

- Unidad geoeléctrica D: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 21 Ohm.m. y 32 Ohm.m. Su espesor es variable hasta 45,5 m. La unidad se interpretó como Limolita. **Ilustración 115**

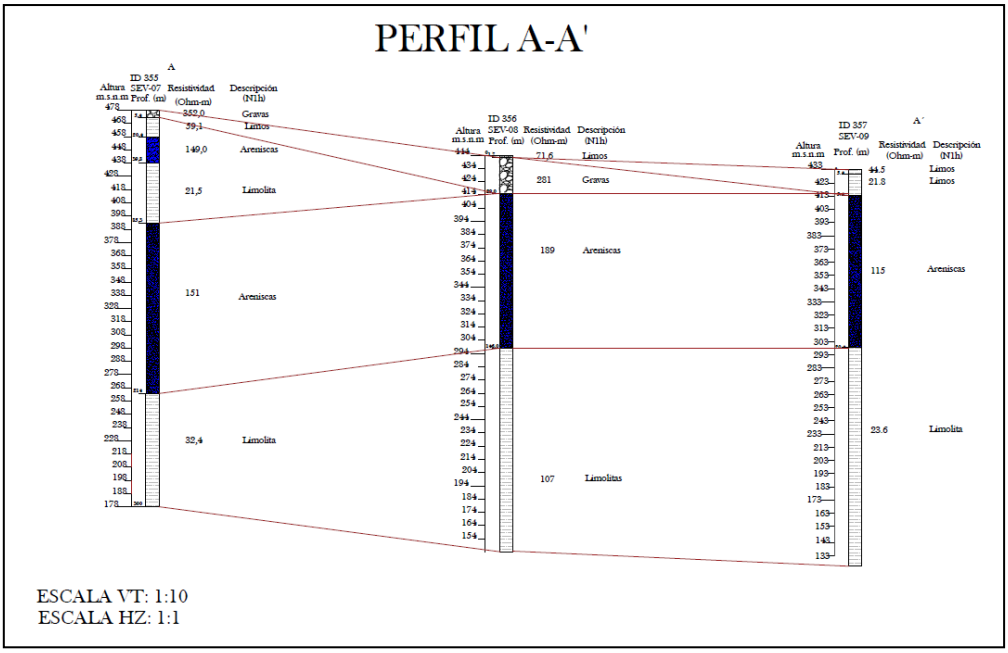


Ilustración 115 Perfil Geoeléctricos A-A´
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Perfil Geoeléctricos B-B´

En el perfil geoeléctricos B-B´ se correlacionaron los SEV-10, SEV-11 y SEV-12 de la Grupo Honda (N1h), se determinó la existencia de cinco (5) unidades geoeléctricas, las cuales se describen a continuación:

- Unidad geoeléctrica A: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 240 Ohm.m. y 353 Ohm.m. Su espesor varía entre 1,0 m. y 1,7 m. La unidad se interpretó como gravas.

- Unidad geoeléctrica B: La unidad B se encuentra dentro del rango de resistividad comprendido entre 20,1 Ohm.m. y 40,4 Ohm.m. Esta unidad se identificó con un espesor que se encuentra entre 0,8 m y 16,4 m. La unidad se interpretó como Limos.

- Unidad geoeléctrica C: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 8,28 Ohm.m. y 9,38 Ohm.m. Su espesor es variable hasta 1,1m. La unidad se interpretó como Arcilla.

- Unidad geoeléctrica D: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 22,1 Ohm.m. y 67,2 Ohm.m. Su espesor varía entre 77,9 m. y 193 m .La unidad se interpretó como Limolita saturada.

- Unidad geoeléctrica E: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 4,1 Ohm.m. y 10,9 Ohm.m. Su espesor varía entre 6,1 m. y 173 m. La unidad se interpretó como Arcillolitas. **Ilustración 116**

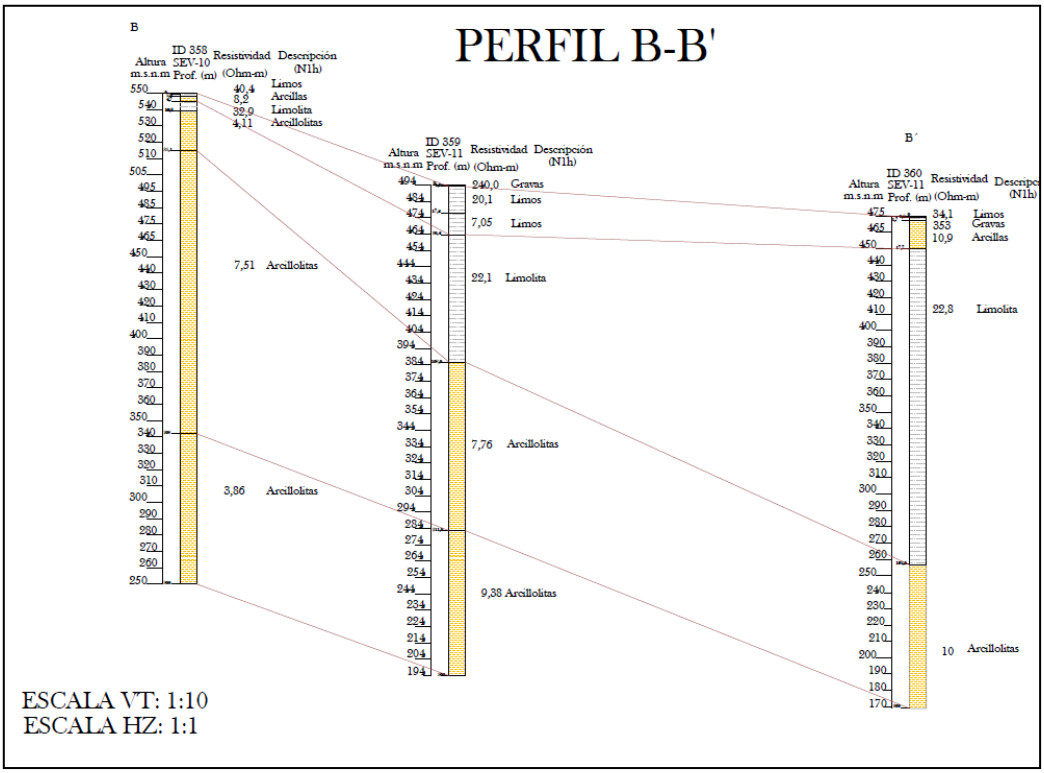


Ilustración 116 Perfil Geoeléctricos B-B´
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Perfil Geoeléctricos C-C´

En el perfil geoeléctricos C-C´ se correlacionaron los SEV-01, SEV-02, SEV-45 y SEV-46 sobre Depósitos Aluviales y/o Terrazas Bajas (Q2al) se determinó la existencia de cuatro (4) unidades geoeléctricas, las cuales se describen a continuación:

- Unidad geoeléctrica A: La unidad B se encuentra dentro del rango de resistividad comprendido entre 8,43 Ohm.m. La unidad se interpretó como Arcilla.

- Unidad geoeléctrica B: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 12,26 Ohm.m. y 73,9 Ohm.m. Su espesor varía entre 0,6 m. y 282,1m. La unidad se interpretó como Limos.

- Unidad geoeléctrica C: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 100,4 Ohm.m. y 114 Ohm.m. Su espesor varía entre 145,4 m. y 193,9 m. La unidad se interpretó como Arenas saturada.

- Unidad geoeléctrica D: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 223,9 Ohm.m. y 605,3 Ohm.m. Su espesor es variable de 1,3 hasta 3,73m. La unidad se interpretó como gravas. **Ilustración 117**

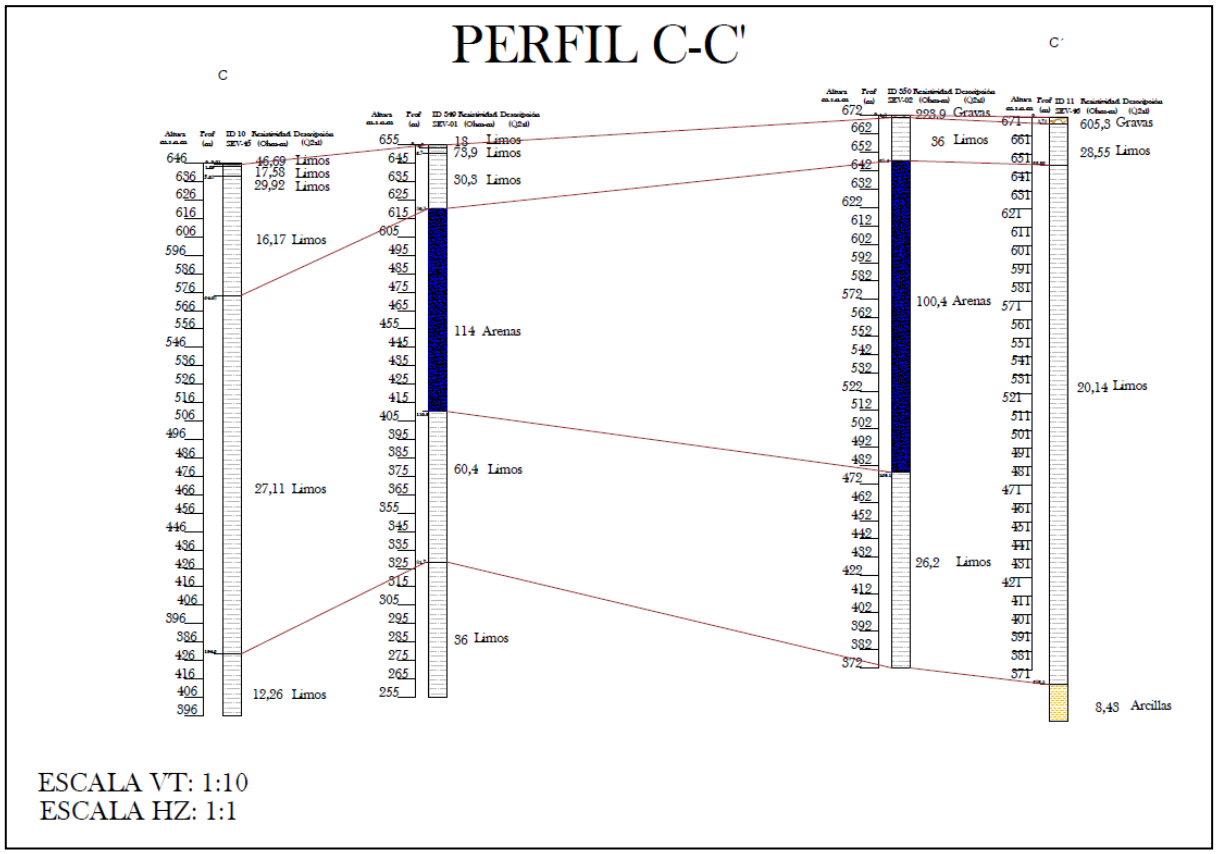


Ilustración 117 Perfil Geoeléctricos C-C´
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Perfil Geoeléctricos D-D´

En el perfil geoeléctricos D-D´ se correlacionaron los SEV-10, SEV-11 y SEV-12 de la Formación Gigante Medio (N2gim), se determinó la existencia de cinco (5) unidades geoeléctricas, las cuales se describen a continuación:

Unidad geoeléctrica A: La unidad se encuentra dentro del rango de resistividad comprendido entre 6,3 y 9,03 Ohm.m. Con espesor de 0,9 a 4,39m. La unidad se interpretó como Arcilla.

Unidad geoeléctrica B: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 16,8 Ohm.m y 97,1 Ohm.m. Su espesor varía entre 0,9 m. y 8,3m. La unidad se interpretó como Limos.

Unidad geoeléctrica C: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 8,11 Ohm.m y 13,3 Ohm.m. Su espesor varía entre 24,1 m. y 70,5 m. La unidad se interpretó como Arcillolita.

Unidad geoeléctrica D: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 14 Ohm.m y 70,5 Ohm.m. Su espesor varía entre 24,1 m. y 70,5 m. La unidad se interpretó como Limolita.

Unidad geoeléctrica E: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 236 Ohm.m y 466 Ohm.m. Su espesor es variable de 6,1 hasta 9,7m. La unidad se interpretó como Tobas volcánicas. **Ilustración 118**

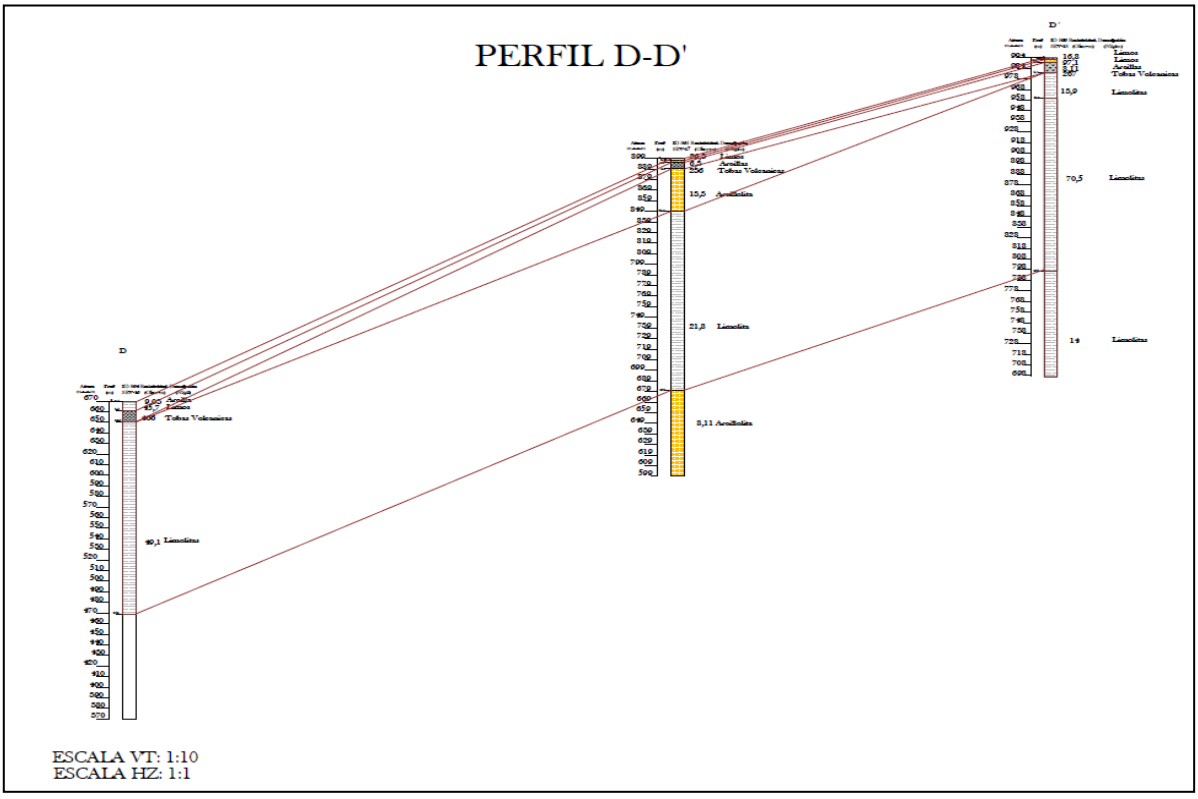


Ilustración 118 Perfil Geoeléctricos D-D´
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Perfil Geoeléctricos E-E´

En el perfil geoeléctricos E-E´ se correlacionaron los SEV-10, SEV-11 y SEV-12 de la Depósitos de Lahar (Q2lh), se determinó la existencia de dos (2) unidades geoeléctricas, las cuales se describen a continuación:

Unidad geoeléctrica A: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 25,5 Ohm.m y 81,8 Ohm.m. Su espesor varía entre 1,22 m. y 176m. La unidad se interpretó como Limos.

Unidad geoeléctrica B: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 100 Ohm.m y 373 Ohm.m. Su espesor varía entre 24,1 m. y 70,5 m. La unidad se interpretó como Conglomerados de rocas volcánicas en matriz areno-tobácea. **Ilustración 119**

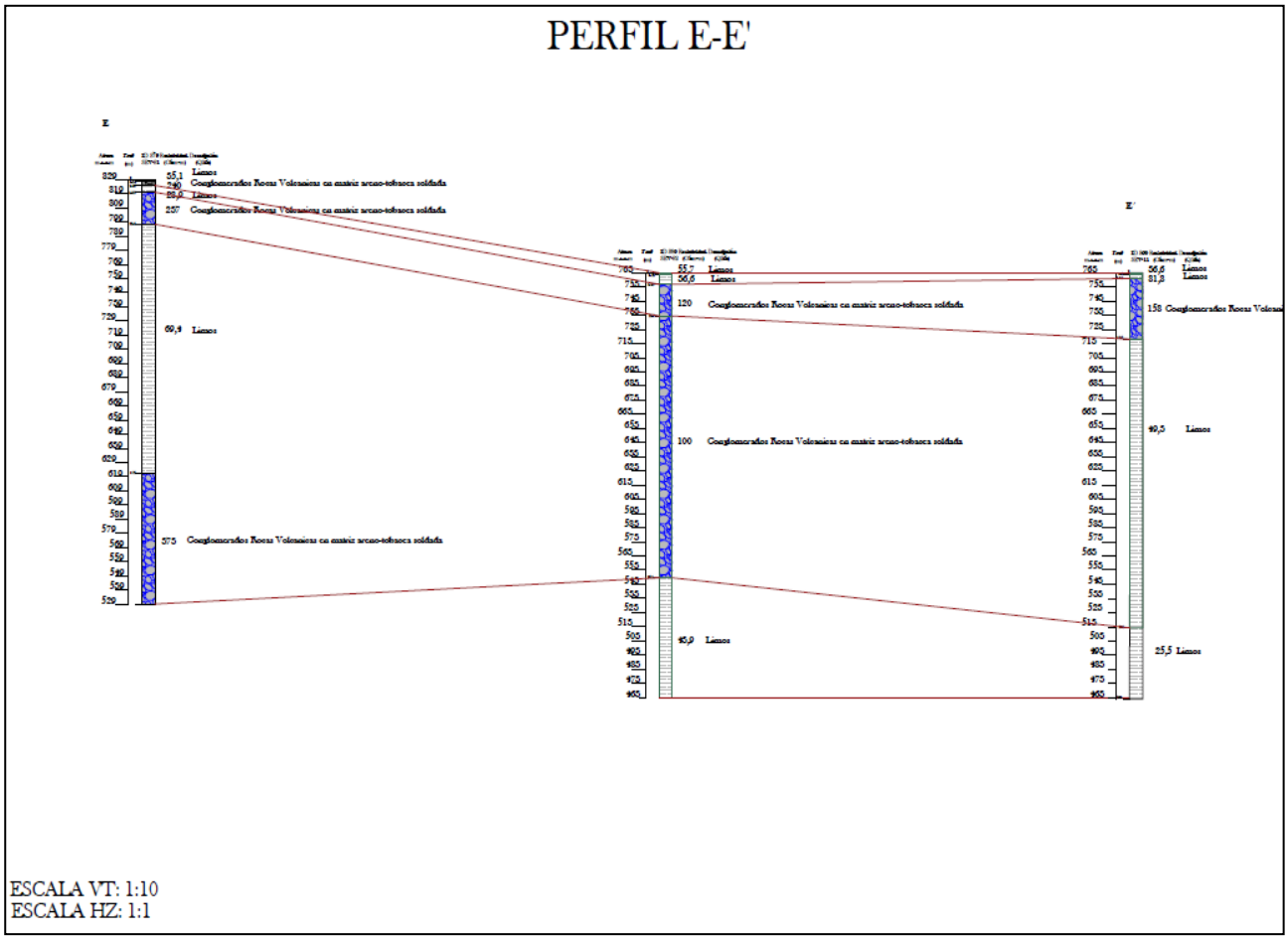


Ilustración 119 Perfil Geoeléctricos E-E´
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Perfil Geoeléctricos F-F´

En el perfil geoeléctricos F-F´ se correlacionaron los SEV-10, SEV-11 y SEV-12 de la Depósitos Aluviales Antiguos y/o Terrazas Altas
(Q1al), se determinó la existencia de tres (3) unidades geoeléctricas, las cuales se describen a continuación:

Unidad geoeléctrica A: La unidad se encuentra dentro del rango de resistividad comprendido entre 17,9 y 88,0 Ohm.m. Con espesor de 0,75 a 62,2m. La unidad se interpretó como Limos.

Unidad geoeléctrica B: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 120,0 Ohm.m y 195,0 Ohm.m. Su espesor es variable entre 3,3 y 155m. La unidad se interpretó como arenas.

Unidad geoeléctrica C: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 283 Ohm.m y 1352 Ohm.m. Su espesor es variable. La unidad se interpretó como gravas.
Ilustración 120

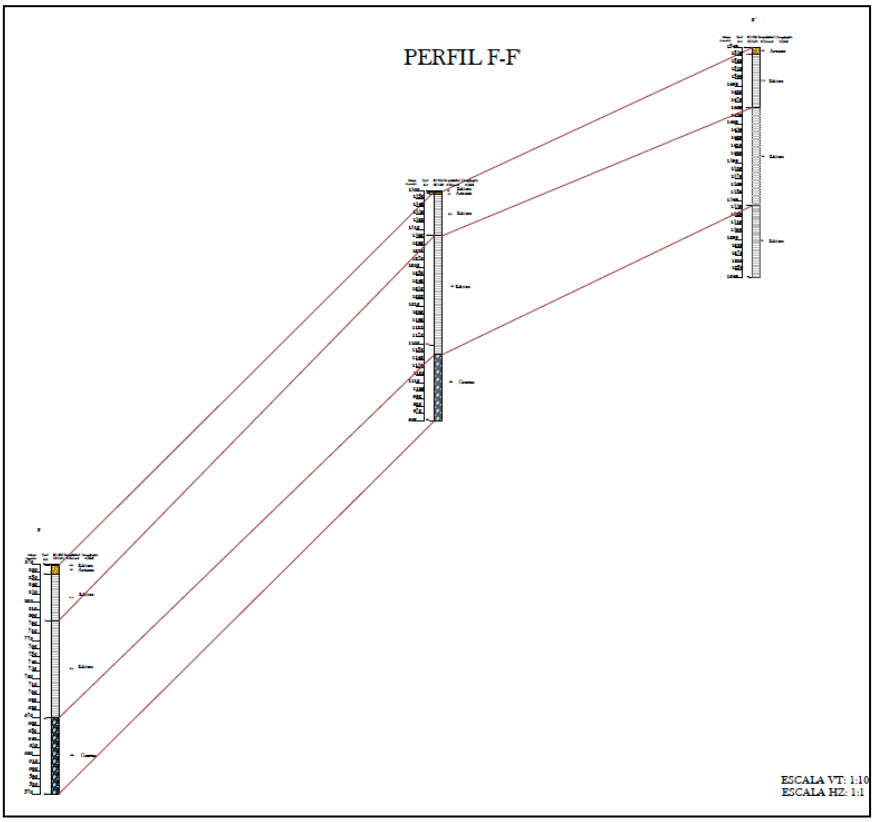


Ilustración 120 Perfil Geoeléctricos F-F´
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Perfil Geoeléctricos G-G´

En el perfil geoeléctricos G-G´ se correlacionaron los SEV-10, SEV-11 y SEV-12 de la Formación Gualanday medio (E2gym), se determinó la existencia de cinco (5) unidades geoeléctricas, las cuales se describen a continuación:

Unidad geoeléctrica A: La unidad se encuentra dentro del rango de resistividad comprendido entre 15,3 y 42,7 Ohm.m. Con espesor de 0,9 a 149,5m. La unidad se interpretó como Limos.

Unidad geoeléctrica B: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 136 Ohm.m y 185,7 Ohm.m. Su espesor varía entre 0,9 m. y 0,76m. La unidad se interpretó como gravas.

Unidad geoeléctrica C: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 363,5 Ohm.m y 491 Ohm.m. Su espesor varía entre 3,9 m. y 1,1m. La unidad se interpretó como Arenas.

Unidad geoeléctrica D: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 2,7 Ohm.m y 12,43 Ohm.m. Su espesor varía entre 132 m. y 183m. La unidad se interpretó como Arcillolita.

Unidad geoeléctrica E: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 15,6 Ohm.m y 70,72 Ohm.m. Su espesor varía entre 12,9 m. y 82,9 m. La unidad se interpretó como Limolita.

Unidad geoeléctrica F: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 156 Ohm.m y 207 Ohm.m. Su espesor es variable. La unidad se interpretó como Areniscas conglomeráticas. **Ilustración 121**

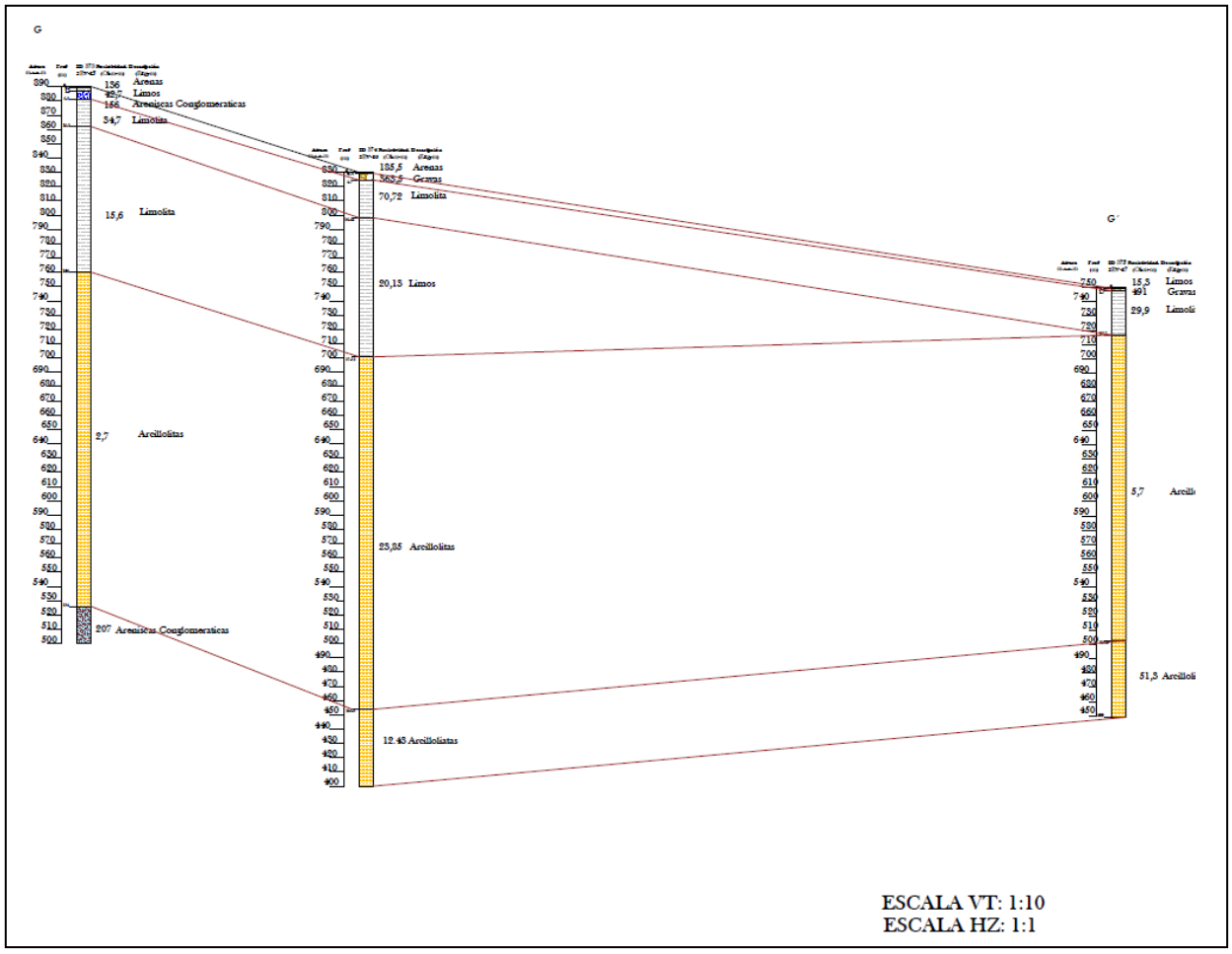


Ilustración 121 Perfil Geoeléctricos G-G´
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Perfil Geoeléctricos H-H´

En el perfil geoeléctricos H-H´ se correlacionaron los SEV-10, SEV-11 y SEV-12 de la Formación Gigante Medio (N2gim), se determinó la existencia de cinco (5) unidades geoeléctricas, las cuales se describen a continuación:

Unidad geoeléctrica A: La unidad se encuentra dentro del rango de resistividad comprendido entre 14,0 y 78,86 Ohm.m. Con espesor de 1,0 a 16,2m. La unidad se interpretó como Limos.

Unidad geoeléctrica B: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 144 Ohm.m. Su espesor varía entre 0,8 m. y 0,9m. La unidad se interpretó como Arenas.

Unidad geoeléctrica C: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 9,8 Ohm.m y 13,3 Ohm.m. Su espesor alcanza 185m.La unidad se interpretó como Arcillolita.

Unidad geoeléctrica D: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 14 Ohm.m y 70,5 Ohm.m. Su espesor varía entre 24,1 m. y 70,5 m. La unidad se interpretó como Limolita.

Unidad geoeléctrica E: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 120,1 Ohm.m y 149,5 Ohm.m. Su espesor es variable de 10,41 hasta 158,0 m. La unidad se interpretó como Areniscas conglomeráticas.

Unidad geoeléctrica F: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 255,2 Ohm.m y 1034 Ohm.m. Su espesor es variable. La unidad se interpretó como Gravas. **Ilustración 122**

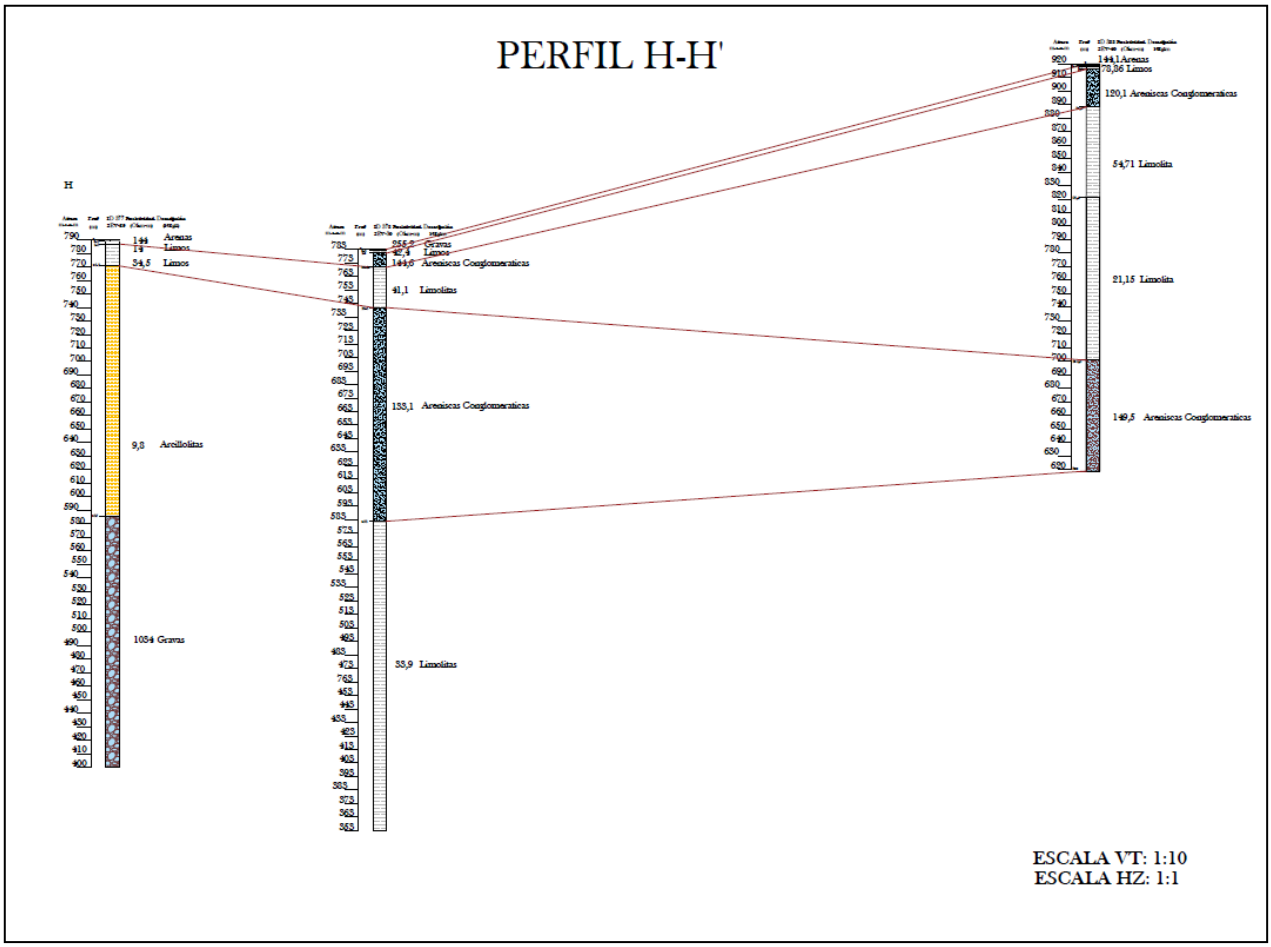


Ilustración 122 Perfil Geoeléctricos H-H´
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Perfil Geoeléctricos I-I´

En el perfil geoeléctricos I-I´ se correlacionaron los SEV-10, SEV-11 y SEV-12 de la Formación Gigante Medio (N2gim), se determinó la existencia de cinco (5) unidades geoeléctricas, las cuales se describen a continuación:

Unidad geoeléctrica A: La unidad se encuentra dentro del rango de resistividad comprendido entre 46,42 y 98,2 Ohm.m. Con espesor de 0,75 a 12,7m. La unidad se interpretó como Limos.

Unidad geoeléctrica B: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 144,1 Ohm.m y 147,1 Ohm.m. Su espesor varía entre 0,9 m. y 13,5 m. La unidad se interpretó como Arenas.

Unidad geoeléctrica C: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 21,1 Ohm.m y 54,7 Ohm.m. Su espesor varía entre 66,4 y 120,8m. La unidad se interpretó como Limolita.

Unidad geoeléctrica D: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 110 Ohm.m y 149,5 Ohm.m. Su espesor varía entre 28,0 m. y 189,0 m. La unidad se interpretó como Areniscas conglomeráticas.

Unidad geoeléctrica E: Esta unidad presenta valores de resistividad dentro del rango de 219 Ohm.m. Su espesor es variable alcanza los 207m. La unidad se interpretó como Tobas volcánicas. **Ilustración 123**

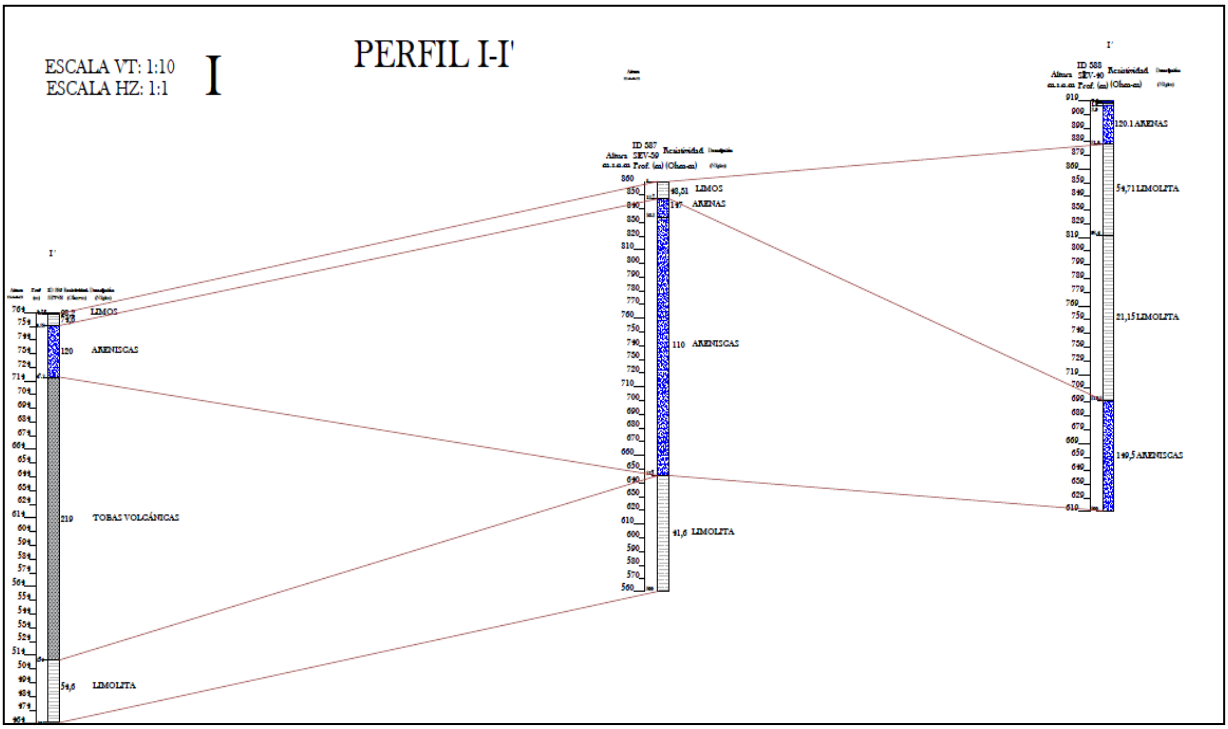


Ilustración 123 Perfil Geoeléctricos I-I´
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.2.2.7 Espesores de las unidades con interés Hidrogeológico

De la integración de los resultados obtenidos del modelo geológico e interpretación la geofísica, se logra caracterización de las principales de las Formaciones geológicas por su propiedad de resistividad, se determina los espesores de las unidades y espesor de potencial acuífero, presentados en la **Tabla 49**.

Se a clara que los espesores promedio de las Formaciones geológicas presentados a continuación, se asumen a partir de datos de exploración indirecta y de los cortes geológicos, por lo tanto, para estudios de mayor detalle se requiere precisar la información con datos de exploración directa como los son de registros de perforación y los registros de geofísica de pozos.

Tabla 49 Caracterización de unidades geoeléctricas

Formación Geológica	Simbología	Resistividad (Ohm-m)	Espesor promedio de la unidad (m)	Espesor promedio de potencial Acuífero (m)
Depósitos Cuaternarios	Qalr	>300	-	-
	Q2c	2 – 300	1 - 145 (variable)	-
	Q2lh	29 - 240	75-250 (Variable)	-
	Qdat	18 – 224	200 - 250	
	Q2al	18 - 224	200 – 250	
	Q1fl	2 - 100	150	10
	Q1al	12 - 283	175 - 250	200
Fm. Gigante	N2gim	6 - 267	900	420
	N2gii	9 – 240		500
Gr. Honda	N1h	4 – 281	1000	300
Grupo Gualanday	E2gys	10 - 500	3000	1300
	E2gym	2 – 364		200
	E2gyi	13 - 659		1000
Fm. Seca	K2E1sc	17 – 408	120 – 400	150
Gr. Guadalupe	K2g	5 – 40	200	150
Gr. Villeta	K2v	10 - 108	450	100
Fm. Caballos	K1c	100 - 672	650	630
Fm. Saldaña	T2Jsal	>100	-	-
Macizo de Garzón	Mp3mg	>500	-	-

En base a la respuesta de resistividad de los materiales área de estudio es sub dividida en zonas para facilitar el análisis de los sistemas acuíferos.

En la **Ilustración 124** , se representan la distribución espacial de las zonas que se describen a continuación:

- **Zona 1:** Representa a los diferentes materiales no consolidados de Depósitos Cuaternarios con un rango de resistividades desde los 2 – 300 Ohm-m, con espesores variables desde los 0 – 250m aproximadamente.

- **Zona 2:** Representa a los materiales de la secuencia de los miembros de la Formación Gigante con rangos de resistividad desde los 6-267 Ohm-m, con espesores que alcanzan desde los 0 – 500 metros aproximadamente (este espesor puede ser aún mayor en el sector de su sección tipo entre los Municipios Hobo – Gigante).

- **Zona 3:** Representa a los materiales de la Formación Honda, con rangos de resistividades desde los 4 – 281 Ohm-m, con espesores que superan los 1000m.

- **Zona 4:** Representa los materiales de la secuencia del Terciario de la Formación Gualanday (E2gyi, E2gym, Egys), con un espesor estimado para toda la secuencia de 3000m aproximadamente.

- **Zona 5:** Representa los materiales de la secuencia del Cretácica de las Formaciones Fm. Seca (K2E1sc), Gr. Guadalupe (K2g), Grupo Villeta (K2v) y Fm. Caballos (K1c), con resistividades que varían desde los 5 – 672 Ohm – m y se estima que la secuencia en su totalidad cuente con espesores que superen los 1500m.

- **Zona 6:** Por último, se representa los diferentes materiales de las origen Vulcano-sedimentario e Ígneo – Metamórfico, con resistividades que superan el rango de los 10 hasta mayores de 3000 Ohm – m, los cuales no representan un interés hidrogeológico.

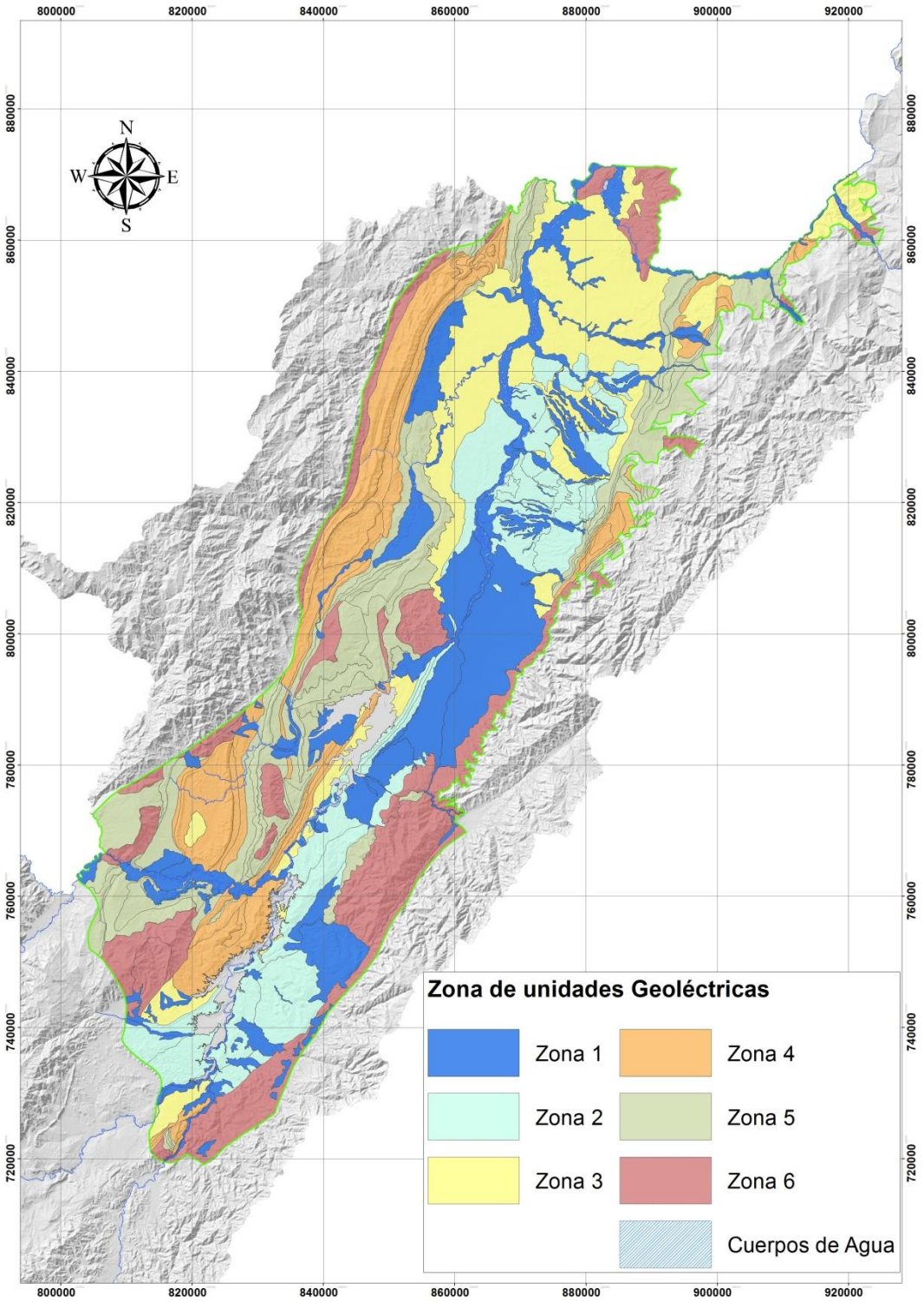


Ilustración 124 Mapa de zonificación según la clasificación geo- eléctrica de unidades geológicas
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.2.2.8 Interpretación de la sección sísmica de la Cuenca del Valle Superior del Magdalena

Con la finalidad de comprender la complejidad estructural de la Cuenca VSM, se interpreta desde el punto de vista de interés hidrogeológico la sección sísmica y el perfil estructural publicado por (ANH, 2009), del cual se obtiene una idea generalizada de la geometria del subsuelo y los cierres estructurales que premiten el almacenamiento de aguas subterraneas.

En la **Ilustración 125** se muestra la localización de la sección sísmica y el perfil estructural de la Cuenca VSM.

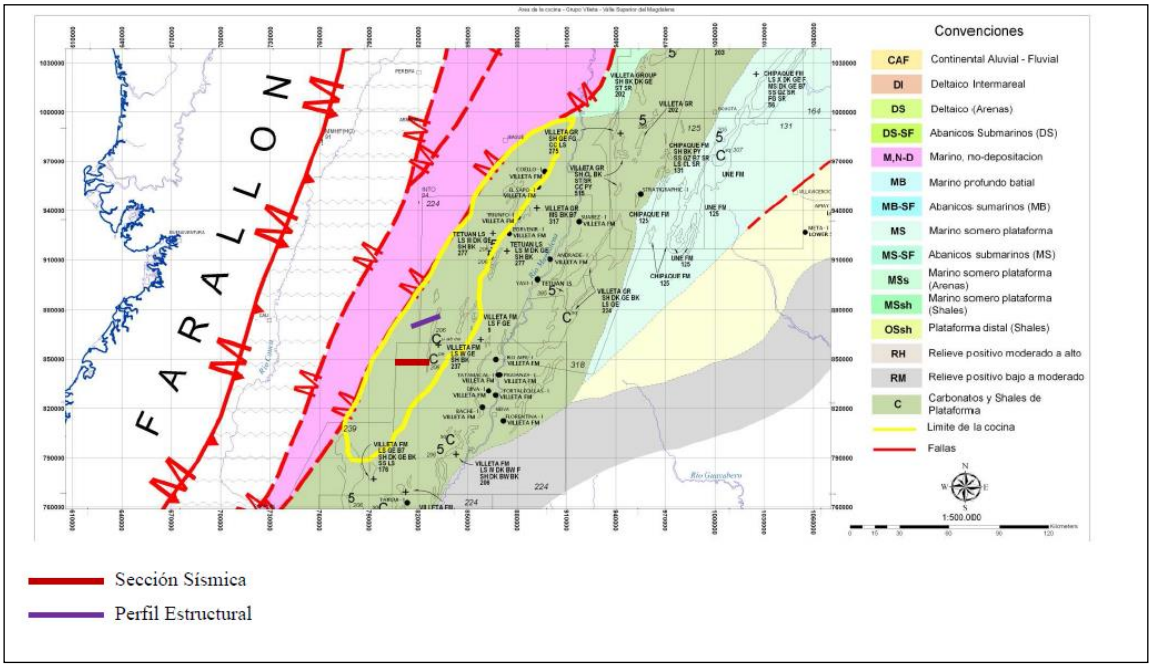


Ilustración 125. Mapa de localización de la sección sísmica y perfil estructural C-C´ y delimitación campos de hidrocarburos de la Cuenca del Valle Superior del Magdalena.
Fuente: (ANH, 2009)

La **Ilustración 126**, representa un imagen apilada de la sección sísmica de la Cuenca VSM, que reconstruye un perfil con dirección SW – NE entre el Campo petrolero de San Francisco, Campo Dina y Campo Tello. Los reflectores sísmicos permiten identificar la complejidad estructural en subsuelo, de la cual se evidencia un sistema de fallas normales y/o cabalgamientos y pliegues de estructuras como el Anticlinal de San Francisco, el Sinclinal del Valle del Río Magdalena, y el Sinclinal de San Antonio.

Es importante resalta que los reflectores, evidencia de las discordancias regionales del, que actúa como el límite o separación de los sistemas acuíferos.

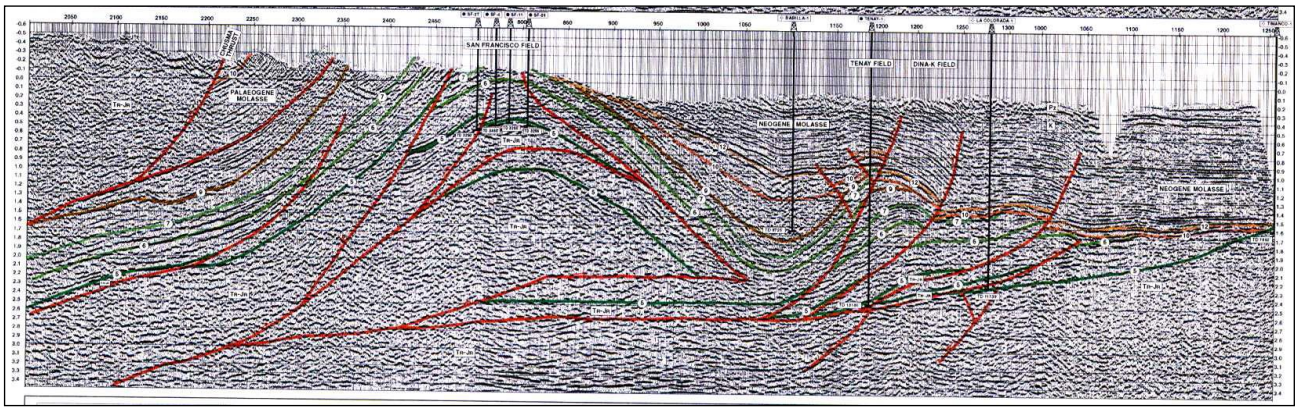


Ilustración 126 Sección sísmica interpretada de la Cuenca del Valle Superior del Magdalena.

Del perfil estructural C-C´ de la **Ilustración 127**, se interpreta que el relieve positivo del Anticlinal de San Francisco, actúa como una zona de recarga, ya que es el punto de divisoria de agua, el cual permite direcciones de flujo por ambos flancos de la estructura, además cuenta con características litología se facilita el transmisibilidad del agua desde superficie a profundidades mayores, es decir; permite la percolación del agua hasta la zonas contigua de la estructura del sinclinal ideal para el almacenamiento de agua subterránea. También se interpretada el salto topográfico del Cabalgamiento de Ceibas (3), como zona de recarga, ya permite direccionar las aguas de escorrentía atreves del plano de falla hasta percollar en el subsuelo.

En cuanto a las estructuras de potencial de reservorio de agua subterránea se presentan los sinclinales, los cuales se delimitan por barreras estructurales y litológicas. Al lado izquierdo de la **Ilustración 127** se observa el cierre estructural entre el cabalgamiento de Chusma (1), el flanco izquierdo del anticlinal de San Francisco y la discordancia entre la secuencia Terciarias y la Cretácica, y la barrera hidrogeológica del basamento formando el plegamiento de la secuencia Terciaria (E2gyi, E2gym, E2gys) y Cretácica (K2sc, K2g, K2v, K1c), que conforman un sistema de acuíferos confinados ideal para el cálculo de potencial hidrogeológico de agua subterránea.

La estructura del amplio sinclinal del Valle del Río Magdalena, se encuentra delimito al costado occidental por el Cabalgamiento de Dina (2) y al costado oriental por Cabalgamiento de Ceibas, formado un plegamiento de la secuencia desde los Depósitos Cuaternarios hasta el basamento, haciendo de siendo esta área de una gran importancia hidrogeológica por su capacidad de almacenamiento en la cual se encuentran varios sistemas acuíferos, como lo son los libre, semi-confinados y confinados.

Por último, se presenta el sinclinal de San Antonio, limitado por el Cabalgamiento Ceibas y el Cabalgamiento de Garzón – Suarez (4), formando el plegamiento de la secuencia Terciaria (E2gyi, E2gym, E2gys) y Cretácica (K2E1sc, K2g, K2v, K1c), por lo tanto cuenta con las características de geometría y litología especiales para el almacenamiento de aguas subterráneas, que conforman un sistema de acuíferos confinados.

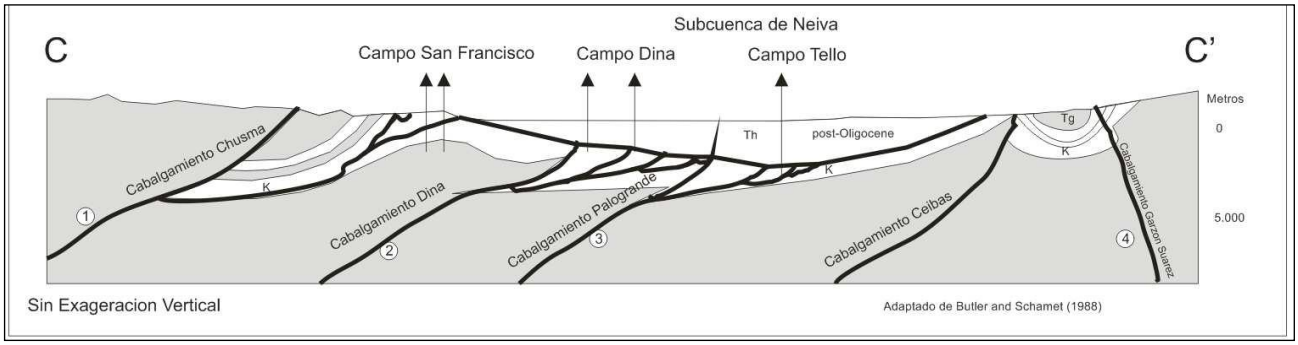


Ilustración 127 Perfil Estructural de la Cuenca del Valle Superior del Magdalena.

En general, se concluye que la provincia hidrogeológica del Valle Superior del Magdalena se encuentra dividida en dos principales sub-cuencas, siendo a su vez delimitadas por límites estructurales como discordancias, fallas y pliegues, así como también cierres o acuñamientos lito-estratigráfico.

3.3 INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA

Se establecen como puntos de agua subterránea, las construcciones profundas encaminadas en la extracción de agua del subsuelo, estos puntos se pueden clasificar en distintos sistemas de captación definidos en aljibes y pozos profundos y en algunos casos se puede generar captación de cuerpos de agua superficial como lo son los manantiales y quebradas, que sirven como medios de descarga de los de acuíferos presentes en la región.

Conocer a fondo la cantidad, calidad y características de estos sistemas de captación es de vital importancia para definir el Modelo Hidrogeológico Conceptual (MHC), que establece la oferta, características físicas y químicas del recurso hídrico subterráneo.

Partiendo de la información secundaria recopilada de los expedientes existentes en la Corporación Autónoma del Alto Magdalena (CAM), se construyó la geodatabase (GDB) del inventario de los puntos de agua presentes en la zona de estudio de PMAA, que sirve como base para realizar el análisis del comportamiento hidráulico e hidrogeológico de los acuíferos.

En este inventario se identificaron 728 puntos de agua subterránea, 60 cuerpos de agua superficiales entre manantiales (40 puntos) y quebradas (20) para un total de 788 puntos de agua inventariados lo largo del área del PMAA. Es importante aclarar que en los expedientes se encontraron 79 puntos de aguas subterránea con coordenadas de ubicación espacial, pero sin información, por lo tanto, no fueron considerados en el presente estudio.

En la **Tabla 50** y **Gráfica 112** se presenta el resumen del inventario de puntos de agua del sistema de acuíferos.

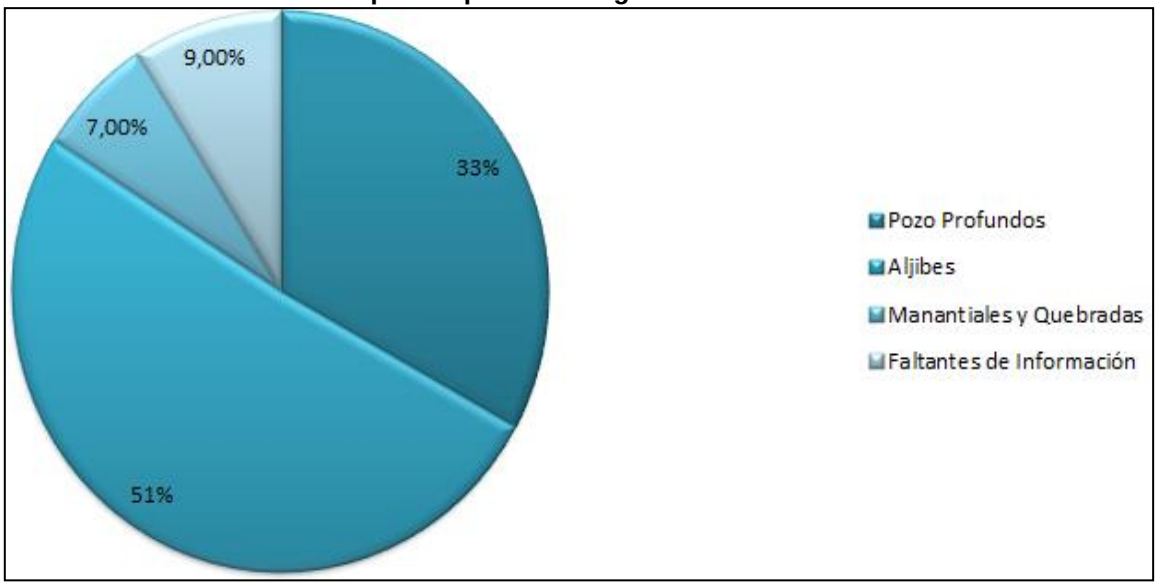
Tabla 50 Resumen del inventario de puntos de agua zona de estudio PMAA

Tipo de Punto	Número de puntos	Porcentaje
Aljibes	439	51%
Pozo Profundos	289	33%
Manantiales y Quebradas	60	7%
Faltantes de Información	79	9%
TOTAL	867	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Dentro del inventario se puede apreciar que el sistema de captación más implementado en es el de tipo aljibes con un 51%.

Gráfica 112Tipos de puntos de agua zona de estudio PMAA



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

A partir del inventario de puntos de agua subterráneas existentes en el área del PMAA se establece la distribución espacial los cuales se muestran en la **Tabla 51**.

Tabla 51 Puntos de agua subterránea en la zona de estudio PMAA

Municipio	N-puntos de agua	porcentaje
Agrado	2	0,2%
Aipe	60	6,9%
Baraya	20	2,3%
Campoalegre	63	7,3%
Gigante	4	0,5%
Hobo	5	0,6%

Municipio	N-puntos de agua	porcentaje
Neiva	407	46,9%
Paicol	1	0,1%
Palermo	124	14,3%
Rivera	84	9,7%
Tello	17	2,0%
Tesalia	2	0,2%
Villavieja	74	8,5%
Yaguará	3	0,3%
Garzón	1	0,1%
Total	**867**	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Con la información de la base de datos del inventario de puntos de agua se realizó el mapa de ubicación de los puntos de agua dentro del perímetro del área del PMAA, donde se evidencia que la mayoría de puntos registrados se encuentran en el sector Centro, Noroccidental y Nororiental entre los Municipios de Campoalegre, Palermo, Rivera, Neiva, Tello, Aipe, Villa Vieja, Baraya, en la zona de descarga de los ríos Magdalena, Cabrera, Ceibas, Baché, Loro y Yaya esto se muestra en la **Ilustración 128** (Ver **Anexo D -1 y D-2 GE393-PMAA-PSIG-LPA-001-00**)

Del inventario de puntos de agua se puede resaltar que los pozos profundos existentes presentan profundidades entre los 20 y 610 metros con un promedio de 117 metros para la, de igual manera se establecieron profundidades de 1 a 20 metros para la captación tipo aljibe con una profundidad promedio de 9 metros.

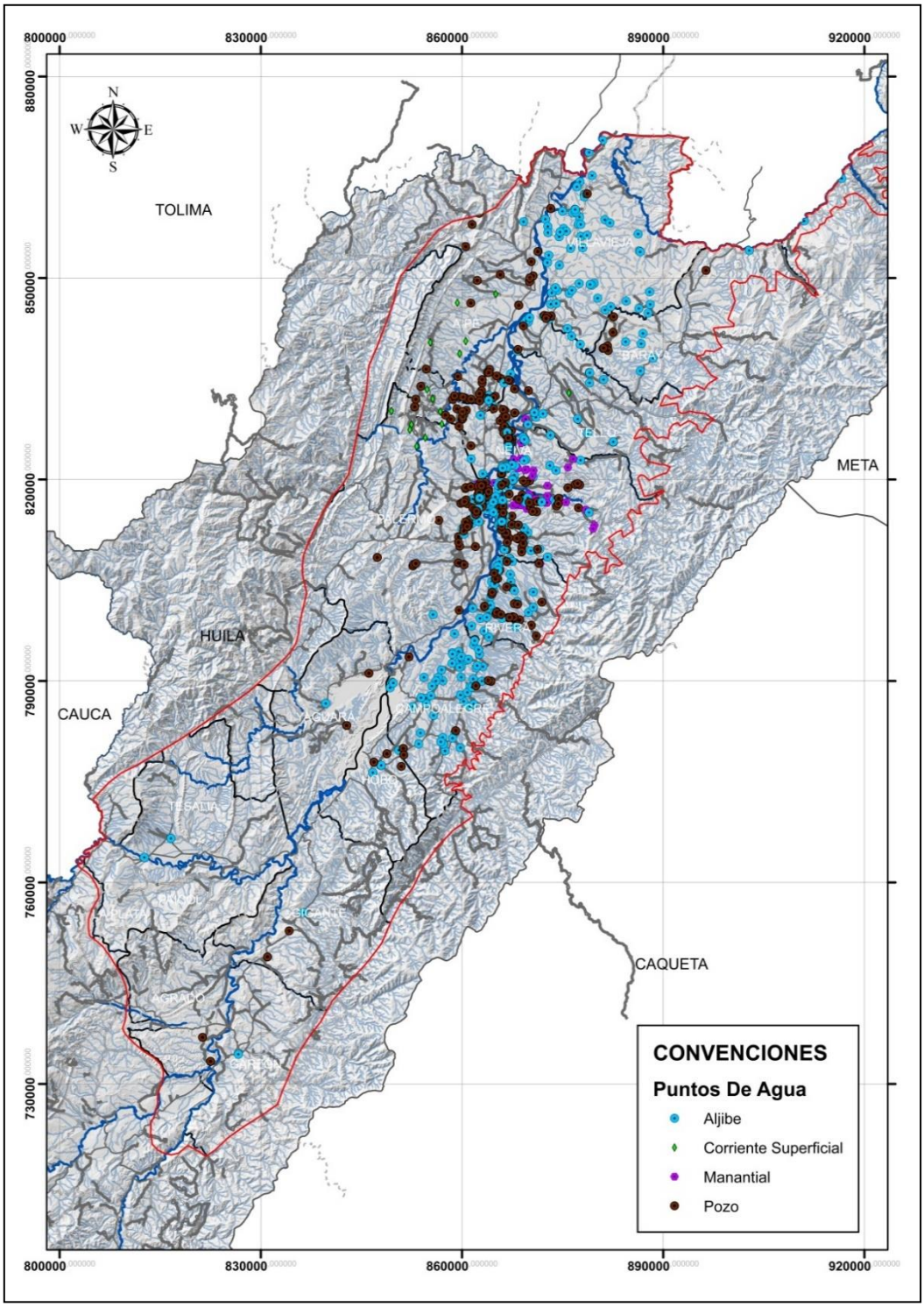


Ilustración 128 Ubicación puntos de agua subterránea
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.4 HIDRÁULICA DE POZOS

La capacidad de almacenar y trasmitir el agua por parte de un acuífero debe ser cuantificada para evaluar las formaciones desde el punto de vista hidrológico. Por ello, se asocia a las formaciones geológicas cuatro parámetros básicos en cuanto a su comportamiento respecto al agua que puedan contener y transmitir como los son: la porosidad y coeficiente de almacenamiento, permeabilidad y transmisividad. Estos parámetros definen las características de los acuíferos y su capacidad para almacenar y transmitir el agua subterránea que son la base del cálculo de drenaje, filtraciones, caudales de bombeo, tiempo de tránsito de sustancias transportadas por el agua subterránea, etc.

Como se mencionó en el ítem 2.3 inventario de puntos de agua subterránea, los datos fueron tomados para el presente estudio, de los expedientes de la Corporación Autónoma del Alto Magdalena (CAM), de aquellos puntos del inventario de puntos de agua subterránea que contaron con información de pruebas de bombeo de la cual se obtiene el Mapa de parámetros hidráulicos presentados en el **Anexo E**.

En el área de estudio del PMAA se cuenta con 728 puntos de agua subterránea, de los cuales 439 puntos corresponden a los aljibes siendo los más someros entre 1 a 20 metros de profundidad y 289 puntos del tipo de pozos profundos con profundidades superiores a 20 metros hasta los 610 metros.

A continuación, se describen cada uno de los parámetros hidráulicos para los tipos de puntos de agua subterráneas captados mediante aljibes y pozos profundos:

3.4.1 Puntos De Agua Captación Tipo Aljibe

Dentro de este tipo de captación, se cuenta con 439 puntos de agua que ofrecen información, se determinaron valores mínimos de profundidad de 1 metro y valor máximo de 20 metros ubicados en los Municipios de Aipe, Baraya, Campoalegre, Garzón, Gigante, Hobo, Neiva, Paicol, Palermo, Rivera, Tello; Tesalia, Villavieja, Yaguará en la **Ilustración 129**. Se muestra la localización de los del inventario de punto de agua subterránea tipo aljibe según su profundidad. (Ver **Anexo E-1**)

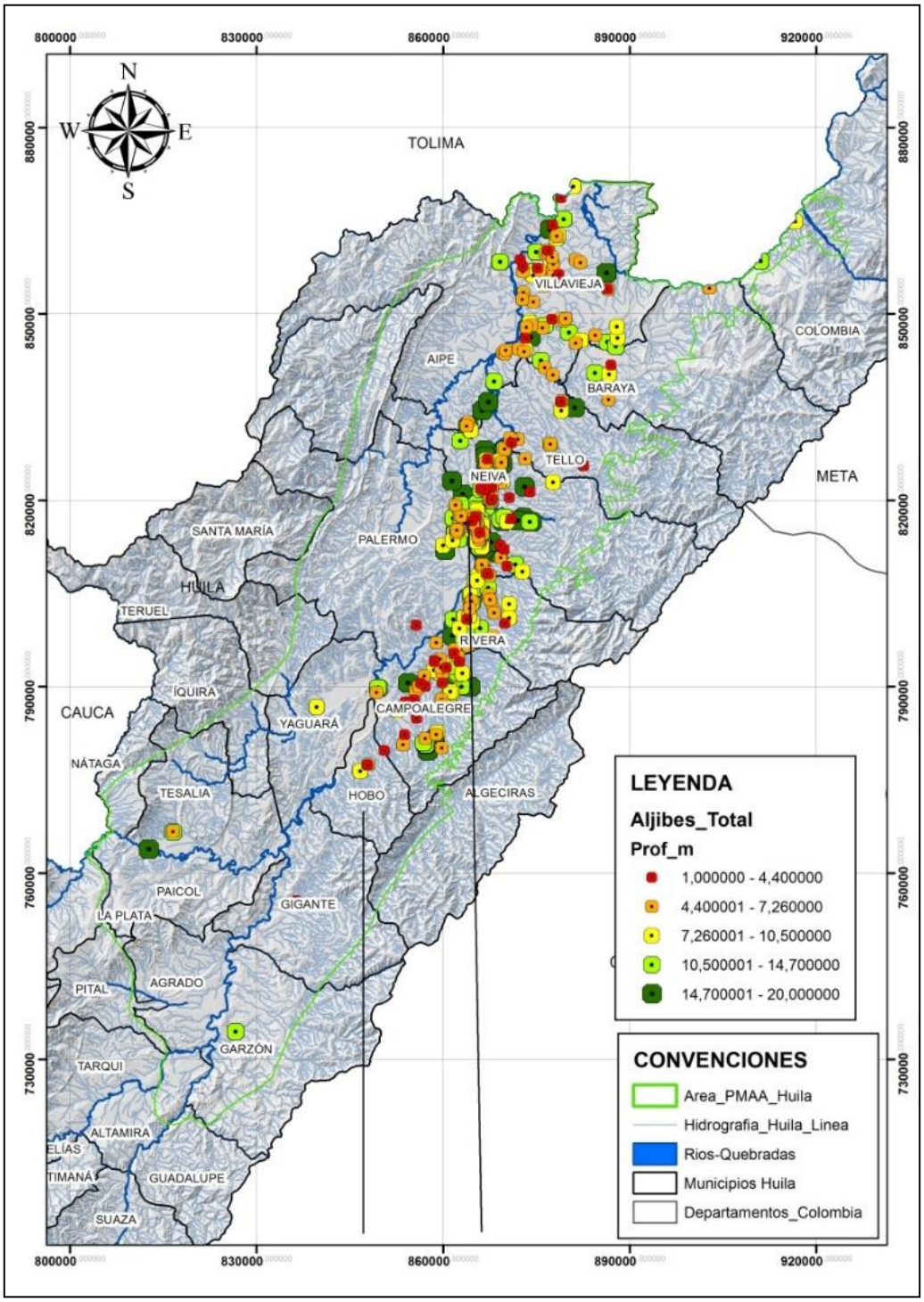


Ilustración 129 Ubicación Mapa de ubicación espacial puntos de agua tipo aljibe a la profundidad construida
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.4.1.1 CAUDAL (Q)

Se reportan valores de caudal para los puntos de aljibes entre 0,1 litros/segundo a 52 litros/segundo, establecido un valor promedio de caudal 1,70 litros/segundo, para los 233 registros con los que se cuenta. Ver **Ilustración 130** (**Anexo E-1 GE393-PMAA-PSIG-QA-001-00**).

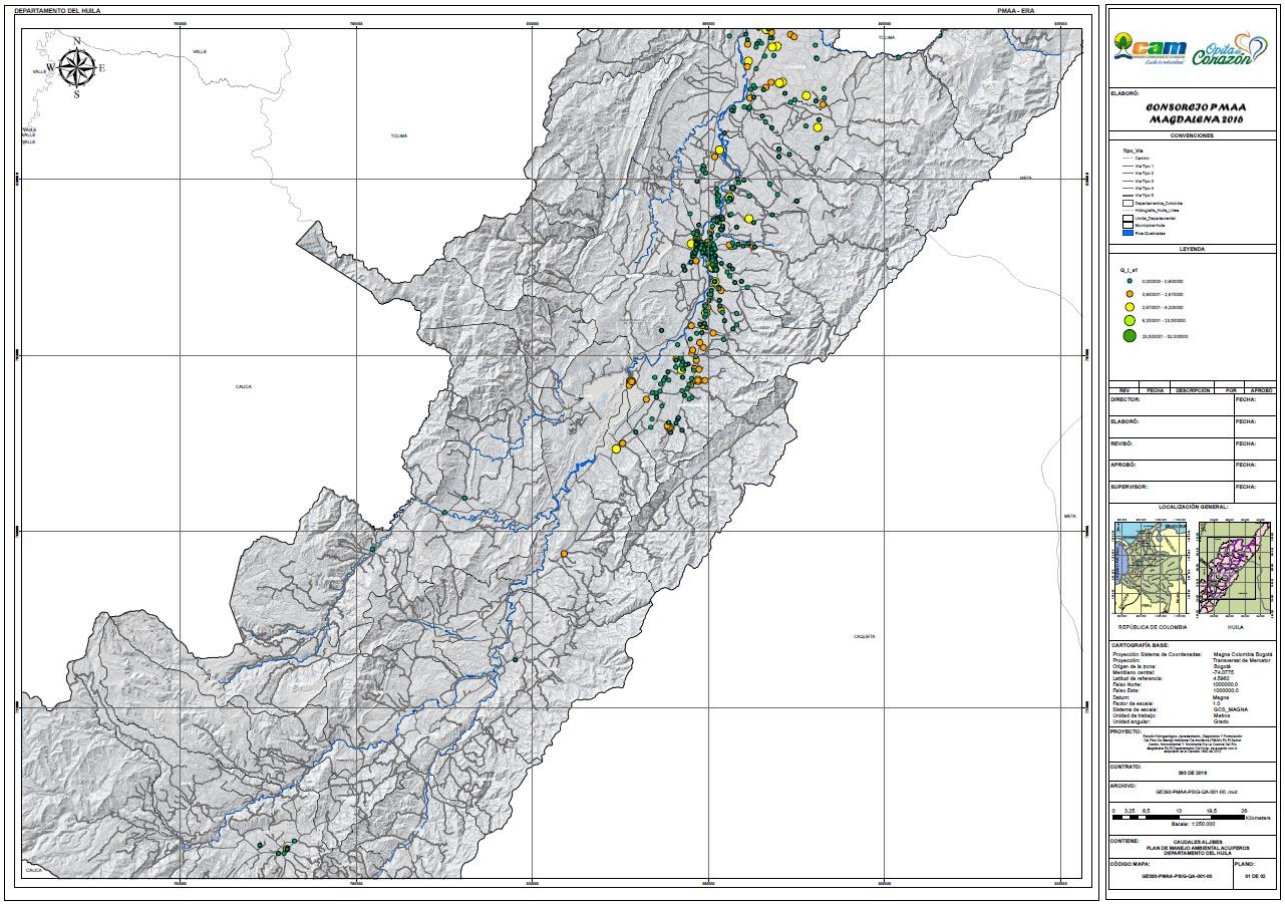


Ilustración 130 Mapa de ubicación espacial puntos de agua tipo aljibe- Caudal.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.4.1.2 TRANSMISIVIDAD (T)

Dentro del análisis de Transmisividad de los aljibes, se establecen valores mínimos de Transmisividad de 2,83 metros^2/día y valores máximo de 868 metros^2/día, en un grupo de 84 puntos de agua, ubicándolos en los municipios de Aipe, Campoalegre, Neiva, Palermo, Riviera, Tello, Tesalia, Villavieja. En la **Ilustración 131** se muestran los valores correspondientes a cada uno de los 84 puntos de agua con datos de Transmisividad de los aljibe (ver **Anexo E-1 GE393-PMAA-PSIG-TSA-001-00**).

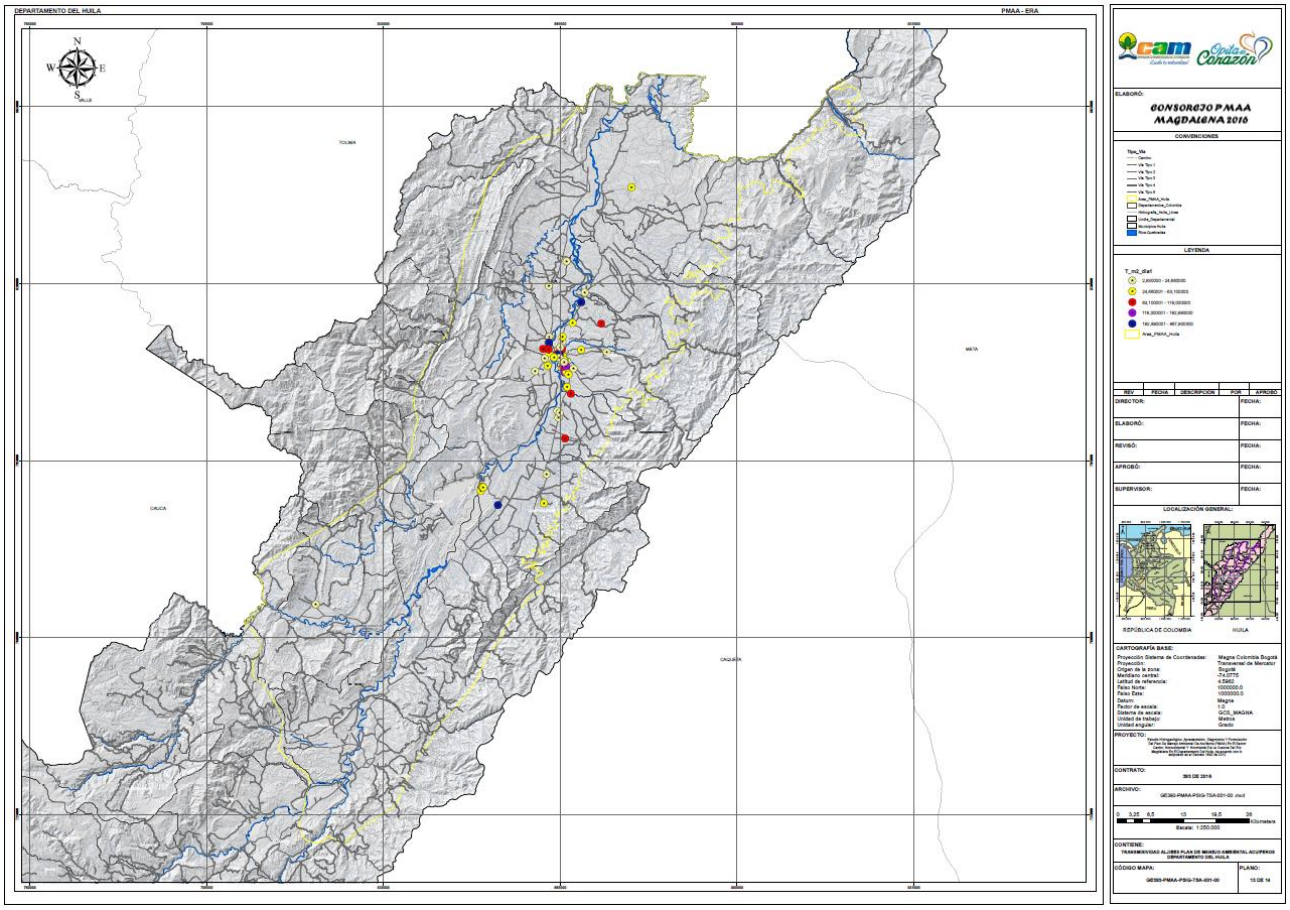


Ilustración 131 Mapa de ubicación espacial puntos de agua captación tipo aljibe- Transmisividad. Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.4.1.3 CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (K)

Dentro del análisis de esta característica hidráulica, se cuentan con 55 puntos de agua, con valores entre 0,75 metros/día y 204 metro/día estableciendo un valor promedio de conductividad de 20,34 metros/día. En la **Ilustración 132,** se muestran los valores correspondientes a cada uno de los 55 puntos de agua con datos de conductividad hidráulica de los aljibe (ver **Anexo E-1 GE393-PMAA-PSIG-CHA-001-00**).

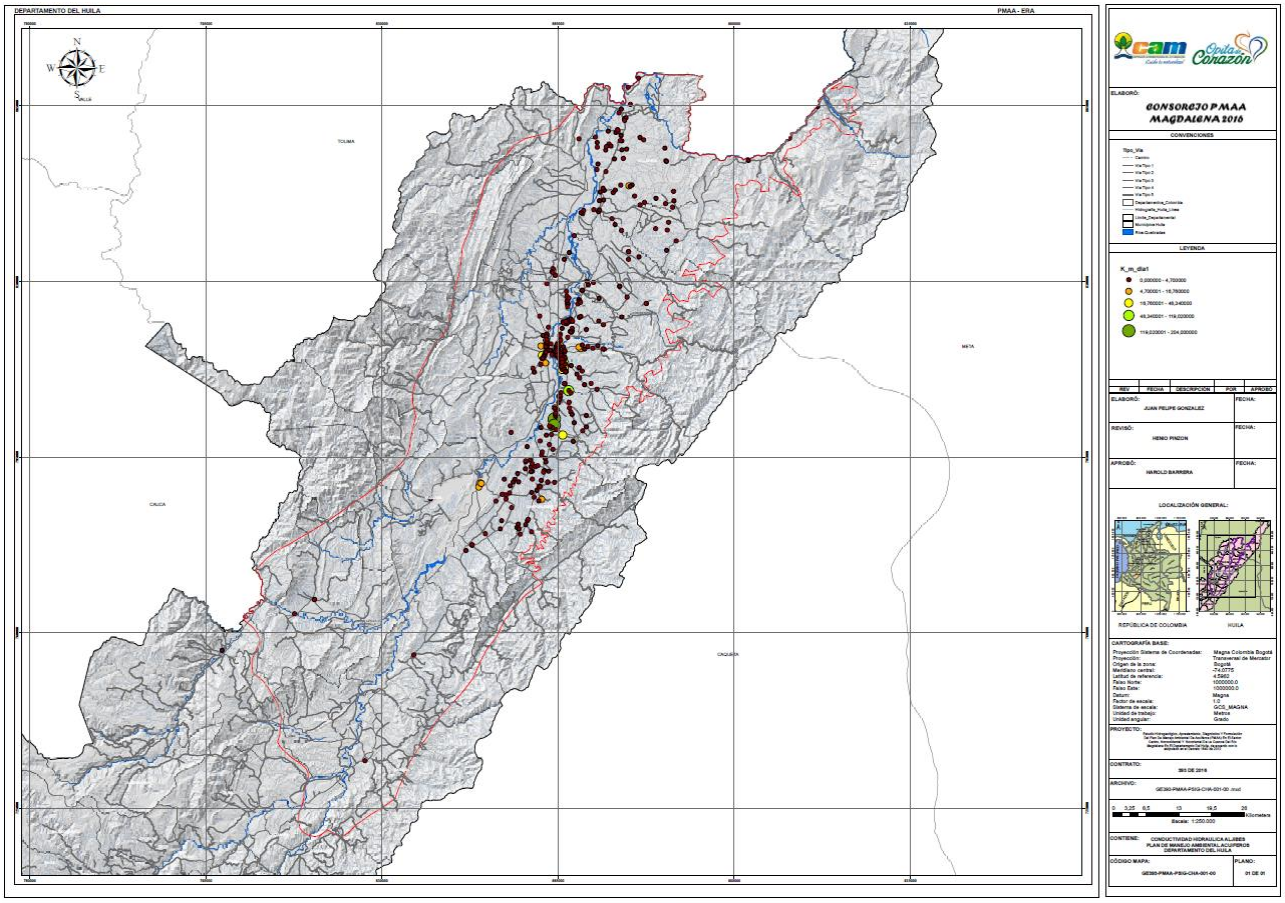


Ilustración 132 Mapa de ubicación espacial puntos de agua captación tipo aljibe- Conductividad hidráulica.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.4.1.4 CAPACIDAD ESPECÍFICA (CE)

Se reportan valores de capacidad esppecifica, entre 0,10 litros/segundo/metro a 8,22 litros/segundo/metro, establecido un valor promedio de caudal 2.18 litros/segundo/metro para los 52 puntos de los cuales se tiene información. En la **Ilustración 133** se presenta el mapa de ubicación espacial de los puntos de aljibe. (Ver **Anexo E-1 GE393-PMAA-PSIG-CEA-001-00**).

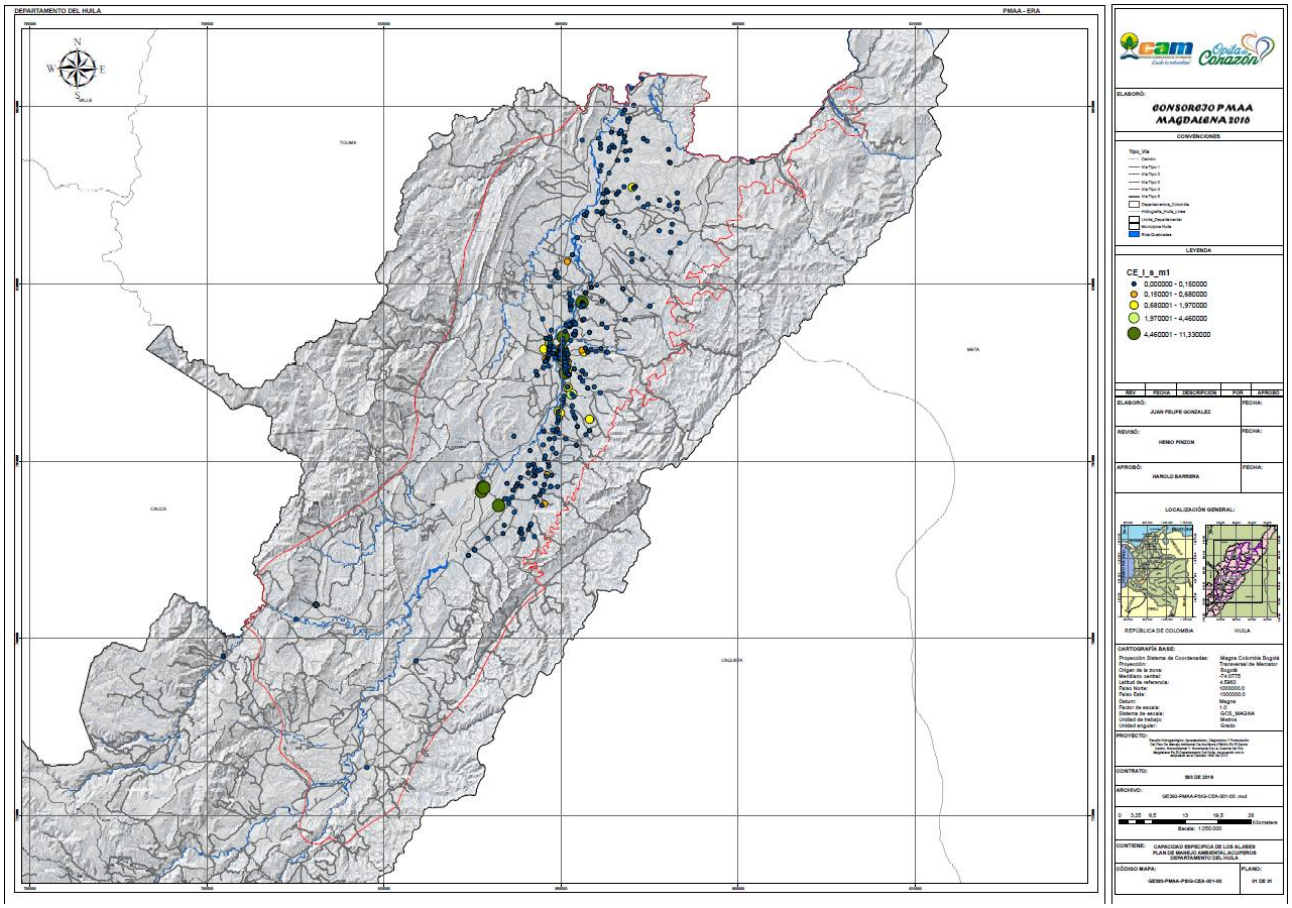


Ilustración 133 Mapa de ubicación espacial puntos de agua captación tipo aljibe- Capacidad específica.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.4.1.5 COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (SS)

En la caracterización de este parámetro se determinó valores variables entre 0,09 y 2,20. Cabe resaltar que este parámetro tiene la unidad de medida adimensional, ya que es resultado del cociente del volumen que fluye por las partículas de material, con en el volumen que se retiene dentro de la matriz que contiene las partículas de material. Dentro de este análisis se determinó que los 15 valores para esta característica pueden considerarse que representa a los acuíferos libre, que según literatura (Vallejo, 2002) se establece que para puntos de agua con valores de coeficiente de almacenamiento (SS) entre 0,3 y $03*10^{-2}$ se pueden considerar acuíferos libre a semi-confinados. Los puntos que reportaron esta característica se encuentran ubicados en los Municipios Campoalegre, Neiva, Riviera. En la **Ilustración 134** se muestran los valores correspondientes a cada uno de los 15 puntos que reportan datos de coeficiente de almacenamiento (SS) (ver **Anexo E-1 GE393-PMAA-PSIG-CAA-001-00**).

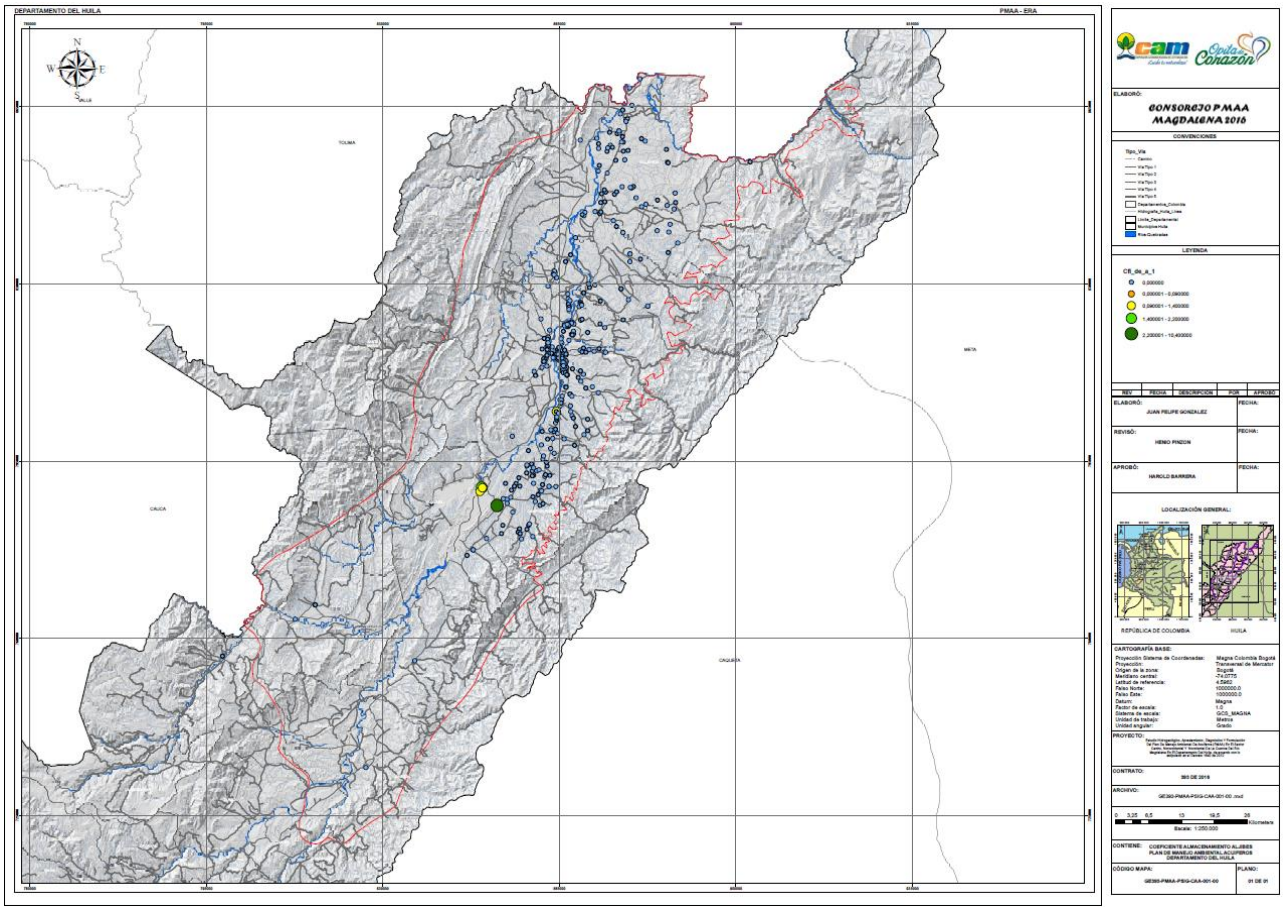


Ilustración 134 Mapa de ubicación espacial puntos de agua captación tipo aljibe- Coeficiente de almacenamiento.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.4.2 Puntos De Agua Captación Tipo Pozo Profundo

Dentro de este sistema de captación, se cuenta con 289 puntos de agua, que ofrecen información de prueba de bombeo, con de profundad mínima de 21 metros y valores máximos de 610 metros, estos datos se encuentran ubicados en los Municipios de, Campoalegre, Agrado, Aipe, Baraya, Campoalegre, Gigante, Hobo, Neiva, La Plata, Palermo, Rivera, Tarqui, Tello, Villavieja y Yaguará Ver **Ilustración 135** (**Anexo E-2**).

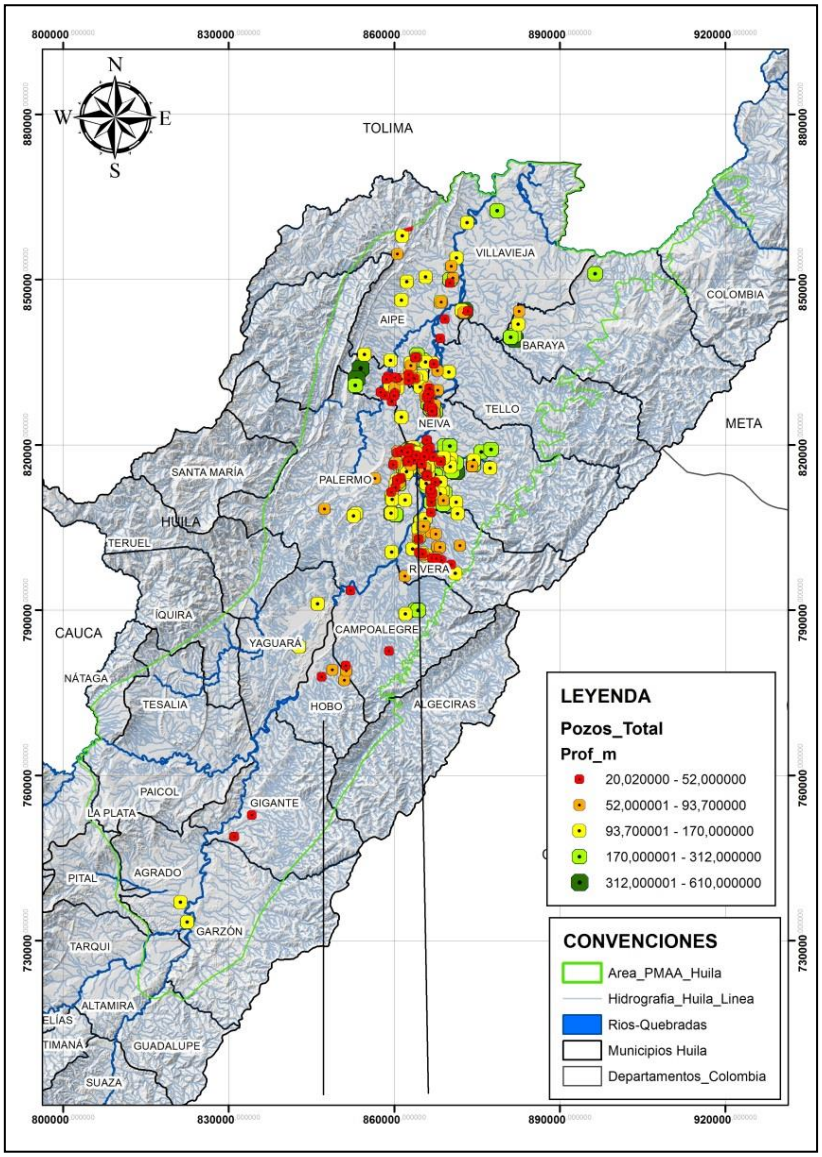


Ilustración 135 Mapa de ubicación espacial puntos de agua captación tipo Pozo profundo-profundidad (m).
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.4.2.1 CAUDAL (Q)

Se obtuvieron valores de caudal para los pozos profundos entre 0,02 litros/segundo a 61 litros/segundo establecido un valor promedio de caudal 7,62 litros/segundo para los 132 registros con los que se cuenta. Ver **Ilustración 136** (Anexo **E-2 GE393-PMAA-PSIG-QP-001-00**).

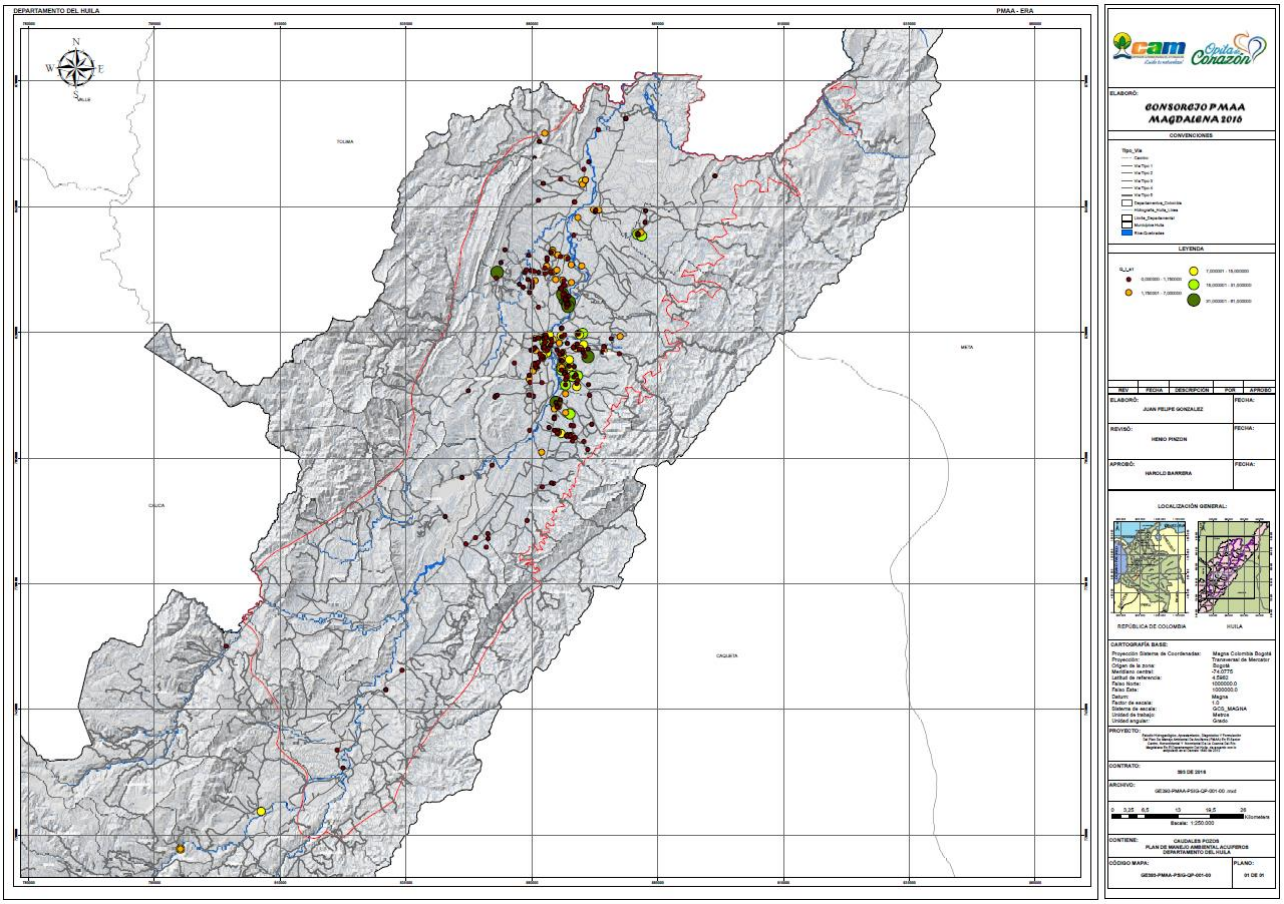


Ilustración 136 Mapa de ubicación espacial puntos de agua captación tipo pozo profundo- Caudal. Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.4.2.2 TRANSMISIVIDAD (T)

Dentro de análisis de Transmisividad de pozo profundo se lograron establecer valores mínimos de transmisividad de 0.46 metros^2/día y valores máximo de 318 metros^2/día, en un grupo de 81 puntos de agua, estableciendo un valor promedio de este aspecto de 65,74 metros^2/día, ubicándose estos en los Municipios de Aipe, Baraya, Neiva, Palermo y Riviera, Tello. En la **Ilustración 137** se muestran los valores correspondientes a cada uno de los 81 puntos de agua con transmisividad (ver **Anexo E-2 GE393-PMAA-PSIG-TSP-001-00**).

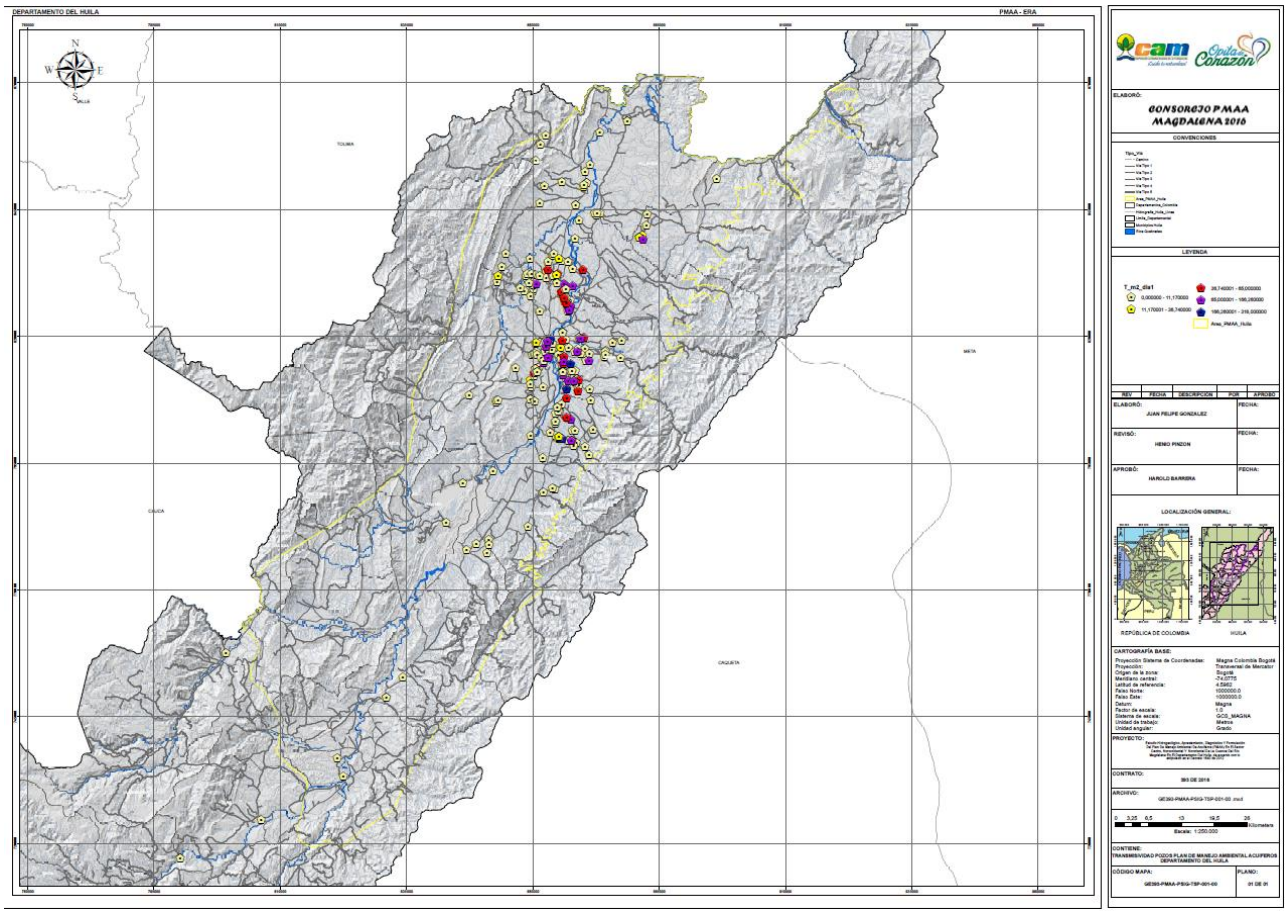


Ilustración 137 Mapa de ubicación espacial puntos de agua captación tipo pozo profundo - Transmisividad.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.4.2.3 CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (K)

Dentro del análisis de esta característica hidráulica se cuentan con 14 puntos de agua con información de conductividad hidráulica dentro del inventario de expedientes de la CAM; dentro de estos registros se cuentan con valores entre 1,12 metros/día y 207 metro/día, estableciendo un valor promedio de conductividad de 28 metros/día, ubicándose en los municipios, de: Aipe, Nieva, Palermo y Riviera.

La ubicación espacial de los puntos que cuentan con registros de conductividad hidráulica se presenta a continuación en la **Ilustración 138** donde se muestran los valores correspondientes a cada uno de los 14 puntos de agua del inventario (ver **Anexo E-2 GE393-PMAA-PSIG-CHP-001-00**).

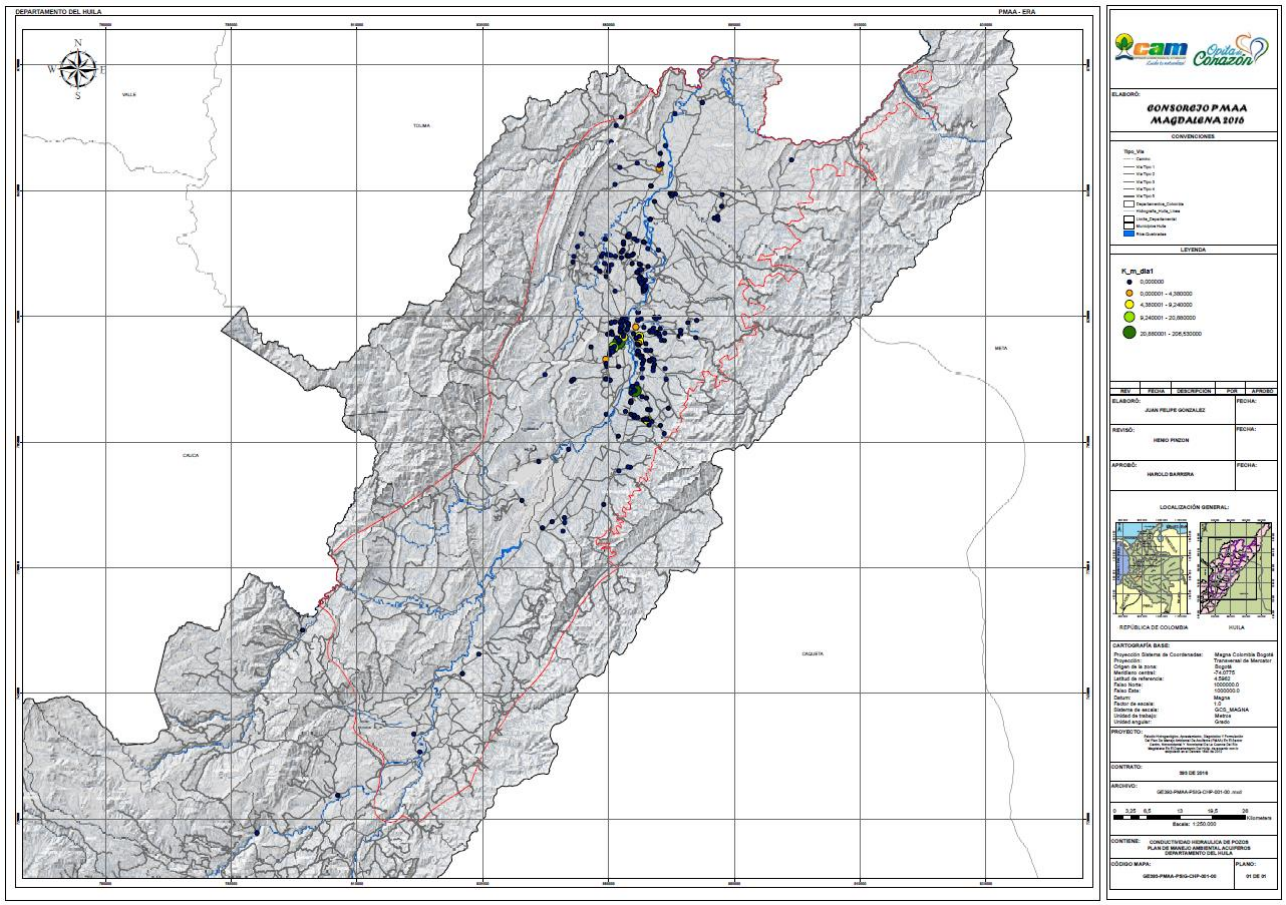


Ilustración 138 Mapa de ubicación espacial puntos de agua captación tipo pozo profundo - Conductividad hidráulica.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.4.2.4 CAPACIDAD ESPECÍFICA (CE)

Se obtuvieron valores de capacidad específica para los puntos de captación tipo pozos profundos, entre 0.03 litros/segundo/metro a 9.66 litros/segundo/metro, establecido un valor promedio de capacidad de 2,37 litros/segundo/metro, para los 35 registros con los que se cuenta

En la **Ilustración 139** se presenta el mapa de ubicación espacial de los puntos de sistema de captación tipo pozo profundo donde se evidencia la capacidad específica de cada uno de estos puntos (Ver **Anexo E-2 GE393-PMAA-PSIG-CEP-001-00**).

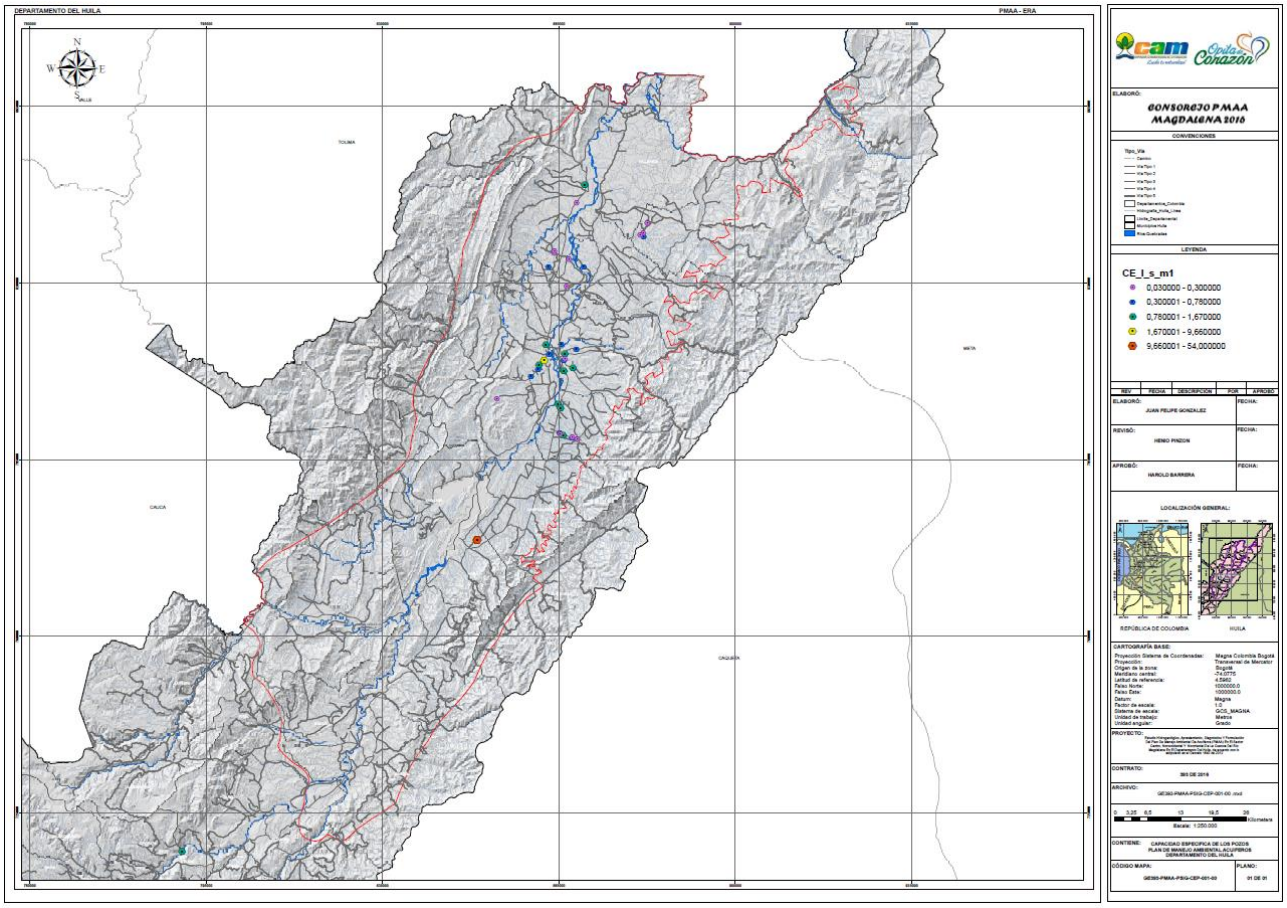


Ilustración 139 Mapa de ubicación espacial puntos de agua captación tipo pozo profundo- Capacidad específica.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.4.2.5 COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (SS)

En la caracterización de este parámetro se determinó valores varaibles entre $3,55*10^{-17}$ y 1, con un valor promedio de 0,05. Cabe resaltar que este parámetro tiene unidad de medida adimensional, ya que es resultado del cociente del volumen que fluye por las partículas de material con en el volumen que se retiene dentro de la matriz que contiene las partículas de material. Dentro de este análisis se determinó que los 36 valores para esta característica pueden considerarse que representa zonas acuíferas de carácter libre a confinado dependiendo de la formación geológica de donde se esté captando el recurso hídrico, según literatura (Vallejo, 2002) se establece que para puntos de captación con valores de coeficiente de almacenamiento (SS) entre 0,3 y $0,3*10^{-2}$ se pueden considerar como zonas de acuíferos libre, zonas con rangos entre 10^{-3} y 10^{-4} como acuíferos semi-confinados y zonas con SS mayores a 10^{-4} se consideran como de presencia de acuíferos confinados, los puntos que reportaron esta característica se encuentran ubicados en los municipios Aipe, Neiva, Palermo, Riviera, Tello.

La ubicación espacial de los puntos de agua que cuentan con registros de coeficiente de almacenamiento (SS) se presenta a continuación en la **Ilustración 140** donde se muestran los valores correspondientes a cada uno de los 36 puntos que reportan coeficiente de almacenamiento (Ver **Anexo E-2 GE393-PMAA-PSIG-CEP-001-00**)

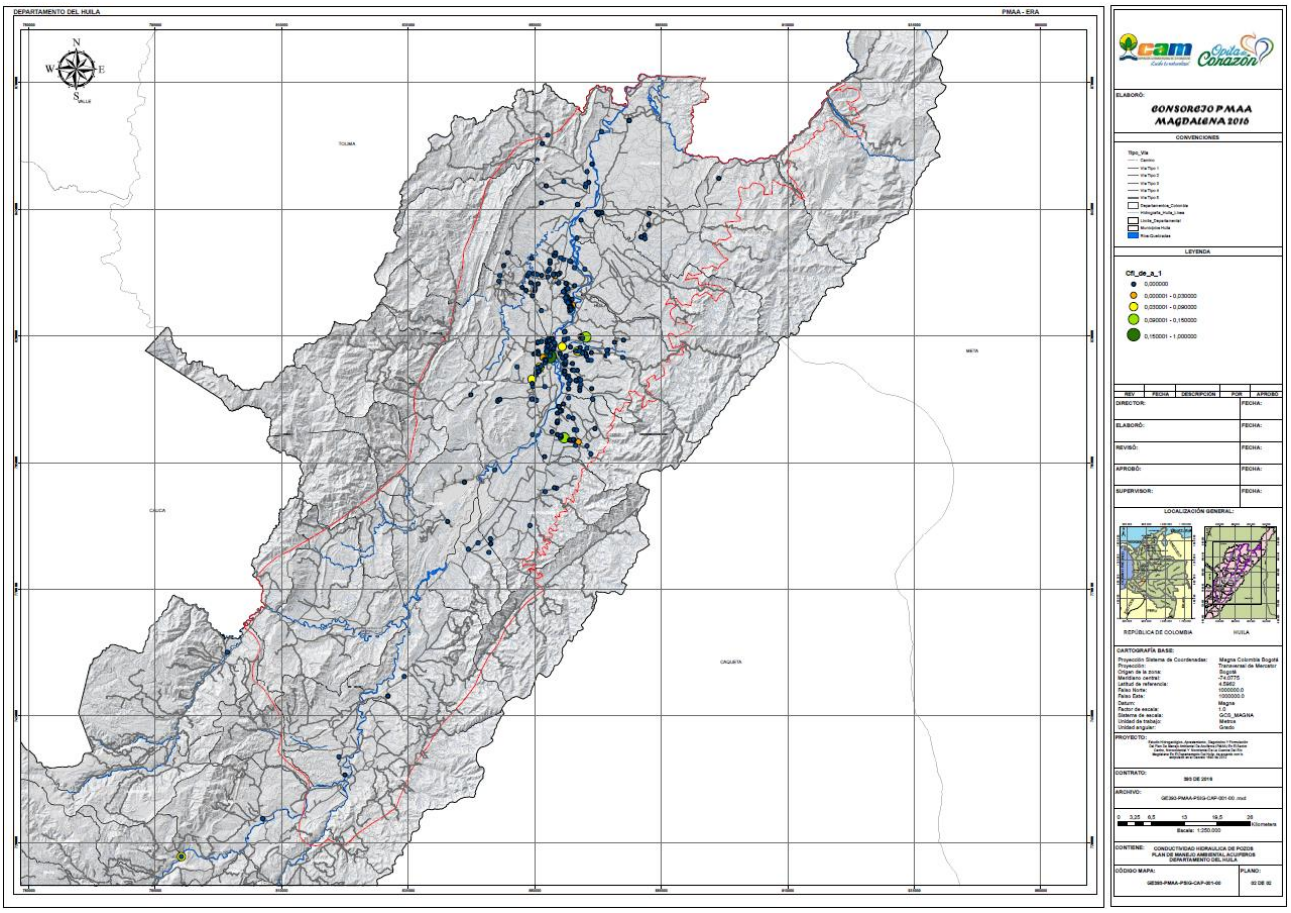


Ilustración 140 Mapa de ubicación espacial puntos de agua captación tipo pozo profundo- Coeficiente de almacenamiento.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.4.3 Manantiales

Es importante dentro de la caracterización de los sistemas de acuíferos, la identificación y ubicación de los manantiales, ya son puntos descarga de flujo de aguas subterráneas. En la zona de estudio se cuenta con la información 40 manantiales, ubicados en los Municipios de Neiva, Palermo y Rivera. Ver **Ilustración 141** (Ver **Anexo E-3**).

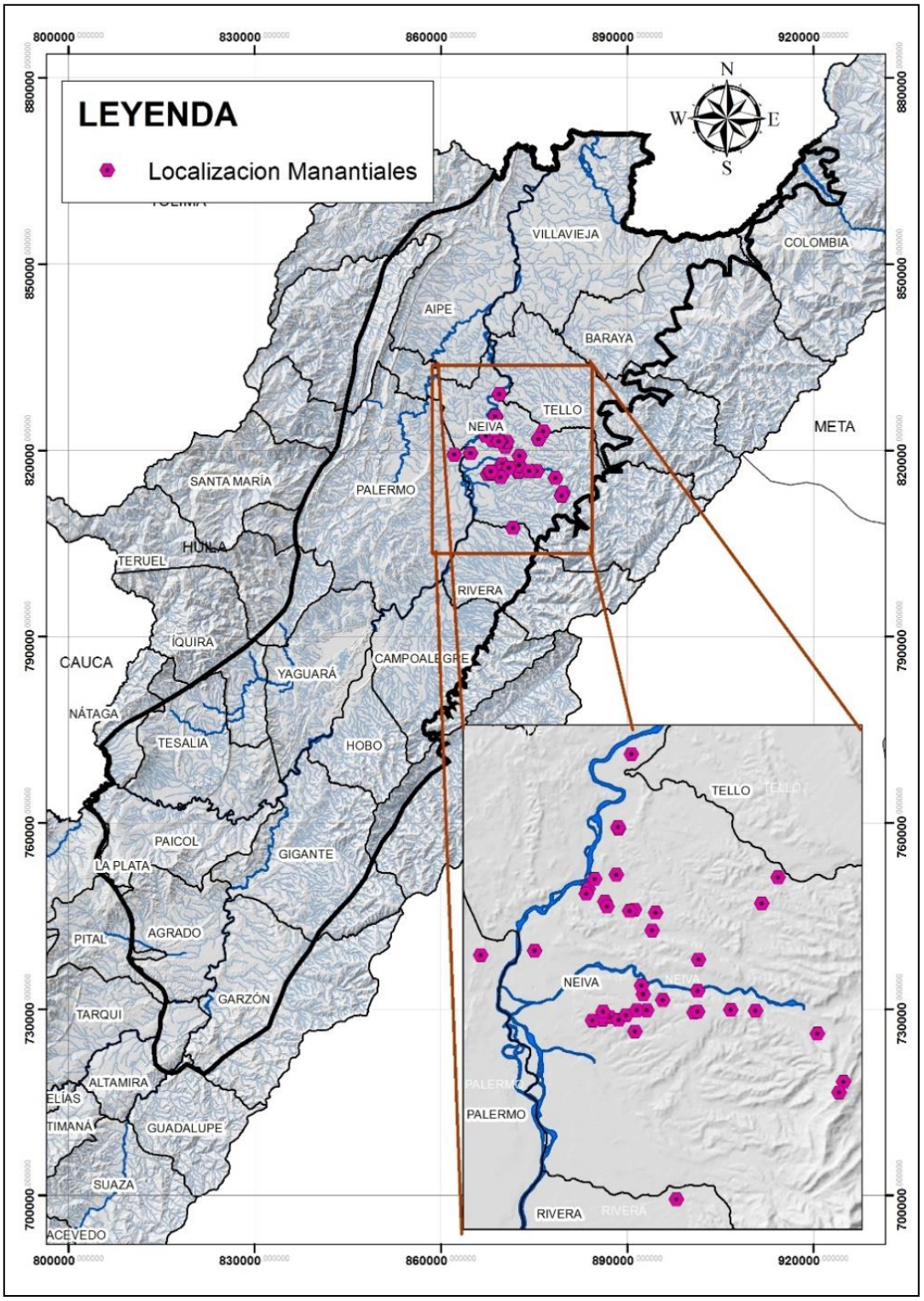


Ilustración 141 Mapa de ubicación espacial puntos de agua tipo Manantiales.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.4.3.1 CAUDAL (Q)

Se obtuvieron valores de caudal para estos lugares entre 0.01 litros/segundo a 1,42 litros/segundo, establecido un valor promedio de caudal 0,26 litros/segundo para los 40 manantiales inventariados. En la **Ilustración 142** se presenta el mapa de ubicación espacial los puntos clasificaos como manantiales, donde se evidencian los caudales de cada uno de estos (Ver **Anexo E-2 GE393-PMAA-PSIG-QM-001-00**).

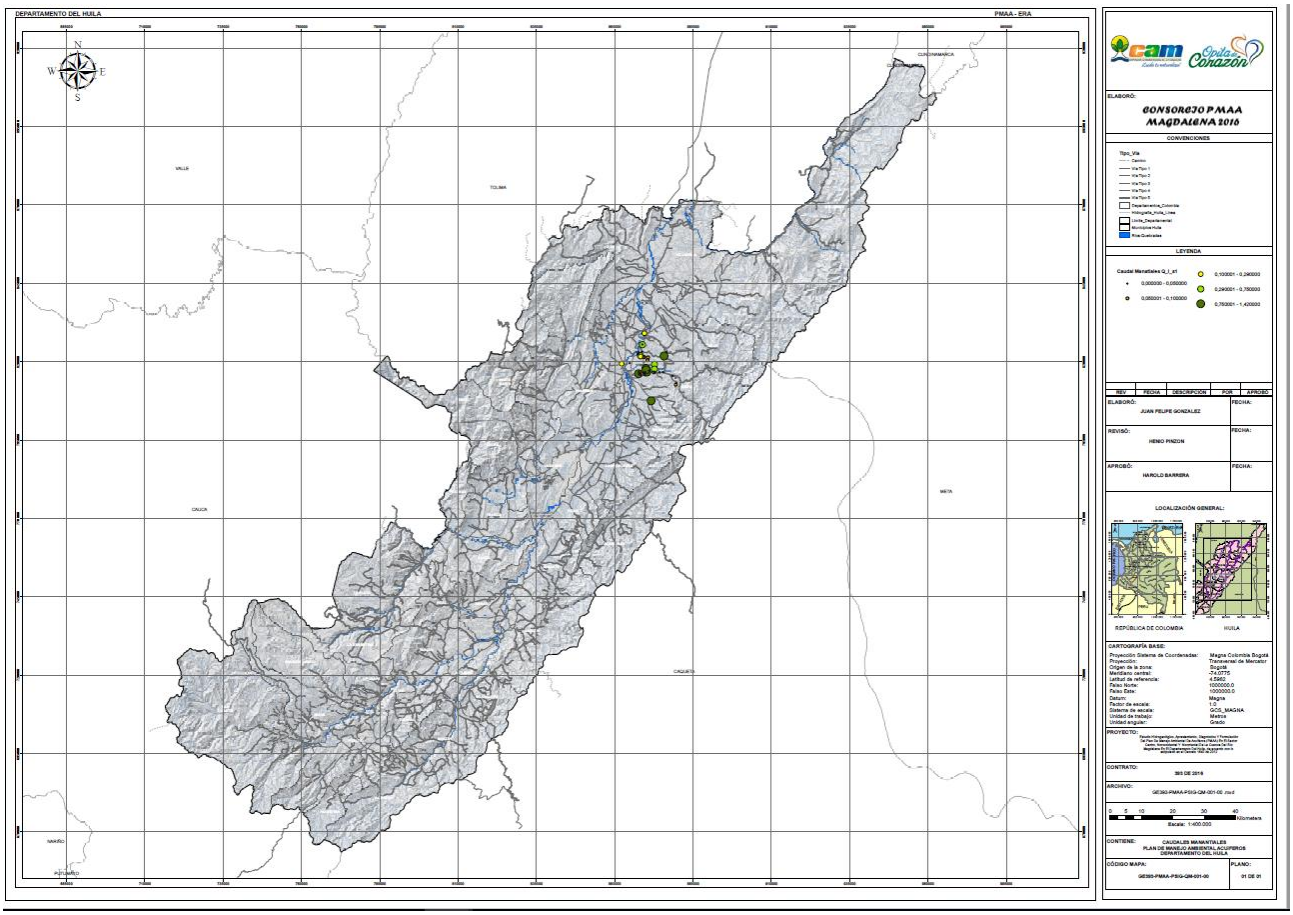


Ilustración 142 Mapa de ubicación espacial puntos de agua Manantiales-Caudal.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.4.4 Caracterización Hidráulica De Las Formaciones Geológicas

A continuación, se presentan la caracterización hidráulica de las distintas unidades acuíferas:

3.4.4.1 Depósitos Cuaternarios

Depósitos con potencial acuífero para almacenar y trasmitir agua, se clasifica dentro del grupo de acuíferos libres a semiconfinados.

Los depósitos aluvio - torrenciales (Qdat) y los Depósitos de terrazas altas (Q1al), se encuentran ubicados en los municipios de Neiva, Campoalegre, Rivera, Palermo, Hobo, Yaguará, Garzón, Gigante y Villavieja, para los cuales se determinaron valores promedio de las distintas propiedades hidráulicas de esta unidad acuífera somera, los cuales se muestran en la **Tabla 52**

3.4.4.2 Depósitos de Abanicos antiguos (Qdat), y Depósitos de terrazas altas (Q1al)

Tabla 52 parámetros hidráulicos Qdat y Qal1

Depósitos de Abanico antiguo (Qdat) y Depósitos de Terraza alta (Q1al)							
Categorización		**Caudales (Q) L/s**	**Conductividad (K) m/día**	**C. Almacenamiento (S) m3**	**C. Especifica (CE) L/s/m**	**Transmisividad (T) m2/Día**	**Usos**
P-1 Q1al (147 puntos)	**V mínimo**	0,01	0,75	0,09	0,2	6,99	Agrícola (4) Comercial (9) Domestico (18) Industrial (64) Sin información (52)
	V. promedio	1,25	9,5		0,69	31,5	
	V. máximo	6,7	27,05		1,38	79,05	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.4.4.3 Depósitos de terrazas medias y bajas (Q2al)

Los depósitos de terrazas medias y bajas, de los polígonos Q2al, se encuentran ubicados en los municipios de Baraya, Campoalegre, Neiva, Palermo, Rivera, Tello y Villavieja, para los cuales se determinaron valores promedio de los diversos parámetros hidráulicos, mostrados en la **Tabla 53**.

Tabla 53 parámetros hidráulicos Q2al.

Depósitos de terraza medias y bajas (Q2al)							
Categorización		**Caudales (Q) L/s**	**Conductividad (K) m/día**	**C. Almacenamiento (S)**	**C. Especifica (CE) L/s/m**	**Transmisividad (T) m2/Día**	**Usos**
P-2 Q2al (75 puntos)	**V. mínimo**	0,05	1,4	0,09	1,43	36	Agrícola (7) Comercial (2) Domestico (2) Industrial (14) Sin información (50)
	V. promedio	1,52	119		2,4	58	
	V .máximo	8,2	119		3,42	93	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

De acuerdo al análisis realizado, se evidencio que en los puntos de captación de tipo pozos con profundidades mayores a 20 metros, se presenta un cambio considerable es su comportamiento hidráulico, el cual se asume por el aumento de confinamiento de los niveles acuíferos; lo que hace que se considere una caracterización distinta de estos depósitos a profundidades mayores a 20 metros como se muestra a continuación.

Tabla 54 parámetros hidráulicos Qdat y Q2al a profundidad > a 20 metros

Depósitos aluvio – torrenciales (Qdat), y/o Depósitos de terraza alta (Q2al)							
Categorización		**Caudales (Q) L/s**	**Conductividad (K) m/día**	**C. Almacenamiento (S)**	**C. Especifica (CE) L/s/m**	**Transmisividad (T) m2/Día**	**usos**
P-1 Q2al (87 puntos)	**V mínimo**	0,02	2,85	0,03	0,05	5,4	Abandonado (6) Agrícola (6) Domestico (33) Industrial (14) Sin información (9)
	V. promedio	1,75	7.8	0,07	0,57	65.5	
	V. máximo	7	18,3	0,09	1.53	233	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

De manera general, los depósitos cuaternarios del área de estudio del PMAA, comprenden los depósitos aluvio – torrenciales (Qdat), terrazas medias y bajas (Q2al), depósitos de terrazas altas (Q1al), depósitos aluviales recientes (Qalr), y depósitos coluviales (Q2c); estos depósitos de carácter no consolidados, altamente permeables y con alta capacidad para almacenar y trasmitir agua. En la **Ilustración 143** se muestran los diversos depósitos cuaternarios, así como la ubicación espacial de los puntos de captación que extraen agua de estas formaciones geológicas, y que sirvieron como referente para caracterizar hidráulicamente estos depósitos. Cabe resaltar, que los depósitos Q1al y Q2al son los que cuentan con la mayor información, para los cuales se analizaron 362 puntos.

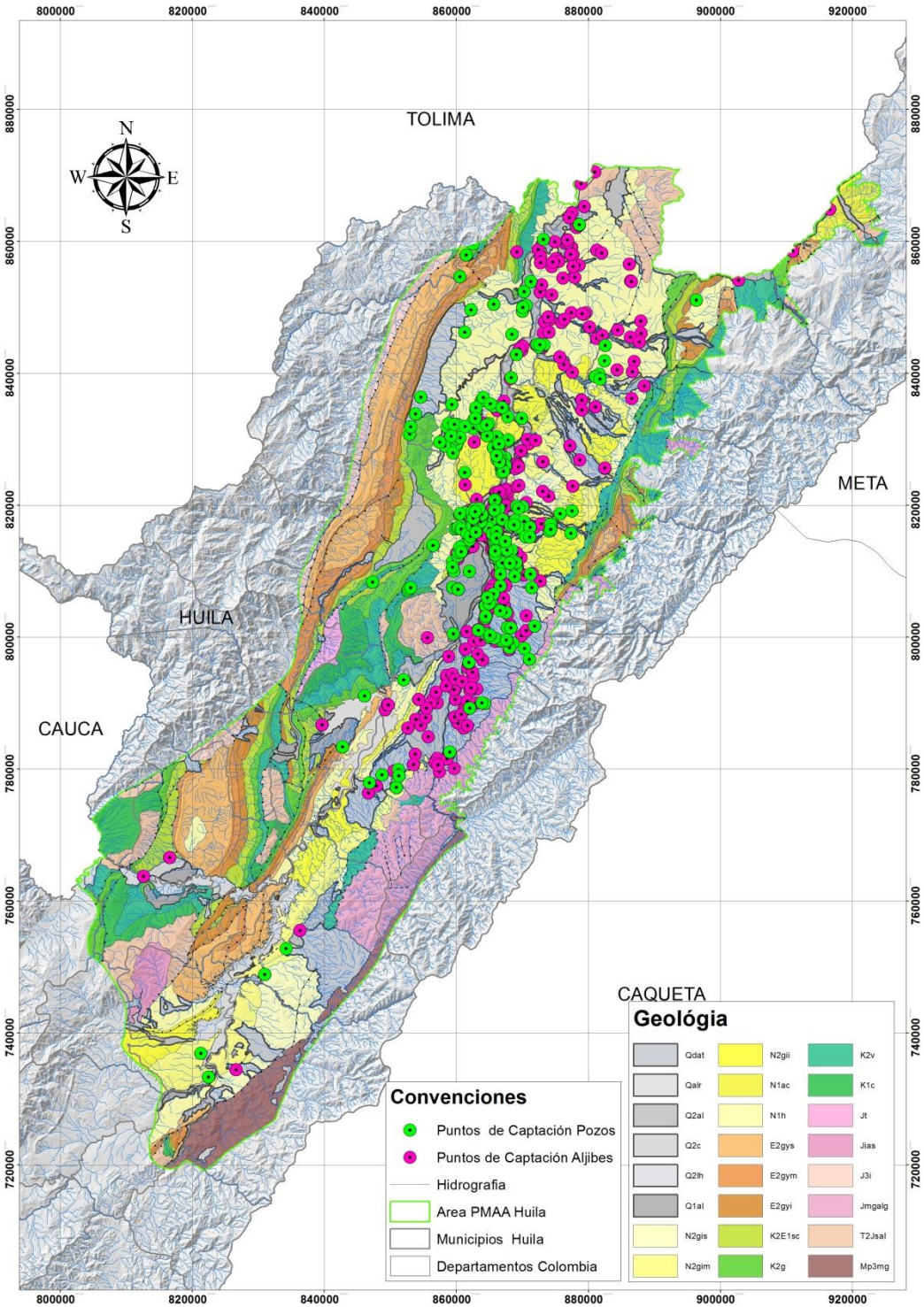


Ilustración 143 ubicación espacial depósitos cuaternarios y puntos de captación tipo pozos profundos y aljibes.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.4.4.4 Formación Gigante (N2gi)

En la **Tabla 55** se presentan los valores representativos de los distintos parámetros hidráulicos para los acuíferos de la Formación Gigante, a partir de datos obtenidos de expedientes de puntos de captación tipo aljibes con profundidades menores a 20 m.

Tabla 55 parámetros hidráulicos Formación Gigante (N2gi) < 20m

Arenas_tobaceas_y_pumiticas_grises_cenizas_y_vonlcanicas_arcillolitas_grises Polígono (N2gi)							
Categorización		**Caudales (Q) L/s**	**Conductividad (K) m/día**	**C. Almacenamiento (S)**	**C. Especifica (CE) L/s/m**	**Transmisividad (T) m2/Día**	**Usos**
P-3 N2gi (79 puntos)	**V. mínimo**	0,05	0,9	0,09	0,1	5	Abandonado (1) Agrícola (4) Comercial (4) Domestico (25) Industrial (33) información (13)
	V. Promedio	2,15	17	0,31	1,2	59,4	
	V. máximo	23,5	71	1,4	4,5	193	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Del mismo modo en la **Tabla 56** se establece el comportamiento hidráulico para los puntos de captación tipo pozo con profundidades mayores a 20 m.

Tabla 56 parámetros hidráulicos Formación Gigante (N2gi) >20 M

Fm_Gigante_Medio_Arenas_tobaceas_y_pumiticas_grises_cenizas_y_vonlcanicas_arcillolitas_grises Polígono (N2gi)							
Categorización		**Caudal (Q) L/s**	**Conductividad (K) m/día**	**C. Almacenamiento (S)**	**C. Especifica (CE) L/s/m**	**Transmisividad (T) m2/Día**	**usos**
P-1 (N2gi) (24 puntos)	**V. mínimo**	0,36	1,7	no reporta	0,6	25	Abandonado (3)Comercial (2) Domestico (9) Industrial (9) Sin información (2)
	V. promedio	5.4	5,5		1.06	58	
	V. máximo	20.4	9,3		1.66	85	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

En la siguiente figura se observa la distribución espacial sobre las rocas de la Formación Gigante, de los puntos utilizados para la caracterización de dicha formación, los cuales se encuentran discriminados por tipo de captación.

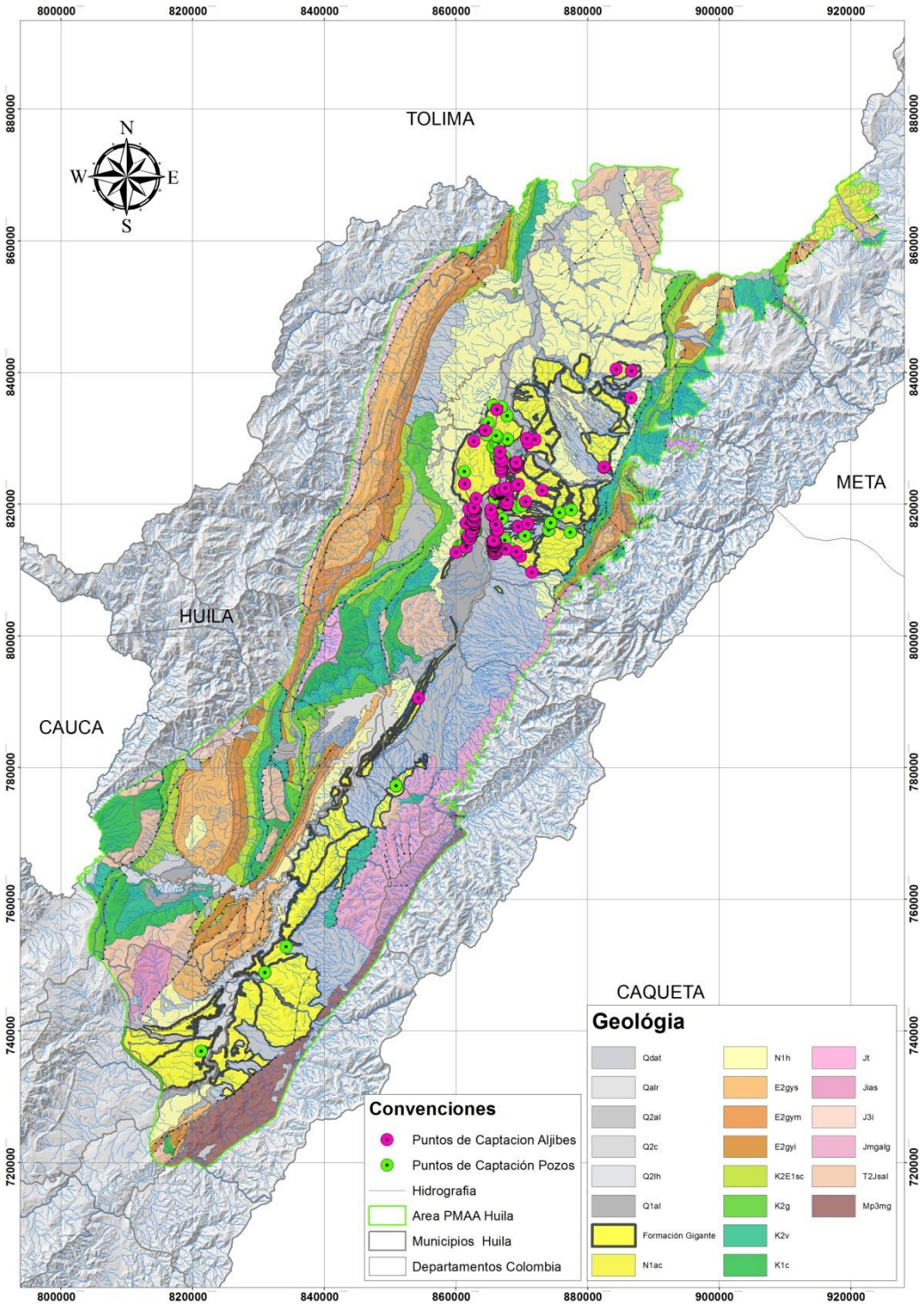


Ilustración 144 ubicación espacial formación Gigante (N2gi) y puntos de captación tipo pozos profundos y aljibes.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.4.4.5 Grupo Honda (N1h)

Para la caracterización de la Formación Honda se tomaron en cuenta 128 puntos de tipo aljibe y 113 de tipo pozo profundo, con lo que se determinaros las propiedades hidráulicas presentadas en la **Tabla 57** y en la **Tabla 59**

Tabla 57 parámetros hidráulicos Grupo Honda (N1h) <20 m.

Secuencia_de_areniscas_conglomeraticas_de_color_gris_intercalaciones_arcillolitas_rojizas Polígono (N1h)							
Categorización		**Caudales (Q) L/s**	**Conductividad (K) m/día**	**Almacenamiento (S)**	**Específica (CE) L/s/m**	**Transmisividad (T) m2/Día**	**usos**
P-4 N1h (128 puntos)	**V .mínimo**	0,01	6,61	<0,001	0,23	2,83	Agrícola (4) Comercial (5) Domestico (22) Industrial (27) Sin información (74)
	V .promedio	1,41	12,5		0,75	23,5	
	V. máximo	5,2	21,5		1,45	74,5	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Tabla 58 parámetros hidráulicos Grupo Honda (N1h) > 20 m.

Fm Honda Secuencia de areniscas conglomeráticas de color gris intercalaciones arcillolitas rojizas Polígono (N1h)							
Categorización		**Caudal (Q) L/s**	**Conductividad (K) m/día**	**Almacenamiento (S) m3**	**Específica (CE) L/s/m**	**Transmisividad (T) m2/Día**	**USOS**
P-1 (N1h) (113puntos)	**V. mínimo**	0,04	1,12	0,00044	0,27	2,8	Abandonado (3)Agropecuario (5) Domestico (16) Industrial (34) Sin información (33)
	V. Promedio	4.9	3.03	0,0028	0.75	53,5	
	V. Máximo	22	6.4	0,01	1.67	153,5	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

En la siguiente ilustración se muestra de la ubicación espacial de los distintos puntos de captación utilizados para la caracterización hidráulica de las rocas de la Formación Honda.

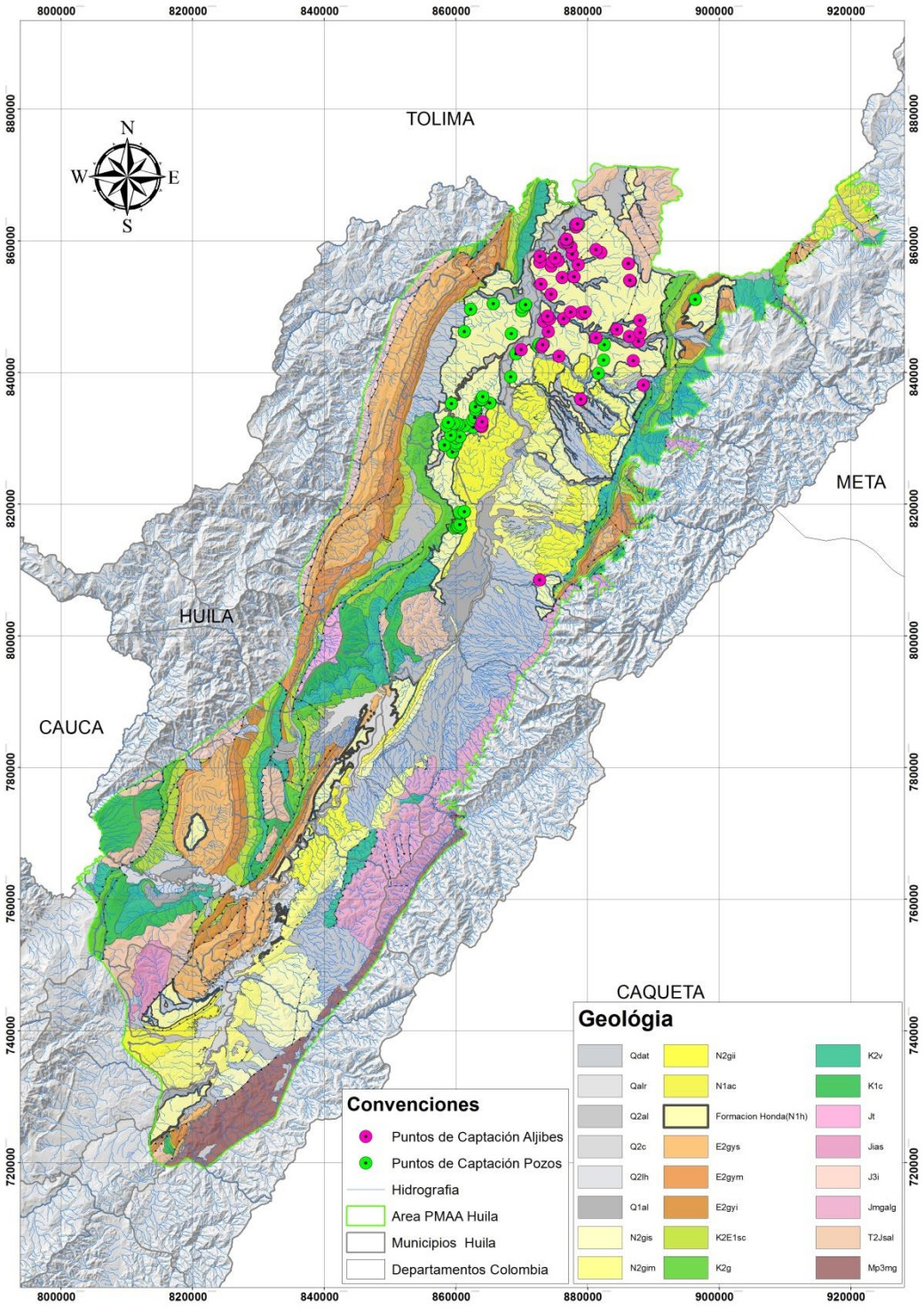


Ilustración 145 ubicación espacial Grupo Honda (N1h) y puntos de captación tipo pozos profundos y aljibes.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.5 DETERMINACIÓN DE LOS SISTEMAS DE FLUJO SUBTERRÁNEO

3.5.1 Elaboración Mapa Isopiezas

Como se mencionó anteriormente, se contó con un total de 728 puntos de agua subterránea, como lo son 294 puntos de aljibe con profundidades entre 1 y 20 metros con niveles estáticos con valores entre 0,05 m y 19,85 m y un nivel estáticos, promedio de 4,5 metros de lámina de agua. Para los 119 puntos de agua de pozo profundo los niveles estáticos se estiman entre 0,7m y 116,3 m, presentando un nivel promedio 19,5 metros. Con estos niveles se determinaron las cotas reales en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m) de la lámina de agua de cada uno de estos puntos con respeto a la topografía de la zona de estudio, estas son conocidas como Isopiezas, con el fin de establecer el nivel regional de la tabla de agua para el área del PMAA.

Los niveles estáticos varían entre valores mínimos de 350 m.s.n.m hasta 1.870 m.s.n.m ubicándose los niveles más bajos en los Municipios de Villa Vieja, Neiva, Colombia, Palermo y Aipe con valores entre 350 y 475 m.s.n.m, y los valores más altos se establecen en 1.610 m.s.n.m a 1.870 m.s.n.m ubicándose en los Municipios de Campoalegre, Hobo, Algeciras, Rivera, Teruel, Íquira, en la **Ilustración 146** se muestra el mapa de isopiezas, generado a partir de los niveles de estáticos de los puntos de captación de agua subterránea Aljibes y pozo profundos. (Ver **Anexo E-4-1 GE393-PMAA-PSIG-MIZ-001-00**).

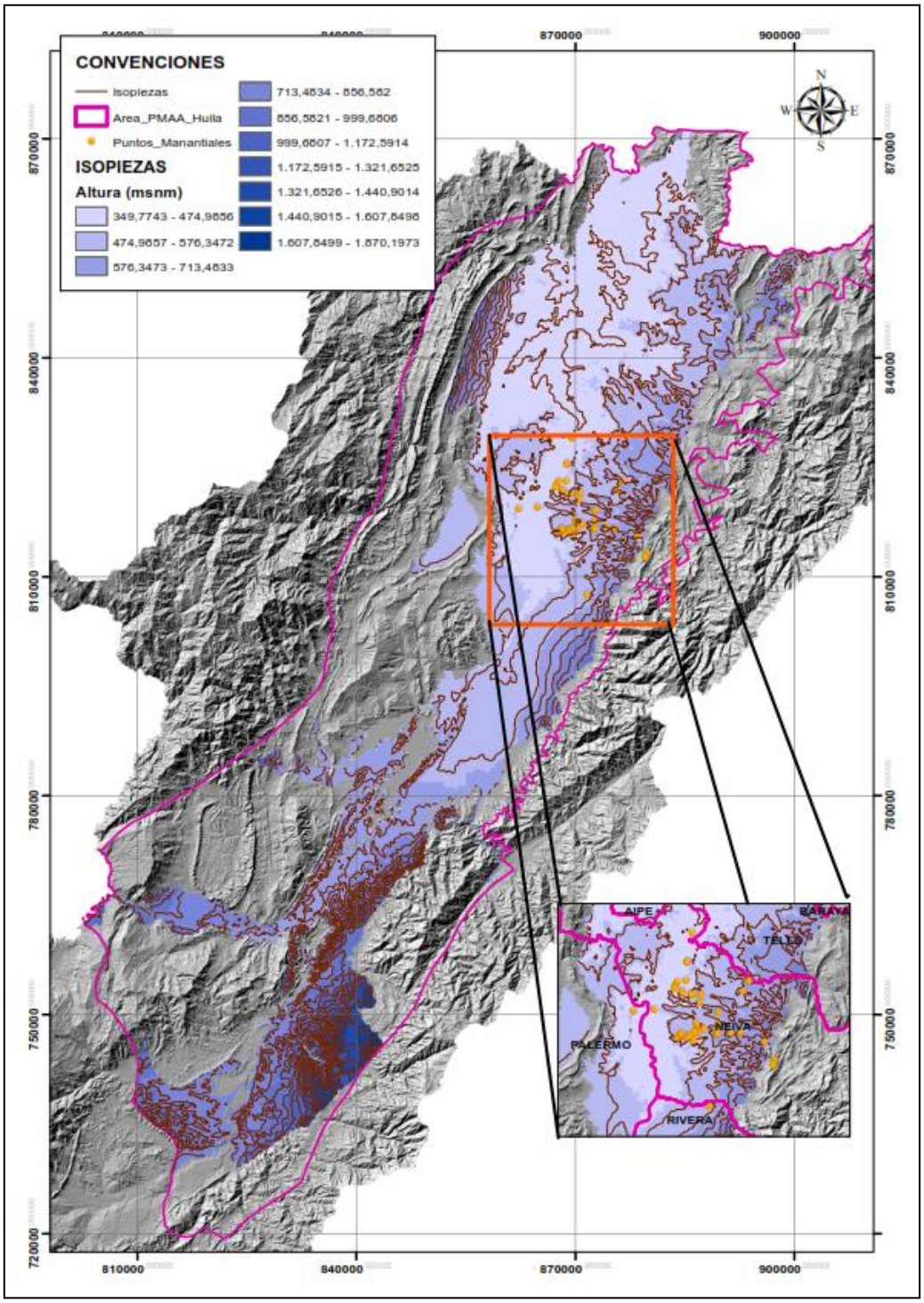


Ilustración 146 Mapa de Isopiezas para niveles estáticos de los puntos de captación de agua subterránea (aljibes y pozos profundos)
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.5.2 Dirección De Flujo Regional

Basados en el mapa de isopiezas se construye a partir de los niveles estáticos aljibe y pozo profundo, a partir del cual se estima el régimen de la dirección de flujo regional que tendrá el agua subterránea (líneas de dirección de flujo), las cuales se determina mediante el vector de movimiento del agua subterránea que es perpendicular a las isolíneas. Se elaboraron las líneas de dirección de flujo para los dos tipos de captación más representativos de la zona (aljibes y pozos profundos), conjuntamente se analizó con la litología y disposición estructural.

Es importante aclarar que debido a la baja cantidad de información representativa con la que se cuenta, esto sumado a la gran extinción de terreno a estudiar, se establece que la información es muy escasa para generar una representación detallada para cada tipo de captación por independiente.

A continuación en la **Ilustración 147** se presentan el Mapa de Dirección de Flujo (Ver **Anexo E-4-2 GE393-PMAA-PSIG-DFR-001-00**) para puntos captación tipo aljibe y pozos profundos, en este se establecieron intervalos de cambio de nivel cada 50 metros para el polígono de estudio que permitieran apreciar el cambio, evidenciando que la zona de los complejos montañosos serán los principales aportes a la recarga y la descarga se dará principalmente en manantiales, quebradas y ríos.

De manera general, se estimadas que la dirección de flujo regional del agua subterránea, corresponden a el vector movimiento al margen derecho del Río Magdalena con una tendencia en dirección N-O y al margen izquierdo con dirección S-E, en donde el agua subterránea descarga en las zonas de los manantiales, así como también en los cauces de quebradas y ríos, que finalmente desembocan al Río Magdalena.

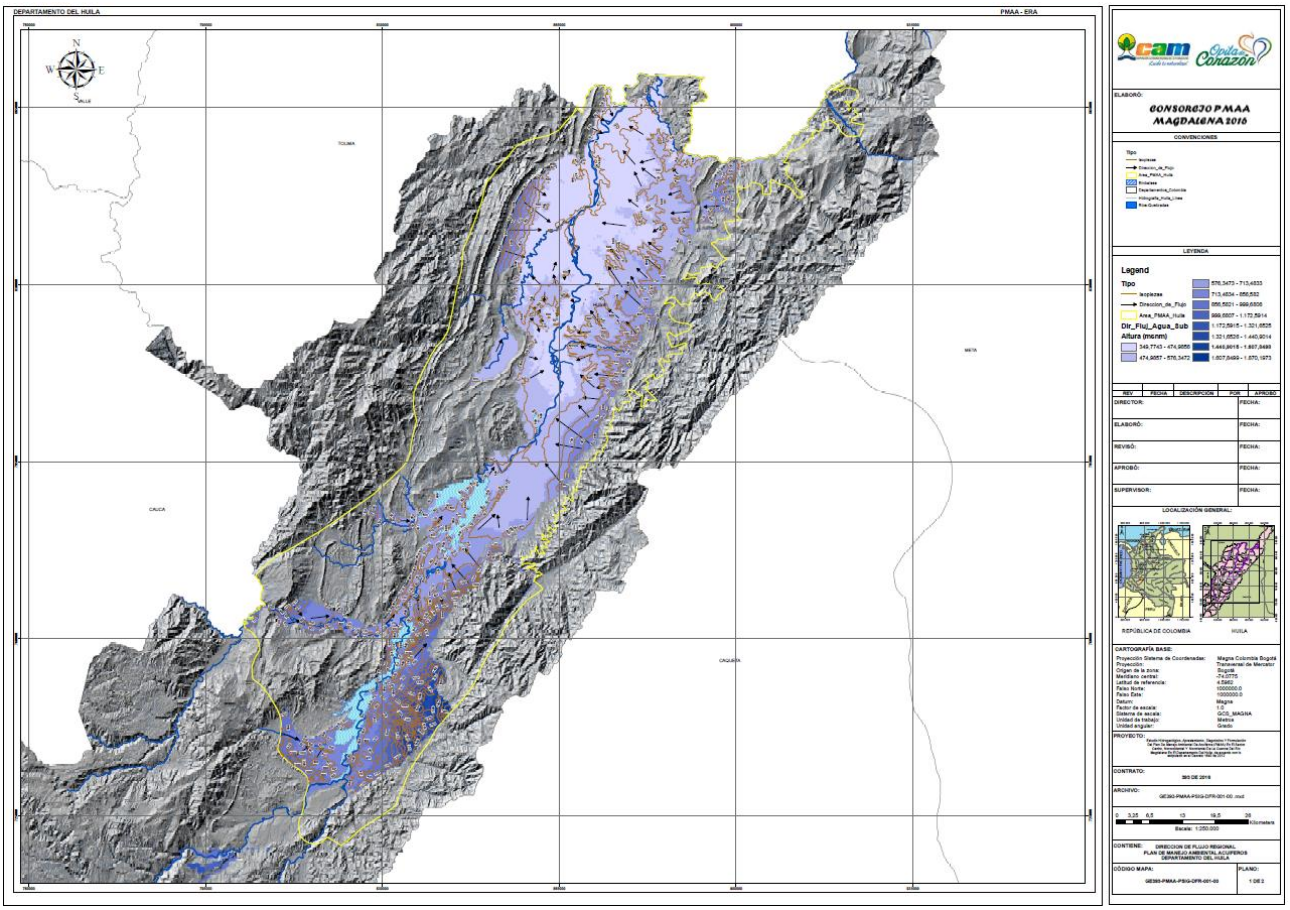


Ilustración 147 Mapa de dirección de flujo puntos de agua limite PMAA.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.5.3 Dirección De Flujo Local

El estudio microscópico del comportamiento de un medio poroso es extraordinariamente complejo dada la forma complicada de los poros y canalículos. La circulación del agua subterránea se rige principalmente por la ley de Darcy y a partir de ella puede llegarse a expresar el flujo en forma de ecuaciones diferenciales cuyo estudio será objeto del modelo numérico presentado en el **ítem 2.9.6**.

Afortunadamente se puede estimar de carácter macroscópico la dirección de los flujos de agua subterráneas transitan a través de materiales litológicos permeables considerando la velocidad de infiltración y tres parámetros fundamentales: la permeabilidad, la porosidad y el coeficiente de almacenamiento, así como también la disposición de las estructuras geológicas, como por ejemplo los alto topográfico o estructuras de anticlinales y zonas donde le tectonismo forma fracturas y fallas que conducen agua al de acuífero. Por lo general las aguas infiltradas descargan en los bajos topográficos como lo son las

estructuras de sinclinales, llanuras de inundación y en los ápices de los conos de deyección en donde se almacenan el agua subterránea.

En la **Ilustración 148** se presenta el esquema en planta de las líneas de flujos locales para el área de estudio para cada una de las estructuras identificada de interés hidrogeológico (Ver **Anexo GE393-PMAA-PSIG-DFL-001-00**).

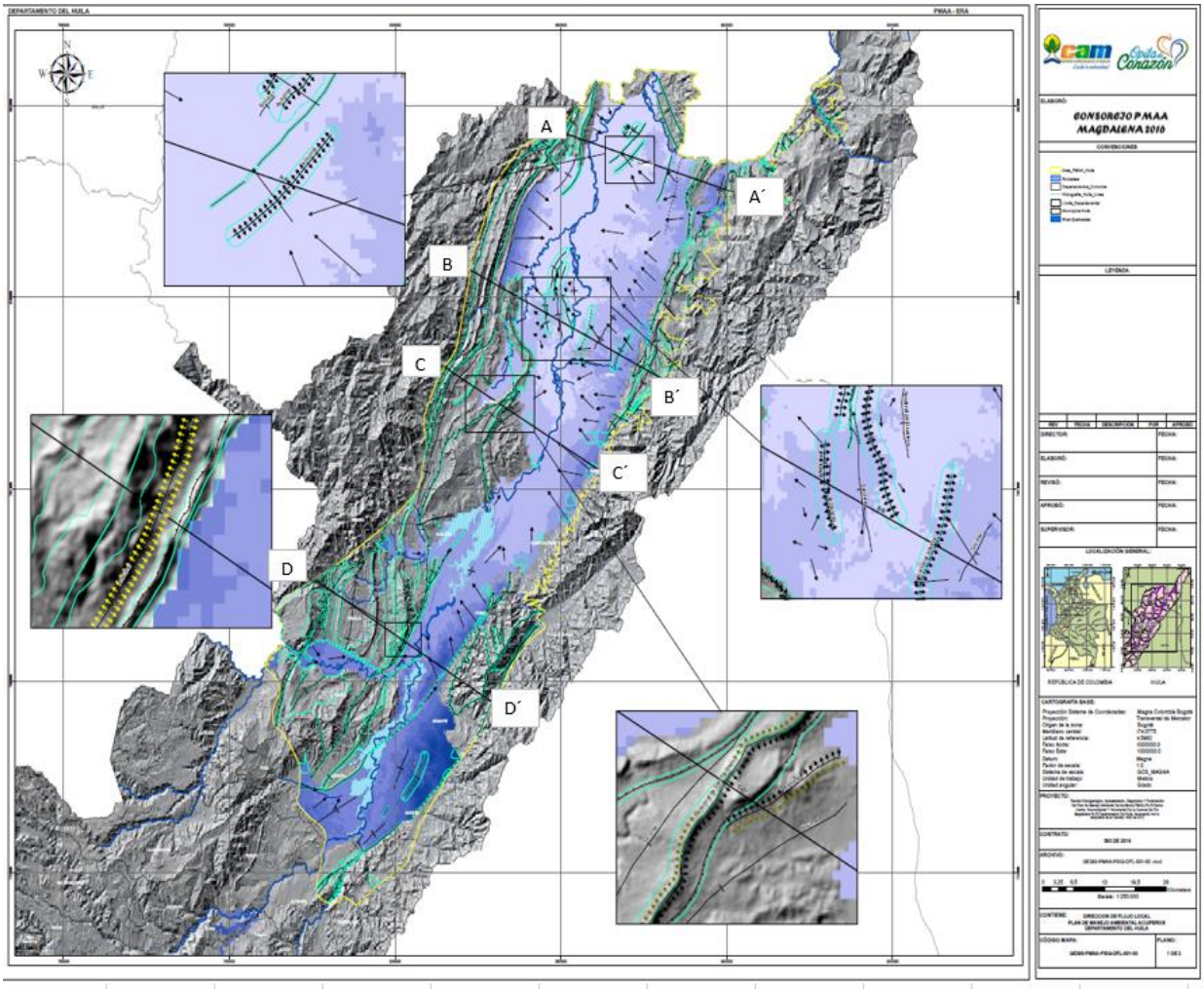


Ilustración 148 Mapa de dirección de flujo local
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.5.3.1 Región Norte:

3.5.3.1.1 Perfil A-A´

En la **Ilustración 149** muestra el perfiles A-A´, donde se esquematiza la dirección de flujos locales, se observa que las áreas de recarga se presentan en los altos topográficos,

anticlinales y otros pliegues menores donde los materiales permeables de las Formaciones Caballos (K1c), Grupo Guadalupe (K2g), los miembros Formación Gualanday inferior y superior (E2gyi, E2gys), Grupo Honda (N1h), Formación Gigante inferior (N2gii) y los Depósitos Cuaternarios Abanico antiguo y/o de Terraza Alta (Q1al), Depósitos abanico y/o Terraza baja, Depósitos coluviales y Depósitos aluviales recientes (Qalr) permiten el tránsito y almacenamiento de agua subterránea. También se identifican como áreas de recargas aquellas zonas afectadas por tectonismos que están fallas por ejemplo la zona del plano de Falla de Baraya y Andalucía que aumentan la porosidad secundaria en las rocas y a su vez actúan como canales conductores para el tránsito del agua permitiendo la recargar a los acuíferos más profundos. En la progresiva K4+000 a K5+000 se presentan aflorando rocas de la Formación Saldaña (T2Jsal) en donde los primeros metros se encuentre la zona de meteorización y la fracturación en las rocas, por lo tanto se considera que esta zona se presentan movimiento de flujo de agua, el cual decrece progresivamente al aumentar la profundidad.

Estos flujos de agua subterránea descargan en los bajos topográficos y en las estructuras como el sinclinal de Media Luna, sinclinal de Cabaña, y sinclinal de Tivoli. También se identifica como zona de recarga directa el amplio Valle Superior del Río Magdalena donde el agua de las precipitaciones y de las aguas superficiales filtran los primeros metros del subsuelo alimentando a los acuíferos más someros. También son zonas de descarga los puntos de manantiales, quebradas y ríos que finalmente desembocan en el Río Magdalena.

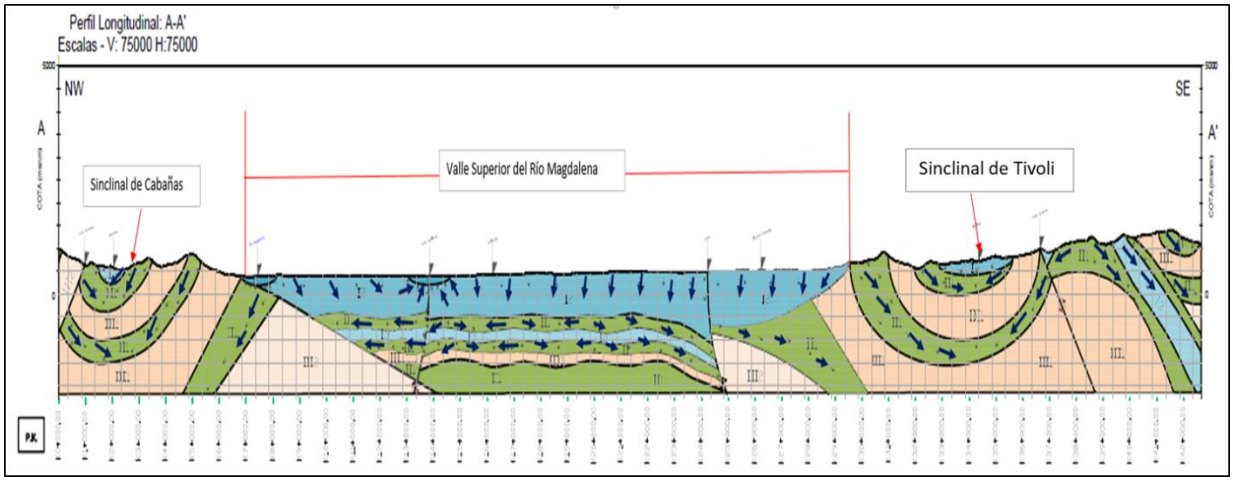


Ilustración 149 Corte A-A 'dirección de flujo Local
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.5.3.1.2 Perfil B-B´

En la **Ilustración 150** se muestra el perfiles B-B´, se esquematiza la dirección de flujos locales, se observa que las áreas de recarga se presentan en los altos topográficos, anticlinal de San Francisco y otros pliegues donde los materiales permeables de las

Formaciones Caballos (K1c), Grupo Guadalupe (K2g), los miembros inferior y superior Formación Gualanday (E2gyi, E2gys), Grupo Honda (N1h), Formación Gigante miembro inferior (N2gii) y los Depósitos Cuaternarios Abanico antiguo y/o de Terraza Alta (Q1al), Depósitos abanico y/o Terraza baja, Depósitos coluviales y Depósitos aluviales recientes (Qalr) permiten el tránsito y almacenamiento de agua subterránea. También se identifican como áreas de recargas aquellas zonas afectadas por tectonismos que están falladas y fracturadas aumentando la porosidad secundaria actuando como canales conductores para el tránsito de agua lo que permite la recargar a los acuíferos más profundos.

En el flanco más oriental de la sección B-B´ específicamente en la progresiva K45+000 donde se encuentran aflorando rocas del Macizo de Garzón (Mp3mg) en los primeros metros de la superficie se encuentre la zona de meteorización y la fracturación en las rocas, se considera que esta zona se presentan movimiento de flujo de agua, el cual decrece progresivamente al aumentar la profundidad. A demás se identifica como zona de recarga directa el amplio Valle Superior del Río Magdalena donde el agua de las precipitaciones y de las aguas superficiales filtración los primeros metros del subsuelo alimentando a los acuíferos más someros.

Estos flujos de agua subterránea descargan en los bajos topográficos y en las estructuras como el sinclinal de San Antonio y Valle Superior del Río Magdalena. Finalmente en superficie se identifican en los puntos de descarga a manantiales, quebradas y ríos que desembocan en el Río Magdalena.

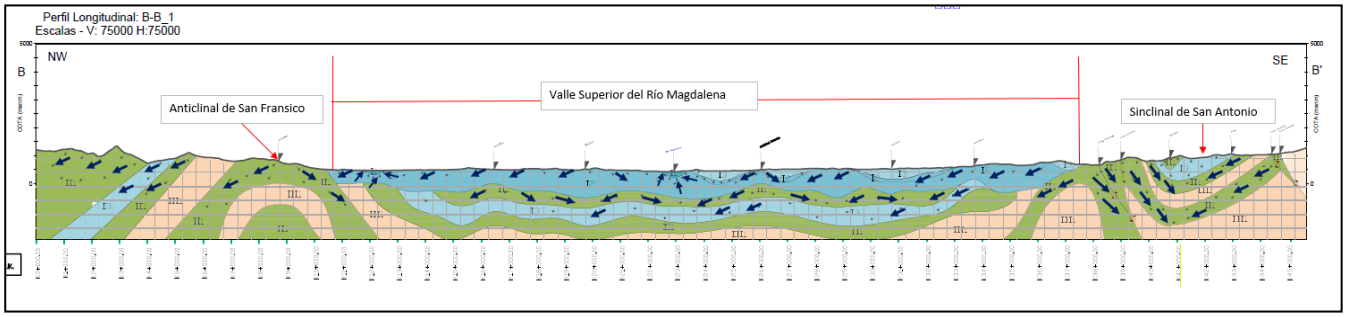


Ilustración 150 Corte B-Dirección de flujo Local
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.5.3.1.3 Perfil C-C´

En la **Ilustración 151** se muestra el perfiles C-C´, donde se esquematiza la dirección de flujos locales, se observa que las áreas de recarga se presentan en los altos topográficos, anticlinal de San Francisco y otros pliegues donde los materiales permeables de las Formaciones Caballos (K1c), Grupo Guadalupe (K2g), los miembros Formación Gualanday inferior y superior (E2gyi, E2gys), Grupo Honda (N1h), Formación Gigante inferior (N2gii) y los Depósitos Cuaternarios Abanico antiguo y/o de Terraza Alta (Q1al), Depósitos abanico y/o Terraza baja, Depósitos coluviales y Depósitos aluviales recientes

(Qalr) permiten el tránsito y almacenamiento de agua subterránea. También se identifican como áreas de recargas aquellas zonas afectadas por tectonismos que están falladas y fracturadas aumentando la porosidad secundaria actuando como canales conductores para el tránsito de agua lo que permite la recargar a los acuíferos más profundos.

En el flanco Occidental entre las progresivas K0+000 y K0+500 afloran rocas del Batolito de Ibagué (J3i) y al flanco oriental en la progresiva K45+000 donde se encuentran rocas del Macizo de Garzón (Mp3mg) se presume que en los primeros metros de la superficie se encuentre la zona de meteorización y la fracturación en las rocas, donde se presentan movimiento de flujo de agua, el cual decrece progresivamente al aumentar la profundidad.

Estos flujos de agua subterránea descargan en los bajos topográficos y en las estructuras como el sinclinal de Palermo y Abanico Aluvial de Palermo y en Valle Superior del Río Magdalena. A demás se identifica como zona de recarga directa el amplio Valle Superior del Río Magdalena donde el agua de las precipitaciones y de las aguas superficiales filtración los primeros metros del subsuelo alimentando a los acuíferos más someros. Las zonas de descarga se identifican en los puntos de manantiales superficiales, quebradas y ríos que finalmente desembocan en el Río Magdalena.

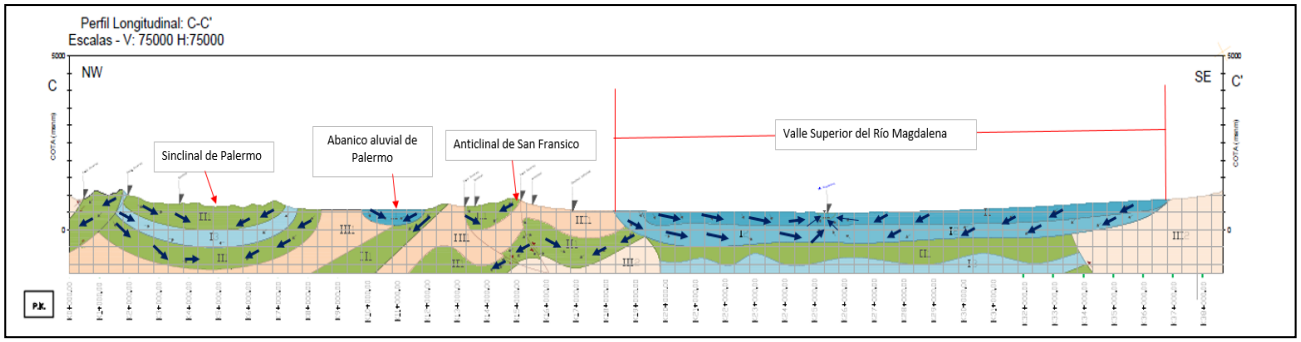


Ilustración 151 Corte C-Dirección de flujo Local
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.5.3.2 Región Occidente

3.5.3.2.1 Perfil D-D´

En la **Ilustración 152**, se muestra el perfiles D-D´, esquematiza la dirección de flujos locales, se observa que las áreas de recarga se presentan en los altos topográficos, anticlinal la Hocha y otros pliegues donde los materiales permeables de las Formaciones Caballos (K1c), Grupo Guadalupe (K2g), los miembros Formación Gualanday inferior y superior (E2gyi, E2gys), Grupo Honda (N1h), Formación Gigante inferior (N2gii) y los Depósitos Cuaternarios Abanico antiguo y/o de Terraza Alta (Q1al), Depósitos abanico y/o Terraza baja, Depósitos coluviales y Depósitos aluviales recientes (Qalr) permiten el tránsito y almacenamiento de agua subterránea. También se identifican como áreas de recargas aquellas zonas afectadas por tectonismos que están falladas y fracturadas

aumentando la porosidad secundaria actuando como canales conductores para el tránsito de agua lo que permite la recargar a los acuíferos más profundos.

En el flanco Occidental entre las progresivas K0+000 y K0+700 afloran rocas del Batolito de Ibagué (J3i) y al flanco oriental entre las progresivas K36+000 a K43+700 se encuentran rocas del Monzogranito de Algeciras (Jmgalg) y de K43+700 hasta K45+500 las rocas del Macizo de Garzón (Mp3mg) se presume que en los primeros metros de la superficie se encuentre la zona de meteorización y la fracturación en las rocas, donde se presentan movimiento de flujo de agua, el cual decrece progresivamente al aumentar la profundidad.

Estos flujos de agua subterránea descargan en los bajos topográficos y en las estructuras como el sinclinal de Tesalia y el Valle Superior del Río Magdalena. A demás se identifica como zona de recarga directa el amplio Valle Superior del Río Magdalena donde el agua de las precipitaciones y de las aguas superficiales filtración los primeros metros del subsuelo alimentando a los acuíferos más someros. En superficie se identifican en los puntos de manantiales como zonas de descarga, al igual que las quebradas y ríos que finalmente desembocan en el Río Magdalena

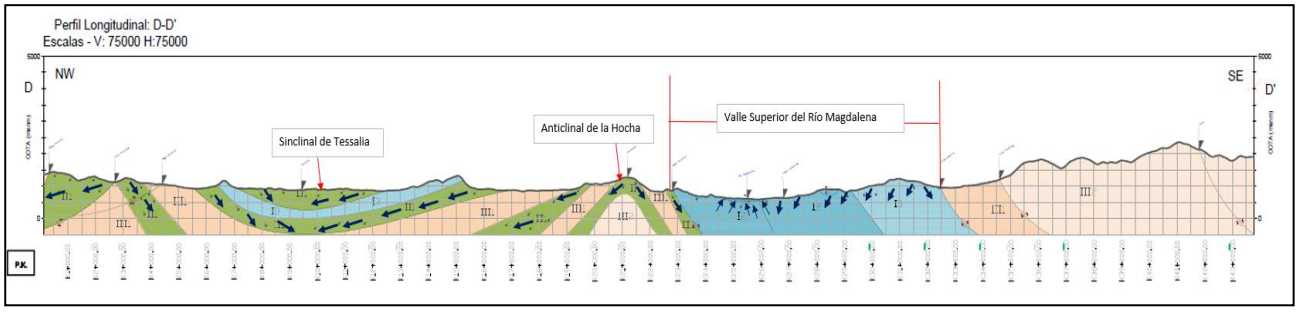


Ilustración 152 Corte D-Dirección de flujo Local
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.6 ANÁLISIS HIDROLÓGICO

Es fundamental realizar la caracterización hidrológica de la zona de la Cuenca del Valle Superior del Magdalena, con el fin de establecer los aspectos climáticos que se ven ligados en la carga y descarga de los sistemas de acuíferos del Departamento de Huila.

Estos parámetros se establecieron partiendo de datos históricos de estaciones meteorológicas operadas por el instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), situadas a lo largo del departamento del Huila, Para el presente estudio, fueron analizadas las estaciones climatológicas, pluviométricas, pluviográficas, sinópticas principales y agro meteorológicas disponibles.

En la **Tabla 59** y **Tabla 60** se presentan las estaciones de medición de precipitación y temperatura representativas de la zona de estudio, las cuales presentan registros para el

análisis requerido para los componentes climáticos para el Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos PMAA. Además, en el Anexo F se presentan los datos de las estaciones de medición del IDEAM.

3.6.1 Caracterización de La Red Meteorológica Existente

3.6.2 Estaciones Medidoras De Precipitación

Las estaciones medidoras de precipitación en la zona de estudio para el análisis de precipitación el Departamento del Huila se seleccionaron con registros iguales o mayores a 15 años; sin embargo, para algunos parámetros, en especial algunos climatológicos, debido a la escasa información disponible, fue necesario seleccionar algunas estaciones con registros de tiempo menor, pero, aun así, representativos de la zona de estudio.

Para el análisis de precipitación del departamento, fueron 170 las estaciones útiles en principio para el desarrollo del presente estudio, categorizadas como pluviométricas, pluviográficas, climatológicas ordinarias, climatológicas principales, sinópticas secundarias y agrometereológicas, localizadas en el departamento. En el **Tabla 59** se muestran las estaciones medidoras de precipitación, indicando su código, tipo, municipio, coordenadas y elevación.

3.6.3 Estaciones Medidoras De Temperatura

Para el análisis de temperatura del departamento, fueron 42 las estaciones útiles en principio para el desarrollo del presente estudio, categorizadas como climatológicas ordinarias, climatológicas principales, sinópticas secundarias y agrometereológicas, localizadas en el departamento. En el **Tabla 60** se muestran las estaciones medidoras de temperatura, indicando su código, tipo, municipio, coordenadas y elevación

Tabla 59 Estaciones medidoras de precipitación localizadas en el departamento de Huila

CÓDIGO	TE	NOMBRE DE ESTACIÓN	DPTO.	NOMBRE MUNICIPIO	COORDENADAS		ELEV.
					LATITUD	LONGITUD	(msnm)
21030080	PM	ACEVEDO [21030080]	HUILA	ACEVEDO	1.8084	-75.8898	1350.0
21030040	PM	ACEVEDO ICEL [21030040]	HUILA	ACEVEDO	1.8333	-75.8667	1350.0
21040010	PM	AGRADO [21040010]	HUILA	AGRADO	2.2500	-75.7667	905.0
21105030	CO	ALGECIRAS [21105030]	HUILA	ALGECIRAS	2.5217	-75.3223	1150.0
21100020	PM	ALGECIRAS-HDA SATI [21100020]	HUILA	ALGECIRAS	2.5500	-75.3167	1100.0
21025020	CO	ALTAMIRA [21025020]	HUILA	ALTAMIRA	2.0667	-75.8000	1352.0
21020020	PM	ALTAMIRA [21020020]	HUILA	ALTAMIRA	2.0667	-75.8000	1080.0
21025030	CO	ALTAMIRA EL GRIFO [21025030]	HUILA	ALTAMIRA	2.0792	-75.7362	1368.0
21010190	PM	ALTO DEL OBISPO [21010190]	HUILA	SAN AGUSTÍN	1.8498	-76.2501	1700.0
21110420	PG	ANTENA CERRO NEIVA [21110420]	HUILA	NEIVA	2.8500	-75.2000	2030.0

CÓDIGO	TE	NOMBRE DE ESTACIÓN	DPTO.	NOMBRE MUNICIPIO	COORDENADAS		ELEV.
					LATITUD	LONGITUD	(msnm)
21040020	PM	ANTENA TV [21040020]	HUILA	AGRADO	2.3340	-75.7285	2210.0
21115020	SS	APTO BENITO SALAS [21115020]	HUILA	NEIVA	2.9488	-75.2931	439.0
21100140	PM	ARCADIA LA [21100140]	HUILA	ALGECIRAS	2.4348	-75.4009	1380.0
21050060	PM	ARGENTINA LA [21050060]	HUILA	LA ARGENTINA	2.1991	-75.9723	1500.0
21140030	PM	ARIZONA [21140030]	HUILA	BARAYA	3.2764	-74.9360	638.0
21145020	CO	ARIZONA [21145020]	HUILA	BARAYA	3.2764	-74.9360	638.0
21080090	PG	ARMENIA LA [21080090]	HUILA	TERUEL	2.8500	-75.5500	2700.0
21100150	PM	ARROLIMA [21100150]	HUILA	CAMPOALEGRE	2.6500	-75.3500	500.0
21010130	PM	BAJO FRUTAL [21010130]	HUILA	SAN AGUSTÍN	1.8103	-76.2438	1660.0
21145010	CO	BANQUITO EL [21145010]	HUILA	COLOMBIA	3.3833	-74.8500	800.0
21110070	PM	BARAYA [21110070]	HUILA	BARAYA	3.1503	-75.0573	615
21115110	AM	BARAYA [21115110]	HUILA	BARAYA	3.1500	-75.0667	635.0
21010230	PM	BETANIA TV [21010230]	HUILA	SAN AGUSTÍN	1.9058	-76.3043	1949.0
21045010	CO	BETULIA LA [21045010]	HUILA	AGRADO	2.2816	-75.7051	780.0
21110230	PM	BOCA LA [21110230]	HUILA	VILLAVIEJA	3.1833	-75.2667	430.0
21115120	CO	BOCA LA [21115120]	HUILA	VILLAVIEJA	3.1833	-75.2667	420.0
21090090	PM	BUENAVISTA [21090090]	HUILA	PALERMO	2.8333	-75.3500	520.0
21080120	PG	BUENAVISTA HDA [21080120]	HUILA	IQUIRA	2.6500	-75.7333	1720.0
21100010	PM	CAMPOALEGRE [21100010]	HUILA	CAMPOALEGRE	2.6833	-75.3333	490.0
21010140	PM	CANDELA LA [21010140]	HUILA	SAN AGUSTÍN	1.8644	-76.3608	1940.0
21080050	PM	CARACOL EL [21080050]	HUILA	TERUEL	2.7667	-75.6000	1080.0
21090140	PM	CARDO 2 EL [21090140]	HUILA	PALERMO	2.8833	-75.3833	480.0
21090100	PM	CARDO EL [21090100]	HUILA	PALERMO	2.8833	-75.3833	480.0
21130060	PM	CARMEN EL [21130060]	HUILA	PALERMO	3.0071	-75.5592	2250.0
21090060	PM	CASA BOMBAS 1 JUNC [21090060]	HUILA	PALERMO	2.7833	-75.3333	450.0
21090120	PM	CASA BOMBAS 2 [21090120]	HUILA	PALERMO	2.7833	-75.3667	455.0
21110410	PG	COLONIA LA HDA [21110410]	HUILA	NEIVA	2.8000	-75.0833	2100
21060100	PM	CRISTALINA LA HDA [21060100]	HUILA	GIGANTE	2.3172	-75.5036	1460.0
21090020	PM	CUCHARO EL [21090020]	HUILA	PALERMO	2.8556	-75.3992	620.0
21035030	CO	CUEVA LOS GUARACHOS [21035030]	HUILA	ACEVEDO	1.5833	-76.0000	2225.0
21055020	CP	ESC AGR LA PLATA [21055020]	HUILA	LA PLATA	2.3783	-75.8913	1070.0
21010170	PM	ESC BELEN [21010170]	HUILA	ISNOS	1.9014	-76.1725	1700.0
21040070	PM	ESCALERETA LA [21040070]	HUILA	AGRADO	2.2167	-75.6833	700.0
21060080	PM	GARZÓN [21060080]	HUILA	GARZÓN	2.1901	-75.6051	990.0
21060030	PM	GIGANTE 1 [21060030]	HUILA	GIGANTE	2.4000	-75.5500	1332.0
21060070	PM	GIGANTE 2 [21060070]	HUILA	GIGANTE	2.3889	-75.5381	850.0
21110430	PG	GIRONDA LA HDA [21110430]	HUILA	NEIVA	2.9061	-75.1204	1060.0

CÓDIGO	TE	NOMBRE DE ESTACIÓN	DPTO.	NOMBRE MUNICIPIO	COORDENADAS		ELEV.
					LATITUD	LONGITUD	(msnm)
21030050	PM	GUADALUPE [21030050]	HUILA	GUADALUPE	2.0263	-75.7754	893.0
21110440	PM	GUADUAL EL [21110440]	HUILA	RIVERA	2.7957	-75.2393	735.0
21050140	PM	HATILLO EL [21050140]	HUILA	TESALIA	2.5108	-75.6157	900.0
21110180	PM	HATO BOGOTÁ [21110180]	HUILA	TELLO	3.0360	-75.1597	591.0
21110040	PM	HATO MILAGRO [21110040]	HUILA	TELLO	3.0749	-75.1684	548.0
21080100	PM	HERRERAS LAS [21080100]	HUILA	TERUEL	2.7728	-75.6131	1800.0
21090130	PM	HIDROBETANIA [21090130]	HUILA	YAGUARA	2.7000	-75.4333	500.0
21095020	CP	HIDROBETANIA [21095020]	HUILA	CAMPOALEGRE	2.7134	-75.4249	500.0
21105060	CP	HIDROBETANIA [21105060]	HUILA	CAMPOALEGRE	2.7134	-75.4249	500.0
21060090	PM	HOBO EL [21060090]	HUILA	HOBO	2.5748	-75.4355	636.0
21010250	PM	HORNITOS [21010250]	HUILA	ISNOS	1.9778	-76.2535	2000.0
21010110	PM	INSFOPAL [21010110]	HUILA	PITALITO	1.8449	-76.0744	1265.0
21085020	CO	IQUIRA [21085020]	HUILA	IQUIRA	2.6522	-75.6293	1095.0
21030090	PM	JAGUA LA [21030090]	HUILA	GARZÓN	2.1696	-75.6777	755.0
21135050	CO	JULIA LA [21135050]	HUILA	NEIVA	3.0988	-75.5300	1691.0
21095010	CO	JUNCAL EL [21095010]	HUILA	PALERMO	2.8288	-75.3312	460.0
21090150	PM	JUNCALITO [21090150]	HUILA	PALERMO	2.8500	-75.3167	450.0
21010040	PM	LAGUNA LA [21010040]	HUILA	PITALITO	1.9615	-76.0857	1334.0
21115140	CO	LAURELES LOS [21115140]	HUILA	BARAYA	3.0940	-74.9211	2100.0
21145070	CO	LEGIOSA LA [21145070]	HUILA	COLOMBIA	3.3110	-74.7029	1476.0
21035040	CO	LIBANO EL [21035040]	HUILA	SUAZA	1.8684	-75.8278	1045.0
21140130	PG	LIBANO EL [21140130]	HUILA	COLOMBIA	3.6455	-74.6669	2000.0
21100030	PM	LLANO AZUL [21100030]	HUILA	CAMPOALEGRE	2.6500	-75.4000	600.0
21130170	PM	MANGA LA HDA [21130170]	HUILA	AIPE	3.2000	-75.2667	450.0
21115160	AM	MANILA LA HDA [21115160]	HUILA	BARAYA	3.1332	-75.0815	600.0
21010060	PM	MEDIANÍA [21010060]	HUILA	ISNOS	2.0208	-76.1721	1763.0
21050190	PM	MEREMBERG HDA [21050190]	HUILA	LA PLATA	2.2181	-76.1174	2220.0
21110160	PM	MESA REDONDA [21110160]	HUILA	TELLO	3.1185	-75.1990	500.0
21080040	PM	MICROCUENCA 1 [2108004]	HUILA	TERUEL	2.7667	-75.6000	1140.0
21080080	PG	MINA LA [21080080]	HUILA	TERUEL	2.7931	-75.6320	1800.0
21140080	PM	MIRAFLORES [21140080]	HUILA	COLOMBIA	3.4805	-74.7438	1049.0
21010210	PM	MONTECRISTO [21010210]	HUILA	PITALITO	1.7138	-76.1889	1674.0
21010220	PM	MORELIA [21010220]	HUILA	SALADOBLANCO	2.0659	-76.2017	1625.0
21050090	PM	NATAGA [21050090]	HUILA	NATAGA	2.5514	-75.8065	1545.0
21110460	PM	NEIVA [21110460]	HUILA	NEIVA	2.9398	-75.2429	593.0
21115040	CO	NEIVA GJA [21115040]	HUILA	NEIVA	2.9500	-75.3000	438.0
21100080	PM	NUEVO PARAÍSO [21100080]	HUILA	ALGECIRAS	2.6153	-75.2067	1525.0

CÓDIGO	TE	NOMBRE DE ESTACIÓN	DPTO.	NOMBRE MUNICIPIO	COORDENADAS		ELEV.
					LATITUD	LONGITUD	(msnm)
21040030	PM	OPORAPA [21040030]	HUILA	OPORAPA	2.0322	-75.9954	1641.0
21130080	PM	ÓRGANOS [21130080]	HUILA	NEIVA	3.1208	-75.4923	800.0
21050150	PM	PÁEZ PAICOL RADIO [21050150]	HUILA	PAICOL	2.4584	-75.7583	788.0
21115100	CO	PALACIO-VEGA LARGA [21115100]	HUILA	NEIVA	2.9426	-75.0666	1100.0
21100120	PM	PALCO EL [21100120]	HUILA	CAMPOALEGRE	2.7000	-75.2333	880.0
21120030	PM	PALERMO [21120030]	HUILA	PALERMO	2.9041	-75.4433	600.0
21125020	CO	PALERMO [21125020]	HUILA	PALERMO	2.8822	-75.4451	550.0
21010100	PM	PALESTINA [21010100]	HUILA	PALESTINA	1.7248	-76.1333	1530.0
21090040	PM	PAPAGAYO HDA [21090040]	HUILA	PALERMO	2.7776	-75.3475	460.0
21120010	PM	PARAGUAY HDA [21120010]	HUILA	PALERMO	2.9778	-75.4854	1300.0
21015030	CP	PARQUE ARQUEOLÓGICO [21015030]	HUILA	SAN AGUSTÍN	1.8885	-76.2950	1800.0
21130050	PM	PÉREZ HDA [21130050]	HUILA	AIPE	3.2436	-75.2559	450.0
21100040	PM	PIRAVANTE HDA [21100040]	HUILA	CAMPOALEGRE	2.7333	-75.2833	500.0
21060040	PM	PITA LA [21060040]	HUILA	GARZÓN	2.2020	-75.5486	1330.0
21010030	PM	PITALITO [21010030]	HUILA	PITALITO	1.8667	-76.0167	1320.0
21015010	CO	PITALITO [21015010]	HUILA	PITALITO	1.8667	-76.0167	1320.0
21110330	PM	POLONIA [21110330]	HUILA	VILLAVIEJA	3.1874	-75.2184	429.0
21115070	CO	PORTAL EL [21115070]	HUILA	TELLO	3.0149	-75.0730	1300.0
21110090	PM	POTOSI [21110090]	HUILA	VILLAVIEJA	3.3873	-75.1700	400
21100100	PM	POTOSI HDA [21100100]	HUILA	CAMPOALEGRE	2.6968	-75.2989	550
21105040	CO	POTOSI HDA [21105040]	HUILA	CAMPOALEGRE	2.6968	-75.2989	680
21120040	PM	POTRERITO [21120040]	HUILA	AIPE	3.1411	-75.3795	850
21125030	CO	POTRERITO [21125030]	HUILA	AIPE	3.1411	-75.3795	850
21130110	PG	PRAGA [21130110]	HUILA	AIPE	3.2686	-75.4907	1085
21040040	PM	PTE BALSEADERO RAD [21040040]	HUILA	AGRADO	2.2324	-75.6486	688
21020050	PM	PTE SALADOBLANCO R [21020050]	HUILA	ELÍAS	1.9842	-76.0138	1046
21110130	PG	PUEBLO NUEVO [21110130]	HUILA	NEIVA	2.8055	-75.0853	1580
21100090	PM	PUERTA COLORADA HD [21100090]	HUILA	ALGECIRAS	2.5667	-75.3000	1160
21030030	PM	RESINA [21030030]	HUILA	GUADALUPE	1.9167	-75.7000	1915
21035020	CO	RESINA [21035020]	HUILA	GUADALUPE	1.9139	-75.6790	2102
21060110	PM	RIOLORO [21060110]	HUILA	GIGANTE	2.3215	-75.6247	721
21120130	PM	RIO NEGRO HDA [21120130]	HUILA	PALERMO	2.9119	-75.4261	560
21110210	PM	RIVERA-CUCOLANDIA [21110210]	HUILA	RIVERA	2.7667	-75.2333	600
21105050	CP	ROSALES LOS [21105050]	HUILA	CAMPOALEGRE	2.6163	-75.4179	553
21030060	PM	SAN ADOLFO [21030060]	HUILA	ACEVEDO	1.7143	-76.0221	1345
21010070	PM	SAN AGUSTÍN [21010070]	HUILA	SAN AGUSTÍN	1.8500	-76.3000	1720
21140390	PM	SAN ALFONSO [21140390]	HUILA	VILLAVIEJA	3.3734	-75.1101	420

CÓDIGO	TE	NOMBRE DE ESTACIÓN	DPTO.	NOMBRE MUNICIPIO	COORDENADAS		ELEV.
					LATITUD	LONGITUD	(msnm)
21145040	AM	SAN ALFONSO [21145040]	HUILA	VILLAVIEJA	3.3734	-75.1101	440
21030110	PM	SAN ANTONIO DEL PE [21030110]	HUILA	GARZÓN	2.0778	-75.6819	1190
21120080	PM	SAN FRANCISCO [21120080]	HUILA	NEIVA	3.0833	-75.4333	852
21125040	CO	SAN FRANCISCO [21125040]	HUILA	NEIVA	3.0833	-75.4333	800
21140040	PG	SAN ISIDRO [21140040]	HUILA	CABRERA	4.5833	-74.6333	1960
21115060	CO	SAN JOSÉ [21115060]	HUILA	VILLAVIEJA	3.3292	-75.1841	400
21010050	PM	SAN JOSÉ DE ISNOS [21010050]	HUILA	ISNOS	1.9316	-76.2149	1720
21080110	PG	SAN JOSÉ HDA [21080110]	HUILA	TESALIA	2.5787	-75.7187	1000
21140100	PM	SAN JUANITO [21140100]	HUILA	VILLAVIEJA	3.4230	-75.1046	368
21130040	PM	SAN LUIS [21130040]	HUILA	NEIVA	3.0806	-75.4847	1140
21130070	PM	SAN PEDRO [21130070]	HUILA	AIPE	3.2500	-75.4500	850
21085030	CO	SAN RAFAEL [21085030]	HUILA	TERUEL	2.7604	-75.5827	1030
21050160	PM	SAN VICENTE [21050160]	HUILA	LA PLATA	2.3171	-76.0101	1745
21090110	PM	SANTA BÁRBARA [21090110]	HUILA	PALERMO	2.8655	-75.3399	454
21015020	CO	SEVILLA [21015020]	HUILA	PITALITO	1.8217	-76.1248	1320
21110310	PM	SINAÍ HDA [21110310]	HUILA	VILLAVIEJA	3.3333	-75.2000	400
21140060	PM	STA ANA [21140060]	HUILA	COLOMBIA	3.5833	-74.7500	1100
21145080	CO	STA ANA [21145080]	HUILA	COLOMBIA	3.5898	-74.7029	1410
21100070	PG	STA BÁRBARA FCA [21100070]	HUILA	ALGECIRAS	2.5617	-75.2351	1750
21090030	PM	STA CECILIA [21090030]	HUILA	PALERMO	2.9167	-75.3167	450
21110400	PG	STA HELENA [21110400]	HUILA	NEIVA	2.8511	-75.1082	1160
21115050	AM	STA HELENA [21115050]	HUILA	BARAYA	3.1333	-75.0667	1735
21125010	CO	STA MARIA [21125010]	HUILA	SANTA MARIA	2.9426	-75.5838	1300
21080070	PM	STA ROSA HDA [21080070]	HUILA	YAGUARA	2.6369	-75.5809	650
21145060	CO	STO. DOMINGO [21145060]	HUILA	BARAYA	3.2307	-74.9434	1275
21140140	PM	STO. DOMINGO D C [21140140]	HUILA	BARAYA	3.2500	-74.8667	1300
21010200	PM	SULCHOMISCO [21010200]	HUILA	SAN AGUSTÍN	1.8536	-76.3176	1800
21010180	PM	TABOR EL [21010180]	HUILA	PALESTINA	1.6953	-76.1552	1700
21040050	PM	TARQUI [21040050]	HUILA	TARQUI	2.1088	-75.8228	830
21110380	PM	TELLO [21110380]	HUILA	TELLO	3.0500	-75.1500	520
21085040	CO	TERPEYA COLOMBIA [21085040]	HUILA	IQUIRA	2.6628	-75.6656	1650
21050100	PM	TESALIA 1 [21050100]	HUILA	TESALIA	2.4833	-75.7167	990
21050290	PM	TESALIA 2 [21050290]	HUILA	TESALIA	2.4913	-75.7285	825
21140110	PM	TOMO EL [21140110]	HUILA	VILLAVIEJA	3.3454	-75.0974	440
21120090	PM	TOTUMO EL [21120090]	HUILA	PALERMO	2.8703	-75.4910	700
21080130	PG	TOTUMO EL HDA [21080130]	HUILA	IQUIRA	2.5938	-75.6212	790
21040060	PM	TRES ESQUINAS [21040060]	HUILA	PITAL	2.1994	-75.7794	805

CÓDIGO	TE	NOMBRE DE ESTACIÓN	DPTO.	NOMBRE MUNICIPIO	COORDENADAS		ELEV.
					LATITUD	LONGITUD	(msnm)
21140010	PM	VENADO EL [21140010]	HUILA	COLOMBIA	3.2916	-74.9040	584
21110290	PM	VICTORIA LA [21110290]	HUILA	VILLAVIEJA	3.3496	-75.1703	400
21010160	PM	VILLA FÁTIMA [21010160]	HUILA	SAN AGUSTÍN	1.8996	-76.3933	1724
21115150	CO	VILLARANZA [21115150]	HUILA	NEIVA	2.9333	-75.2000	740
21115080	CO	VILLAVIEJA FFCC [21115080]	HUILA	VILLAVIEJA	3.2225	-75.2163	430
21020040	PM	VISO EL [21020040]	HUILA	ELÍAS	2.0154	-75.9078	1070
21120100	PM	VOLCÁN EL [21120100]	HUILA	PALERMO	2.8650	-75.5666	1105
21105020	CO	VUELTA LA [21105020]	HUILA	CAMPOALEGRE	2.6500	-75.3667	500
21080030	PM	YAGUARA [21080030]	HUILA	YAGUARA	2.6696	-75.5289	600
21050170	PM	YARUMAL [21050170]	HUILA	NATAGA	2.6524	-75.7589	1950
21110120	PM	YEGÜERA LA [21110120]	HUILA	VILLAVIEJA	3.3053	-75.2008	400
21065040	CO	ZULUAGA [21065040]	HUILA	GARZÓN	2.2525	-75.5294	1270

Nota:

PM: Pluviométrica
PG: Pluviográfica
SS: Sinóptica Secundaria
CO: Climatológica Ordinaria
CP: Climatológica Principal
AM: Agrometereológica

Fuente: IDEAM

Tabla 60 Estaciones medidoras de temperatura localizadas en el departamento de Huila.

CODIGO	TE	NOMBRE DE ESTACIÓN	DPTO.	NOMBRE MUNICIPIO	COORDENADAS		ELEV. (msnm)
					LATITUD	LONGITUD	
21115110	AM	BARAYA [21115110]	HUILA	BARAYA	3.1500	-75.0667	635.0
21115160	AM	MANILA LA HDA [21115160]	HUILA	BARAYA	3.1332	-75.0815	600.0
21105030	CO	ALGECIRAS [21105030]	HUILA	ALGECIRAS	2.5217	-75.3223	1150.0
21025020	CO	ALTAMIRA [21025020]	HUILA	ALTAMIRA	2.0667	-75.8000	1352.0
21025030	CO	ALTAMIRA EL GRIFO [21025030]	HUILA	ALTAMIRA	2.0792	-75.7362	1368.0
21115020	SS	APTO BENITO SALAS [21115020]	HUILA	NEIVA	2.9488	-75.2931	439.0
21145020	CO	ARIZONA [21145020]	HUILA	BARAYA	3.2764	-74.9360	638.0
21145010	CO	BANQUITO EL [21145010]	HUILA	COLOMBIA	3.3833	-74.8500	800.0
21045010	CO	BETULIA LA [21045010]	HUILA	AGRADO	2.2816	-75.7051	780.0
21115120	CO	BOCA LA [21115120]	HUILA	VILLAVIEJA	3.1833	-75.2667	420.0
21035030	CO	CUEVA LOS GUARACHOS [21035030]	HUILA	ACEVEDO	1.5833	-76.0000	2225.0
21055020	CP	ESC AGR LA PLATA [21055020]	HUILA	LA PLATA	2.3783	-75.8913	1070.0
21095020	CP	HIDROBETANIA [21095020]	HUILA	CAMPOALEGRE	2.7134	-75.4249	500.0
21105060	CP	HIDROBETANIA [21105060]	HUILA	CAMPOALEGRE	2.7134	-75.4249	500.0
21085020	CO	IQUIRA [21085020]	HUILA	IQUIRA	2.6522	-75.6293	1095.0
21135050	CO	JULIA LA [21135050]	HUILA	NEIVA	3.0988	-75.5300	1691.0
21095010	CO	JUNCAL EL [21095010]	HUILA	PALERMO	2.8288	-75.3312	460.0
21115140	CO	LAURELES LOS [21115140]	HUILA	BARAYA	3.0940	-74.9211	2100.0
21145070	CO	LEGIOSA LA [21145070]	HUILA	COLOMBIA	3.3110	-74.7029	1476.0
21035040	CO	LIBANO EL [21035040]	HUILA	SUAZA	1.8684	-75.8278	1045.0
21115040	CO	NEIVA GJA [21115040]	HUILA	NEIVA	2.9500	-75.3000	438.0
21115100	CO	PALACIO-VEGALARGA [21115100]	HUILA	NEIVA	2.9426	-75.0666	1100.0
21125020	CO	PALERMO [21125020]	HUILA	PALERMO	2.8822	-75.4451	550.0
21015030	CP	PARQUE ARQUEOLOGIC [21015030]	HUILA	SAN AGUSTIN	1.8885	-76.2950	1800.0
21115070	CO	PORTAL EL [21115070]	HUILA	TELLO	3.0149	-75.0730	1300.0
21105040	CO	POTOSI HDA [21105040]	HUILA	CAMPOALEGRE	2.6968	-75.2989	680
21035020	CO	RESINA [21035020]	HUILA	GUADALUPE	1.9139	-75.6790	2102
21105050	CP	ROSALES LOS [21105050]	HUILA	CAMPOALEGRE	2.6163	-75.4179	553
21145040	AM	SAN ALFONSO [21145040]	HUILA	VILLAVIEJA	3.3734	-75.1101	440
21125040	CO	SAN FRANCISCO [21125040]	HUILA	NEIVA	3.0833	-75.4333	800
21115060	CO	SAN JOSE [21115060]	HUILA	VILLAVIEJA	3.3292	-75.1841	400
21085030	CO	SAN RAFAEL [21085030]	HUILA	TERUEL	2.7604	-75.5827	1030
21015020	CO	SEVILLA [21015020]	HUILA	PITALITO	1.8217	-76.1248	1320
21145080	CO	STA ANA [21145080]	HUILA	COLOMBIA	3.5898	-74.7029	1410
21115050	AM	STA HELENA [21115050]	HUILA	BARAYA	3.1333	-75.0667	1735
21125010	CO	STA MARIA [21125010]	HUILA	SANTA MARIA	2.9426	-75.5838	1300
21145060	CO	STO DOMINGO [21145060]	HUILA	BARAYA	3.2307	-74.9434	1275
21085040	CO	TERPEYA COLOMBIA [21085040]	HUILA	IQUIRA	2.6628	-75.6656	1650
21115150	CO	VILLARANZA [21115150]	HUILA	NEIVA	2.9333	-75.2000	740
21115080	CO	VILLAVIEJA FFCC [21115080]	HUILA	VILLAVIEJA	3.2225	-75.2163	430
21105020	CO	VUELTA LA [21105020]	HUILA	CAMPOALEGRE	2.6500	-75.3667	500
21065040	CO	ZULUAGA [21065040]	HUILA	GARZON	2.2525	-75.5294	1270

Nota:
SS: Sinoptica Secundaria
CO: Climatológica Ordinaria
CP: Climatológica Principal
AM: Agrometereológica

Fuente: IDEAM

A continuación, en la Ilustración 153, se muestran las estaciones de medición de lluvias y temperatura ubicadas en la zona de estudio.

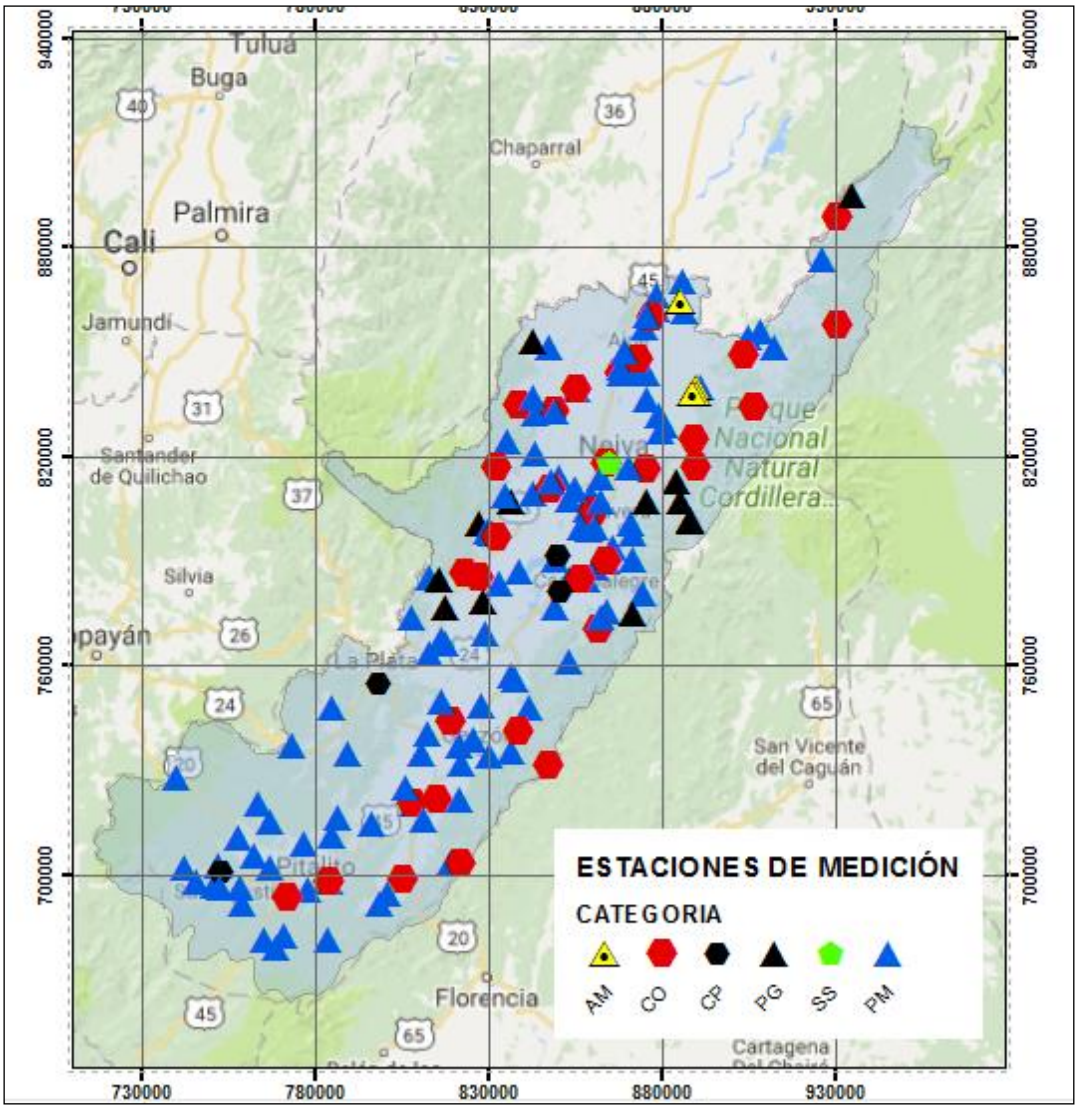


Ilustración 153 Localización de las estaciones de medición en la zona de estudio
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Para determinar las condiciones de precipitación y temperatura de la cuenca, debe contemplarse los registros mayores o iguales a 15 años. Dentro del presente estudio, se contempla el análisis de la distribución temporal y espacial de los diferentes parámetros climatológicos tomando los valores medios mensuales multianuales originados desde la información diaria disponible, así como su distribución espacial por medio de las isolíneas de precipitación y temperatura (Isoyetas e Isotermas), y a partir de las relaciones de cada parámetro con la altura, para las demás variables en estudio.

3.6.4 Caracterización Y Tratamiento De Las Variables Climatológicas.

Para hacer el análisis de los parámetros de precipitación y temperatura de la zona de estudio, es necesario revisar la calidad de la información existente. Por esta razón se debe revisar que las series de datos sean continuas, suficientes y homogéneas.

Dentro de los estudios de la climatología, la precipitación se considerada el parámetro determinante en la regulación, dinámica y generación del recurso hídrico, tanto superficial como subterránea. La precipitación funge como el componente más importante del ciclo hidrológico, garantizando la recarga de los acuíferos, la escorrentía superficial y la evaporación, y permitiendo el desarrollo de los seres vivos sobre el planeta. Se origina en la atmósfera, a partir de las nubes, cargadas de humedad que alcanzan su punto de saturación y se precipitan ayudadas por la fuerza de la gravedad. Cuando la velocidad del viento ascendente es alta, evita que las gotas de agua precipiten y las eleva hasta que se forma el granizo y vence la fuerza de gravedad precipitando en forma sólida. Por las razones expuestas anteriormente se tomará la precipitación, como la variable climatológica representativa de cada estación. Es decir que el tratamiento de datos y la selección de las estaciones en la zona de proyecto, se realizara sobre la variable mencionada anteriormente.

A continuación, se definen tres (3) criterios para seleccionar las estaciones, con las cuales se va a realizar el análisis de precipitación y temperatura sobre la zona de proyecto.

3.6.5 Selección De Las Estaciones Según El Área De Influencia Mediante Polígonos De Thiessen.

Para el análisis climático de la zona de estudio y las áreas de drenaje aferentes a esta, se recopiló la información de la zona en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM.

Sin embargo, como el análisis climatológico e hidrológico será realizado a nivel departamental, serán seleccionadas las estaciones de medición presentes a lo largo del mismo.

3.6.6 Selección De Las Estaciones Según Periodo De Registro Y Tipo De Estación.

Como segundo criterio de selección se analizó el periodo de registro de las estaciones para los parámetros de Precipitación y Temperatura.

En la **Ilustración 154,** se presenta el grafico del periodo de registro de un grupo de estaciones de precipitación, para observar el periodo de registro de las demás estaciones, remitirse al **Anexo F-3**.

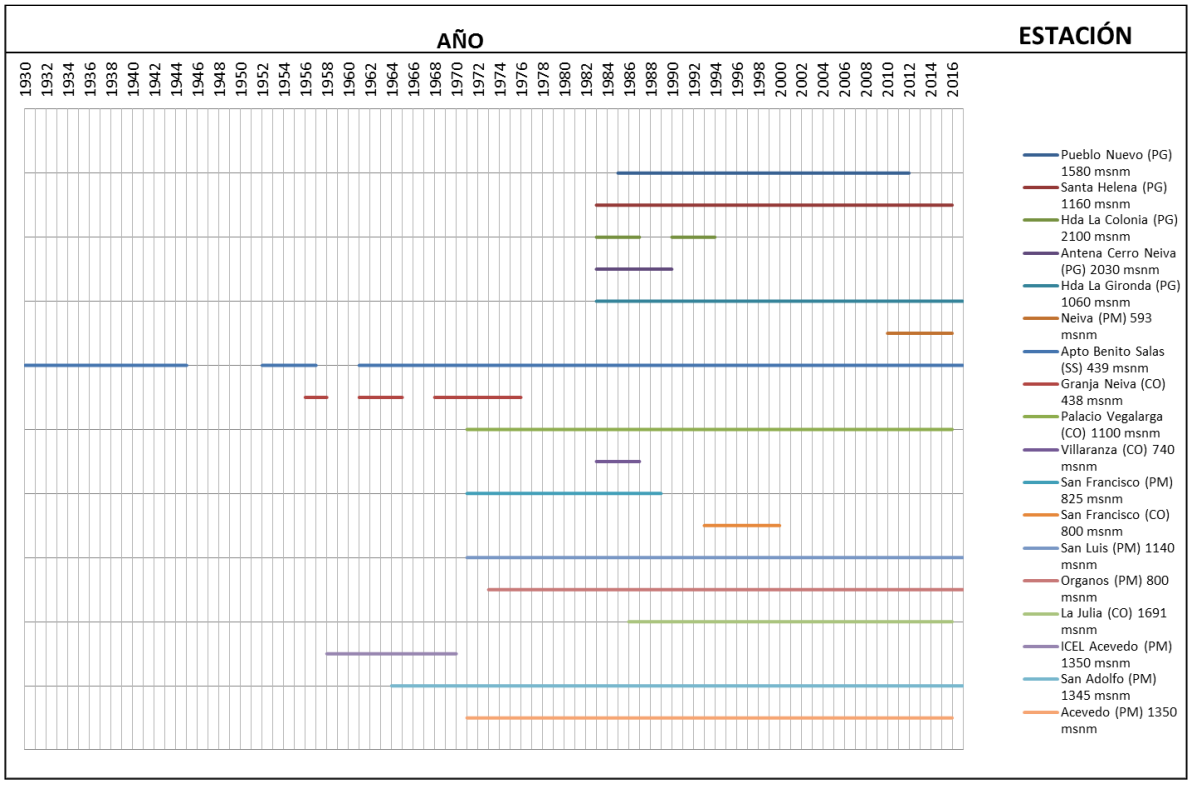


Ilustración 154 Diagrama de barras de registros históricos de precipitación total mensual en estaciones medidoras de precipitación
Fuente: IDEAM

De igual forma, se presenta el grafico del periodo de registro de un grupo de estaciones medidoras de temperatura en la **Ilustración 155** para observar el periodo de registro de las demás estaciones, se debe remitirse al **Anexo F-3**.

Una vez se revisó el periodo de registro de cada una de las estaciones; bajo este criterio de selección, se descartaron 41 estaciones medidoras de precipitación y 16 de temperatura, debido a que el periodo de registro era muy insuficiente para realizar los análisis posteriores con el fin de presentar la recarga a nivel anual. Posteriormente se realizó el análisis de homogeneidad y consistencia para finalmente escoger las estaciones representativas de la zona de estudio.

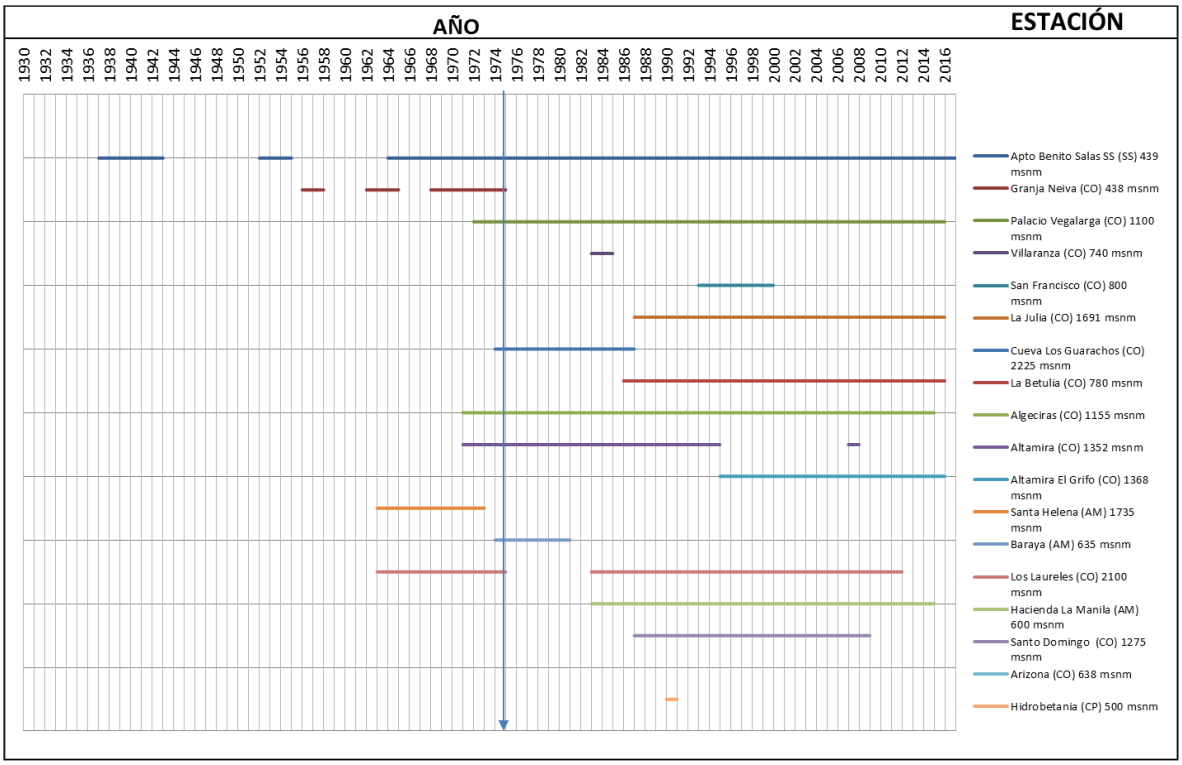


Ilustración 155 Diagrama de barras de registros históricos de temperatura media mensual en estaciones medidoras de temperatura.
Fuente: IDEAM

3.6.7 Complementación De Datos A Nivel Diario.

Para determinar los valores diarios faltantes en las estaciones seleccionadas para el análisis pluviométrico y de temperatura en el departamento del Huila, se establecieron correlaciones entre cada estación con datos faltantes y las estaciones localizadas en los alrededores de la misma, según disponibilidad, con el fin de estimar los valores diarios faltantes.

Utilizando la información diaria de las estaciones objeto de estudio, se revisó cuales tenían datos faltantes. Posterior a esto se definió como criterio para correlacionar las estaciones la ubicación de las mismas, es decir, se realizó la correlación de la estación que tenía datos faltantes con las estaciones más cercanas. Una vez se tenían los valores de R^2 para cada caso se usaban las ecuaciones con mejor coeficiente de correlación para completar los datos faltantes.

Debido a la cantidad de estaciones que se manejan y en base al criterio expuesto anteriormente, se dividió el departamento en seis (6) grupos de análisis, en base a la cercanía de las estaciones. En la **Ilustración 156** se presentan estos grupos.

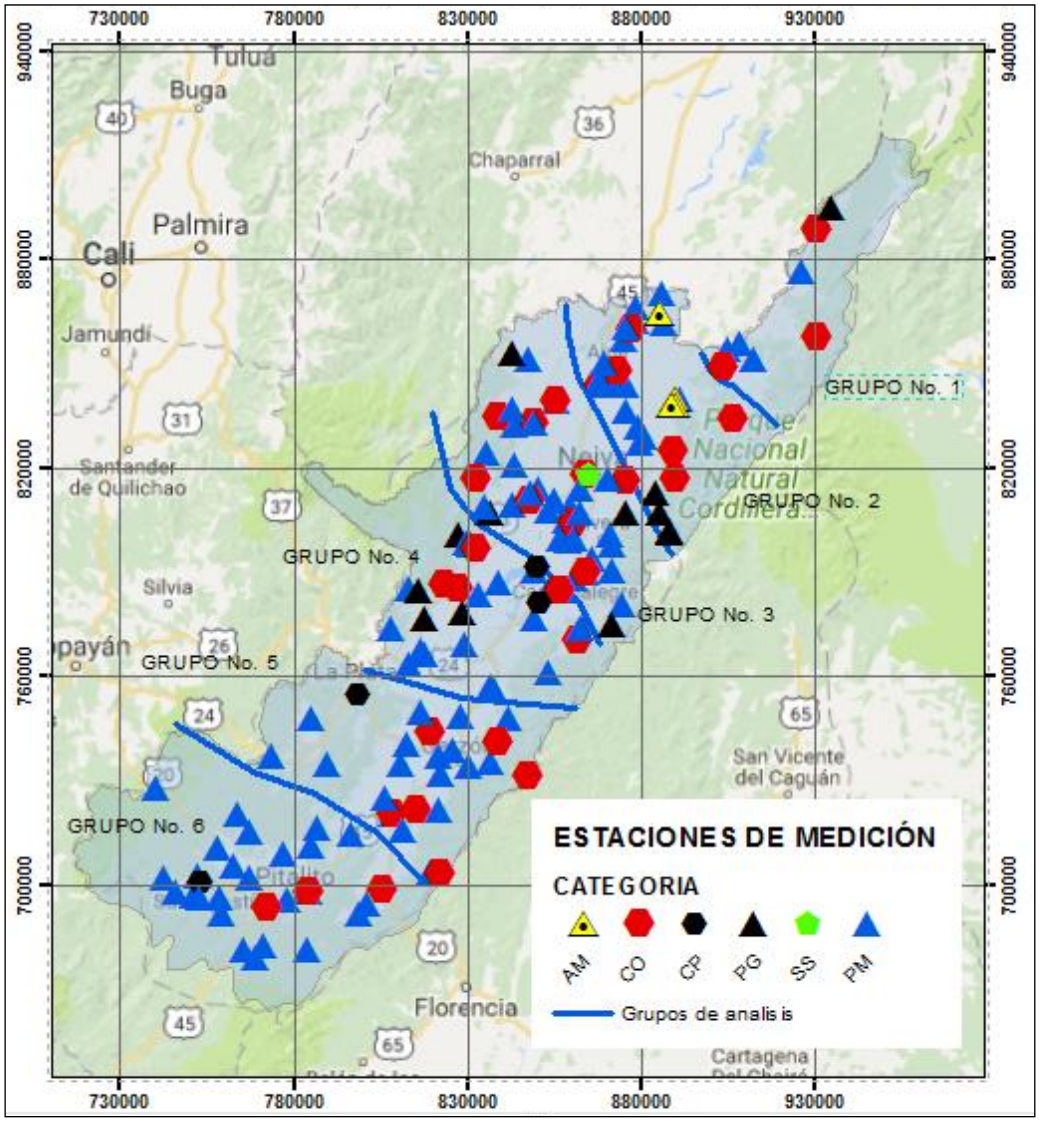


Ilustración 156 Grupos de Análisis Para la Complementación de Datos Diarios
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

La complementación de datos solamente se realizó con registros diarios, debido a que, teniendo esta información completa, los datos a nivel mensual y anual quedaba también quedaba completa.

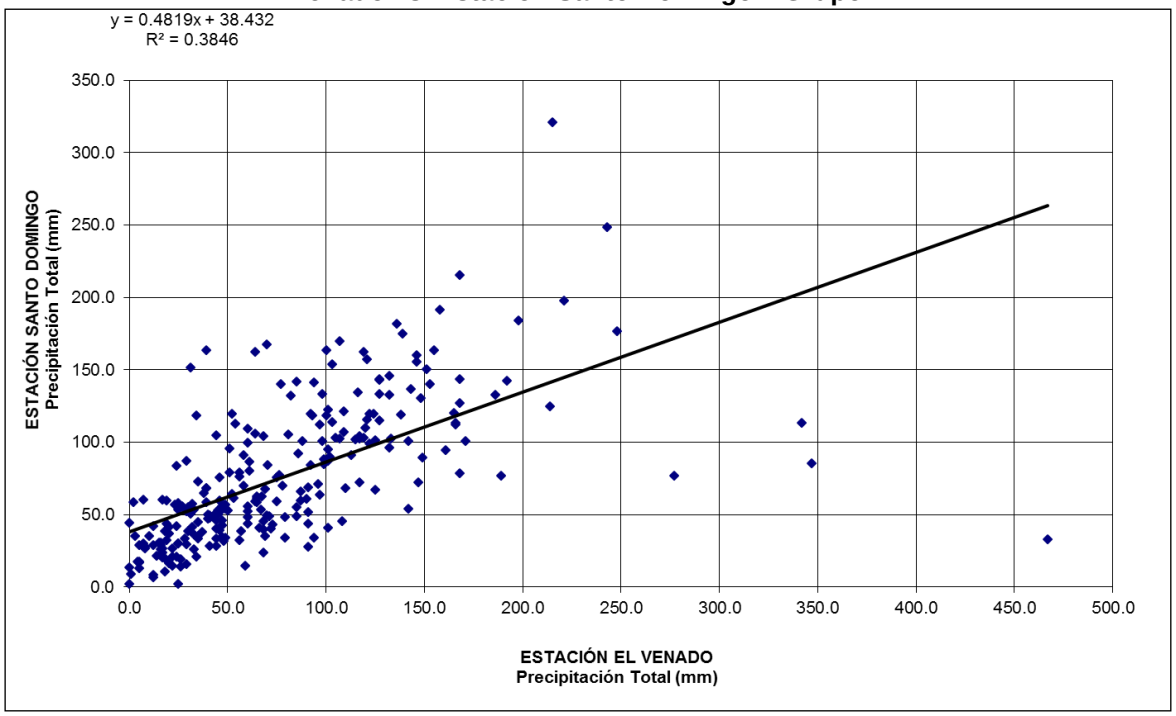
Como la ecuación de la línea de tendencia es lineal, ésta siempre va a presentar un corte en el eje “y” sobre el grafico de correlación. Debido a esto al reemplazar un valor de cero sobre la ecuación, siempre se va a tener un valor a completar diferente de cero. Sin embargo, para los casos en que la estación con datos presentaba valores iguales a cero, se asumió el mismo valor para complementar los datos faltantes.

Hay que tener en cuenta que el coeficiente de correlación para datos tomados a nivel diario es muy bajo, debido a que estos datos presentan una variación significativa.

A continuación, se presentan la correlación realizada para una de las estaciones de precipitación de cada uno de los grupos de análisis en la **Gráfica 113** a la **Gráfica 119** Además también se presenta la correlación para una de las estaciones de medición de temperatura en la .

Para las demás estaciones, se debe remitirse al **Anexo F-4**.

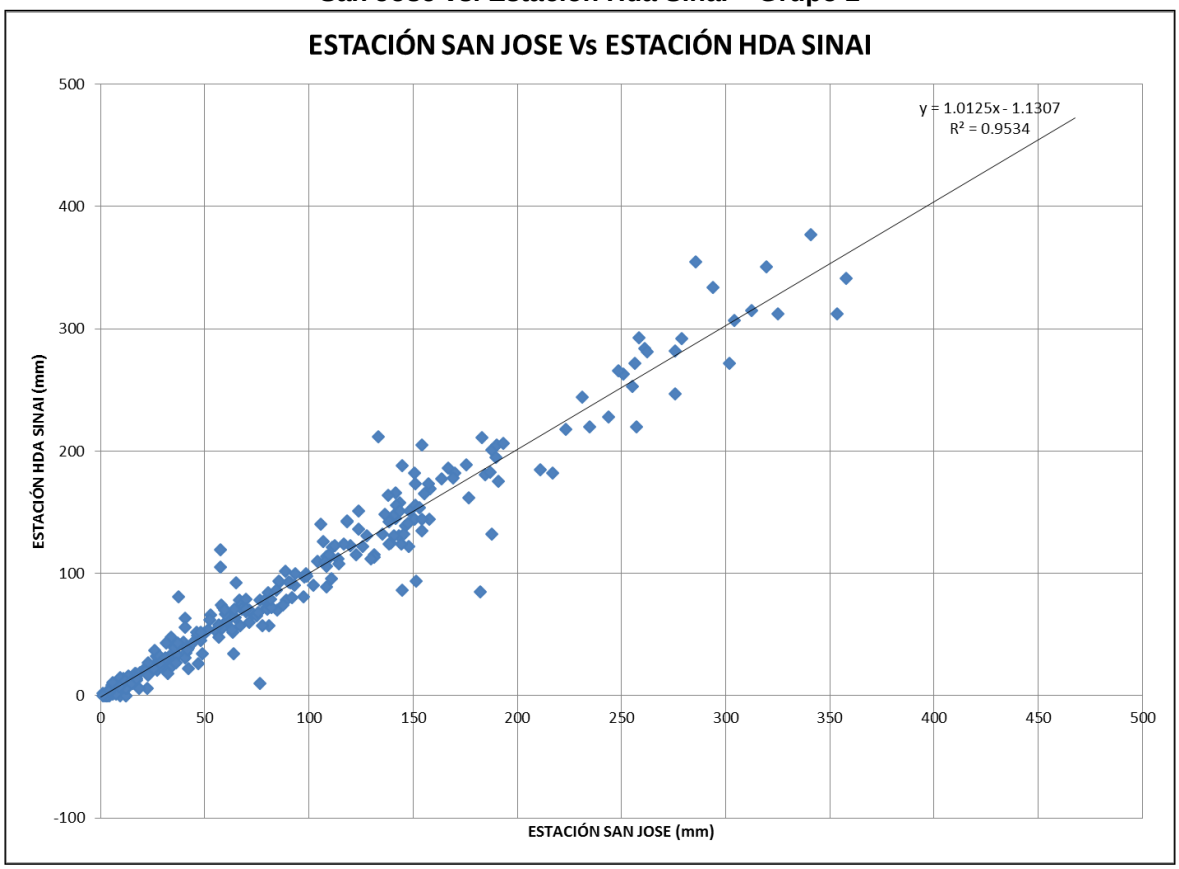
Gráfica 113 Análisis de Correlación - Precipitación Media Mensual con Datos Originales - Estación El Venado vs. Estación Santo Domingo – Grupo 1



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

La correlación entre las estaciones El venado y Santo Domingo presentada en la Gráfica 113 generó como resultado un coeficiente de correlación de 0.3846, el cual puede considerarse como un valor bajo, pero con el fin de no perder la información registrada en la estación El Venado, dada su localización en la zona de estudio, y teniendo en cuenta que la complementación de los datos se hace a nivel diario, lo cual implica que es un poco difícil predecir la lluvia diaria en una determinada zona, se decidió tomar la correlación entre las estaciones seleccionadas y complementar de esta manera los valores diarios.

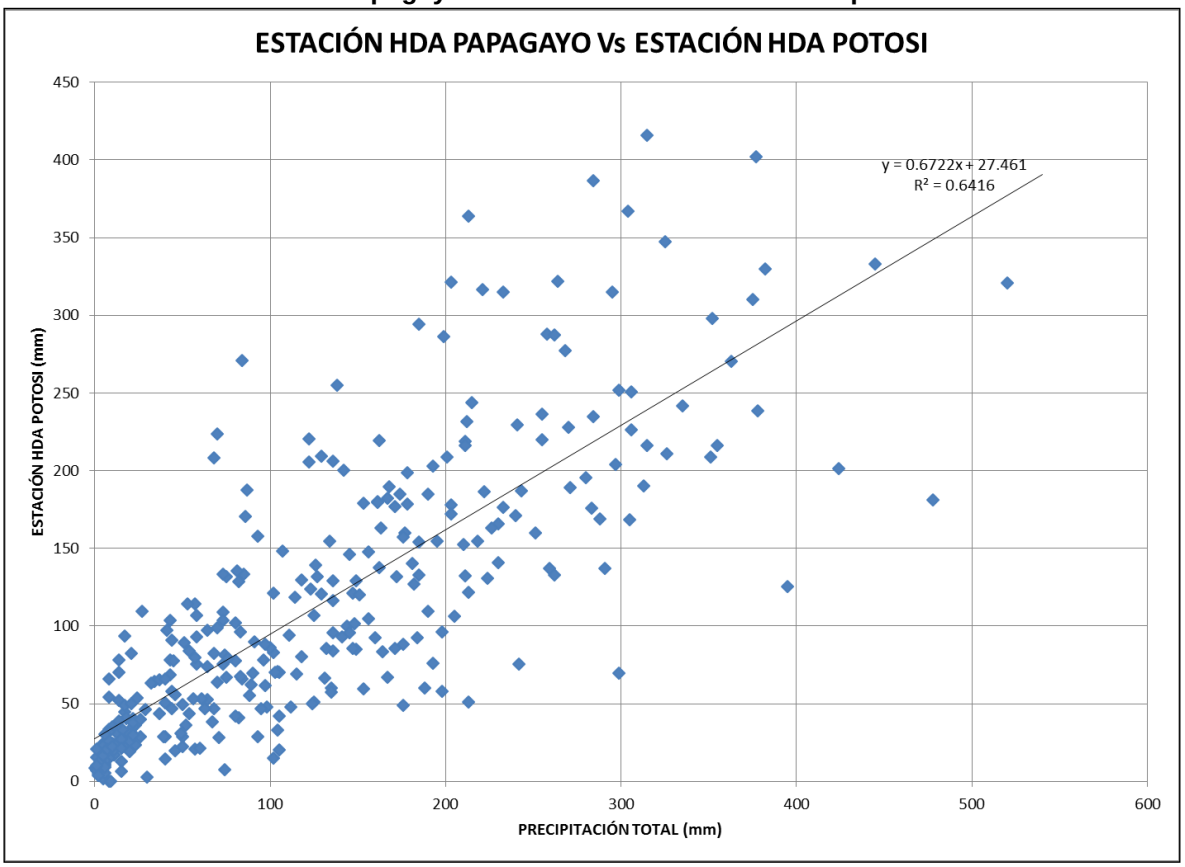
Gráfica 114 Análisis de Correlación - Precipitación Media Mensual con Datos Originales - Estación El San José vs. Estación Hda Sinaí – Grupo 2



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

La correlación entre las estaciones San José y Hda Sinaí presentada en la **Gráfica 114** generó como resultado un coeficiente de correlación de 0.9534, el cual es un valor muy óptimo para poder realizar la complementación de datos diarios faltantes

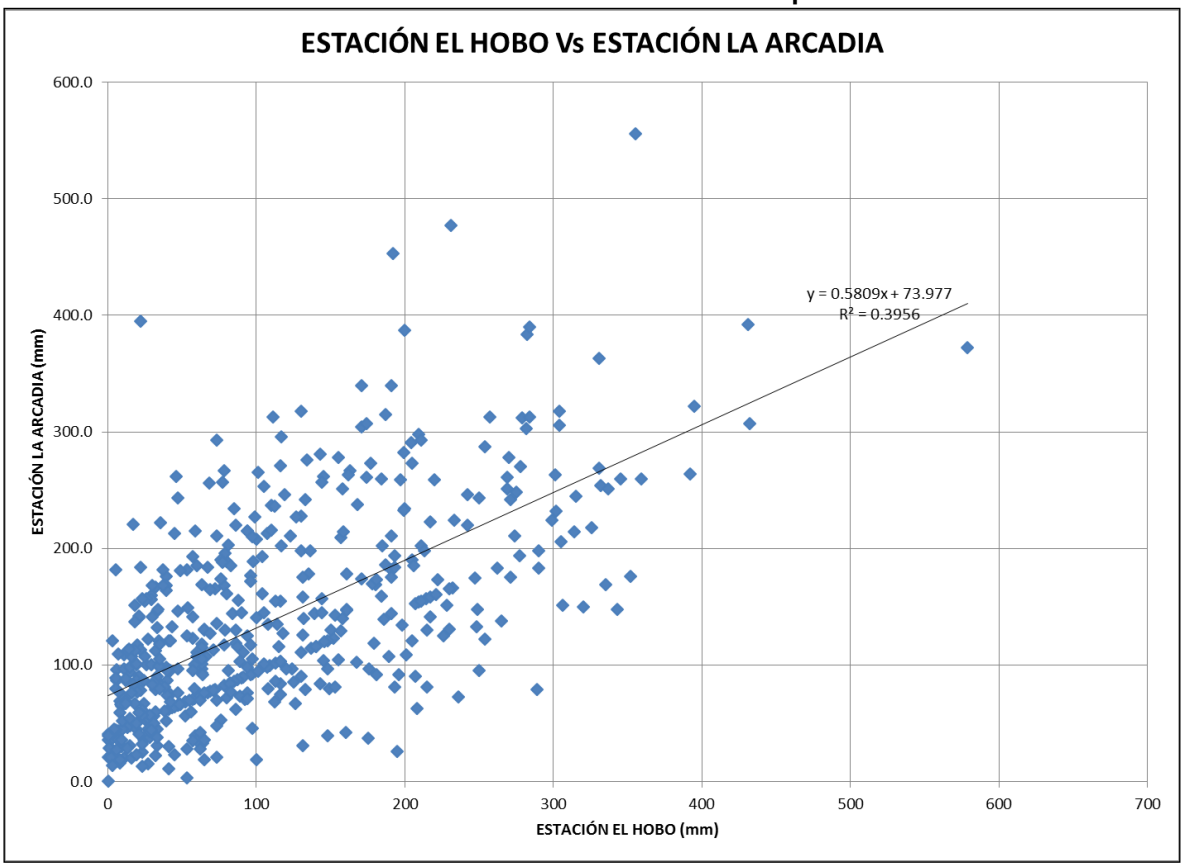
Gráfica 115 Análisis de Correlación - Precipitación Media Mensual con Datos Originales - Estación El Hda Papagayo vs. Estación Hda Potosí – Grupo 3



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

La correlación entre las estaciones El Hda. Papagayo y Hda. Potosí presentada en la **Gráfica 115** enero como resultado un coeficiente de correlación de 0.6416, el cual puede considerarse como un valor medio - alto, pero con el fin de no perder la información registrada en la estación Hda. Papagayo, dada su localización en la zona de estudio, y teniendo en cuenta que la complementación de los datos se hace a nivel diario, lo cual implica que es un poco difícil predecir la lluvia diaria en una determinada zona, se decidió tomar la correlación entre las estaciones seleccionadas y complementar de esta manera los valores diarios.

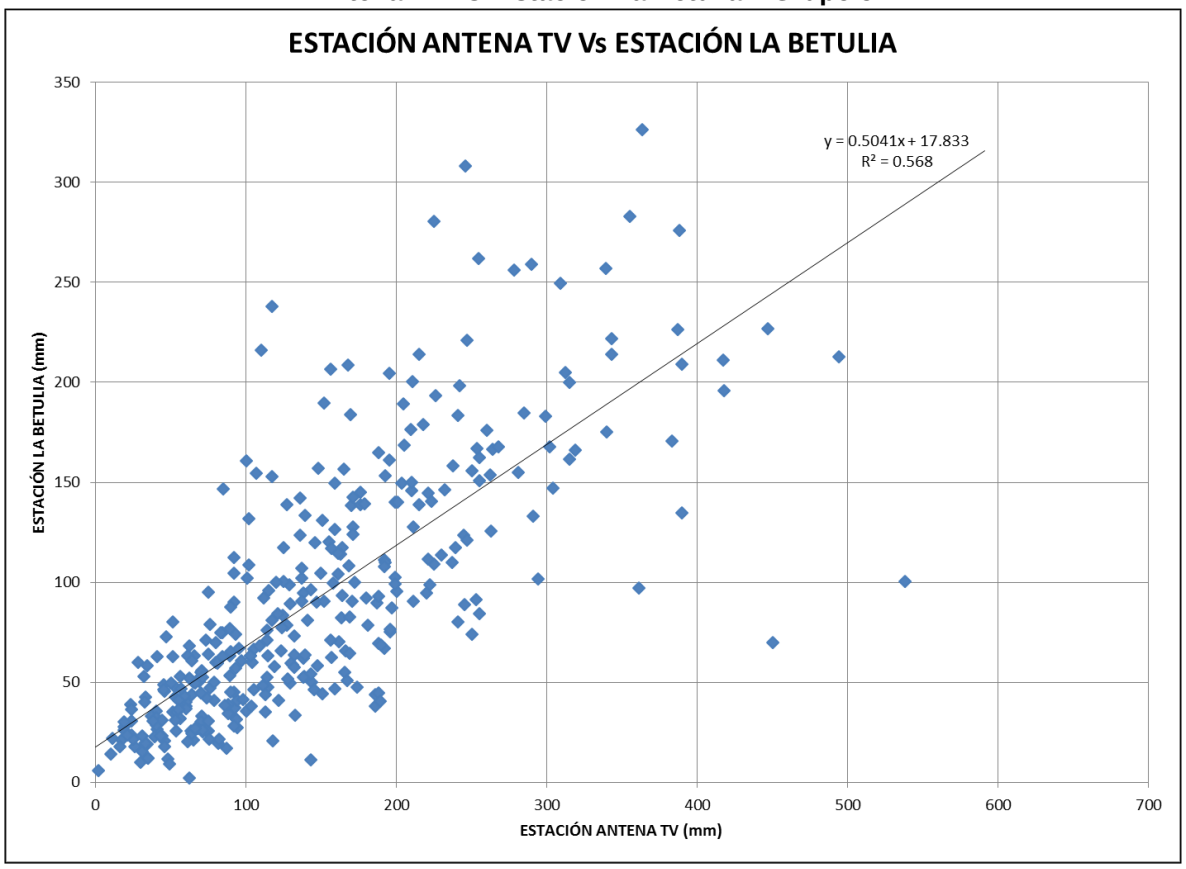
Gráfica 116 Análisis de Correlación - Precipitación Media Mensual con Datos Originales - Estación El Hobo vs. Estación La Arcadia – Grupo 4



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

La correlación entre las estaciones El Hobo y La Arcadia presentada en la **Gráfica 116** generó como resultado un coeficiente de correlación de 0.3956, el cual puede considerarse como un valor medio, pero con el fin de no perder la información registrada en la estación El Hobo dada su localización en la zona de estudio, y teniendo en cuenta que la complementación de los datos se hace a nivel diario, lo cual implica que es un poco difícil predecir la lluvia diaria en una determinada zona, se decidió tomar la correlación entre las estaciones seleccionadas y complementar de esta manera los valores diarios.

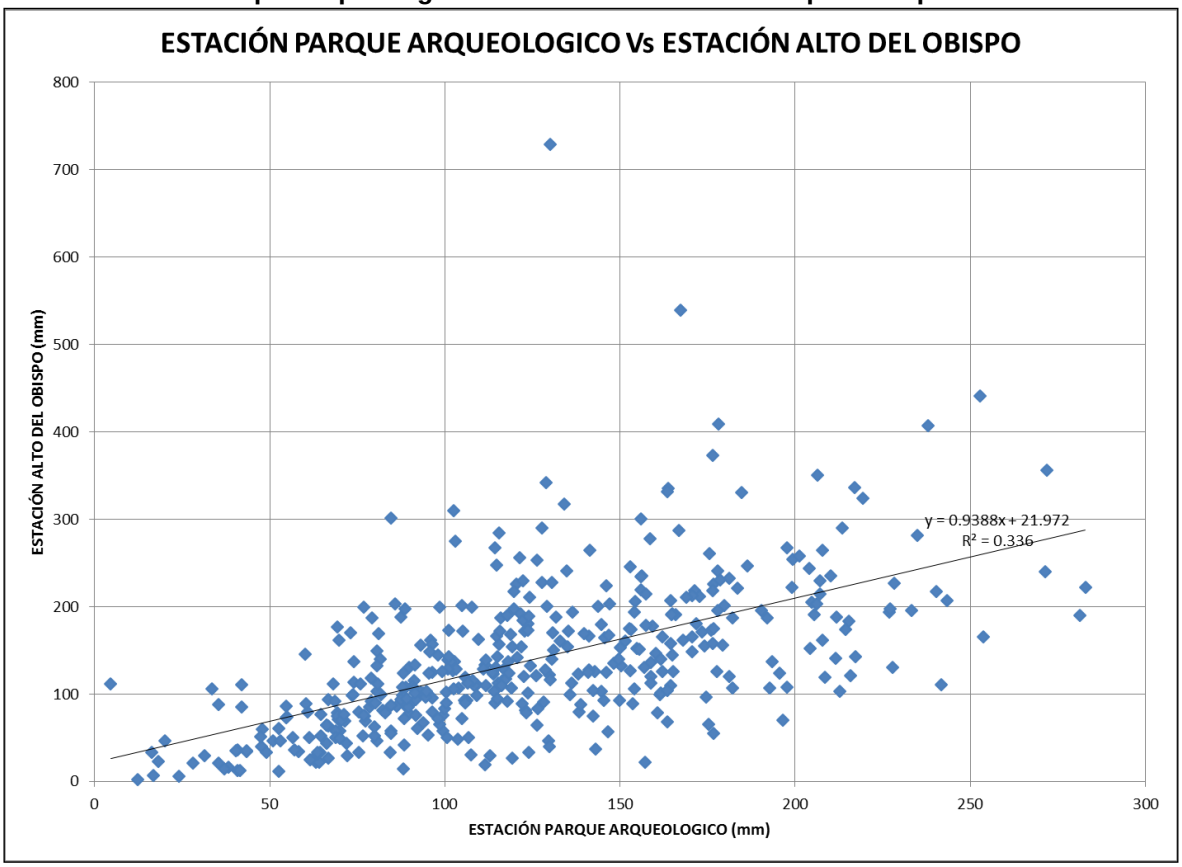
Gráfica 117 Análisis de Correlación - Precipitación Media Mensual con Datos Originales - Estación El Antena TV vs. Estación La Betulia – Grupo 5



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

La correlación entre las estaciones San Antena TV y la Betulia presentada en la **Gráfica 117** generó como resultado un coeficiente de correlación de 0.568, el cual es un valor bueno para poder realizar la complementación de datos diarios faltantes.

Gráfica 118 Análisis de Correlación - Precipitación Media Mensual con Datos Originales - Estación Parque Arqueológico vs. Estación Alto del Obispo – Grupo 6.

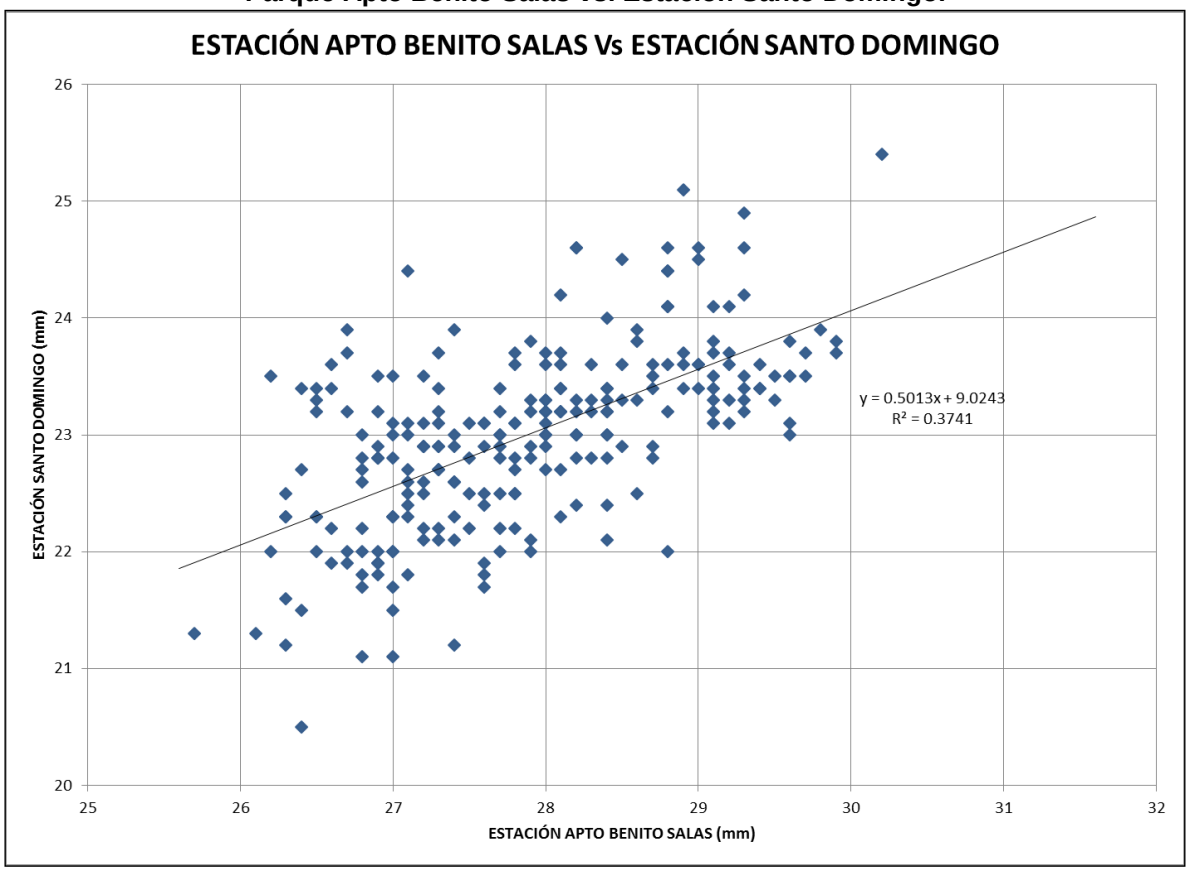


Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

La correlación entre las estaciones Parque Arqueológico y Alto del Obispo presentada en la **Gráfica 118** generó como resultado un coeficiente de correlación de 0.336, el cual puede considerarse como un valor bajo, pero con el fin de no perder la información registrada en la estación El Parque Arqueológico dada su localización en la zona de estudio, y teniendo en cuenta que la complementación de los datos se hace a nivel diario, lo cual implica que es un poco difícil predecir la lluvia diaria en una determinada zona, se decidió tomar la correlación entre las estaciones seleccionadas y complementar de esta manera los valores diarios.

En el caso de las estaciones de medición de la temperatura, si bien se dio prioridad al criterio de la cercanía entre las estaciones para realizar las correlaciones y complementar los datos diarios, debido a que sólo quedaron 26 estaciones para todo el departamento, se realizó el ejercicio de correlación entre todas ellas. A continuación en la **Gráfica 119** se presenta una de estas.

Gráfica 119 Análisis de Correlación Temperatura Media Mensual con Datos Originales - Estación Parque Apto Benito Salas vs. Estación Santo Domingo.



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

La correlación entre las estaciones Apto Benito Salas y Santo Domingo presentada en la generó como resultado un coeficiente de correlación de 0.3741, el cual puede considerarse como un valor medio, pero con el fin de no perder la información registrada en la estación Apto Benito Salas dada su localización en la zona de estudio, se decidió tomar la correlación entre las estaciones seleccionadas y complementar de esta manera los valores diarios.

3.6.8 Análisis De Homogeneidad Y Consistencia

Se realizó el análisis de homogeneidad y consistencia de los datos, únicamente sobre la variable de precipitación total, la cual se tomó como representativa de todas las estaciones. Esto se hizo con el fin de observar si había alguna anomalía en las mediciones de las estaciones, teniendo en cuenta el periodo de registro que se recibió de cada estación.

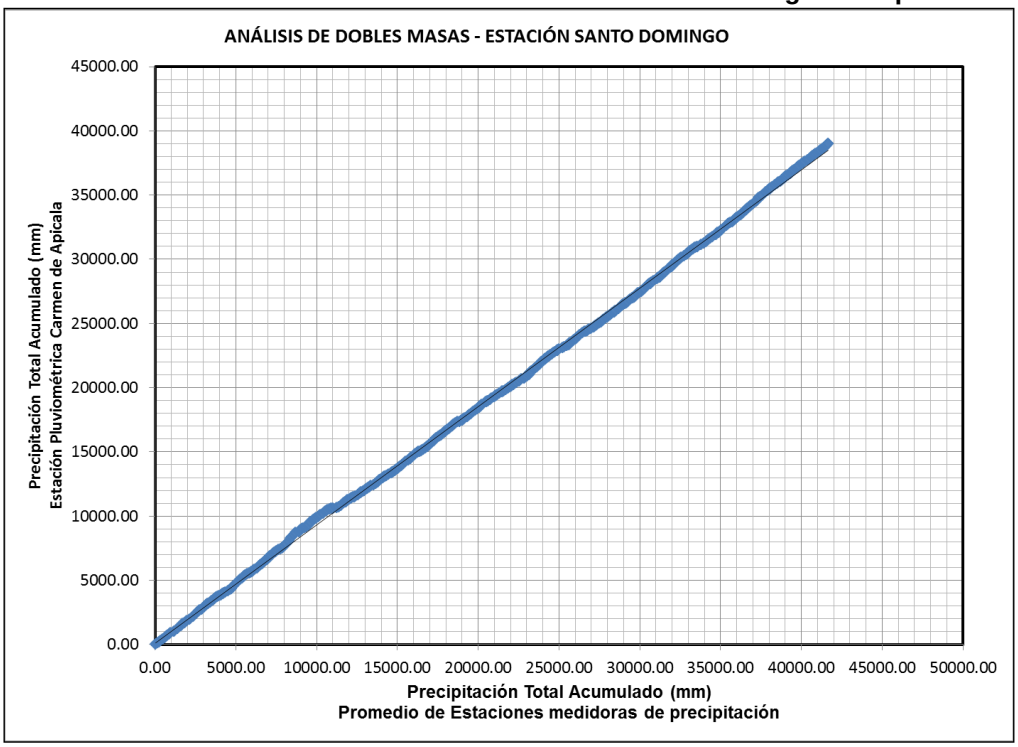
Los periodos de registro de las estaciones, se definieron en un solo intervalo de comparación el cual está definido entre enero de 1975 a diciembre de 2016. Durante este periodo se realizó el análisis de dobles masas correspondiente a los valores de precipitación total dentro de cada intervalo de registro.

En un análisis de dobles masas, la pendiente de la recta que resulta debe ser igual para todo el periodo de registro analizado. En caso contrario, existen problemas en la toma de datos de la estación que se está analizando. Usualmente, para tener una mayor validez, el análisis de dobles masas se hace entre la estación que se analiza y el promedio de los valores de las estaciones a su alrededor.

Se realizó el análisis de dobles masas para todas las estaciones de precipitación, con el fin de verificar la homogeneidad de los datos, bajo la consideración que las estaciones adyacentes a la estación analizada tenían condiciones hidrológicas homogéneas (debido a la cercanía entre estaciones lo anterior se debe cumplir).

A continuación se presentan las gráficas de análisis de dobles masas de una estación por cada grupo de análisis. Para evidenciar todas en su totalidad, se debe remitir al se debe **Anexo F-5 Gráfica 120 a Grafica 125**.

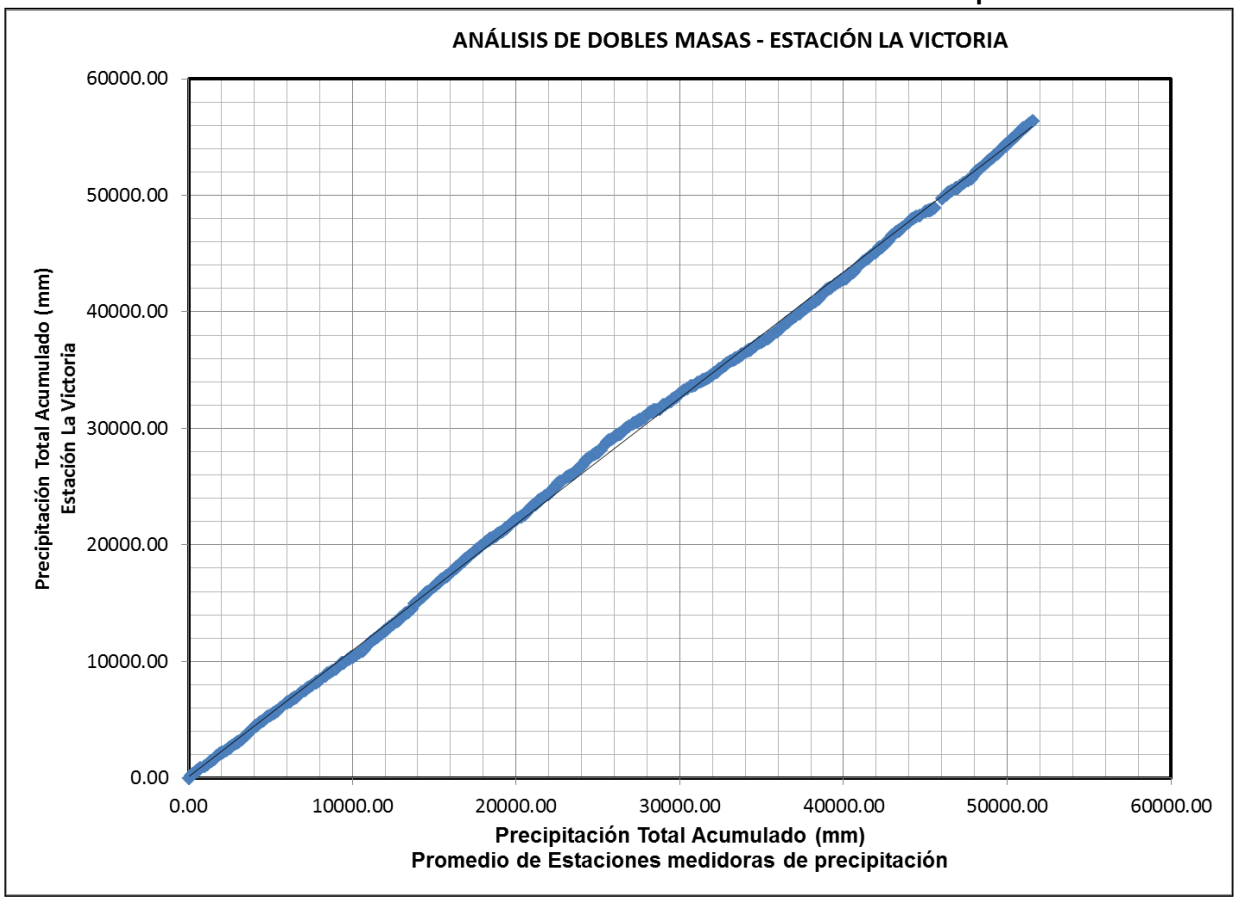
Gráfica 120 Análisis de Dobles Masas Estación Santo Domingo – Grupo No. 1



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

En la **Gráfica 120** se observa que hay una relación lineal constante entre los valores de precipitación total acumulados de la estación Santo Domingo y los valores de precipitación total promedio acumulada de las estaciones adyacentes. Con lo cual se puede decir que, para esta estación, no se presentan anomalías en los datos tomados por el aparato y por lo tanto los datos climatológicos arrojados por esta estación son homogéneos, consistentes y aceptables.

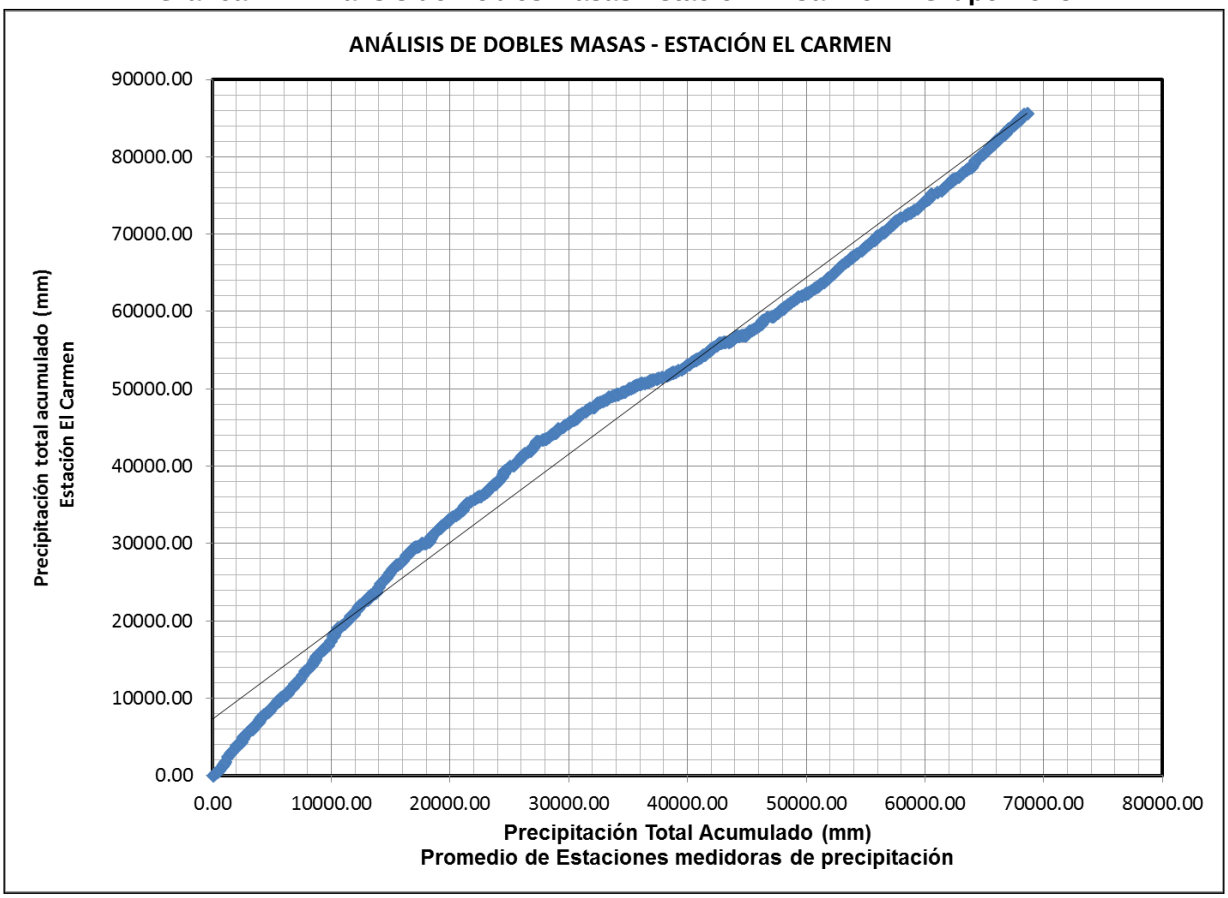
Gráfica 121 Análisis de Dobles Masas Estación La Victoria – Grupo No. 2



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

En la **Gráfica 121** se observa que hay una relación lineal constante entre los valores de precipitación total acumulados de la estación La Victoria y los valores de precipitación total promedio acumulada de las estaciones adyacentes. Con lo cual se puede decir que, para esta estación, no se presentan anomalías en los datos tomados por el aparato y por lo tanto los datos climatológicos arrojados por esta estación son homogéneos, consistentes y aceptables.

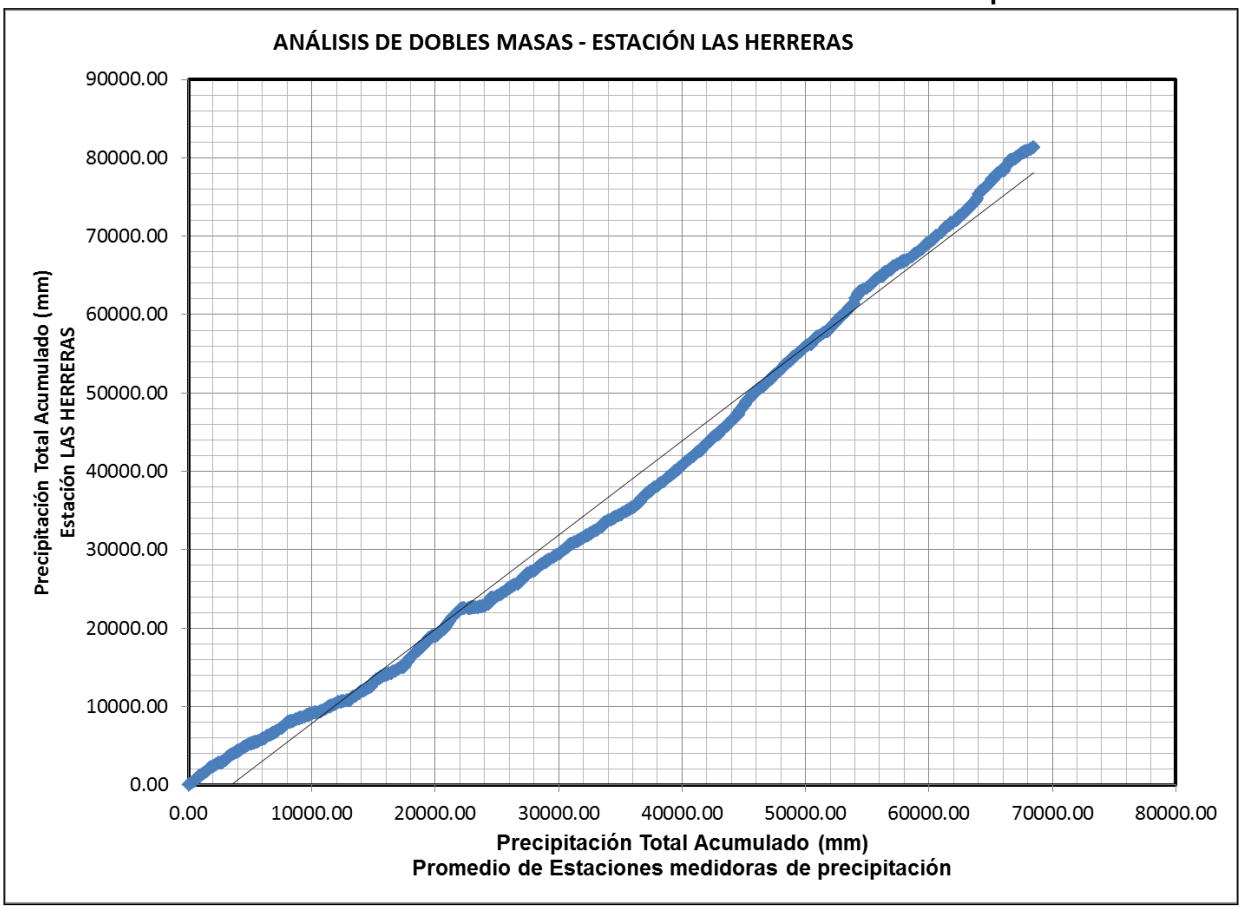
Gráfica 122 Análisis de Dobles Masas Estación El Carmen – Grupo No. 3



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

En la **Gráfica 122** se observa que no hay una relación lineal constante entre los valores de precipitación total acumulados de la estación El Carmen y los valores de precipitación total acumulados las estaciones adyacentes, ya que se presentan múltiples pendientes y adicional no hay una tendencia de los datos definida. Se observa, entonces, que hay anomalías en los datos registrados. Lo anterior se puede presentar por un cambio en las condiciones del aparato registrador, cambio de lugar de la estación, o modificaciones en el método de obtención de los datos. Por las razones anteriormente expuestas esta estación queda descartada para análisis posteriores.

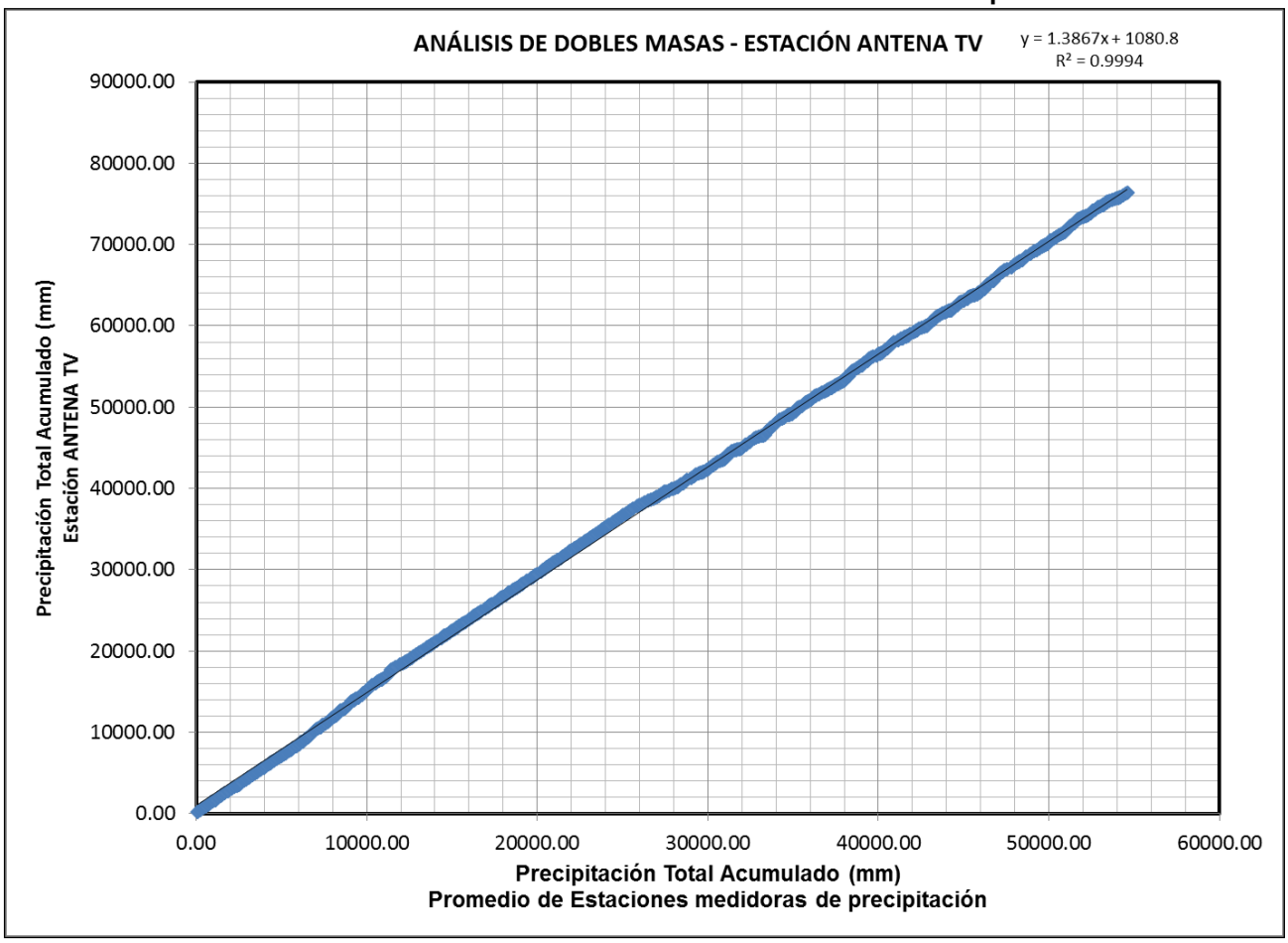
Gráfica 123 Análisis de Dobles Masas Estación Las Herreras – Grupo No. 4



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

En la **Gráfica 123** se observa que no hay una relación lineal constante entre los valores de precipitación total acumulados de la estación Las Herreras y los valores de precipitación total acumulados las estaciones adyacentes, ya que se presentan múltiples pendientes y adicional no hay una tendencia de los datos definida. Se observa, entonces, que hay anomalías en los datos registrados. Lo anterior se puede presentar por un cambio en las condiciones del aparato registrador, cambio de lugar de la estación, o modificaciones en el método de obtención de los datos. Por las razones anteriormente expuestas esta estación queda descartada para análisis posteriores.

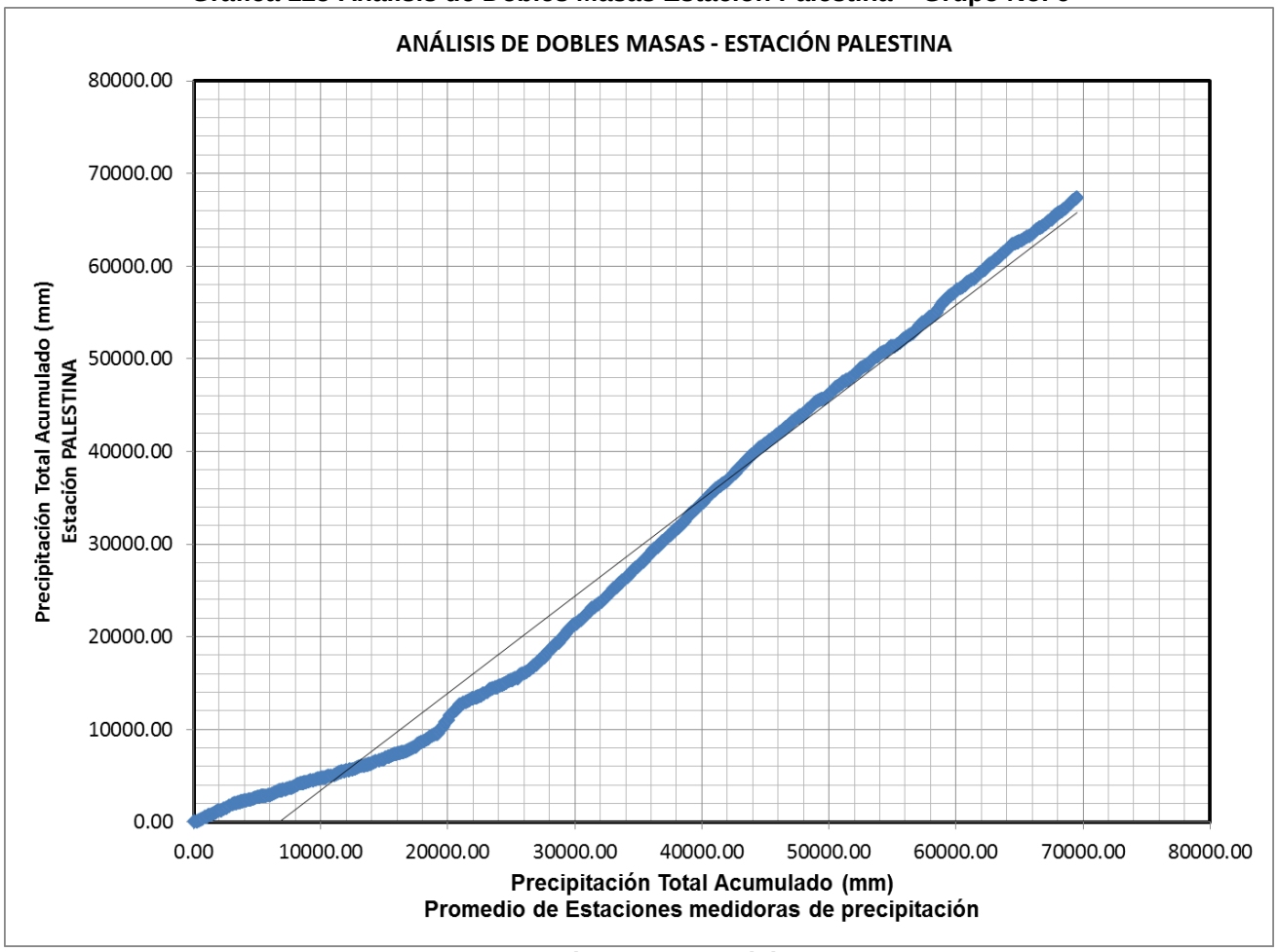
Gráfica 124 Análisis de Dobles Masas Estación Antena TV – Grupo No. 5



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

En la **Gráfica 124** se observa que hay una relación lineal constante entre los valores de precipitación total acumulados de la estación Antena TV y los valores de precipitación total promedio acumulada de las estaciones adyacentes. Con lo cual se puede decir que, para esta estación, no se presentan anomalías en los datos tomados por el aparato y por lo tanto los datos climatológicos arrojados por esta estación son homogéneos, consistentes y aceptables.

Gráfica 125 Análisis de Dobles Masas Estación Palestina – Grupo No. 6



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

En la **Gráfica 125** se observa que no hay una relación lineal constante entre los valores de precipitación total acumulados de la estación Palestina y los valores de precipitación total acumulados las estaciones adyacentes, ya que se presentan múltiples pendientes y adicional no hay una tendencia de los datos definida. Se observa, entonces, que hay anomalías en los datos registrados. Lo anterior se puede presentar por un cambio en las condiciones del aparato registrador, cambio de lugar de la estación, o modificaciones en el método de obtención de los datos. Por las razones anteriormente expuestas esta estación queda descartada para análisis posteriores.

Finalmente, se presentan en la **Tabla 61** las estaciones medidoras de precipitación escogidas, mientras que en la **Tabla 62** se presentan las estaciones medidoras de temperatura. En la **Ilustración 157** se presenta la ubicación de las estaciones con las cuales se va a realizar el estudio.

Tabla 61 Estaciones medidoras de Precipitación Seleccionadas

CÓDIGO	TE	NOMBRE DE ESTACIÓN	DPTO.	NOMBRE MUNICIPIO	COORDENADAS		ELEV.
					LATITUD	LONGITUD	(msnm)
21030080	PM	ACEVEDO [21030080]	HUILA	ACEVEDO	1.8084	-75.8898	1350.0
21040010	PM	AGRADO [21040010]	HUILA	AGRADO	2.2500	-75.7667	905.0
21105030	CO	ALGECIRAS [21105030]	HUILA	ALGECIRAS	2.5217	-75.3223	1150.0
21040020	PM	ANTENA TV [21040020]	HUILA	AGRADO	2.3340	-75.7285	2210.0
21115020	SS	APTO BENITO SALAS [21115020]	HUILA	NEIVA	2.9488	-75.2931	439.0
21100140	PM	ARCADIA LA [21100140]	HUILA	ALGECIRAS	2.4348	-75.4009	1380.0
21140030	PM	ARIZONA [21140030]	HUILA	BARAYA	3.2764	-74.9360	638.0
21010130	PM	BAJO FRUTAL [21010130]	HUILA	SAN AGUSTÍN	1.8103	-76.2438	1660.0
21110070	PM	BARAYA [21110070]	HUILA	BARAYA	3.1503	-75.0573	615
21010230	PM	BETANIA TV [21010230]	HUILA	SAN AGUSTÍN	1.9058	-76.3043	1949.0
21045010	CO	BETULIA LA [21045010]	HUILA	AGRADO	2.2816	-75.7051	780.0
21090090	PM	BUENAVISTA [21090090]	HUILA	PALERMO	2.8333	-75.3500	520.0
21010140	PM	CANDELA LA [21010140]	HUILA	SAN AGUSTÍN	1.8644	-76.3608	1940.0
21090060	PM	CASA BOMBAS 1 JUNC [21090060]	HUILA	PALERMO	2.7833	-75.3333	450.0
21090120	PM	CASA BOMBAS 2 [21090120]	HUILA	PALERMO	2.7833	-75.3667	455.0
21060100	PM	CRISTALINA LA HDA [21060100]	HUILA	GIGANTE	2.3172	-75.5036	1460.0
21090020	PM	CUCHARO EL [21090020]	HUILA	PALERMO	2.8556	-75.3992	620.0
21055020	CP	ESC AGR LA PLATA [21055020]	HUILA	LA PLATA	2.3783	-75.8913	1070.0
21010170	PM	ESC BELEN [21010170]	HUILA	ISNOS	1.9014	-76.1725	1700.0
21040070	PM	ESCALERETA LA [21040070]	HUILA	AGRADO	2.2167	-75.6833	700.0
21060080	PM	GARZÓN [21060080]	HUILA	GARZÓN	2.1901	-75.6051	990.0
21060070	PM	GIGANTE 2 [21060070]	HUILA	GIGANTE	2.3889	-75.5381	850.0
21110430	PG	GIRONDA LA HDA [21110430]	HUILA	NEIVA	2.9061	-75.1204	1060.0
21030050	PM	GUADALUPE [21030050]	HUILA	GUADALUPE	2.0263	-75.7754	893.0
21110440	PM	GUADUAL EL [21110440]	HUILA	RIVERA	2.7957	-75.2393	735.0
21050140	PM	HATILLO EL [21050140]	HUILA	TESALIA	2.5108	-75.6157	900.0
21110180	PM	HATO BOGOTÁ [21110180]	HUILA	TELLO	3.0360	-75.1597	591.0
21110040	PM	HATO MILAGRO [21110040]	HUILA	TELLO	3.0749	-75.1684	548.0
21060090	PM	HOBO EL [21060090]	HUILA	HOBO	2.5748	-75.4355	636.0
21010250	PM	HORNITOS [21010250]	HUILA	ISNOS	1.9778	-76.2535	2000.0
21010110	PM	INSFOPAL [21010110]	HUILA	PITALITO	1.8449	-76.0744	1265.0
21085020	CO	IQUIRA [21085020]	HUILA	IQUIRA	2.6522	-75.6293	1095.0
21030090	PM	JAGUA LA [21030090]	HUILA	GARZÓN	2.1696	-75.6777	755.0
21135050	CO	JULIA LA [21135050]	HUILA	NEIVA	3.0988	-75.5300	1691.0
21095010	CO	JUNCAL EL [21095010]	HUILA	PALERMO	2.8288	-75.3312	460.0
21010040	PM	LAGUNA LA [21010040]	HUILA	PITALITO	1.9615	-76.0857	1334.0

CÓDIGO	TE	NOMBRE DE ESTACIÓN	DPTO.	NOMBRE MUNICIPIO	COORDENADAS		ELEV.
					LATITUD	LONGITUD	(msnm)
21115140	CO	LAURELES LOS [21115140]	HUILA	BARAYA	3.0940	-74.9211	2100.0
21035040	CO	LIBANO EL [21035040]	HUILA	SUAZA	1.8684	-75.8278	1045.0
21140130	PG	LIBANO EL [21140130]	HUILA	COLOMBIA	3.6455	-74.6669	2000.0
21115160	AM	MANILA LA HDA [21115160]	HUILA	BARAYA	3.1332	-75.0815	600.0
21010060	PM	MEDIANÍA [21010060]	HUILA	ISNOS	2.0208	-76.1721	1763.0
21050190	PM	MEREMBERG HDA [21050190]	HUILA	LA PLATA	2.2181	-76.1174	2220.0
21110160	PM	MESA REDONDA [21110160]	HUILA	TELLO	3.1185	-75.1990	500.0
21140080	PM	MIRAFLORES [21140080]	HUILA	COLOMBIA	3.4805	-74.7438	1049.0
21010210	PM	MONTECRISTO [21010210]	HUILA	PITALITO	1.7138	-76.1889	1674.0
21010220	PM	MORELIA [21010220]	HUILA	SALADOBLANCO	2.0659	-76.2017	1625.0
21050090	PM	NATAGA [21050090]	HUILA	NATAGA	2.5514	-75.8065	1545.0
21100080	PM	NUEVO PARAÍSO [21100080]	HUILA	ALGECIRAS	2.6153	-75.2067	1525.0
21040030	PM	OPORAPA [21040030]	HUILA	OPORAPA	2.0322	-75.9954	1641.0
21130080	PM	ÓRGANOS [21130080]	HUILA	NEIVA	3.1208	-75.4923	800.0
21115100	CO	PALACIO-VEGA LARGA [21115100]	HUILA	NEIVA	2.9426	-75.0666	1100.0
21100120	PM	PALCO EL [21100120]	HUILA	CAMPOALEGRE	2.7000	-75.2333	880.0
21125020	CO	PALERMO [21125020]	HUILA	PALERMO	2.8822	-75.4451	550.0
21090040	PM	PAPAGAYO HDA [21090040]	HUILA	PALERMO	2.7776	-75.3475	460.0
21120010	PM	PARAGUAY HDA [21120010]	HUILA	PALERMO	2.9778	-75.4854	1300.0
21015030	CP	PARQUE ARQUEOLÓGICO [21015030]	HUILA	SAN AGUSTÍN	1.8885	-76.2950	1800.0
21130050	PM	PÉREZ HDA [21130050]	HUILA	AIPE	3.2436	-75.2559	450.0
21060040	PM	PITA LA [21060040]	HUILA	GARZÓN	2.2020	-75.5486	1330.0
21110330	PM	POLONIA [21110330]	HUILA	VILLAVIEJA	3.1874	-75.2184	429.0
21115070	CO	PORTAL EL [21115070]	HUILA	TELLO	3.0149	-75.0730	1300.0
21110090	PM	POTOSI [21110090]	HUILA	VILLAVIEJA	3.3873	-75.1700	400
21100100	PM	POTOSI HDA [21100100]	HUILA	CAMPOALEGRE	2.6968	-75.2989	550
21120040	PM	POTRERITO [21120040]	HUILA	AIPE	3.1411	-75.3795	850
21130110	PG	PRAGA [21130110]	HUILA	AIPE	3.2686	-75.4907	1085
21040040	PM	PTE BALSEADERO RAD [21040040]	HUILA	AGRADO	2.2324	-75.6486	688
21020050	PM	PTE SALADOBLANCO R [21020050]	HUILA	ELÍAS	1.9842	-76.0138	1046
21110130	PG	PUEBLO NUEVO [21110130]	HUILA	NEIVA	2.8055	-75.0853	1580
21060110	PM	RIOLORO [21060110]	HUILA	GIGANTE	2.3215	-75.6247	721
21120130	PM	RIO NEGRO HDA [21120130]	HUILA	PALERMO	2.9119	-75.4261	560
21105050	CP	ROSALES LOS [21105050]	HUILA	CAMPOALEGRE	2.6163	-75.4179	553
21030060	PM	SAN ADOLFO [21030060]	HUILA	ACEVEDO	1.7143	-76.0221	1345
21140390	PM	SAN ALFONSO [21140390]	HUILA	VILLAVIEJA	3.3734	-75.1101	420
21115060	CO	SAN JOSÉ [21115060]	HUILA	VILLAVIEJA	3.3292	-75.1841	400

CÓDIGO	TE	NOMBRE DE ESTACIÓN	DPTO.	NOMBRE MUNICIPIO	COORDENADAS		ELEV.
					LATITUD	LONGITUD	(msnm)
21010050	PM	SAN JOSÉ DE ISNOS [21010050]	HUILA	ISNOS	1.9316	-76.2149	1720
21080110	PG	SAN JOSÉ HDA [21080110]	HUILA	TESALIA	2.5787	-75.7187	1000
21140100	PM	SAN JUANITO [21140100]	HUILA	VILLAVIEJA	3.4230	-75.1046	368
21130040	PM	SAN LUIS [21130040]	HUILA	NEIVA	3.0806	-75.4847	1140
21085030	CO	SAN RAFAEL [21085030]	HUILA	TERUEL	2.7604	-75.5827	1030
21050160	PM	SAN VICENTE [21050160]	HUILA	LA PLATA	2.3171	-76.0101	1745
21090110	PM	SANTA BÁRBARA [21090110]	HUILA	PALERMO	2.8655	-75.3399	454
21015020	CO	SEVILLA [21015020]	HUILA	PITALITO	1.8217	-76.1248	1320
21110310	PM	SINAÍ HDA [21110310]	HUILA	VILLAVIEJA	3.3333	-75.2000	400
21145080	CO	STA ANA [21145080]	HUILA	COLOMBIA	3.5898	-74.7029	1410
21100070	PG	STA BÁRBARA FCA [21100070]	HUILA	ALGECIRAS	2.5617	-75.2351	1750
21090030	PM	STA CECILIA [21090030]	HUILA	PALERMO	2.9167	-75.3167	450
21110400	PG	STA HELENA [21110400]	HUILA	NEIVA	2.8511	-75.1082	1160
21125010	CO	STA MARIA [21125010]	HUILA	SANTA MARIA	2.9426	-75.5838	1300
21080070	PM	STA ROSA HDA [21080070]	HUILA	YAGUARA	2.6369	-75.5809	650
21145060	CO	STO. DOMINGO [21145060]	HUILA	BARAYA	3.2307	-74.9434	1275
21010180	PM	TABOR EL [21010180]	HUILA	PALESTINA	1.6953	-76.1552	1700
21050290	PM	TESALIA 2 [21050290]	HUILA	TESALIA	2.4913	-75.7285	825
21140110	PM	TOMO EL [21140110]	HUILA	VILLAVIEJA	3.3454	-75.0974	440
21120090	PM	TOTUMO EL [21120090]	HUILA	PALERMO	2.8703	-75.4910	700
21080130	PG	TOTUMO EL HDA [21080130]	HUILA	IQUIRA	2.5938	-75.6212	790
21040060	PM	TRES ESQUINAS [21040060]	HUILA	PITAL	2.1994	-75.7794	805
21110290	PM	VICTORIA LA [21110290]	HUILA	VILLAVIEJA	3.3496	-75.1703	400
21115080	CO	VILLAVIEJA FFCC [21115080]	HUILA	VILLAVIEJA	3.2225	-75.2163	430
21020040	PM	VISO EL [21020040]	HUILA	ELÍAS	2.0154	-75.9078	1070
21120100	PM	VOLCÁN EL [21120100]	HUILA	PALERMO	2.8650	-75.5666	1105
21080030	PM	YAGUARA [21080030]	HUILA	YAGUARA	2.6696	-75.5289	600
21050170	PM	YARUMAL [21050170]	HUILA	NATAGA	2.6524	-75.7589	1950
21110120	PM	YEGÜERA LA [21110120]	HUILA	VILLAVIEJA	3.3053	-75.2008	400
21065040	CO	ZULUAGA [21065040]	HUILA	GARZÓN	2.2525	-75.5294	1270

Nota: PM: Pluviométrica
PG: Pluviográfica
SS: Sinóptica Secundaria
CO: Climatológica Ordinaria
CP: Climatológica Principal
AM: Agrometereológica

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Tabla 62 Estaciones medidoras de Precipitación Seleccionadas

CODIGO	TE	NOMBRE DE ESTACIÓN	DPTO.	NOMBRE MUNICIPIO	COORDENADAS		ELEV. (msnm)
					LATITUD	LONGITUD	
21105030	CO	ALGECIRAS [21105030]	HUILA	ALGECIRAS	2.5217	-75.3223	1150.0
21115020	SS	APTO BENITO SALAS [21115020]	HUILA	NEIVA	2.9488	-75.2931	439.0
21045010	CO	BETULIA LA [21045010]	HUILA	AGRADO	2.2816	-75.7051	780.0
21055020	CP	ESC AGR LA PLATA [21055020]	HUILA	LA PLATA	2.3783	-75.8913	1070.0
21085020	CO	IQUIRA [21085020]	HUILA	IQUIRA	2.6522	-75.6293	1095.0
21135050	CO	JULIA LA [21135050]	HUILA	NEIVA	3.0988	-75.5300	1691.0
21095010	CO	JUNCAL EL [21095010]	HUILA	PALERMO	2.8288	-75.3312	460.0
21115140	CO	LAURELES LOS [21115140]	HUILA	BARAYA	3.0940	-74.9211	2100.0
21145070	CO	LEGIOSA LA [21145070]	HUILA	COLOMBIA	3.3110	-74.7029	1476.0
21035040	CO	LIBANO EL [21035040]	HUILA	SUAZA	1.8684	-75.8278	1045.0
21115160	AM	MANILA LA HDA [21115160]	HUILA	BARAYA	3.1332	-75.0815	600.0
21115100	CO	PALACIO-VEGALARGA [21115100]	HUILA	NEIVA	2.9426	-75.0666	1100.0
21125020	CO	PALERMO [21125020]	HUILA	PALERMO	2.8822	-75.4451	550.0
21015030	CP	PARQUE ARQUEOLOGIC [21015030]	HUILA	SAN AGUSTIN	1.8885	-76.2950	1800.0
21115070	CO	PORTAL EL [21115070]	HUILA	TELLO	3.0149	-75.0730	1300.0
21105040	CO	POTOSI HDA [21105040]	HUILA	CAMPOALEGRE	2.6968	-75.2989	680
21105050	CP	ROSALES LOS [21105050]	HUILA	CAMPOALEGRE	2.6163	-75.4179	553
21145040	AM	SAN ALFONSO [21145040]	HUILA	VILLAVIEJA	3.3734	-75.1101	440
21115060	CO	SAN JOSE [21115060]	HUILA	VILLAVIEJA	3.3292	-75.1841	400
21015020	CO	SEVILLA [21015020]	HUILA	PITALITO	1.8217	-76.1248	1320
21145080	CO	STA ANA [21145080]	HUILA	COLOMBIA	3.5898	-74.7029	1410
21125010	CO	STA MARIA [21125010]	HUILA	SANTA MARIA	2.9426	-75.5838	1300
21145060	CO	STO DOMINGO [21145060]	HUILA	BARAYA	3.2307	-74.9434	1275
21085040	CO	TERPEYA COLOMBIA [21085040]	HUILA	IQUIRA	2.6628	-75.6656	1650
21115080	CO	VILLAVIEJA FFCC [21115080]	HUILA	VILLAVIEJA	3.2225	-75.2163	430
21065040	CO	ZULUAGA [21065040]	HUILA	GARZON	2.2525	-75.5294	1270

Nota: SS: Sinoptica Secundaria
CO: Climatológica Ordinaria
CP: Climatológica Principal
AM: Agrometereológica

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

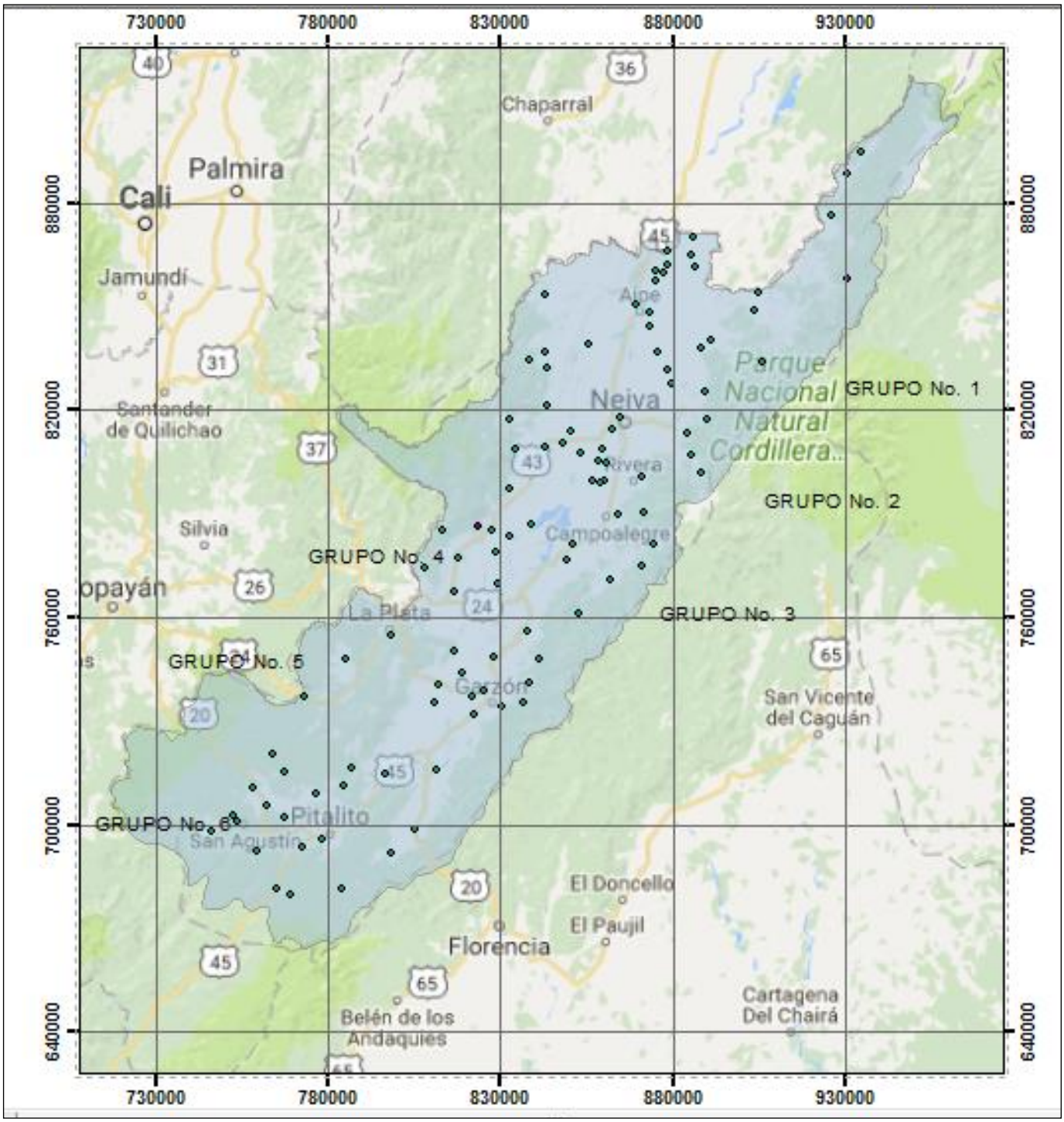


Ilustración 157 Mapa Estaciones Seleccionas de Medición.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.6.9 Comportamiento Parámetros Climatológicos.

A continuación, se presenta la caracterización espacial del clima en la cuenca hidrográfica en ordenación en un contexto regional, teniendo en cuenta la información disponible tratada para las variables climáticas.

Para el estudio del Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos PMAA, se seleccionó 3 años representativos como el año promedio, año seco y año húmedo. En el caso del año promedio, se seleccionó el promedio de todos los años registrados, mientras que para el año seco y el año húmedo se seleccionó el año 2015 y 2011 respectivamente. Esto debido a que los datos de precipitación muestran que estos años presentaron el mayor exceso o déficit de precipitación de todo el registro para la gran mayoría de las estaciones, y en segunda instancia, ya que el IDEAM reconoce estos años como años con un fenómeno marcado del niño y la niña.

3.6.10 Precipitación Media Mensual Año Promedio.

El régimen de las precipitaciones en Colombia en la zona Andina, se rige por el paso de la zona de Confluencia Inter Tropical, la cual consiste en una banda de baja presión que se desplaza en el territorio nacional de sur a norte en el primer semestre del año y norte a sur en el segundo, generando un régimen de tipo bimodal a lo largo del año.

En el **Anexo F-7** se presentan las isolíneas de precipitación a nivel mensual (enero a diciembre), y a su vez se presentan las isolíneas de precipitación Total, mientras que en la **Ilustración 158** se presentan las isolíneas de precipitación total de la zona de estudio a nivel anual.

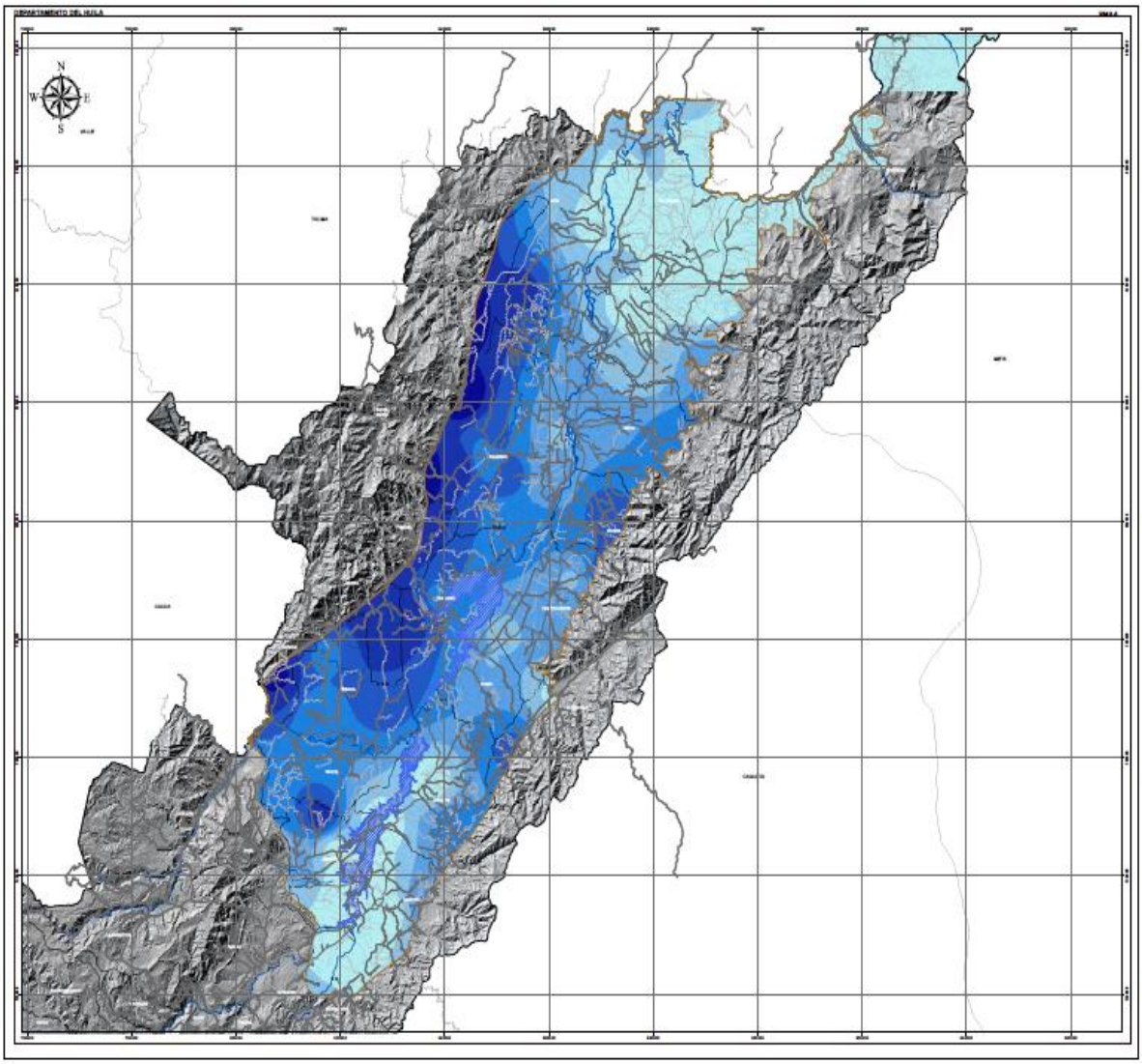


Ilustración 158 Isolíneas de precipitación total – Año Promedio
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Para las isolíneas de precipitación total, se observa que los valores fluctúan entre los 908 mm y 2316 mm, y que la precipitación es máxima en la zona Occidental y sur del departamento, disminuyendo hacia el centro, norte y oriente de la zona de estudio.

3.6.11 Precipitación Media Mensual Año Seco.

En el **Anexo F-7-2** se presentan las isolíneas de precipitación a nivel mensual (enero a diciembre), y a su vez se presentan las isolíneas de precipitación Total, mientras que en la **Ilustración 159** se presentan las isolíneas de precipitación total de la zona de estudio a nivel anual.

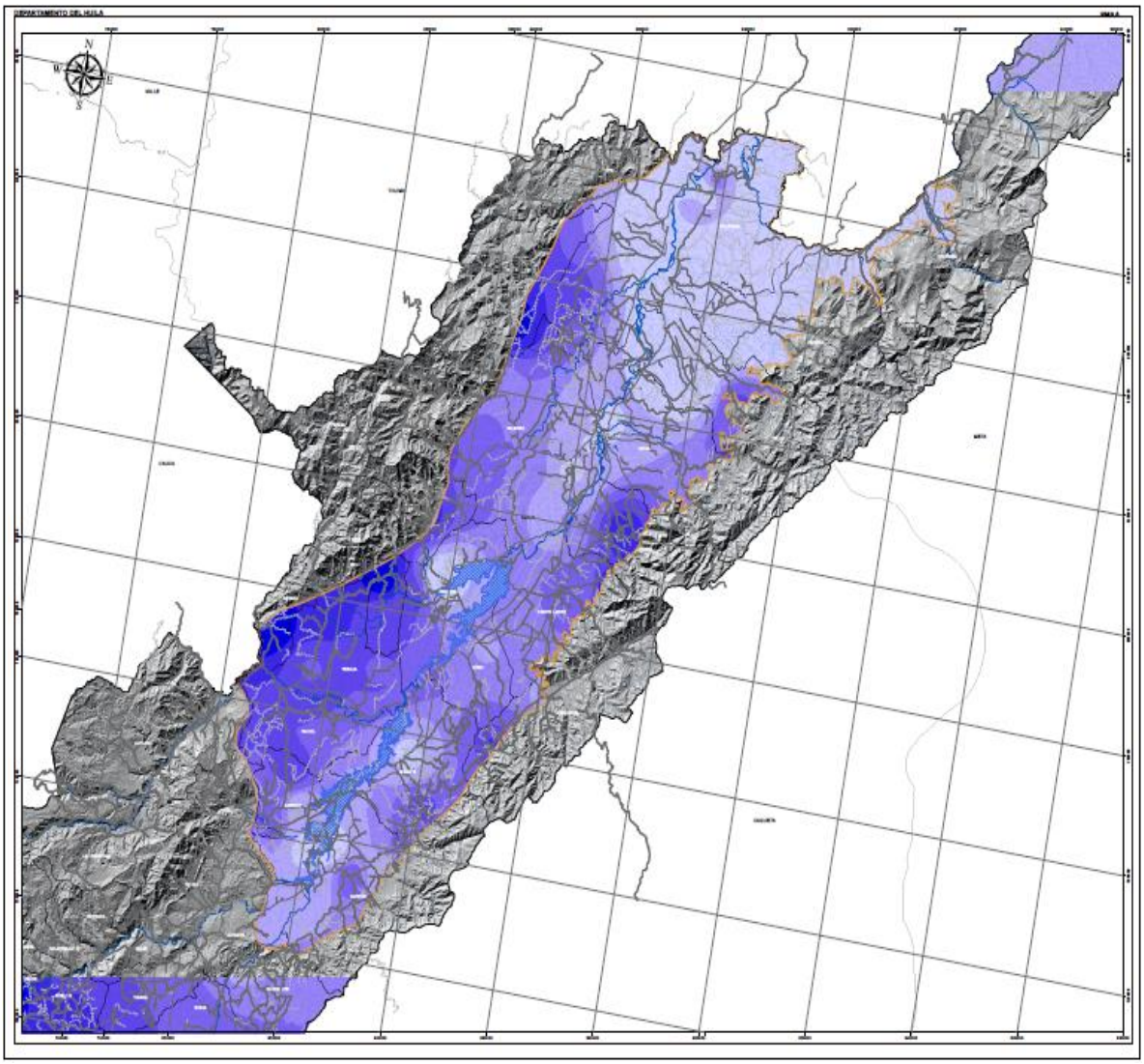


Ilustración 159 Isolíneas de precipitación total – Año Seco
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Para las isolíneas de precipitación total del año seco, se observa que los valores fluctúan entre los 360 mm y 1764 mm, y que la precipitación es máxima en la zona sur del departamento, disminuyendo hacia el centro, norte y oriente de la zona de estudio

3.6.12 Precipitación Media Mensual Año Húmedo.

En el **Anexo F-7-3** se presentan las isolíneas de precipitación a nivel mensual (enero a diciembre), y a su vez se presentan las isolíneas de precipitación Total, mientras que en la **Ilustración 160** se presentan las isolíneas de precipitación total de la zona de estudio a nivel anual.

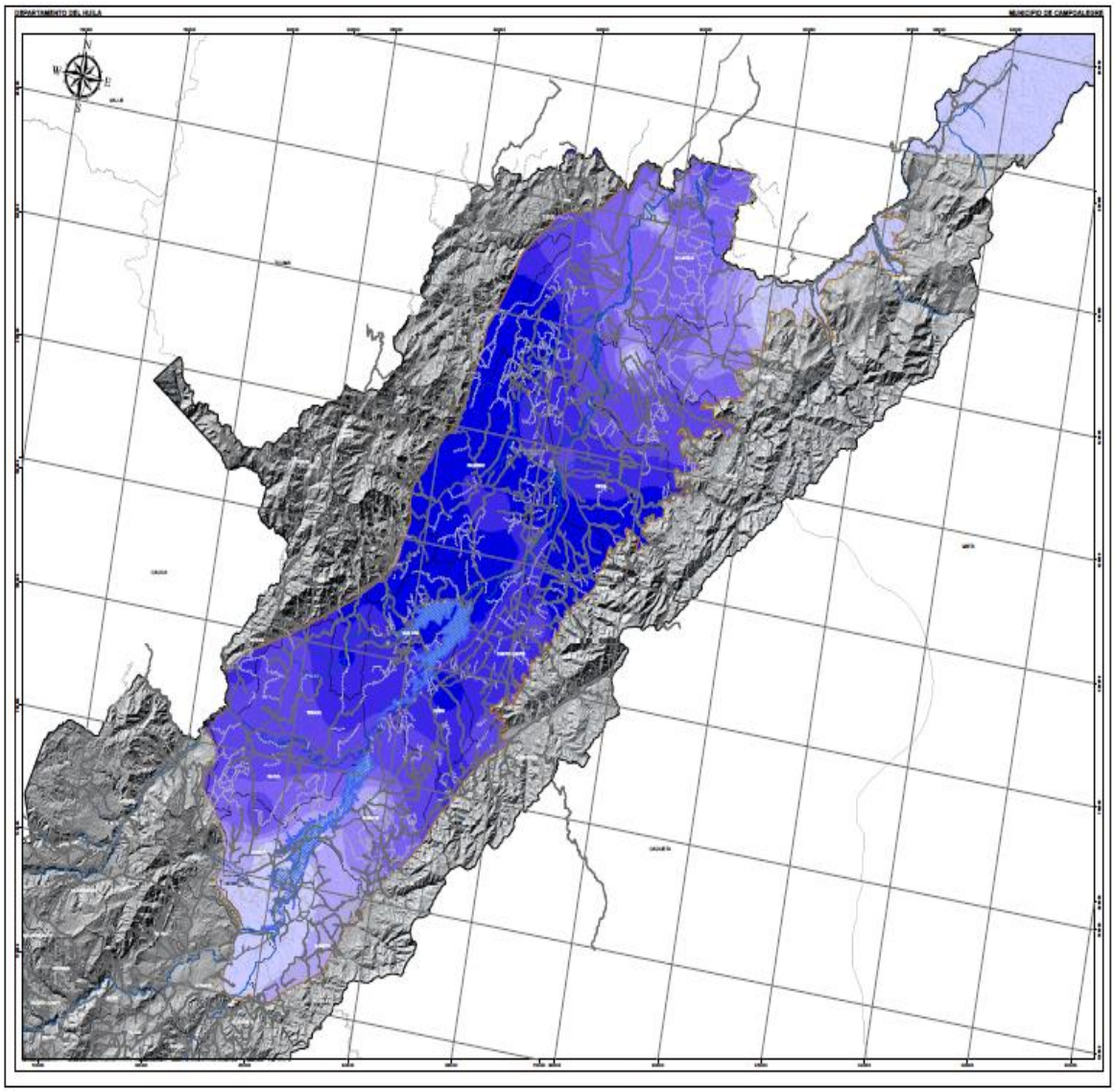


Ilustración 160 Isolíneas de precipitación total – Año húmedo
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Para las isolíneas de precipitación total del año húmedo, se observa que los valores fluctúan entre los 988 mm y 3817 mm, y que la precipitación es máxima en la zona central del departamento, disminuyendo hacia el norte y sur de la zona de estudio.

3.6.13 Temperatura Media Del Aire Año Promedio.

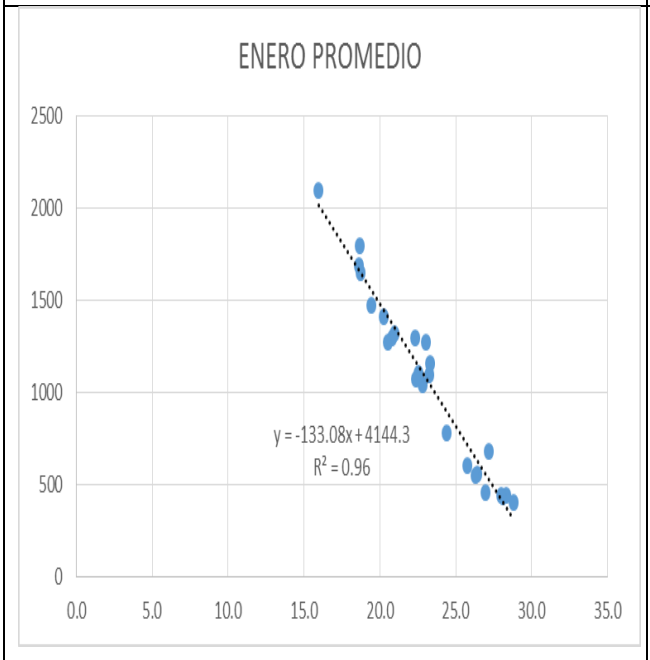
La variable climatológica de temperatura media indica la cantidad de energía calorífica que hay acumulada en el aire en un momento y lugar determinados. Proviene de los rayos que emite el sol, es decir, la radiación solar que llega hasta la tierra. La temperatura y la presión del aire son dos elementos del clima que poseen una relación inversamente proporcional: cuanto mayor sea la temperatura del aire en un determinado sitio, menor será su presión y el aire ascenderá. De manera inversa, cuando el aire es más frío y se presentan menores temperaturas, la presión atmosférica aumenta por compresión en los lugares donde ésta desciende. Así, donde la temperatura del aire aumenta, el tiempo atmosférico tenderá a ser inestable y se pueden producir lluvias e incluso tormentas. Donde la temperatura del aire desciende, el tiempo será más estable y se presentarán días soleados sin nubes y con el ambiente seco. Del mismo modo, se presenta una relación inversa entre esta variable climatológica y la altitud, es decir que, a mayor altura menor temperatura y viceversa.

Una vez analizadas las estaciones en la zona de estudio, se trazaron las isotermas, calculadas a partir del gradiente de temperatura obtenido con las estaciones medidoras de este parámetro.

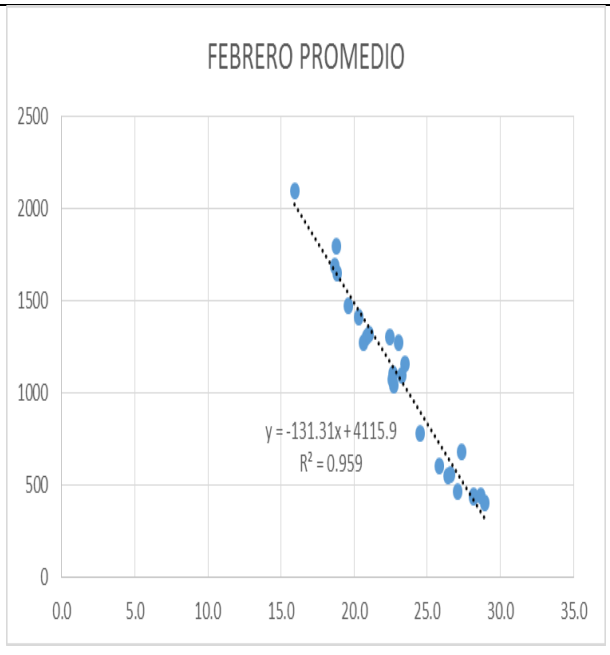
En la **Gráfica 126** se presentan los gradientes de temperatura, con los valores registrados en las estaciones climatológicas localizadas en la zona y sus alrededores para cada mes, y a su vez se presentan las ecuaciones respectivas.

Gráfica 126 Gradiente de temperatura media mensual y promedio anual – Año Promedio

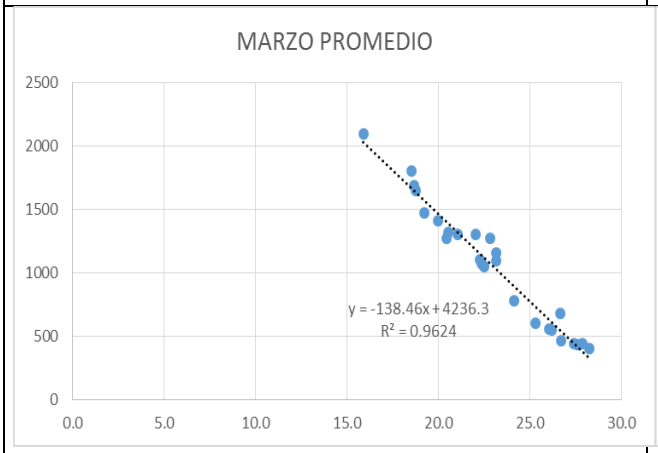
Enero



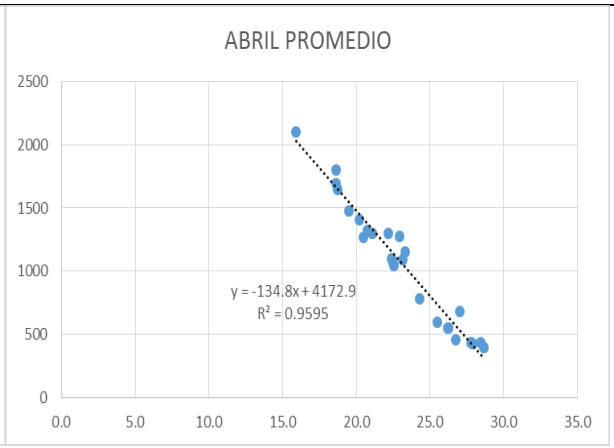
Febrero



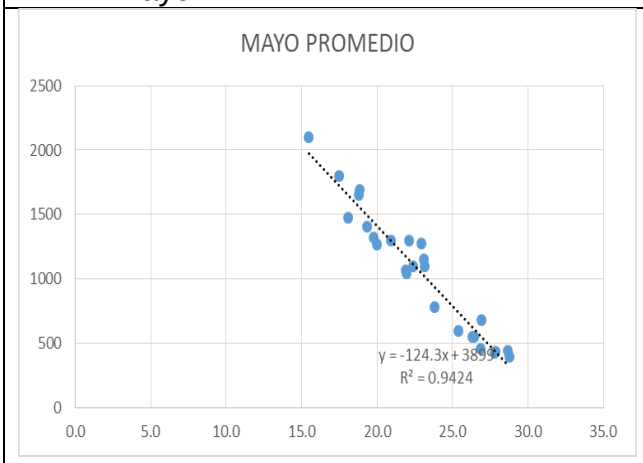
Marzo



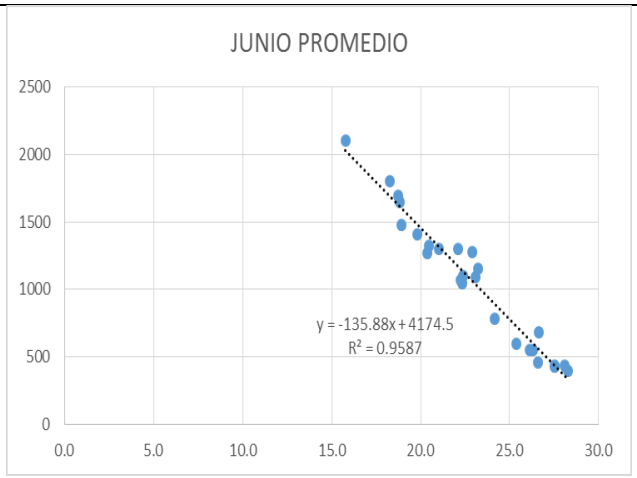
Abril



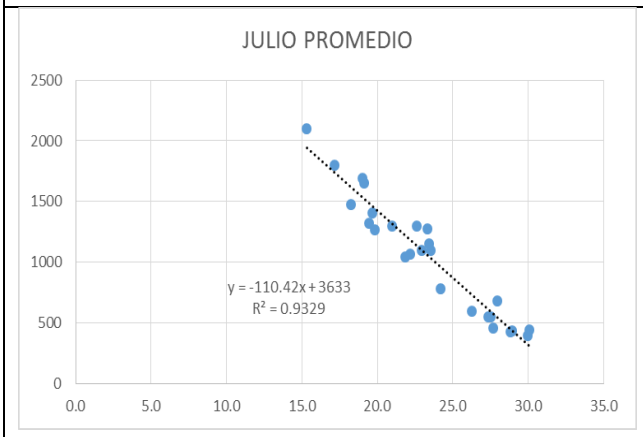
Mayo



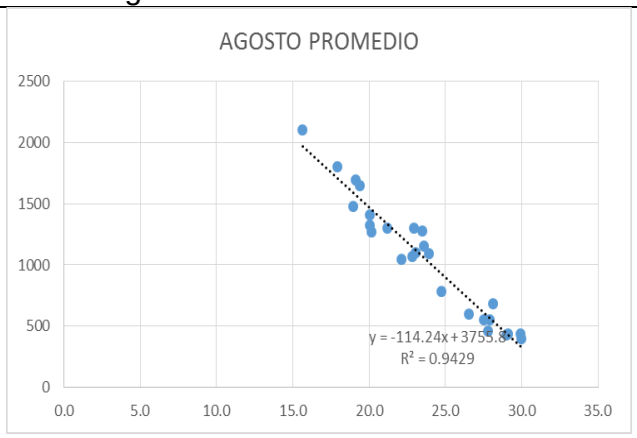
Junio



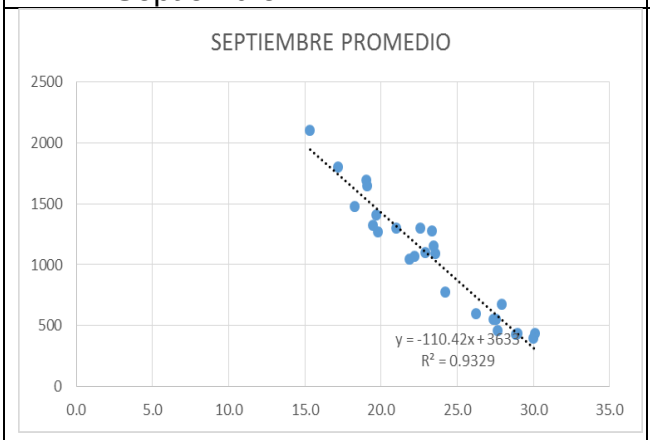
Julio



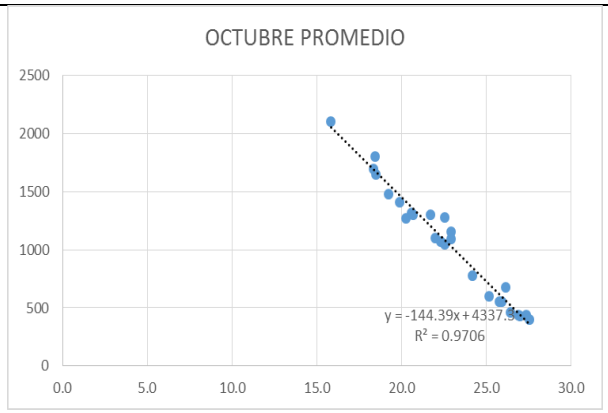
Agosto



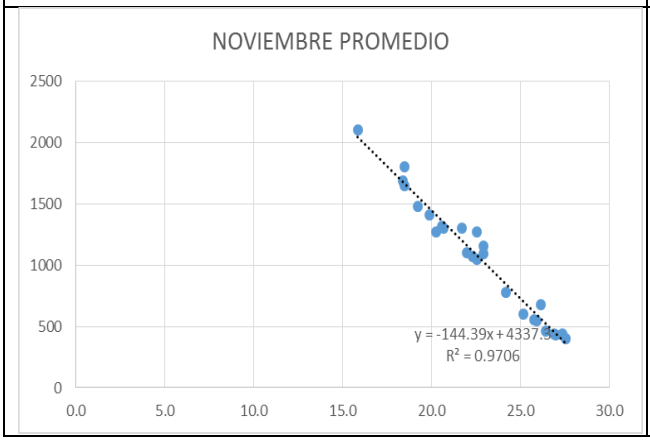
Septiembre



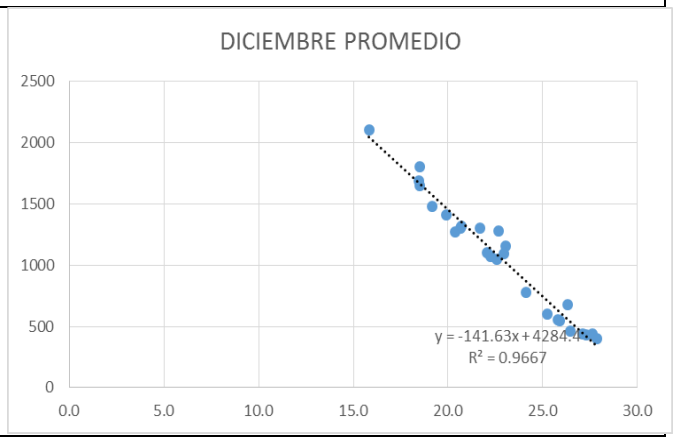
Octubre



Noviembre



Diciembre



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Teniendo en cuenta los gradientes de temperatura media a nivel mensual para las estaciones seleccionadas, se procedió a calcular las isotermas de la zona, es así como en el Anexo E-2 se presentan las isolíneas de temperatura a nivel mensual.

En la **Ilustración 161** se presentaron las isotermas de temperatura promedio del mes de diciembre para el año promedio, donde se observa que los valores más altos se presentan al centro y norte de la zona de estudio, con registros del orden de los 23.5 °C a los 27.6 °C.

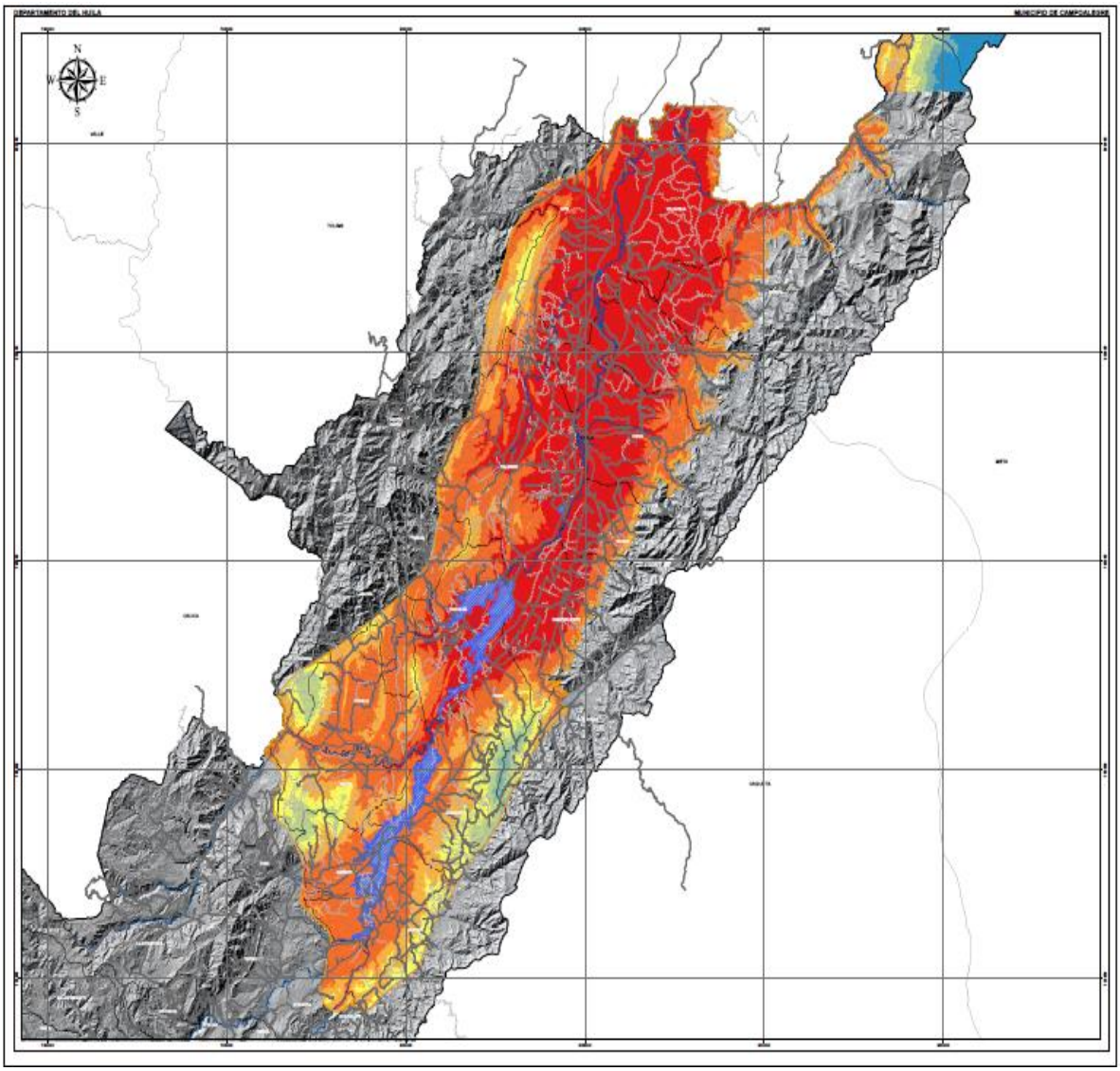


Ilustración 161 Isolíneas de temperatura media – Año Promedio
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

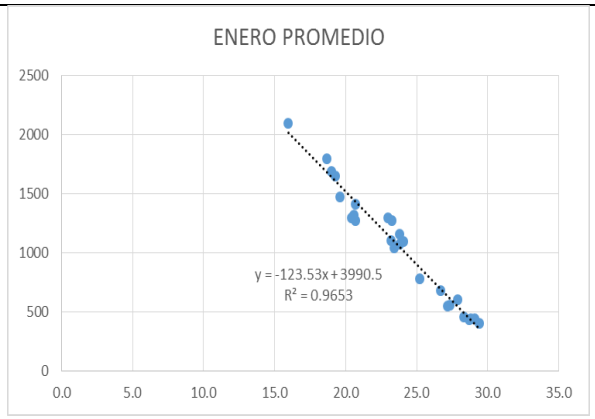
3.6.14 Temperatura Media Del Aire Año Seco.

Una vez analizadas las estaciones en la zona de estudio, se trazaron las isotermas, calculadas a partir del gradiente de temperatura obtenido con las estaciones medidoras de este parámetro.

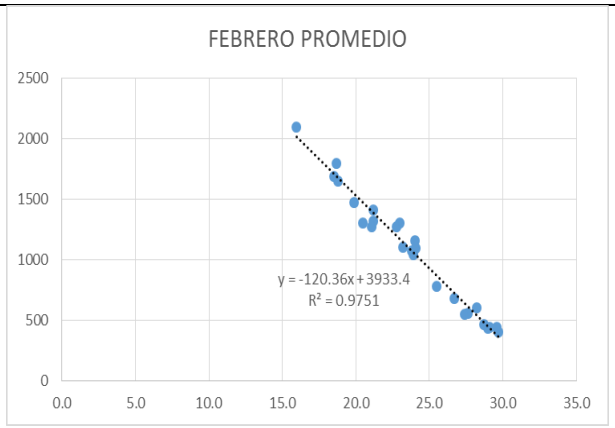
En la **Gráfica 127** se presentan los gradientes de temperatura, con los valores registrados en las estaciones climatológicas localizadas en la zona y sus alrededores para cada mes, y a su vez se presentan las ecuaciones respectivas.

Gráfica 127 Gradiente de temperatura media mensual y promedio anual – Año Seco

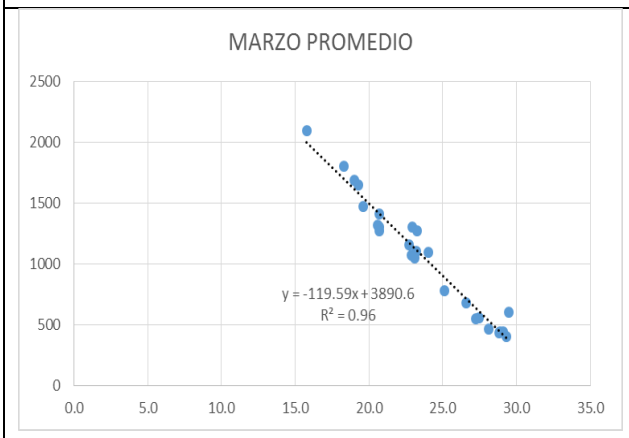
Enero



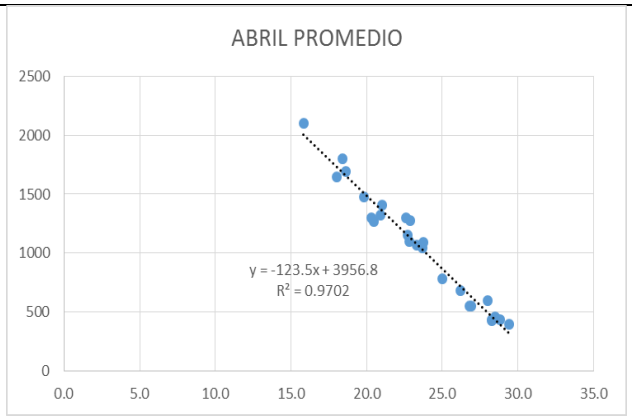
Febrero



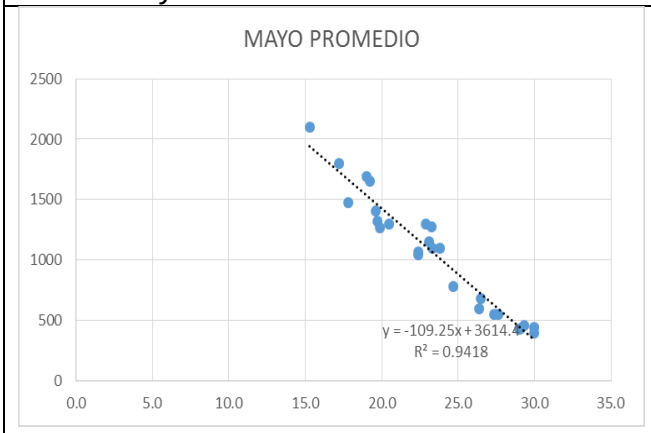
Marzo



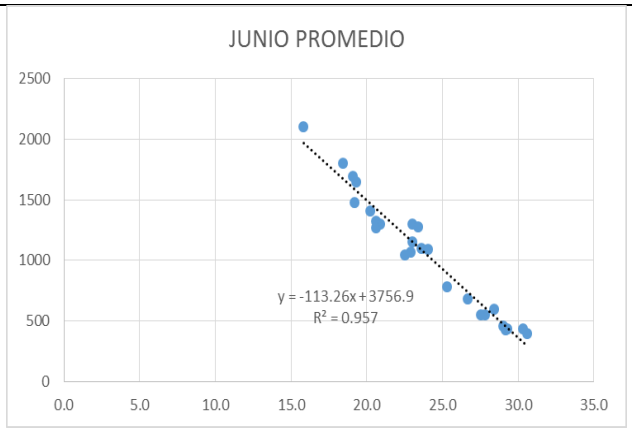
Abril



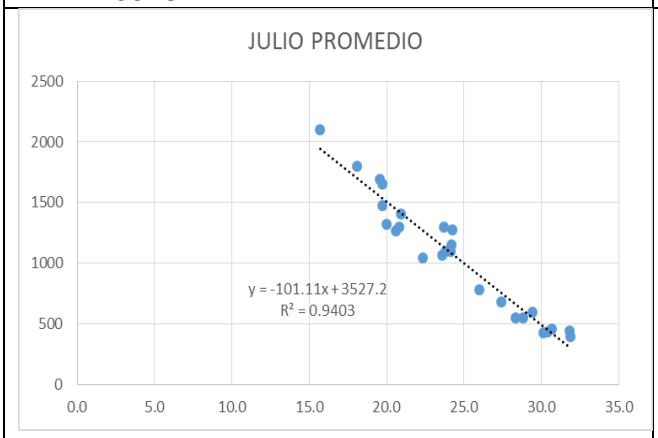
Mayo



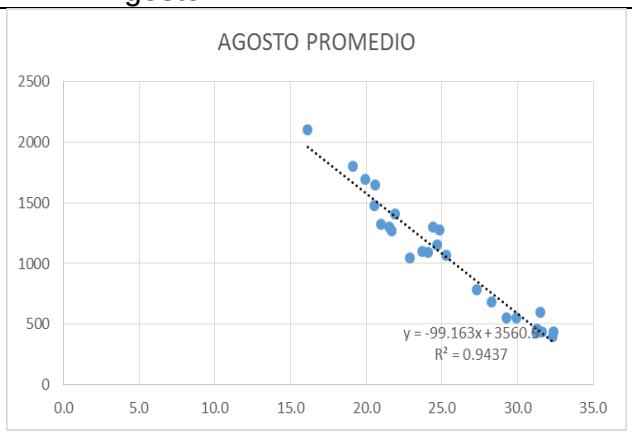
Junio



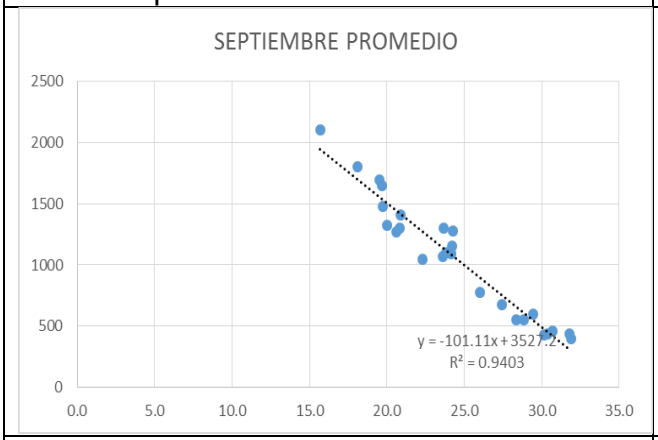
Julio



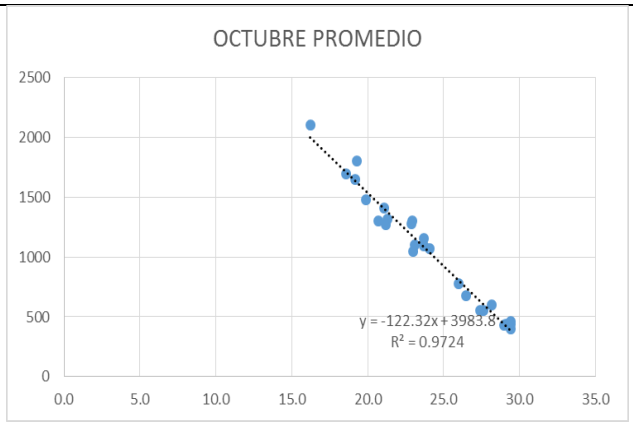
Agosto



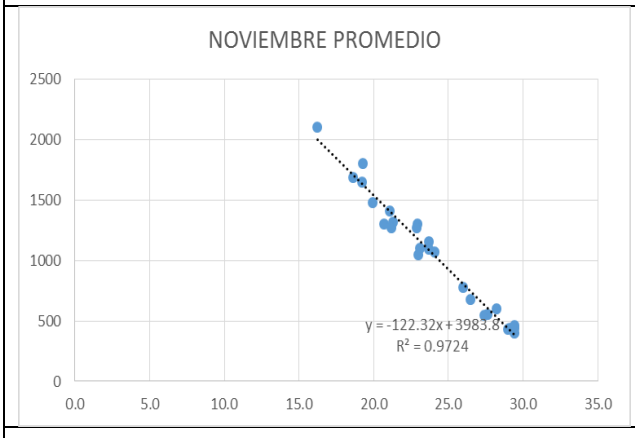
Septiembre



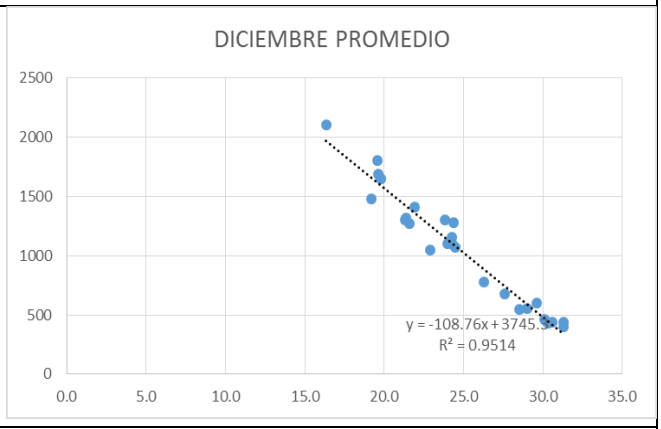
Octubre



Noviembre



Diciembre



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Teniendo en cuenta los gradientes de temperatura media a nivel mensual para las estaciones seleccionadas, se procedió a calcular las isotermas de la zona, es así como en el Anexo E-2 se presentan las isolíneas de temperatura a nivel mensual.

En la **Ilustración 162** se presentaron las isotermas de temperatura promedio del mes de diciembre para el año seco, donde se observa que los valores más altos se presentan al centro y norte de la zona de estudio, con registros del orden de los 25.6 °C a los 30.9 °C.

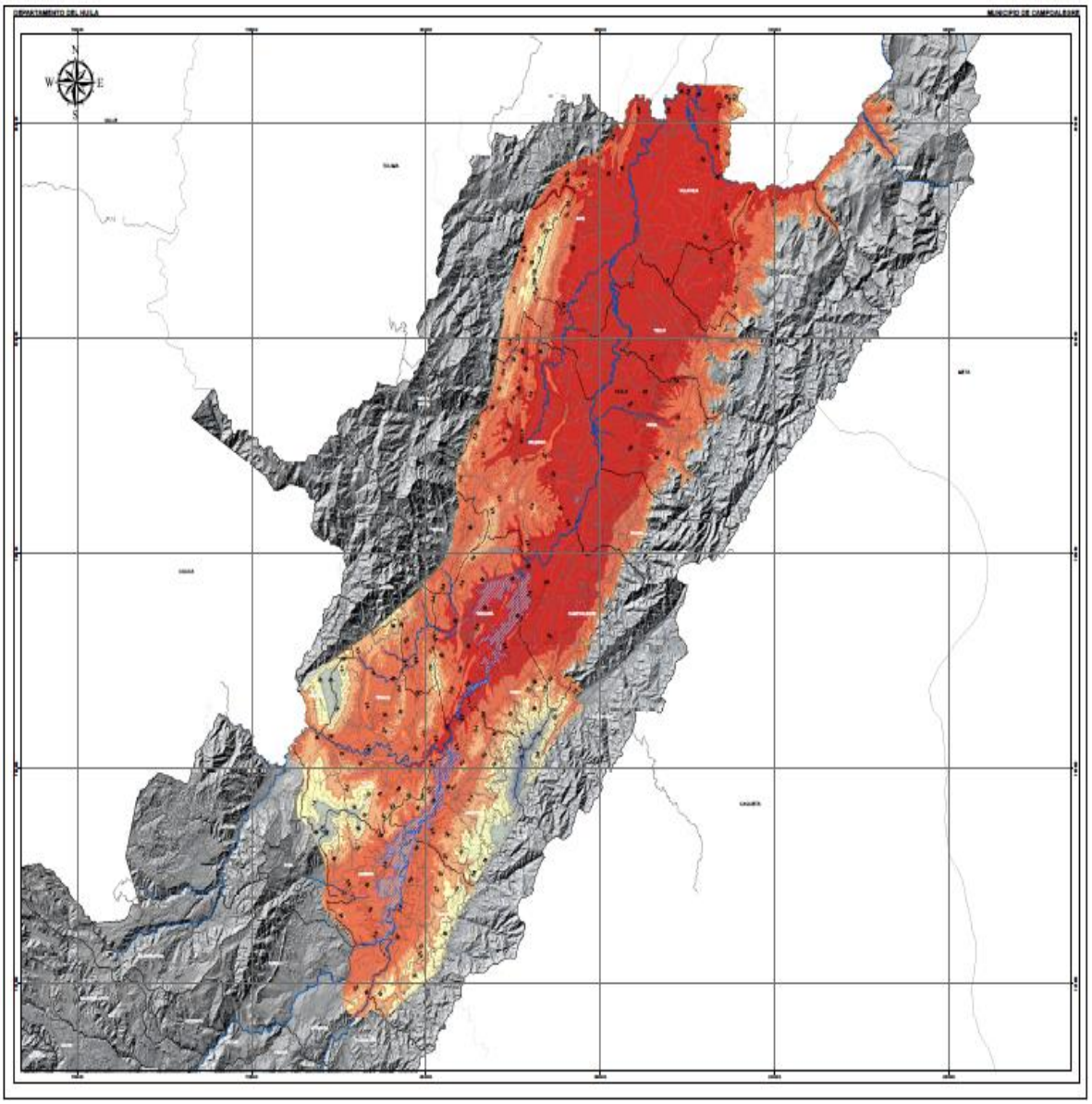


Ilustración 162 Isolíneas de temperatura media – Seco
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

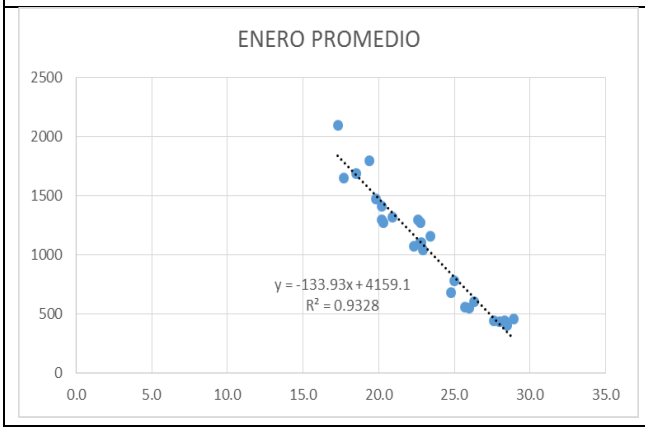
3.6.15 Temperatura Media Del Aire Año Húmedo.

Una vez analizadas las estaciones en la zona de estudio, se trazaron las isotermas, calculadas a partir del gradiente de temperatura obtenido con las estaciones medidoras de este parámetro.

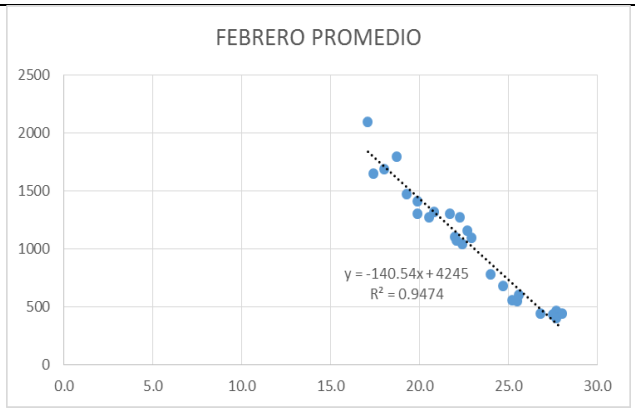
En la **Gráfica 128** se presentan los gradientes de temperatura, con los valores registrados en las estaciones climatológicas localizadas en la zona y sus alrededores para cada mes, y a su vez se presentan las ecuaciones respectivas.

Gráfica 128 Gradiente de temperatura media mensual y promedio anual – Año Húmedo

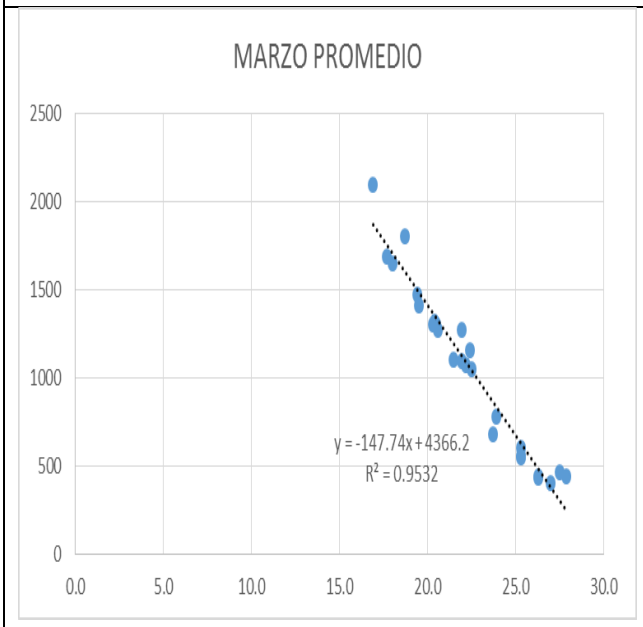
Enero



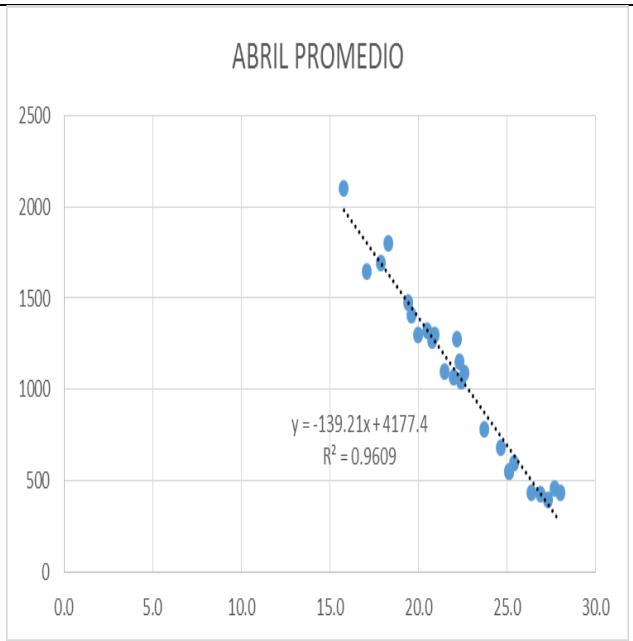
Febrero



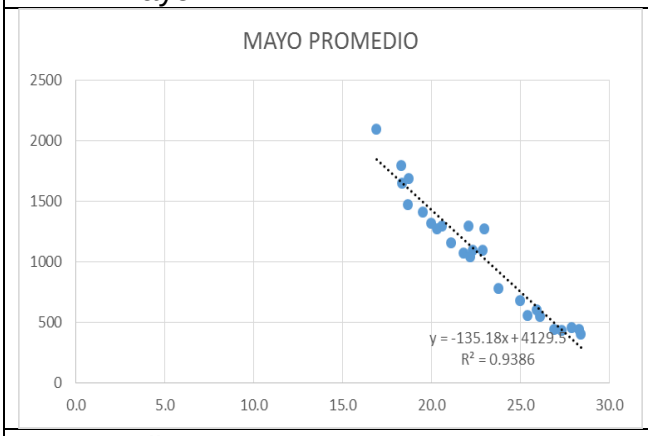
Marzo



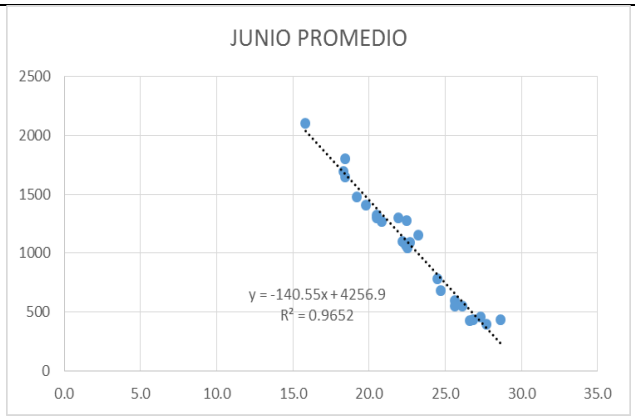
Abril



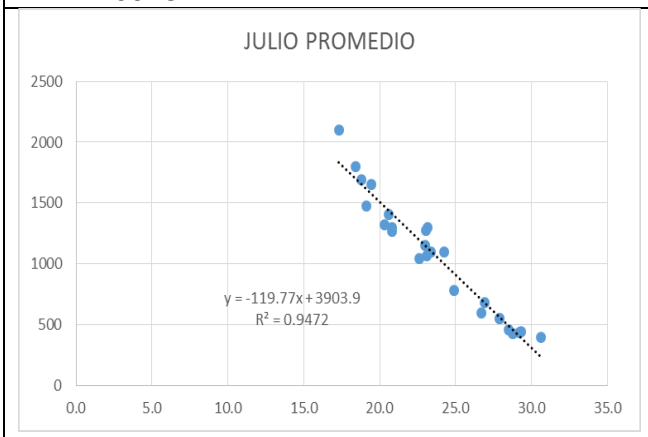
Mayo



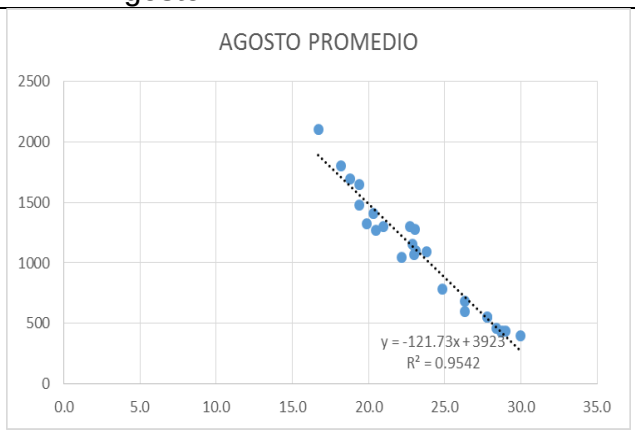
Junio



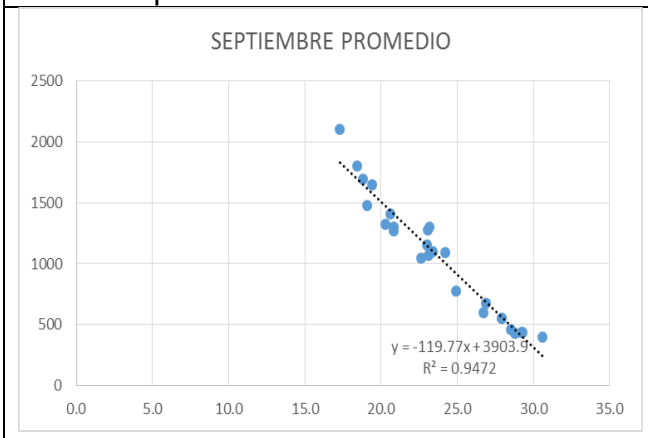
Julio



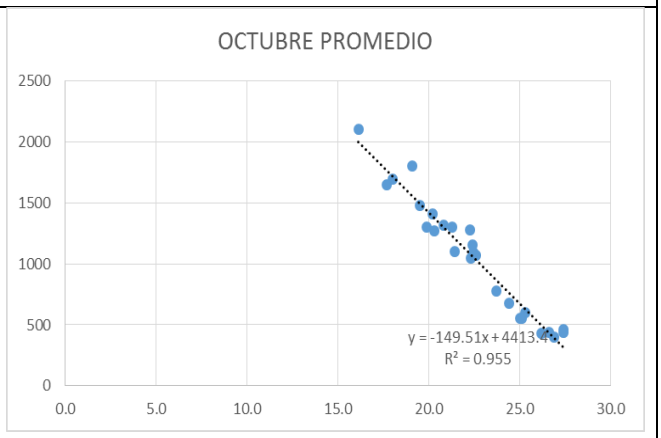
Agosto

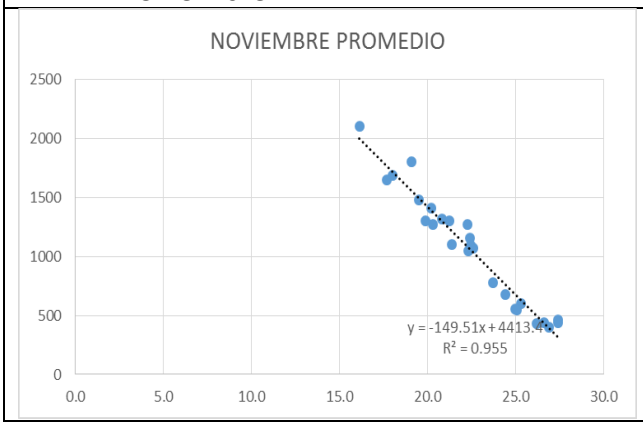
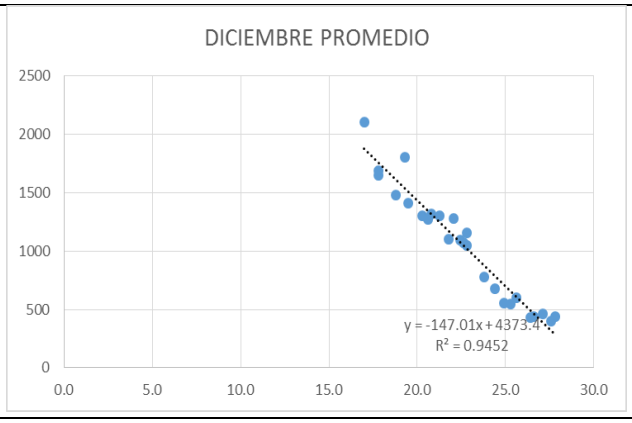


Septiembre



Octubre



Noviembre	Diciembre
	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Teniendo en cuenta los gradientes de temperatura media a nivel mensual para las estaciones seleccionadas, se procedió a calcular las isotermas de la zona, es así como en el Plano No. 6 se presentan las isolíneas de temperatura a nivel mensual.

En la **Ilustración 163** se presentaron las isotermas de temperatura promedio del mes de diciembre para el año húmedo, donde se observa que los valores más altos se presentan al centro y norte de la zona de estudio, con registros del orden de los 23.2 °C a los 27.1 °C.

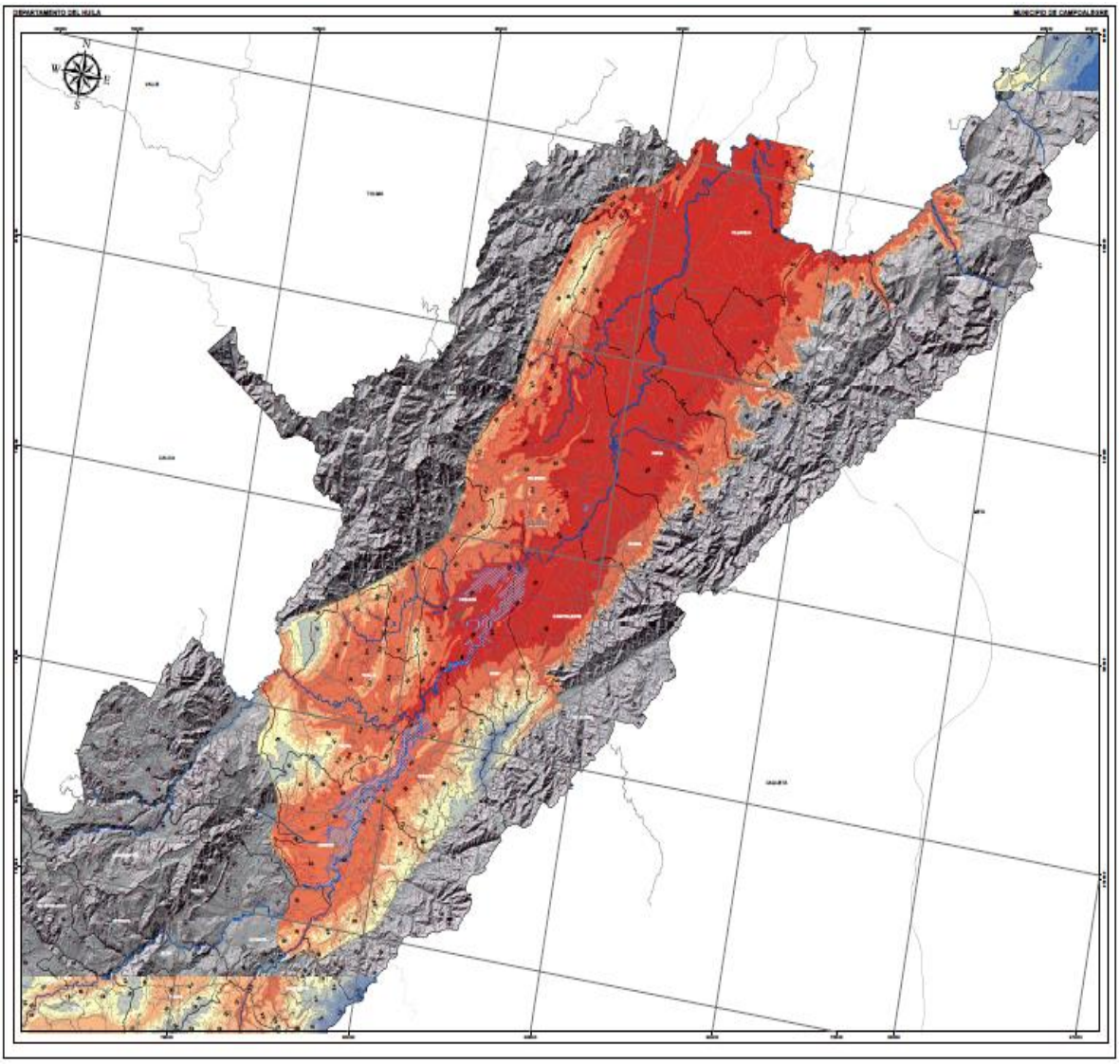


Ilustración 163 Isolíneas de temperatura media – Año Húmedo
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.6.16 Evapotranspiración Potencial A Nivel Anual Y Mensual Año Promedio.

Este parámetro se define como la pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida saturada, por evaporación y por transpiración de las plantas, que ocurriría en el caso que hubiera un adecuado abastecimiento de humedad de agua al suelo en todo momento.

Para la determinación de este fenómeno se ejecutan usualmente estudios en dos sentidos: elaboración de fórmulas teórico-empíricas (métodos de estimación) y elaboración de aparatos y métodos de medida (métodos de medida).

En este caso para el cálculo de este parámetro se utilizará el método de estimación de Thornwaite, el cual consiste en la correlación de datos de evapotranspiración potencial medida en evapotranspirómetros localizados en hoyas hidrológicas, con datos de temperatura media mensual y longitud del día.

Entonces para un mes de 30 días e insolación diaria de 12 horas, se observa en las ecuaciones (1), (2), (3) y (4) que:

$$(1)\ Ej = [(10tj / I)\ a] * 1.6$$

En donde:

Ej: Evapotranspiración potencial mensual del mes j, no ajustada (cm).

tj: Temperatura media mensual del mes j, (°C).

I: Indices de calor

$$(2)\ a = 0.675 \times 10^{-6}\ I^3 - 0.771\ X\ 10^{-4}\ I^2 + 1.792 \times 10^{-2}\ I + 0.49$$

Y el índice de calor es igual a:

$$(3)\ I = \sum ij$$

(4) ij = (tj/5)1.514, para los meses de enero a diciembre

Los valores obtenidos de Ej deben ser ajustados a la longitud del día y al número de días en el mes. Debido a dicho ajuste, los valores de Ej obtenidos deben ser multiplicados por el factor de corrección el cual depende de la latitud y el mes.

Los mapas de evapotranspiración potencial en el año promedio para la zona en estudio se presentaron en el **Anexo F-3**, estos fueron calculados con la herramienta Map Algebra del software ArcMap 10.1 y con los mapas de isolíneas de temperatura media para el año promedio presentados anteriormente para cada mes.

En la **Ilustración 164** se presenta la evapotranspiración total para el año promedio en la zona de estudio, en la cual se observa que, en la parte nor oriental, en la zona del desierto de la Tatacoa, por ser la parte más baja y con mayor temperatura, se presentan los valores más altos de evapotranspiración potencial los cuales están en el orden de 1586 a 2064 mm.

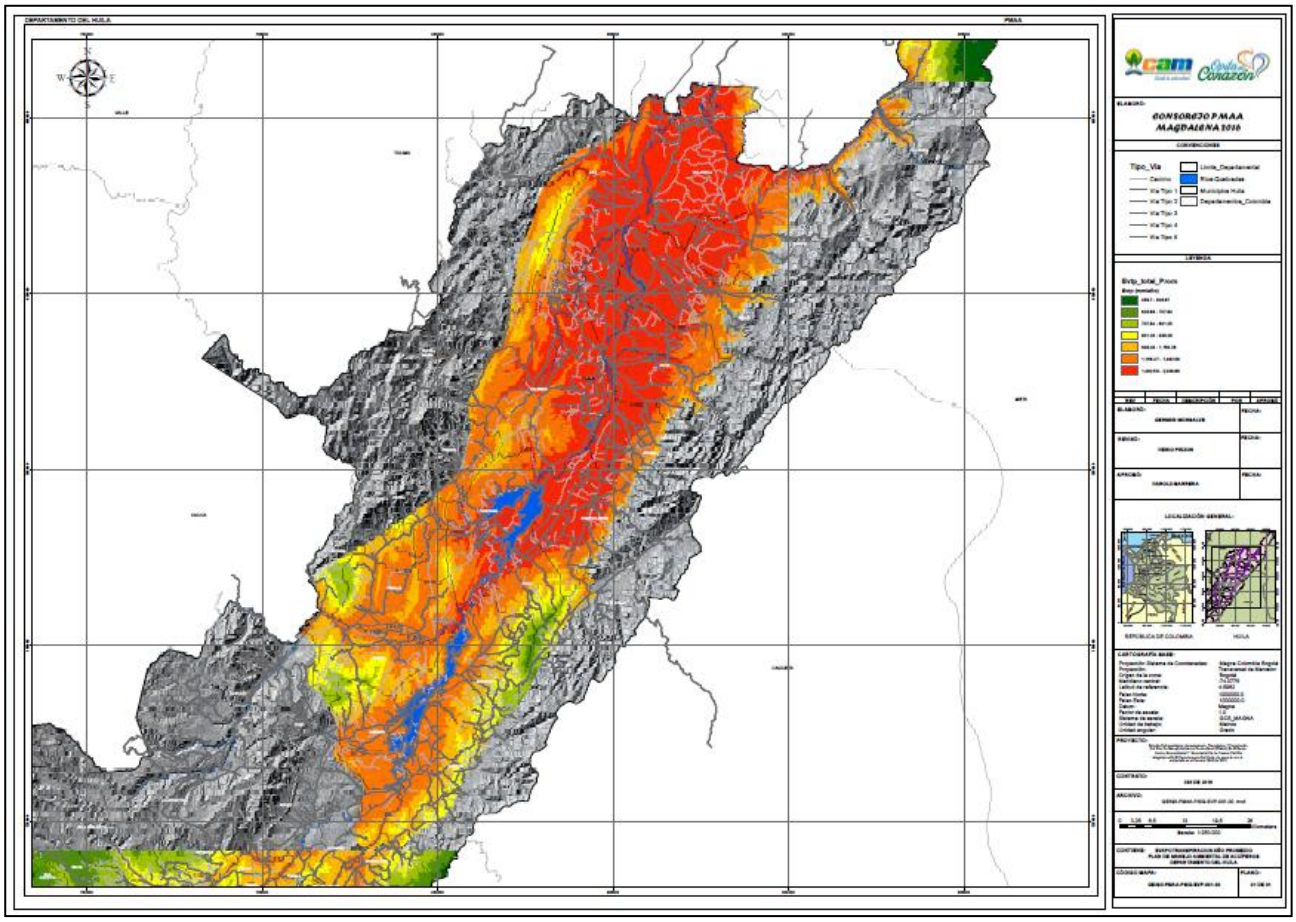


Ilustración 164 Isolíneas de evapotranspiración potencial total – Año Promedio
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.6.17 Evapotranspiración Potencial A Nivel Anual Y Mensual Año Seco.

Los mapas de evapotranspiración potencial en el año seco para la zona en estudio se presentaron en el **Anexo F-9**, estos fueron calculados con la herramienta Map Algebra del software ArcMap 10.1 y con los mapas de isolíneas de temperatura media para el año seco presentados anteriormente para cada mes.

En la **Ilustración 165** se presenta la evapotranspiración total para el año seco en la zona de estudio, en la cual se observa que, en la parte nor oriental, en la zona del desierto de la Tatacoa, por ser la parte más baja y con mayor temperatura, se presentan los valores más altos de evapotranspiración potencial los cuales están en el orden de 2029 a 2747 mm.

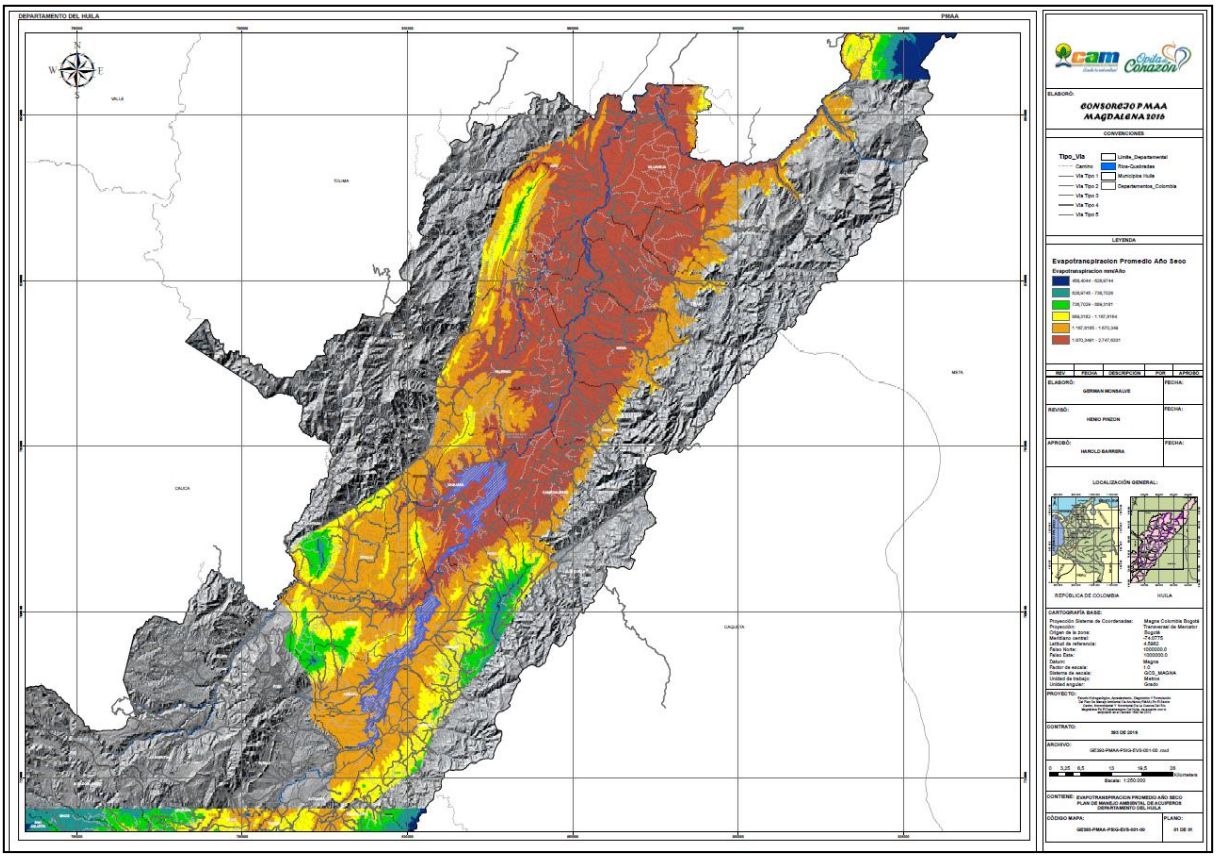


Ilustración 165 Isolíneas de evapotranspiración potencial total – Año Seco.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.6.18 Evapotranspiración Potencial A Nivel Anual Y Mensual Año Húmedo.

Los mapas de evapotranspiración potencial en el año húmedo para la zona en estudio se presentaron en el **Anexo F-9**, estos fueron calculados con la herramienta Map Algebra del software ArcMap 10.1 y con los mapas de isolíneas de temperatura media para el año húmedo presentados anteriormente para cada mes.

En la **Ilustración 166** se presenta la evapotranspiración total para el año seco en la zona de estudio, en la cual se observa que, en la parte nor oriental, en la zona del desierto de la Tatacoa, por ser la parte más baja y con mayor temperatura, se presentan los valores más altos de evapotranspiración potencial los cuales están en el orden de 1477 a 1890 mm.

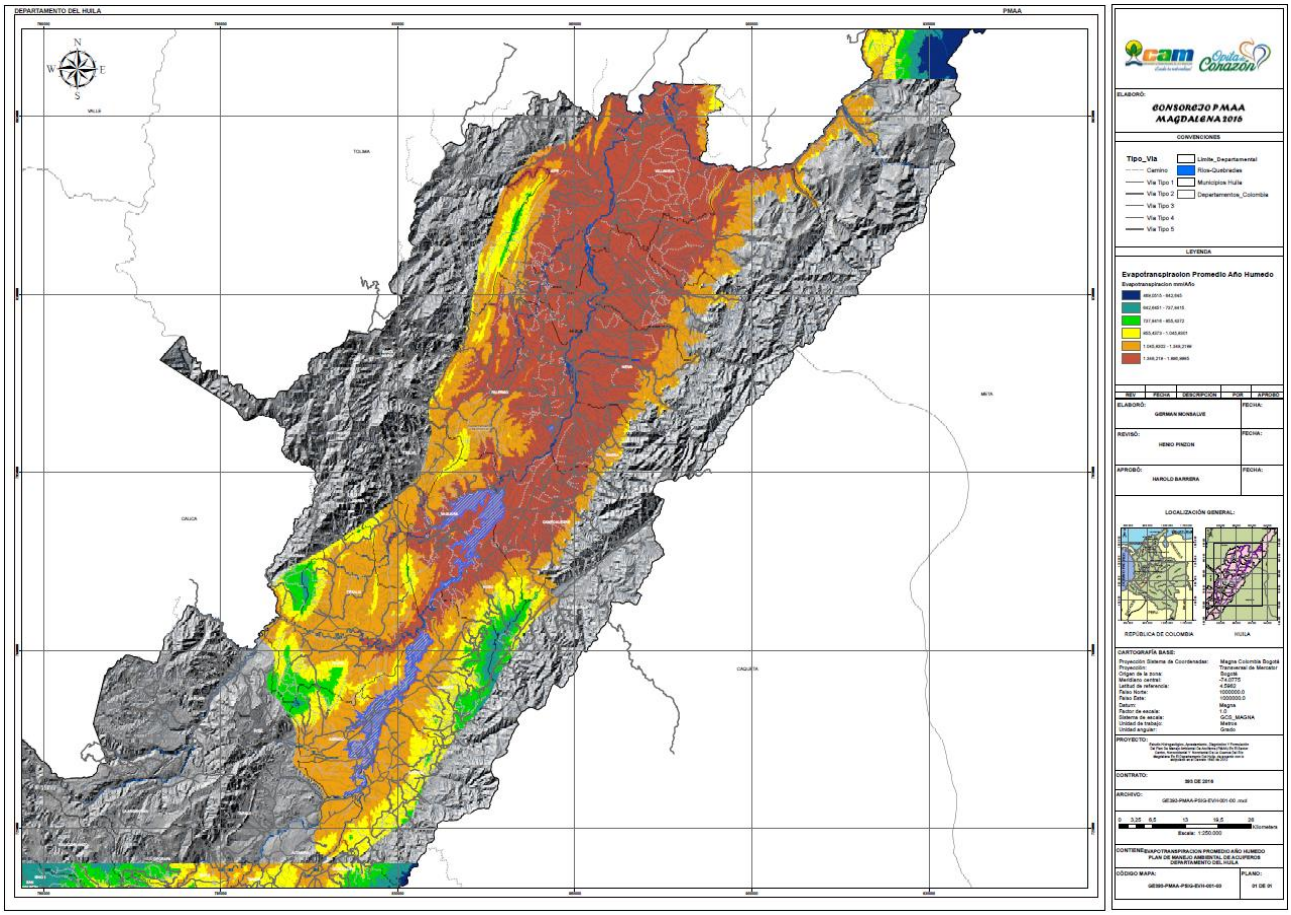


Ilustración 166 Isolíneas de evapotranspiración potencial total – Año Húmedo.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.6.19 Recarga De Acuíferos Y Balance Hídrico.

La recarga de agua a un acuífero depende de gran cantidad de variables, las cuales en muchas ocasiones no se determinan de manera exacta y sencilla y aquellas que pueden medirse de manera directa, corresponden a datos puntuales que luego deben extenderse a grandes áreas (Custodio et ál., 2000). Autores como Lerner (1990) y Samper (1997) han propuesto una clasificación para los diferentes métodos de estimación de la recarga subterránea tales como medidas directas, balance de agua, técnicas de Darcy, técnicas de trazadores y métodos empíricos. Dentro de esta clasificación caben diferentes métodos para el cálculo de la recarga reportados en la literatura. Un resumen de ellos identificando las escalas de aplicación, parámetros empleados, fortalezas y limitaciones de cada método, se presentan en una publicación especial de la Asociación Internacional de Hidrogeología (IAH, 2002).

Con la diversa oferta de métodos para calcular la recarga, la autoridad ambiental deberá escoger aquel método que se adecue a las condiciones locales y regionales de la zona, a

la necesidad de datos y capacidad institucional. Considerando la unidad de análisis empleada por los métodos documentados en la publicación de IAH, en Colombia el método de Balance Hídrico es el más utilizado.

Este método está basado en el principio de la conservación de masa a una cierta región de volumen conocido (volumen de control), definida por unas condiciones de frontera, durante un periodo de tiempo. La diferencia en las entradas y las salidas debe ser igual al cambio en el almacenamiento de agua. La mayor parte de los métodos de balance de agua determinan la recarga a partir de los demás componentes, este tipo de balances se puede hacer en la zona superficial, en la no saturada y en la saturada (Vélez y Vásquez, 2004). La ecuación empleada es la siguiente:

$$(5)\ R = P - Es - ET - \Delta S$$

Dónde:

R = recarga (mm)

P = precipitación (mm)

Es = escorrentía (mm)

ET = evapotranspiración (mm)

ΔS = cambio en el almacenamiento (mm).

Esta ecuación es válida si se asume que la recarga es igual al flujo subterráneo o descarga y si se toma la precipitación (P) como única entrada al sistema, luego de asumir que la divisoria de la cuenca coincide con la divisoria de aguas subterráneas y por lo tanto no hay entrada de flujo desde acuíferos vecinos (Freeze y Cherry, 1979). Adicionalmente, si en la zona se tienen los caudales de extracción y de retorno al agua subterránea, estos deberán ser considerados en la anterior ecuación.

Los métodos de balance ofrecen gran disponibilidad de datos para su aplicación; son fáciles de aplicar, rápidos y de bajo costo; toman en cuenta toda el agua que entra al sistema y están disponibles para todas las fuentes de recarga. La forma más común para estimar la recarga es el método residual (Vélez y Vásquez, 2004). La mayor limitación es que la exactitud de la estimación depende de la exactitud con la cual fueron medidos los otros componentes (Scanlon *et al*., 2002). En algunos casos se realizan grandes simplificaciones a la ecuación de balance con el propósito de utilizar menos variables pero corriendo el riesgo de añadir mayores incertidumbres al resultado final (Freeze y Cherry, 1979). Los balances de agua fueron desarrollados inicialmente en zonas húmedas, y por lo tanto su validez en zonas áridas y semiáridas es bastante discutible. Sus resultados

pueden llegar a ser más confiables cuando se realiza el balance en suelos más desarrollados, donde se presentan mayores condiciones de humedad (Samper, 1997).

3.6.20 Balance Hídrico

La infiltración y recarga de las zonas en estudio, se calculó mediante la aplicación de un balance hídrico que tuvo en cuenta la precipitación promedio sobre la hoya hidrográfica a nivel mensual, el cambio en la reserva de humedad del suelo y la evapotranspiración.

3.6.20.1 Precipitación Efectiva.

Precipitación es, en general, el término que se refiere a todas las formas de humedad emanadas de la atmósfera, y depositadas en la superficie terrestre, tales como lluvia, granizo, rocío, neblina, nieve o helada. Los aportes de precipitación ya fueron calculados en el numeral anterior y se encuentra **Anexo F-1**.

Como se expuso en la ecuación (5) la única entrada para el modelo es la precipitación, y el primer ítem de salida es la escorrentía superficial, por lo que se considera para este caso la precipitación efectiva como la precipitación que se infiltra en el suelo. Para el cálculo de la precipitación efectiva se usaron las siguientes fórmulas:

$$(6)\ P_e = 0.80P_T - 25 \quad si\ P_T > 75\ mm$$

$$(7)\ P_e = 0.60P_T - 10 \quad si\ P_T < 75\ mm$$

En donde:

Pe: Precipitación efectiva, en mm.

Pt: Precipitación total, en mm.

Con base a lo expuesto, los mapas de infiltración del mes de diciembre para los años promedio, seco y húmedo en la zona en estudio se presentaron en el **Anexo F-10**

En la **Ilustración 167**, **Ilustración 168** e **Ilustración 169** se presenta la infiltración para el mes de diciembre para los años promedio, seco y húmedo respectivamente, donde el nivel de infiltración es de 193.56 mm para el año promedio, 144.48 mm para el año seco y de 440.75 mm para el año húmedo.

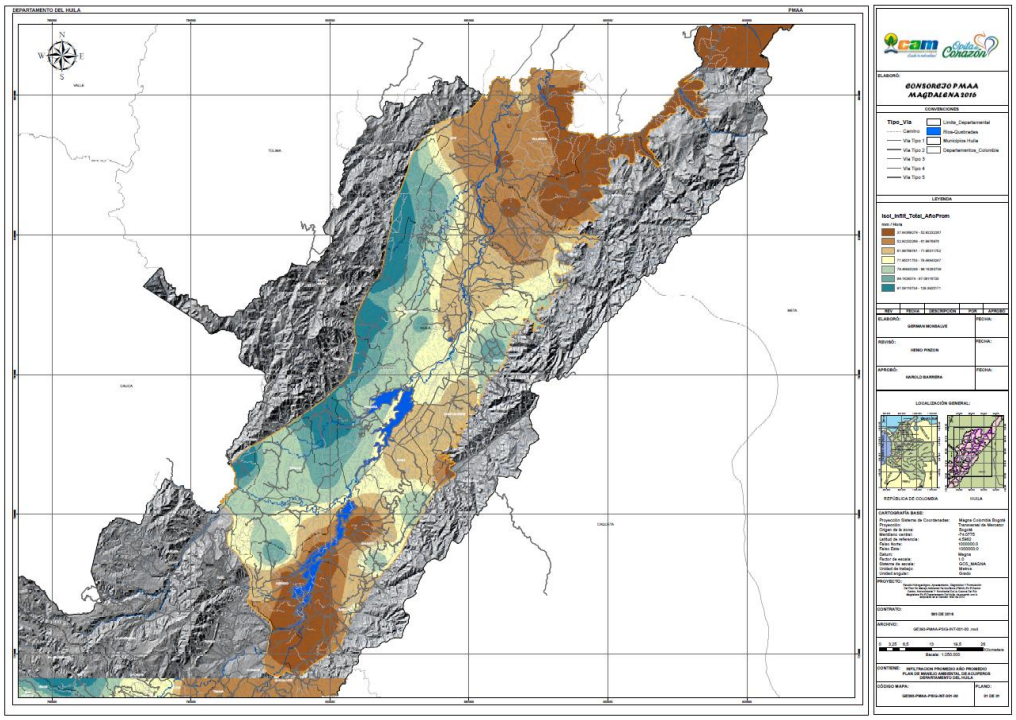


Ilustración 167 Isolíneas de Infiltración del Mes de Diciembre Para el Año Promedio.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

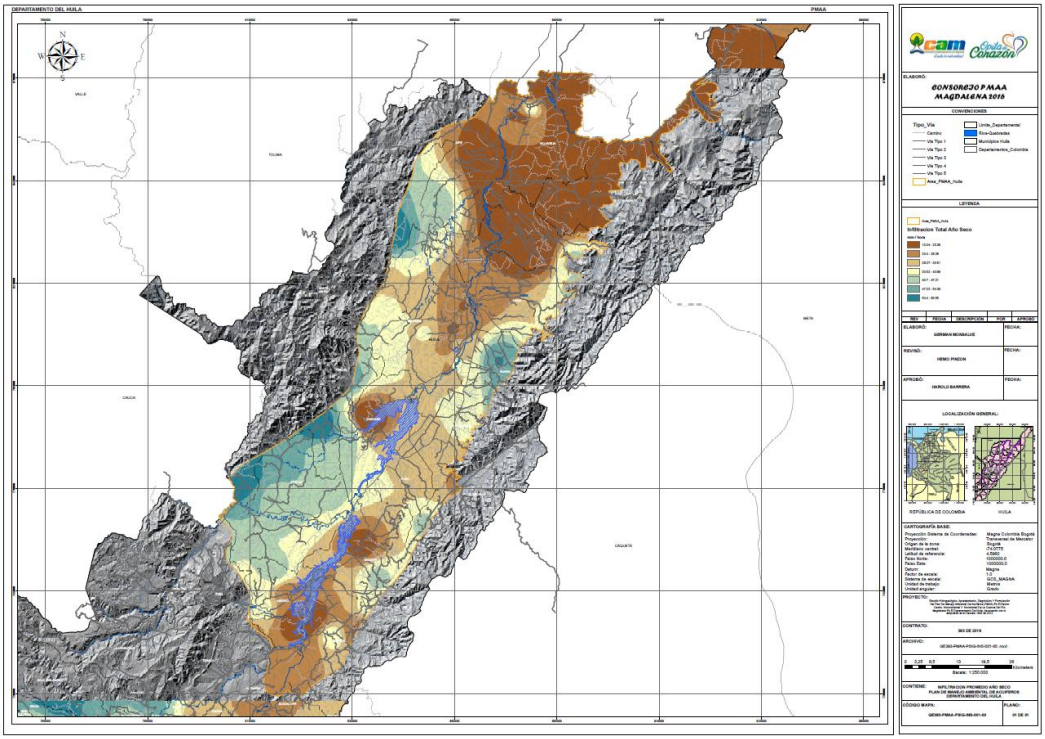


Ilustración 168 Isolíneas de Infiltración del Mes de Diciembre Para el Año Seco
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

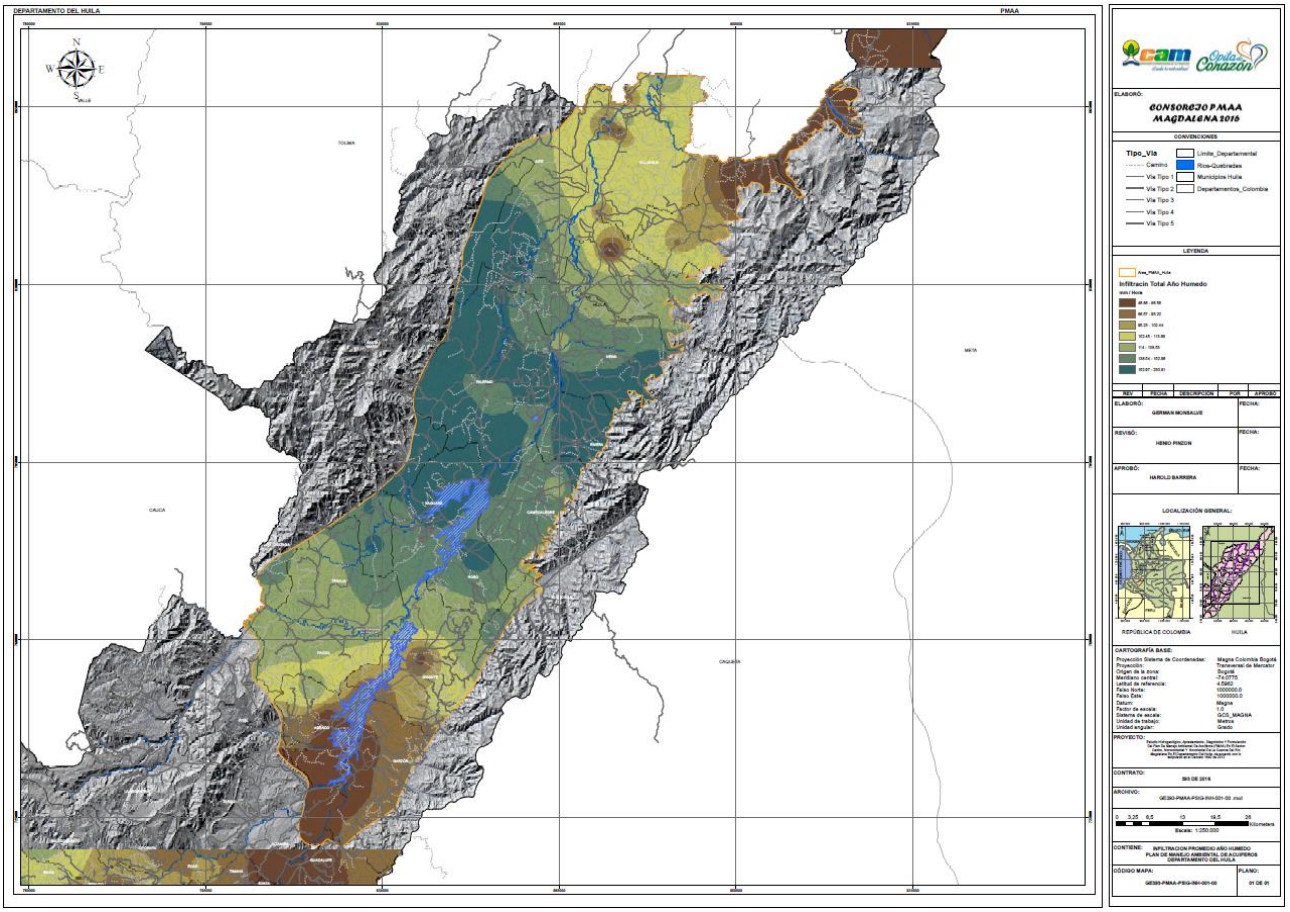


Ilustración 169 Isolíneas de Infiltración del Mes de Diciembre Para el Año
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.6.20.2 Evapotranspiración Potencial

Como se presentó anteriormente en este informe, la evapotranspiración potencial se define como la pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida saturada, por evaporación y por transpiración de las plantas, que ocurriría en el caso que hubiera un adecuado abastecimiento de humedad de agua al suelo en todo momento.

La teoría utilizada en el cálculo de este parámetro en el balance, así como los resultados obtenidos en la zona de estudio se presenta en **Anexo F-3**

3.6.20.3 Balance Hídrico y Recarga

Como ya se mencionó con anterioridad el balance hídrico en la zona de proyecto se realiza con el fin de conocer la recarga de los acuíferos de la zona.

Siguiendo la metodología del balance hídrico de Thorntwaite, a nivel de discretización mensual, y teniendo en cuenta los valores de infiltración (precipitación efectiva en el suelo) y los valores estimados de evapotranspiración potencial, se calculó tanto la reserva de humedad del suelo como el déficit y el excedente de la misma humedad, teniendo en cuenta una capacidad de almacenamiento de humedad en el suelo de 50 mm. Estos valores concuerdan con suelos francos y francos arcillosos, con humedades disponibles respectivas de 17 cm/m de suelo, y profundidad de suelos de 60 cm.

Esta información básica se adoptó como la variable de cambio de almacenamiento, para calcular un balance hídrico a nivel mensual para todo el periodo de registro de precipitación. La razón por la cual se siguió este procedimiento radica en la necesidad de representar de mejor forma la reserva de agua que tiene el suelo de un año a otro y de esta forma obtener resultados más confiables para el período de análisis.

De acuerdo con esta metodología de Thorntwaite, el excedente de humedad del suelo en un mes específico, cuando se supera la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, se reparte en un 50 % como agua que percollar, convirtiéndose en escorrentía subterránea y finalmente transformándose en escorrentía superficial, y llegando a la corriente respectiva el mismo mes, y el otro 50 % como agua que percollar y que refuerza el excedente del mes siguiente, es decir que refuerza el agua subterránea en el nivel freático del siguiente mes; de esta manera, con esta última fracción se tiene en cuenta el proceso lento del agua en su movimiento de percolación en el suelo hasta que se alcanza el nivel freático, y posteriormente su movimiento como escorrentía subterránea hacia la corriente específica transformándose en escorrentía superficial.

Es verdad que los porcentajes en los balances hídricos para diferir la lámina de agua percollada a lo largo del tiempo suelen ser variables, de acuerdo con las características de los suelos y además con el tamaño de las cuencas consideradas, pero estos porcentajes en la práctica son muy difíciles de determinar. Sin embargo, y siguiendo los lineamientos de la teoría de Thorntwaite, se considera que la proporción mencionada de que el 50 % de los excesos de precipitación se presentan en el mes considerado y que el otro 50 % (escurrimiento subterráneo) es trasladado al mes siguiente, representa valores promedio de características de suelos como los presentados en el área de estudios.

Es claro que en este modelo se tiene en cuenta que existe siempre una conexión entre el nivel freático y la corriente de agua; en caso de que no exista esa conexión, los excedentes del balance hídrico irán a reforzar el agua del nivel freático, y su movimiento se convertirá en escorrentía subterránea que posteriormente podrá convertirse en escorrentía superficial sobre el cauce de otras corrientes que se encuentren a cotas más bajas, pudiendo eventualmente ser utilizada como agua subterránea mediante su explotación por pozos profundos.

Así entonces, el resultado del balance o la recarga de acuíferos mensual y total anual para los años promedio, seco y húmedo calculada a partir de la metodología se presenta en el **Anexo F-11** respectivamente.

Para las isolíneas de recarga total anual para el año promedio, se observa que los valores fluctúan entre los 0 mm y 867.63 mm, siendo evidente una zona de mayor recarga en la parte perimetral del departamento del Huila, que se disminuye en la zona central hasta llegar a 0, como se ve en la **Ilustración 170**.

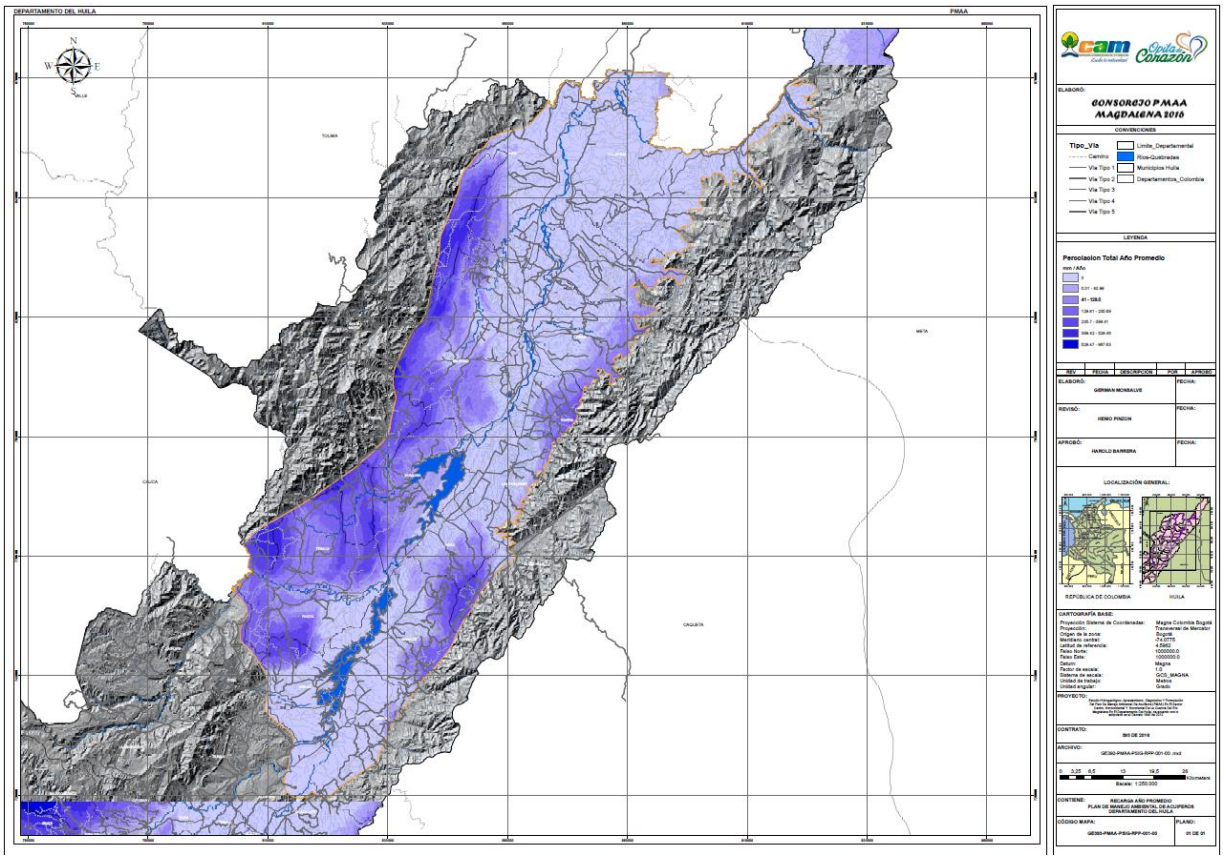


Ilustración 170 Isolíneas de Recarga de Acuíferos Total Anual Para el Año Promedio.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

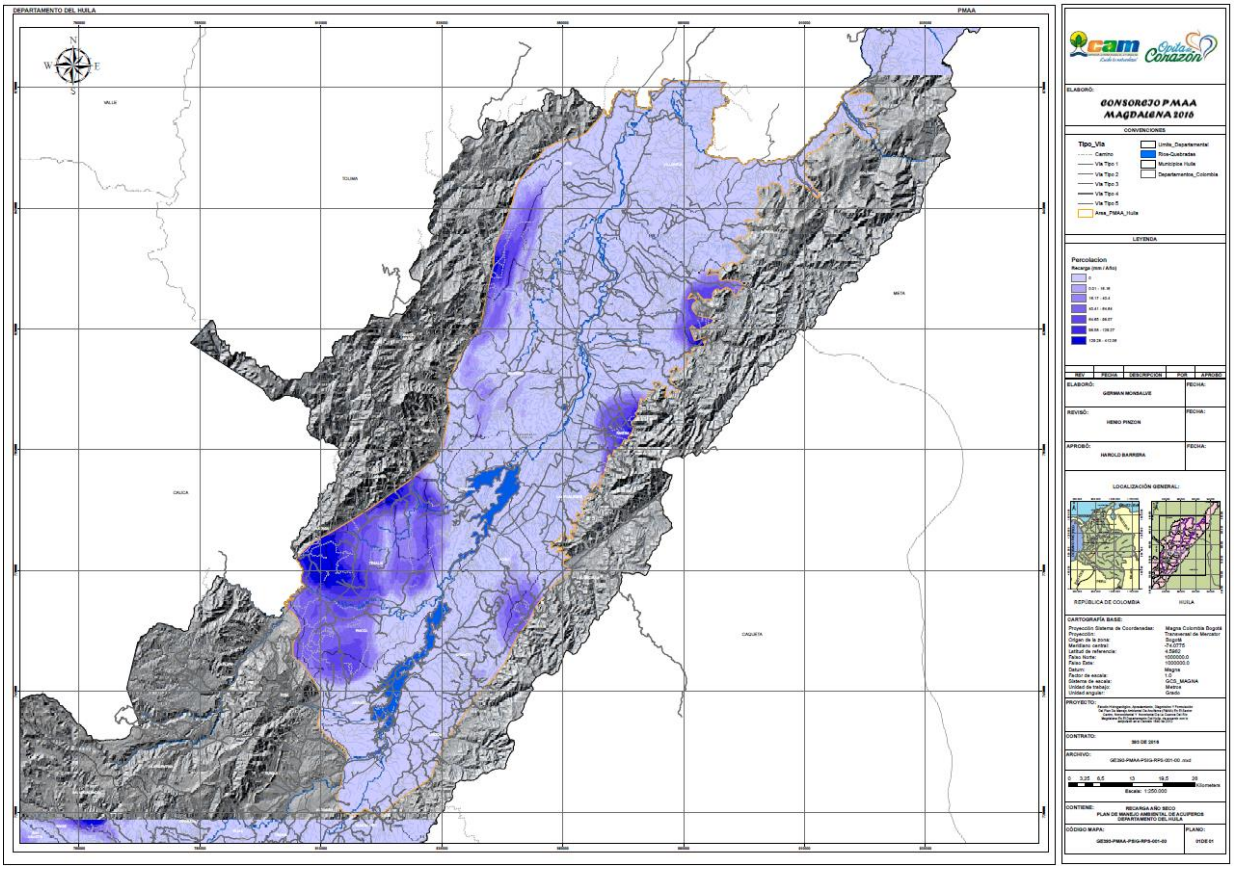


Ilustración 171 Isolíneas de Recarga de Acuíferos Total Anual Para el Año Seco. Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Finalmente, en la **Ilustración 172** se presentan las isolíneas de recarga total anual para el año Húmedo, donde se observa que los valores fluctúan entre los 0 mm y 1731 mm de recarga, cuya zona de mayor infiltración es la parte central del departamento.

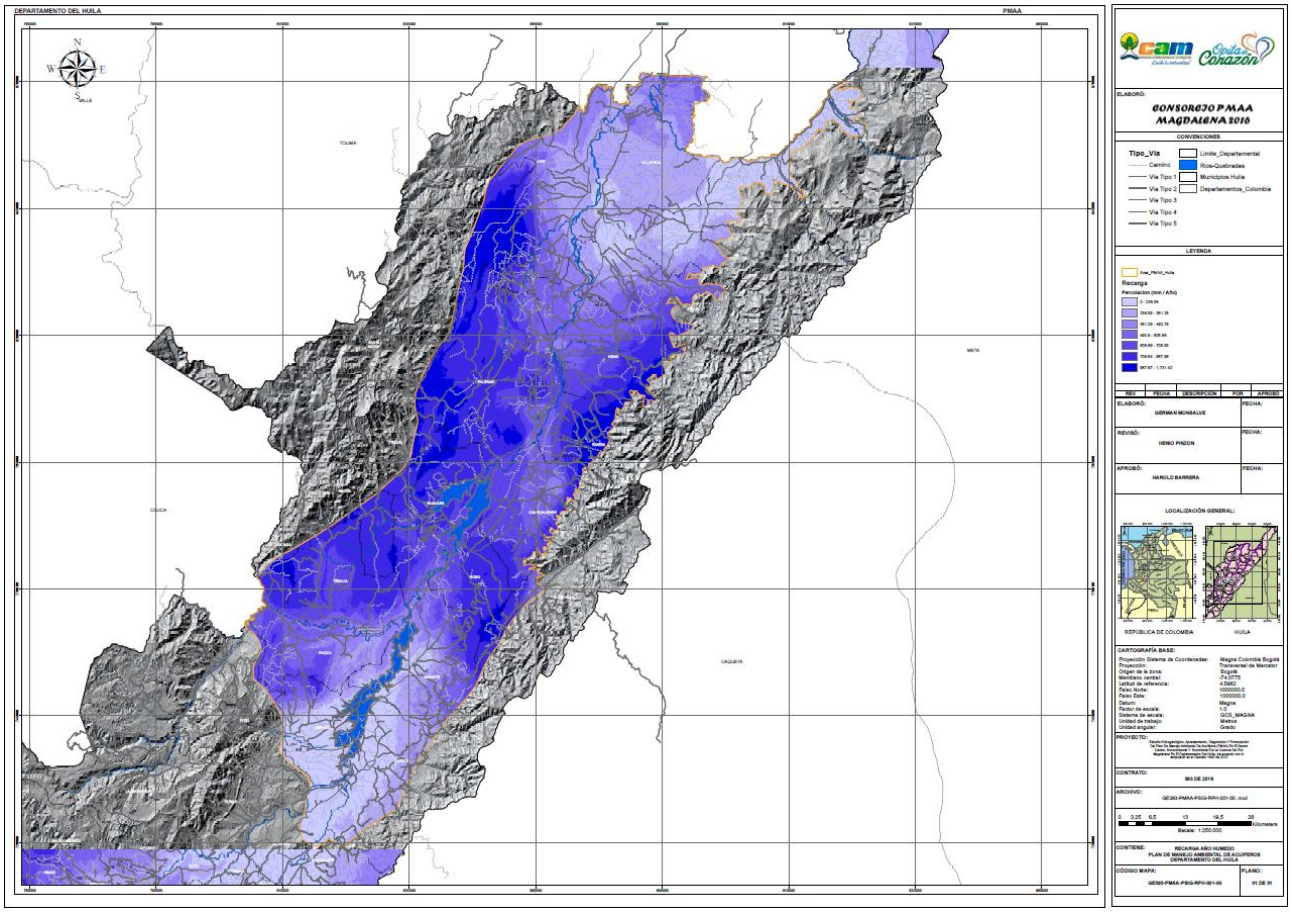


Ilustración 172 Isolíneas de Recarga de Acuíferos Total Anual Para el Año Húmedo.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.7 CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y CALIDAD DE AGUA

Para el análisis hidrogeoquímica y de calidad de agua se tomaron más de 300 puntos proporcionados por la Corporación Regional Autónoma del Alto Magdalena (CAM), 80 puntos de la base de datos de INGEOMINAS (1999) y 10 puntos muestreados por el Consorcio PMAA 2016. Se encontraron faltantes en la información química de los puntos de captación proporcionados de la CAM, por lo tanto este número se vio reducido para tomar las muestras con mejor exposición de datos para su interpretación química y de calidad de agua, inicialmente los expedientes de la CAM mostraban un total de 879 puntos para el área del PMAA pero cerca de la mitad no proporcionaban información de química del agua, por lo tanto se tomaron únicamente aquellos con al menos un parámetro químico para observar la calidad del agua, pero solo aquellos cuya información estaba completa fueron utilizados para análisis hidrogeoquímicos.

La distribución de los puntos de captación se muestra en las ilustraciones (**Ilustración 173, Ilustración 174** e **Ilustración 175**).

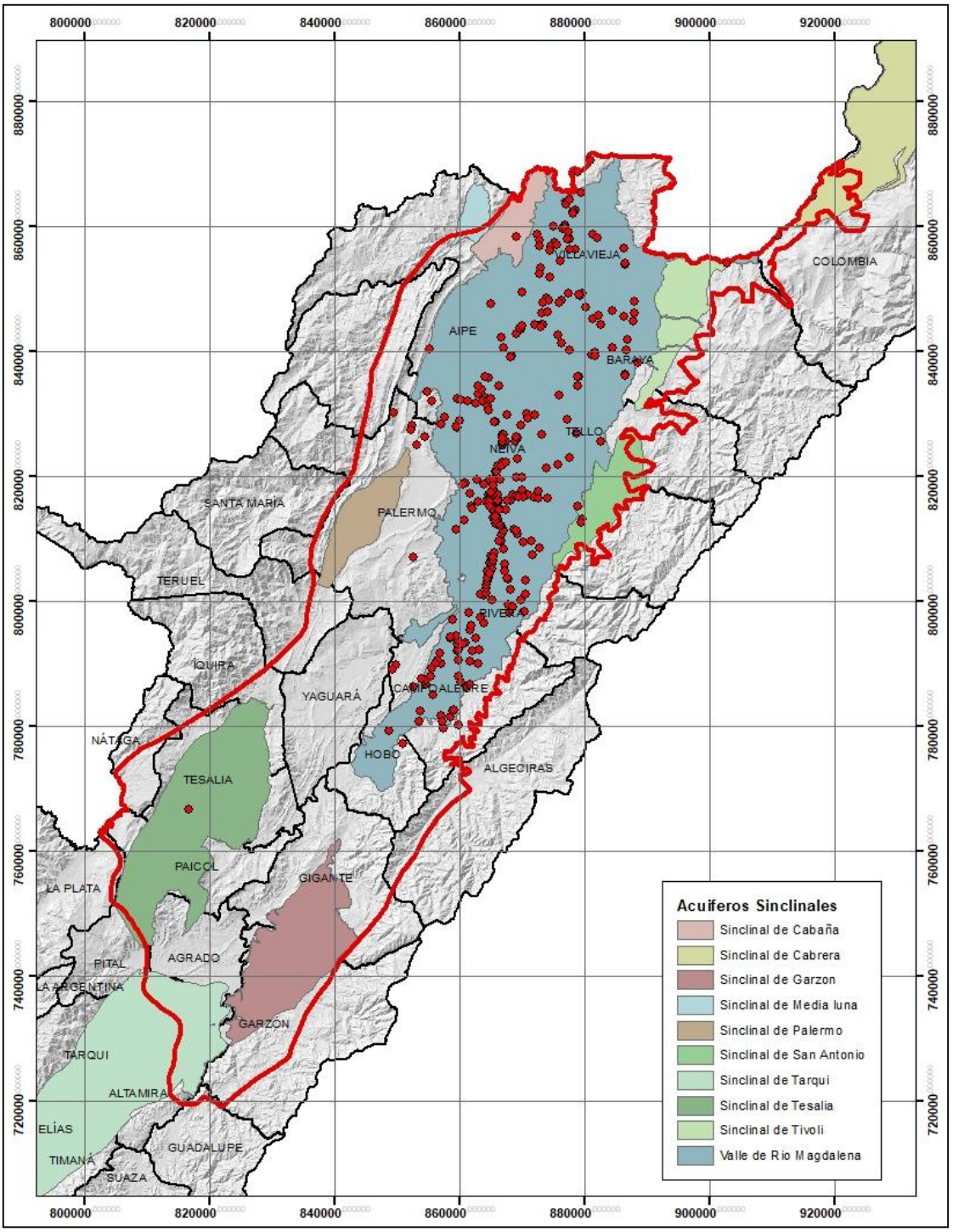


Ilustración 173 Distribución de la totalidad de los puntos de captación provenientes de los expedientes de la CAM
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

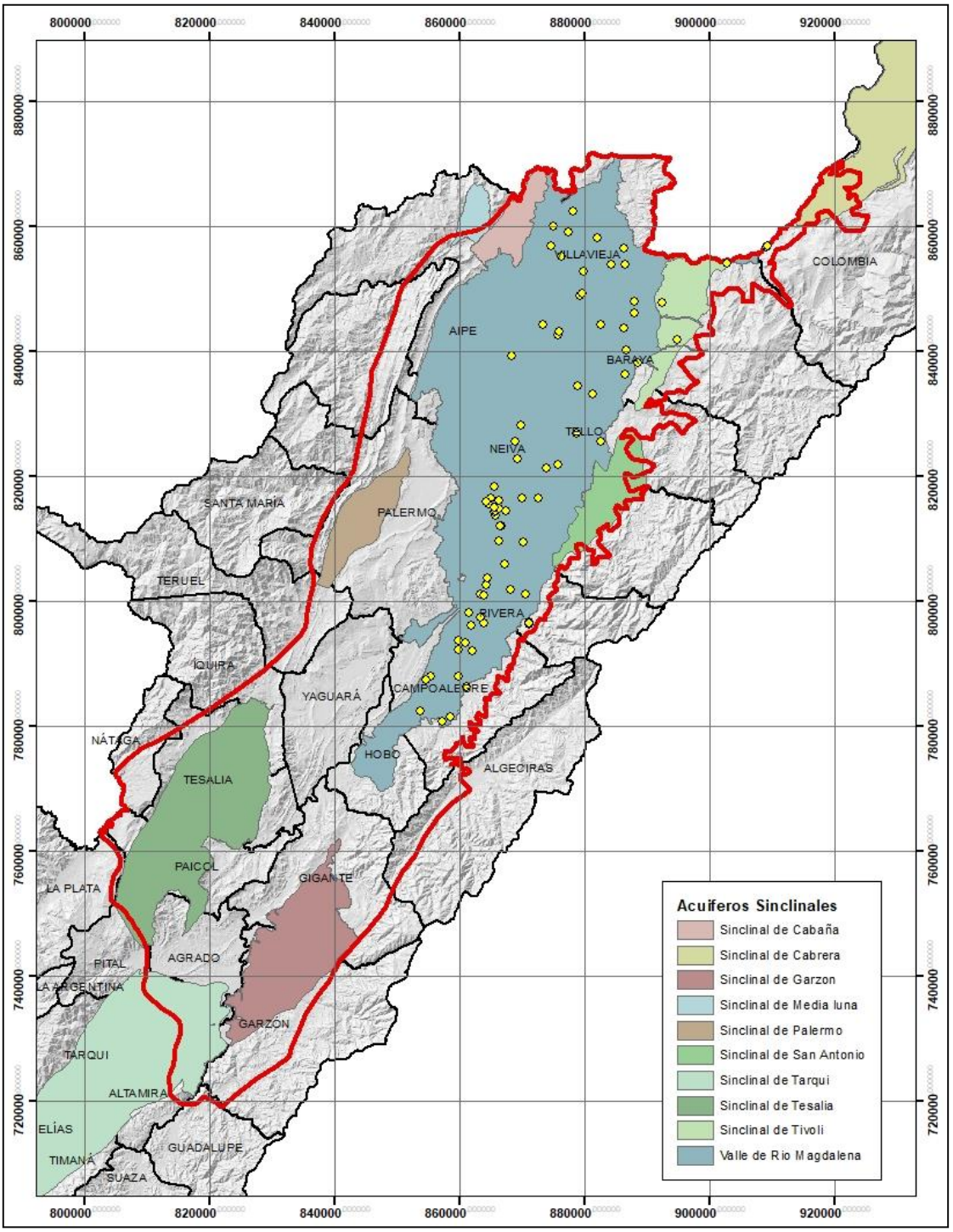


Ilustración 174 Distribución de los puntos de la base de datos de INGEOMINAS
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

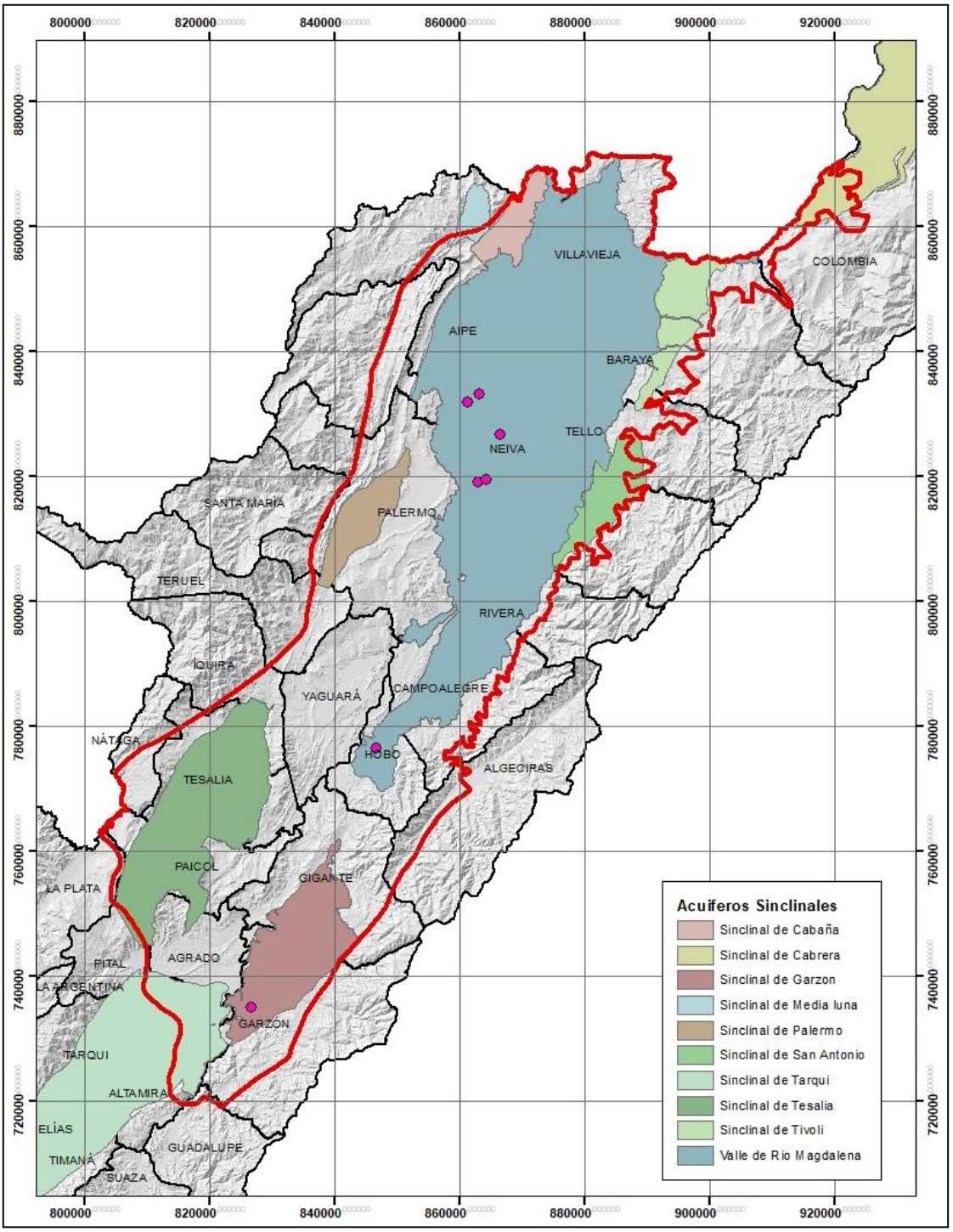


Ilustración 175 Distribución de los puntos tomados por el Consorcio PMAA
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.7.1 Hidrogeoquímica

Se realizó de manera preliminar una recopilación y depuración de estos datos, a su vez el área fue dividida en diferentes regiones de interés hidrogeológico que en el caso del análisis hidrogeoquímicos se evidencian faltantes de datos para realizar el balance iónico. Posteriormente se tomaron las coordenadas de cada punto para localizarlos geográficamente en su respectiva región hidrogeológica, cabe notar que la zona con casi la totalidad de la información es la del Valle del Río Magdalena, siendo la más grande formando parte del geosinclinal en el que se ubica el departamento de Huila. Debido a los faltantes ya mencionados la mayor parte de la información hidrogeoquímica a observar más adelante será tomada en su mayoría de la base de datos de INGEOMINAS y los puntos muestreados por el Consorcio PMAA ya que contienen todos los datos de iones necesarios para el análisis; reduciendo así a 62 los puntos con información de hidrogeoquímica. A continuación se muestran fotografías de los puntos muestreados por el Consorcio PMAA (**Ilustración 176** Muestra punto JAC Vereda Dina – Aipe, **Ilustración 177** Muestra punto Finca Lagomar Fish – Hobo, **Ilustración 178** Muestra punto Cootragigante - Garzón e **Ilustración 179** Muestra punto Sede CAM - Neiva).



Ilustración 176 Muestra punto JAC Vereda Dina – Aipe
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016



Ilustración 177 Muestra punto Finca Lagomar Fish – Hobo
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016



Ilustración 178 Muestra punto Cootragigante - Garzón
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016



Ilustración 179 Muestra punto Sede CAM - Neiva
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.7.1.1 Balance Iónico

El balance de iones es la verificación de que la suma de aniones es aproximadamente igual a la suma de mili-equivalentes de cationes; esto último aprovechando la electro-neutralidad del agua, propiedad que puede distorsionarse si existen ciertos fenómenos. El cálculo del balance de iones (o balance de carga) normalmente es obtenido como un porcentaje tomando la diferencia de la concentración equivalente de cationes y aniones y dividiendo entre la suma de los mismos, esto tomado 100 veces para obtener un porcentaje.

$$Error(\%) = \frac{\sum cationes - \sum aniones}{\sum cationes + \sum aniones} \times 100$$

Los rangos de error para aceptar o no el análisis de una muestra de agua, dependen según la literatura, del valor de conductividad eléctrica (Custodio & Llamas, 1976), o de la sumatoria de aniones (Crites & Tchobanoglous, 2000). Las tablas Tabla 63 y) muestran los valores guía para cada criterio respectivamente.

Tabla 63 Error aceptable en el balance iónico según la conductividad eléctrica

Conductividad eléctrica (µs/cm)	50	200	500	2000	>2000
Error aceptable (%)	±30	±10	±8	±4	±4

Fuente: (Custodio & Llamas, 1976)

Tabla 64 Error aceptable en balance iónico según sumatoria de aniones

Σ Aniones (meq/L)	Error aceptable (%)
0-3	± 0.2
3-10	± 2
10-800	± 5

Fuente: (Crites & Tchobanoglous, 2000)

Para analizar los iones de la zona de estudio ésta se dividió en zonas acuíferas controladas por pliegues estructurales, cada una representa una formación o grupo de formaciones rocosas. Se tuvieron en cuenta 359 muestras de captación tomadas de la base de datos de la CAM, INGEOMINAS y el Consorcio PMMA Magdalena 2016. También se mostrará la relación de iones con los diagramas de Stiff, Piper y Schöeller, estos fueron extraídos del programa “Diagrammes”. La **Tabla 65** muestra el origen de los principales aniones y cationes disueltos en el agua subterránea.

Tabla 65 Origen de las principales sustancias disueltas en el agua subterránea (Custodio & Llamas, 1976).

Tipo	Ion	Orígenes
Aniones	Cloruro (Cl-)	Mezclas con agua marina, ataque de rocas y minerales (evaporitas, sodalita, apatito, etc.), de gases y líquidos de emanaciones volcánicas, vertidos urbanos e industriales.
	Sulfato (SO4)	Lavado de terrenos marinos, oxidación de sulfuros de todo tipo de rocas, concentración en el suelo de aguas de lluvia, disolución de yeso, anhidrita y terrenos yesíferos, actividades urbanas, industriales y agrícolas.
	Bicarbonato (HCO3-)	Disolución de CO2 atmosférico o del suelo, disolución de calizas y dolomitas (ayudado por CO2 o por ácidos naturales), hidrólisis de silicatos
	Nitrato (NO3)	Abonos agrícolas, procesos de nitrificación naturales, agua de lluvia, desarrollo de pozos explosivos, descomposición de materia orgánica y contaminación urbana, industrial y ganadera.
Cationes	Sodio (Na+)	Ataque de feldespatos y otros silicatos, lavado de sedimentos marinos, mezcla con agua de mar, disolución de sales evaporitas, contaminación urbana e industrial, concentración en agua de lluvia.
	Potasio (K+)	Ataque de ortosa y otros silicatos (micas, arcillas, etc.), disolución de sales potásicas (sylvita, carnalita), agua de lluvia, contaminación minera, industrial y agrícola (abonos).
	Calcio (Ca2+)	Disolución de calizas, dolomitas, yeso y anhidrita, ataque de feldespatos y otros silicatos cálcicos, disolución de Cationes cemento calcáreo de muchas rocas, agua de lluvia
	Magnesio (Mg2+)	Disolución de dolomitas y calizas dolomíticas, ataque de silicatos magnésicos y ferromagnésicos, lavado de rocas evaporitas magnésicas (carnalita), agua de mar, contaminación industrial y minera.

3.7.1.1.1 Región Norte:

3.7.1.1.1.1 Geosinclinal del Valle Superior del Río Magdalena

Es el área acuífera más grande definida contando con 356 puntos de captación que corresponden al 98% de la totalidad de los puntos captados con información hidrogeoquímica. Al ser la zona con mayor cantidad de puntos, se dividió a su vez en formaciones geológicas para analizar su comportamiento.

- Depósitos Cuaternarios:

  Se localizaron 188 puntos de captación en los depósitos cuaternarios asociados al Valle Superior del Magdalena. De estos solamente se tiene información suficiente de 43 puntos para realizar el balance iónico y los diagramas correspondientes para caracterizar el agua. En general el % de error del balance iónico se encuentra dentro de los límites normales (Custodio & Llamas, 1976). El balance iónico para esta zona se muestra a continuación en la **Tabla 66**.

Tabla 66 Balance iónico para los depósitos cuaternarios

Nombre	Σ Cationes (meq/L)	Σ Aniones (meq/L)	Conductividad (µs/cm)	% Error Balance iónico
LAGOMAR FIHS	1,7295	2,4216	227,6	-17%
345-II-C-034	1,5152	1,2262	157,8	11%
345-II-C-001	2,7383	2,3333	236	8%
345-II-C-005	2,6508	2,4034	278	5%
345-II-C-023	4,222	3,4694	390	10%
345-II-C-024	1,8573	1,9939	197	-4%
345-II-C-031	2,637	2,6316	275	0%
345-II-A-004	3,4043	2,8634	344	9%
345-II-A-024	1,8	1,6436	188,7	5%
345-II-A-012	2,2215	2,0957	228	3%
345-II-A-039	2,1656	1,9878	232	4%
345-II-A-031	2,0483	1,8816	220	4%
345-II-A-032	1,3813	1,1013	139,3	11%
345-II-A-035	1,6693	1,2792	176	13%
345-II-A-034	2,5695	1,897	306	15%
323-IV-C-001	1,7	1,4893	189,2	7%
323-IV-D-009	1,4076	1,3756	152,4	1%
323-IV-C-003	1,8064	1,565	197	7%
323-IV-D-020	1,365	1,1515	139,6	8%
323-IV-C-008	1,8397	1,6768	201	5%
323-IV-C-011	1,6036	1,4132	167,4	6%
323-IV-D-017	2,9883	2,5303	307	8%
323-IV-D-007	2,9325	3,5068	308	-9%
323-IV-D-021	3,4682	2,7653	328	11%
323-IV-B-014	4,2241	3,4168	391	11%
323-IV-B-012	2,8643	2,5366	295	6%
323-IV-B-040	2,6567	2,312	252	7%
323-IV-B-039	4,3978	3,6801	427	9%
323-IV-B-043	6,4244	6,6478	700	-2%
323-IV-B-045	5,1675	4,6117	553	6%
323-IV-B-047	4,9255	4,4092	504	6%
323-IV-B-048	8,6908	8,8286	830	1%
323-IV-B-005	1,3348	0,98391	105,5	15%
323-IV-B-035	1,873	1,767	206	3%
323-IV-B-034	4,8563	4,6513	492	2%
SEDE - CAM	5,4145	4,7436	490	7%
323-II-D-015	2,1375	2,5102	224	-8%

Nombre	Σ Cationes (meq/L)	Σ Aniones (meq/L)	Conductividad (µs/cm)	% Error Balance iónico
323-II-D-003	3,1854	2,8105	323	6%
323-II-D-002	1,9541	1,6155	200	9%
323-II-B-008	5,246	4,5114	478	8%
303-III-B-003	8,975	8,6536	861	2%
302-III-B-002	3,3025	3,1169	340	3%
302-II-D-006	3,6502	3,3562	386	4%

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- Formación Gigante:

Los puntos de captación correspondientes a la Formación Gigante se componen de 48 puntos. La parte norte de la Formación en el departamento del Huila comprende principalmente los municipios de Baraya, Tello y Neiva. Sólo 9 puntos poseen información suficiente para determinar el balance iónico y los diagramas correspondientes (**Tabla 66**), teniendo en cuenta que los puntos de captación se realizaron principalmente en la Formación Gigante medio (N2gim). Los datos de error de balance iónico son en general aceptables cuando se toma como parámetro la conductividad.

Tabla 67 Balance iónico para la Formación Gigante.

Nombre	Σ Cationes (meq/L)	Σ Aniones (meq/L)	Conductividad (µs/cm)	% Error Balance iónico
323-IV-B-025	6,392	5,3074	598	9%
323-IV-B-022	2,8937	2,0458	244	17%
323-IV-B-028	3,9784	3,2698	350	10%
323-IV-B-041	4,1107	3,2792	413	11%
323-II-D-016	1,7164	2,0673	166,8	-9%
323-II-D-014	2,1111	1,7813	204	8%
324-I-A-007	1,8418	1,2907	168,3	18%
324-I-A-005	6,2942	5,877	630	3%
303-III-C-013	5,4918	4,9938	541	5%

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- Grupo Honda

Se listan un total de 120 puntos para esta formación, de los cuales solamente 10 tienen información completa para realizar el balance iónico. La mayor cantidad de puntos de captación se encuentra en la parte norte del departamento, comprendiendo los municipios de Villavieja y Baraya y en la parte central en los municipios de Rivera y Neiva. (La **Tabla 68**) muestra los valores correspondientes a balance iónico de la Formación Honda. Según (Custodio y Llamas, 1976) los valores del error del balance iónico muestran algunos valores altos junto a un valor extremo de 37%.

Tabla 68 Balance iónico paral Grupo Honda,.

Nombre	Σ Cationes (meq/L)	Σ Aniones (meq/L)	Conductividad (µs/cm)	% Error Balance iónico
324-I-C-003	4,7085	10,346	1060	-37%
ARENAS 6 ECOPETROL	2,486	3,2447	336	-13%
BABILLAS 2 ECOPETROL	5,5961	8,3364	777	-20%
JAC - DINA	2,1292	2,8808	287,2	-15%
ACUEDUCTO AGUAS CLARAS	3,1119	3,8995	438	-11%
302-IV-D-018	2,1662	1,3687	157,7	23%
303-III-C-007	4,8126	3,2244	359	20%
302-IV-D-002	1,796	2,3499	262	-13%
303-III-A-009	3,9253	2,4742	259	23%
303-III-A-007	7,3088	5,3405	428	16%

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.7.1.1.1.2 Sinclinales de Tivoli

Se encuentra un contraste en el error del balance iónico para las dos muestras del Sinclinal de Tivoli, uno con error aceptable de 4%, la otra con 18% (Tabla 69).

Tabla 69 Balance iónico sinclinales de Tivoli y de Garzón.

Nombre	Σ Cationes (meq/L)	Σ Aniones (meq/L)	Conductividad (µs/cm)	% Error Balance iónico
303-III-C-002	2,6365	1,85	222	18%
303-III-C-012	4,6458	4,3238	495	4%

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.7.1.1.2 Región Centro:

3.7.1.1.2.1 Sinclinal de Garzón

Se encuentra con un punto del Sinclinal de Garzón (COTRAGIGANTE) posee un aceptable error en su balance iónico.

Tabla 70 Balance iónico sinclinales de Tivoli y de Garzón.

Nombre	Σ Cationes (meq/L)	Σ Aniones (meq/L)	Conductividad (µs/cm)	% Error Balance iónico
COTRAGIGANTE	3,959	3,9106	527	1%

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.7.1.2 Diagrama De Stiff

Esta gráfica está compuesta por tres ejes horizontales, cada uno de ellos enfrentando un catión y un anión. Todos los cationes se disponen al costado izquierdo del diagrama, y los aniones al derecho. Todos los ejes horizontales están a la misma escala (lineal) y las concentraciones están dadas en meq/L. La distribución general se muestra en la **Ilustración 180**. (**ANEXO G GE393-PMAA-PSIG-HGQ-001-00**)

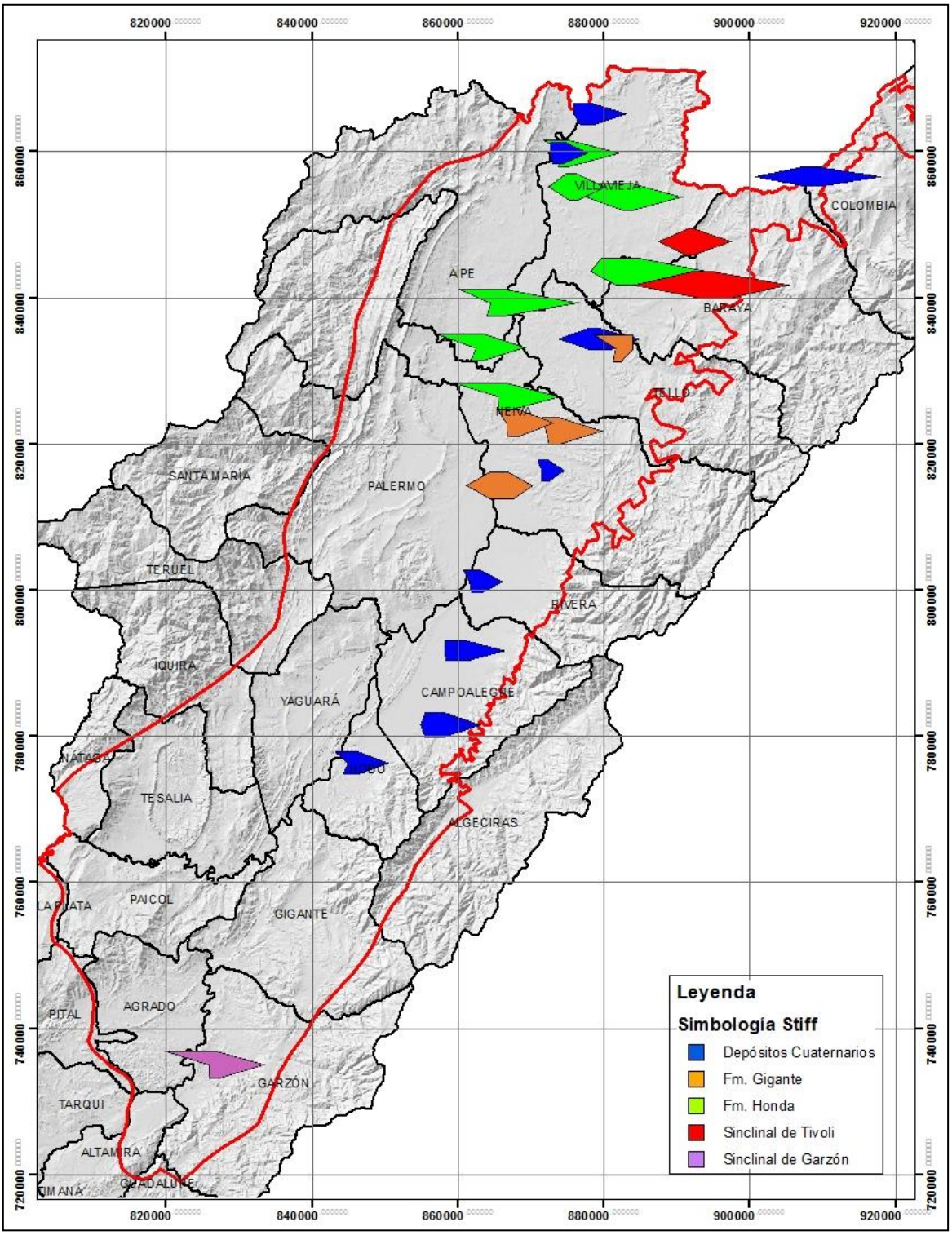


Ilustración 180 Diagrama de Stiff generalizado para el área del PMAA
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.7.1.2.1 Región Norte

3.7.1.2.1.1 Geosinclinal del Valle Superior del Río Magdalena

- Depósitos Cuaternarios:

En los diagramas Stiff de estos depósitos se puede observar que el agua almacenada es principalmente carbonatada y bicarbonatada, en cuanto a los cationes se muestra un equilibrio entre calcio, sodio y potasio **(Ilustración 181 e Ilustración 182**).

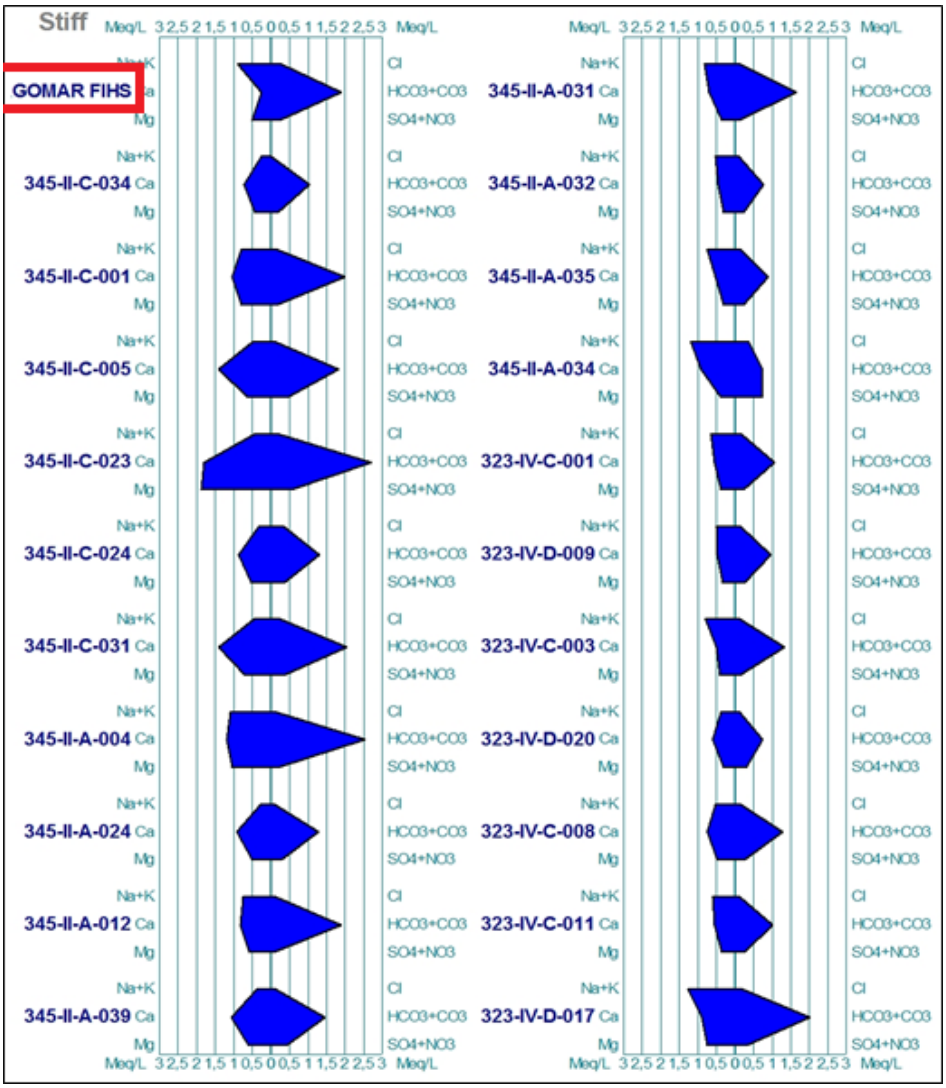


Ilustración 181 Diagramas Stiff para los depósitos cuaternarios
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

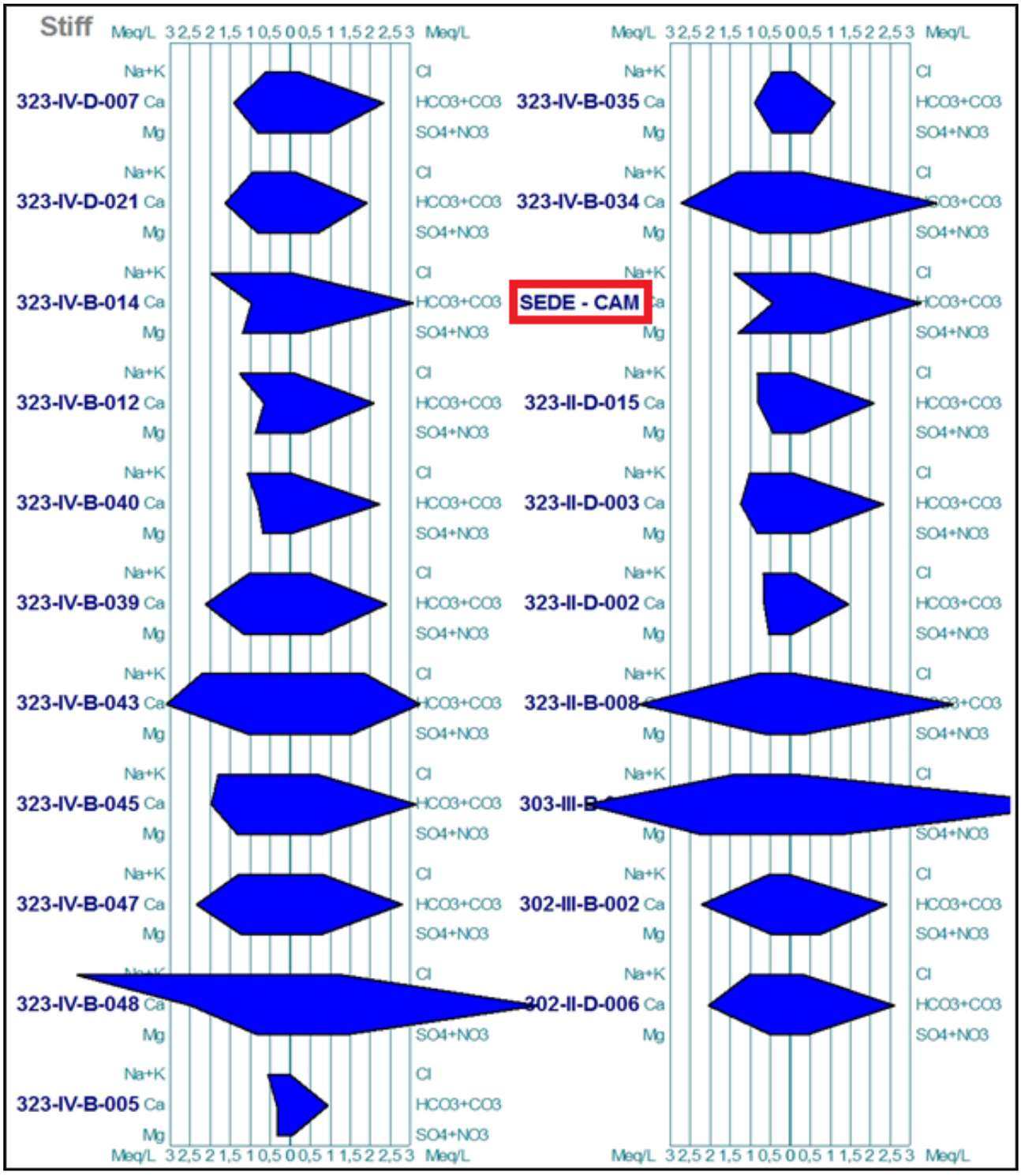


Ilustración 182 Diagramas Stiff para los depósitos cuaternarios
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- Formación Gigante

En su mayoría el agua de la Zona 2 es carbonatada y bicarbonatada, algunas muestras presentan alto contenido de cationes (**Ilustración 183**).

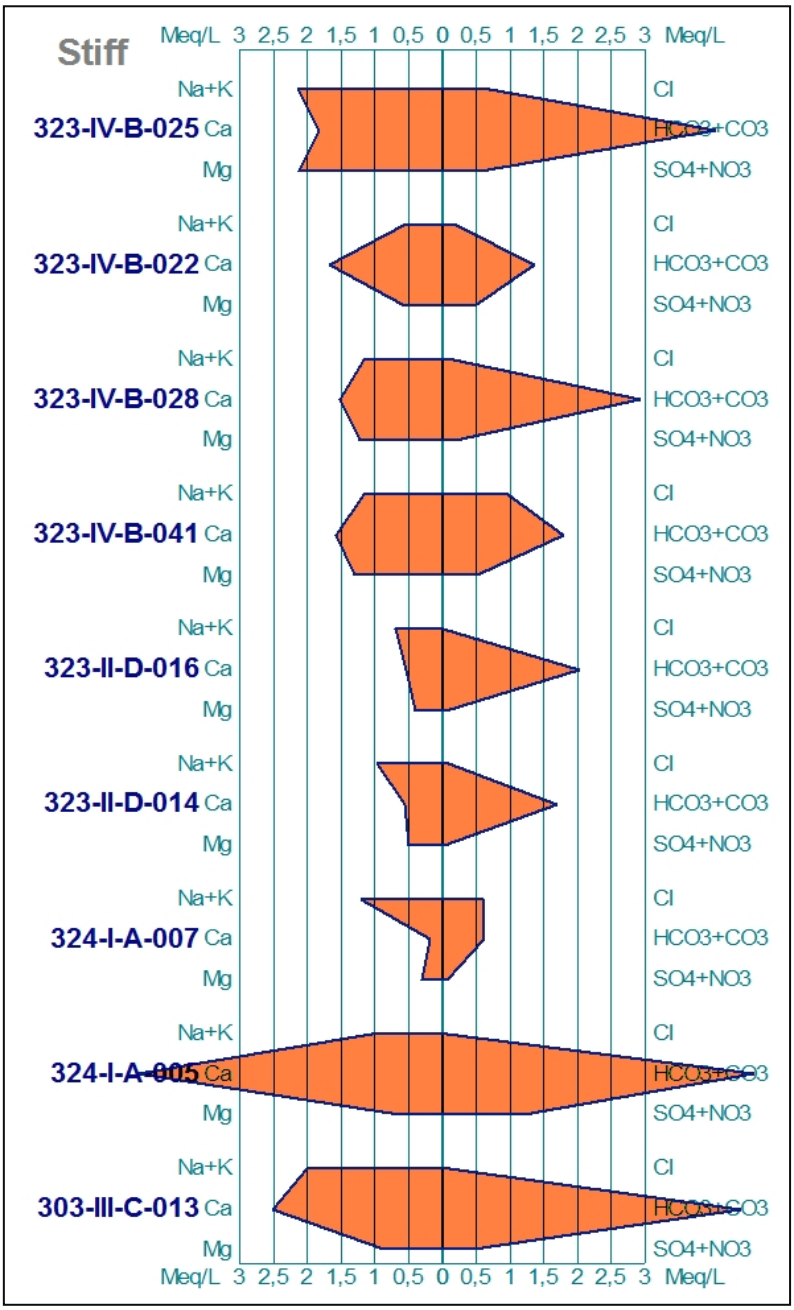


Ilustración 183 Diagramas Stiff para la Formación Gigante
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- Formación Honda

En cuanto al contenido de cationes el agua de la Formación Honda es principalmente sódico potásica, algunas muestras también se observan cálcicas, por el lado de los cationes predomina el carbonato y bicarbonato (**Ilustración 184**).

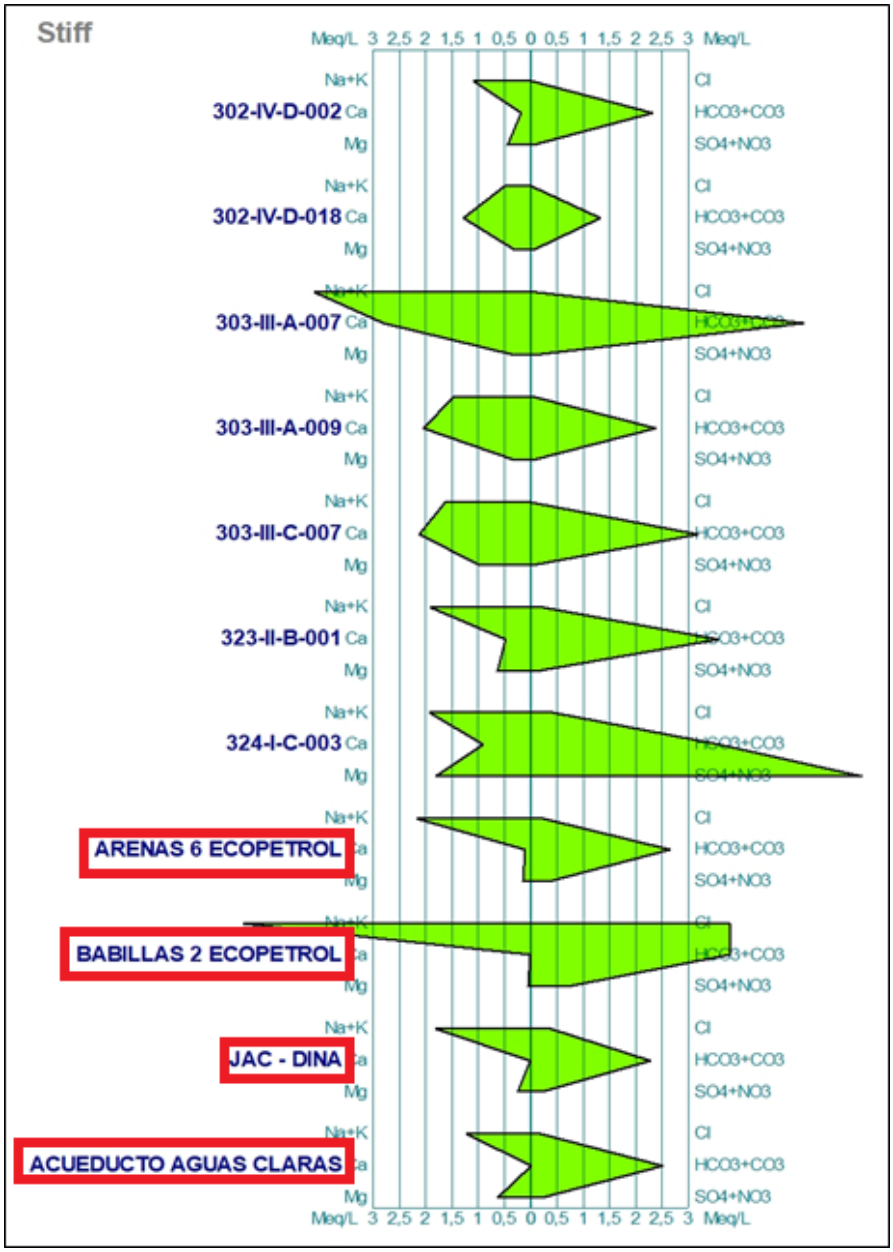


Ilustración 184 Diagramas Stiff paral Grupo Honda,
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.7.1.2.1.2 Sinclinales de Tivoli

Para el Sinclinal de Tivoli (rojo) se observa que el agua es bicarbonatada cálcica, (**Ilustración 185**).

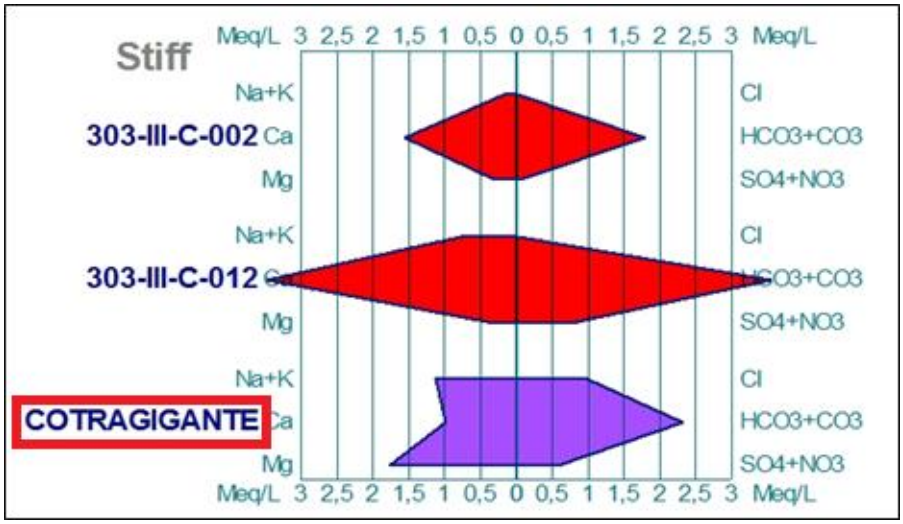


Ilustración 185 Diagramas Stiff para los sinclinales de Tivoli y Garzón
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.7.1.2.2 Región Centro

3.7.1.2.2.1 Sinclinales de Garzón

En el Sinclinal de Garzón el agua es bicarbonatada pero sus cationes dominantes son sodio-potasio y magnesio (**Ilustración 186**).

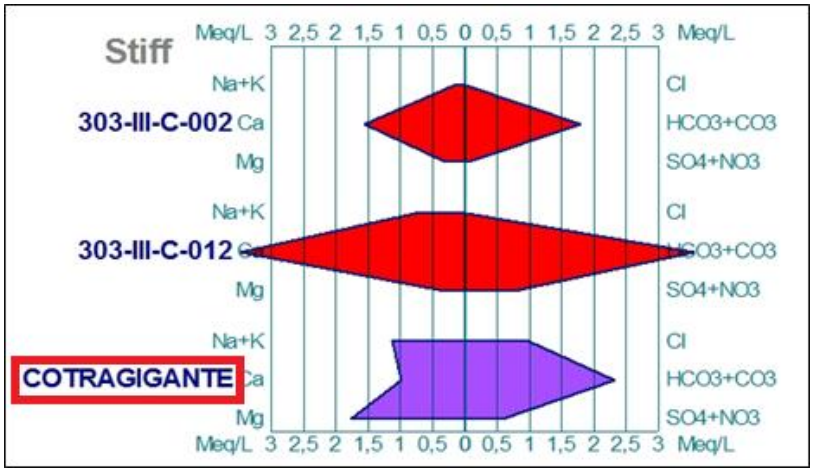


Ilustración 186 Diagramas Stiff para el sinclinal de Garzón
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.7.1.3 Diagrama De Piper

Con los datos pertenecientes a la base de datos se graficaron las 6 zonas en un mismo triángulo de clasificación para observar su comportamiento. Se usó como base el siguiente diagrama de clasificación Piper (**Ilustración 187**). El diagrama se divide en tres zonas, una de cationes (izquierda), una de aniones (derecha) y una que mezcla ambos tipos de iones (centro).

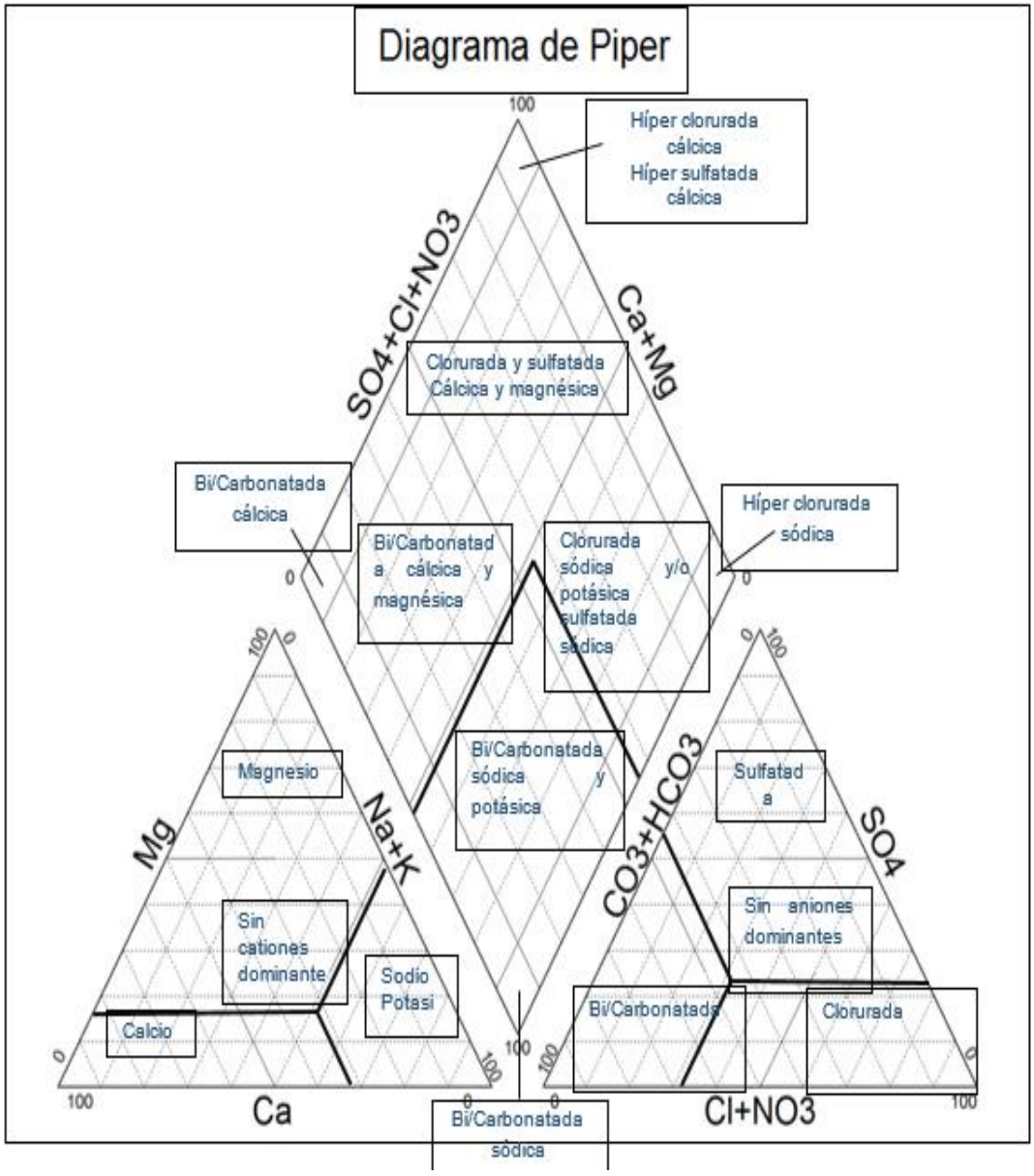


Ilustración 187 Diagrama de Piper
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Centro

En este rombo central se observa que la mayoría de muestras de los depósitos cuaternarios y la formación Gigante están en la zona Bi/Carbonatada cálcica y magnésica, mientras, que las muestras de la formación Honda tienen una mayor influencia sódico potásica (**Ilustración 188**).

Cationes

En promedio, el agua de los depósitos cuaternarios y la Formación Gigante no presentan cationes dominantes, a diferencia de la Formación Honda, que presenta un predominio de sodio y potasio (**Ilustración 188**).

Aniones

Casi la totalidad de los puntos de captación muestran un comportamiento bicarbonatado carbonatado, coincidiendo con lo observado en los diagramas de Stiff exceptuando un par de muestras con alto contenido de cloruros (**Ilustración 188**).

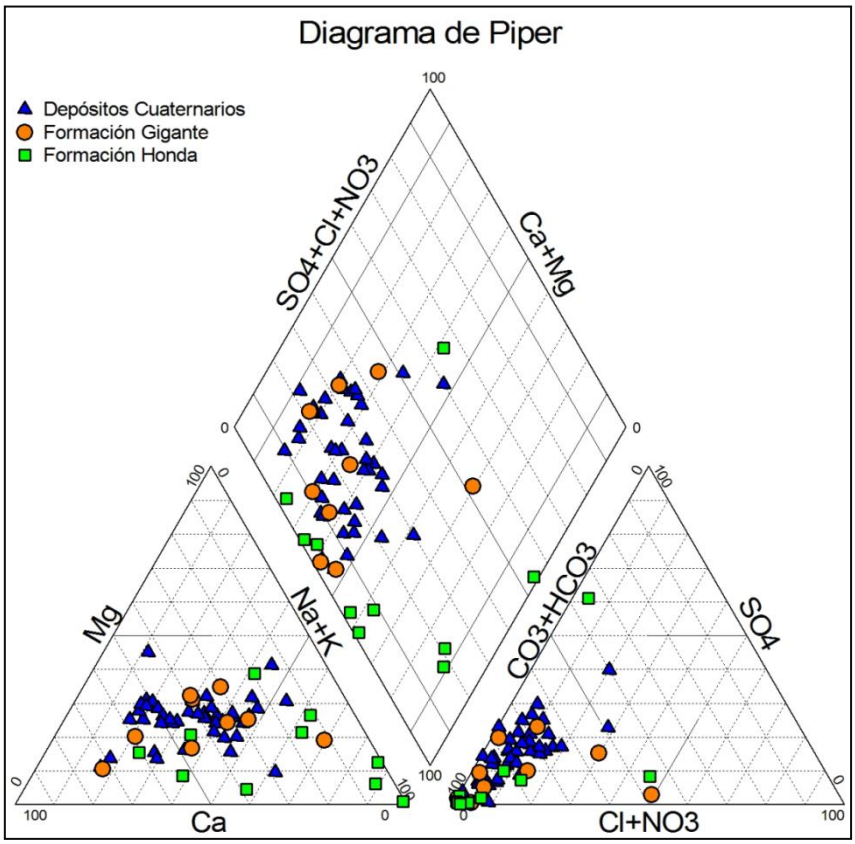


Ilustración 188 Diagrama de Piper Valle del Río Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.7.1.4 Diagrama Schöeller-Berkaloff

Estos diagramas ayudan a comparar la proporción de elementos en el agua, mostrando de una manera diferente los puntos de las diferentes zonas, donde nuevamente se tiene un alto contenido de carbonatos y bicarbonatos.

3.7.1.4.1 Región Norte

3.7.1.4.1.1 Geosinclinal del Valle Superior del Río Magdalena

- Depósitos Cuaternarios:

  Se observa un comportamiento bi-carbonatado principalmente, a su vez se observa un faltante en la información de nitratos, de los cuales no se tienen muchos datos, se observa también un alto contenido de sodio-potasio (**Ilustración 189, Ilustración 190 e Ilustración 191**). En la **Ilustración 192** se observa un aumento en el contenido de calcio.

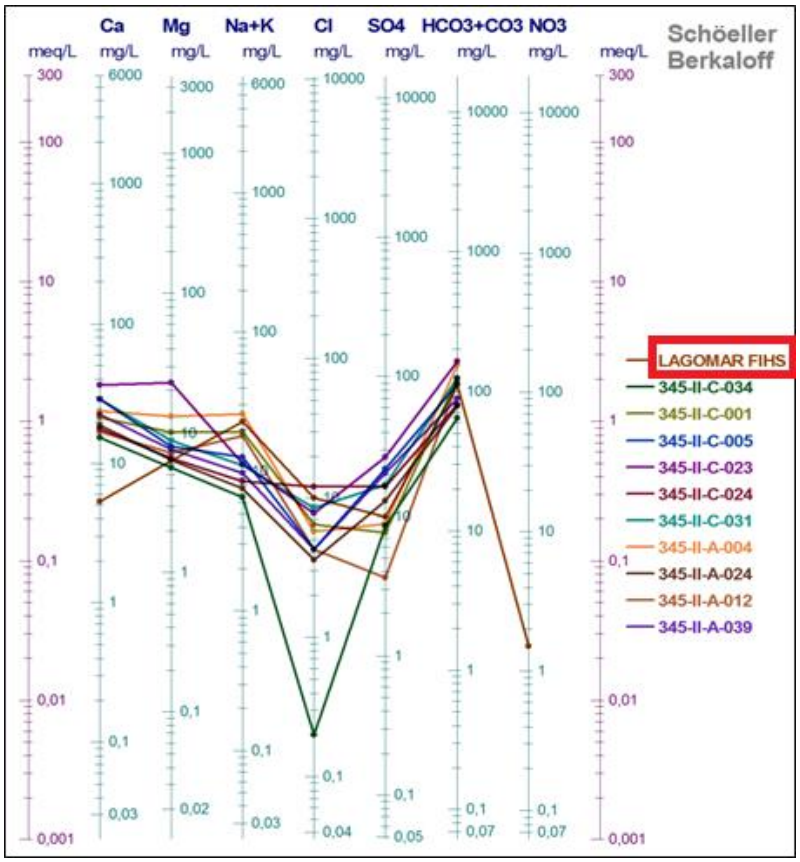


Ilustración 189 Diagrama de Schöeller para los depósitos cuaternarios
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

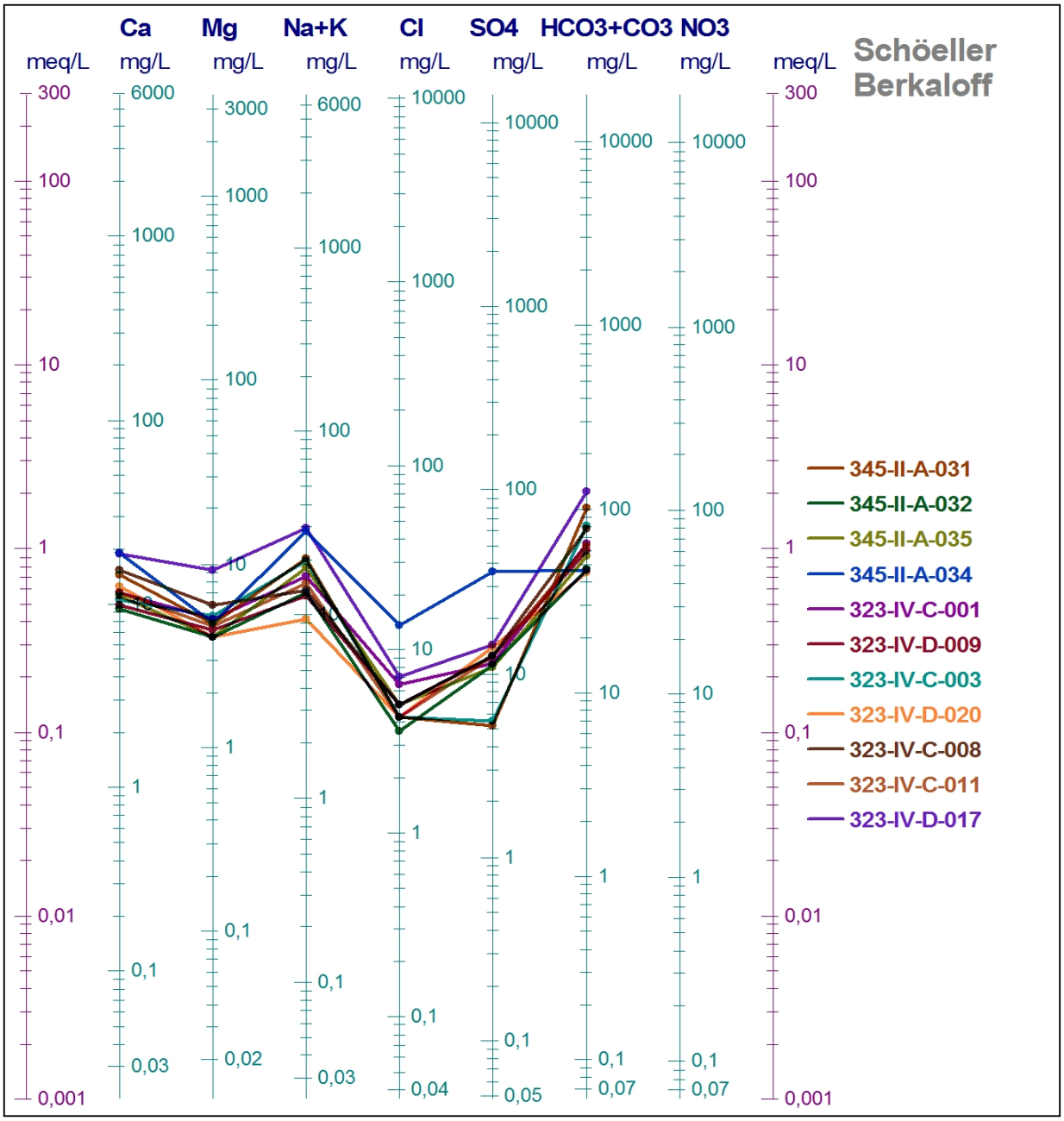


Ilustración 190 Diagrama de Schöeller para los depósitos cuaternarios
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

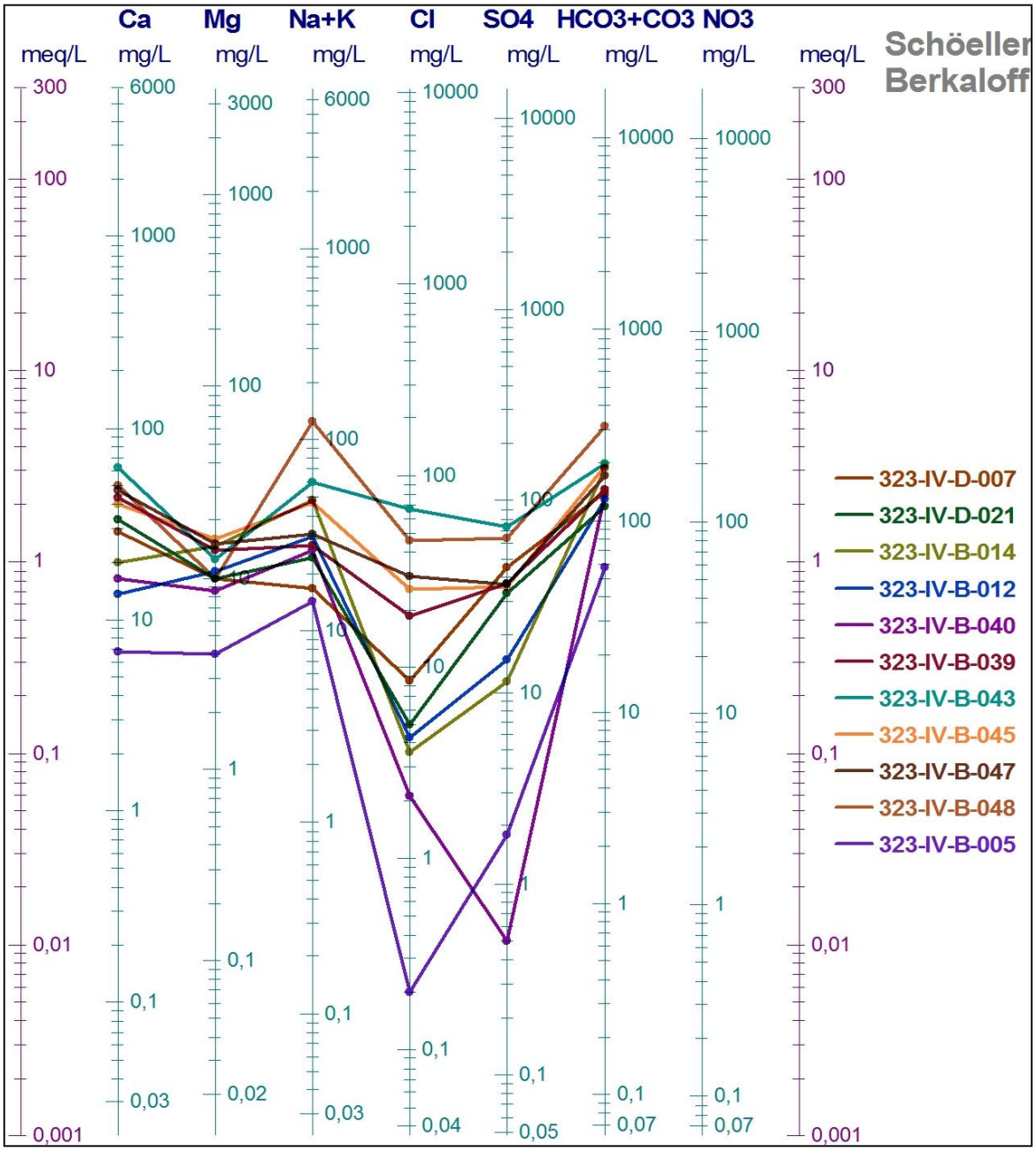


Ilustración 191 Diagrama de Schöeller para los depósitos cuaternarios
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

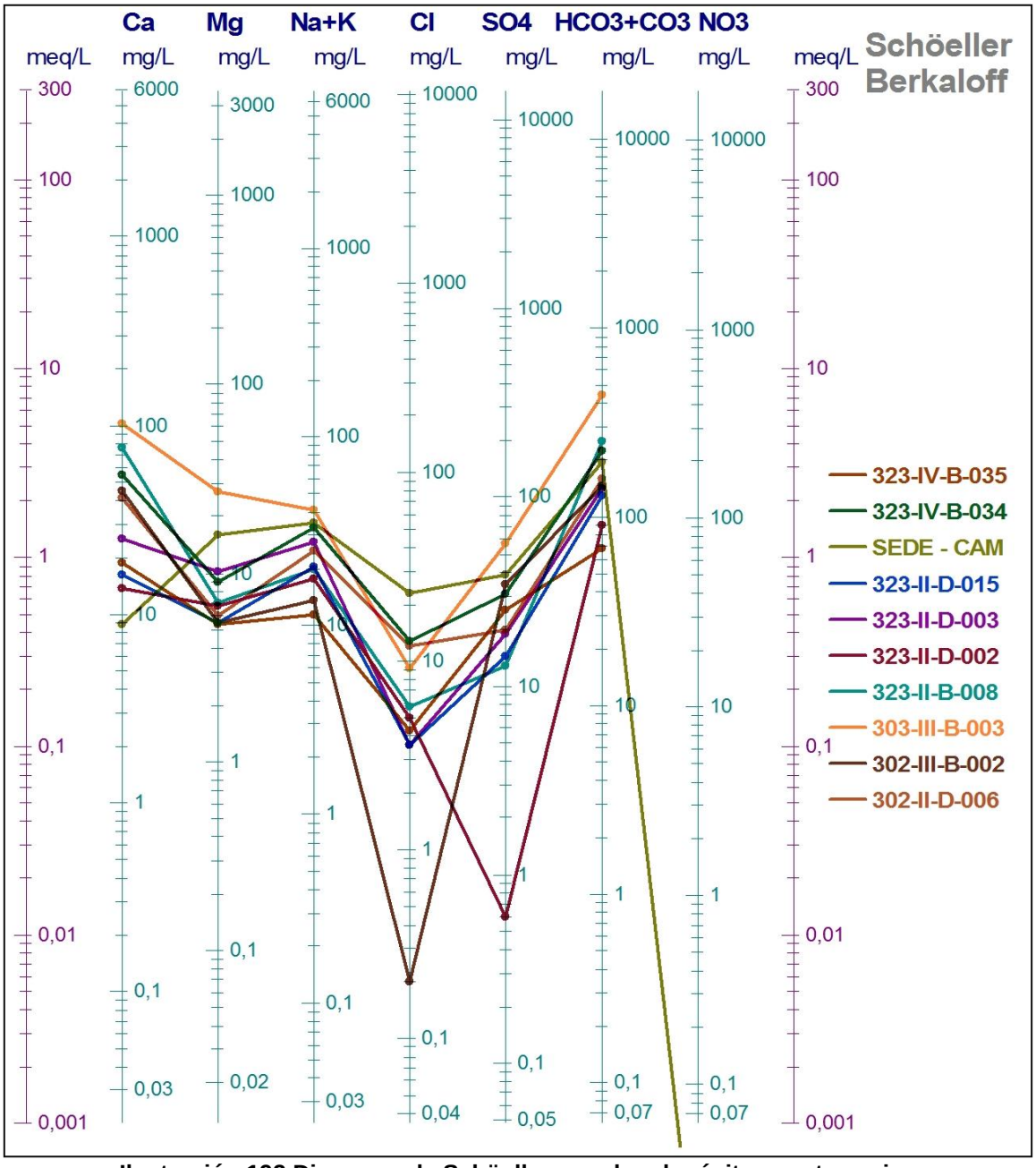


Ilustración 192 Diagrama de Schöeller para los depósitos cuaternarios
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- Formación Gigante

  Se observa una composición bi-carbonatada cálcica, calcio probablemente aportado por los clastos de los conglomerados de esta formación, siendo neises y granitos (**Ilustración 193**).

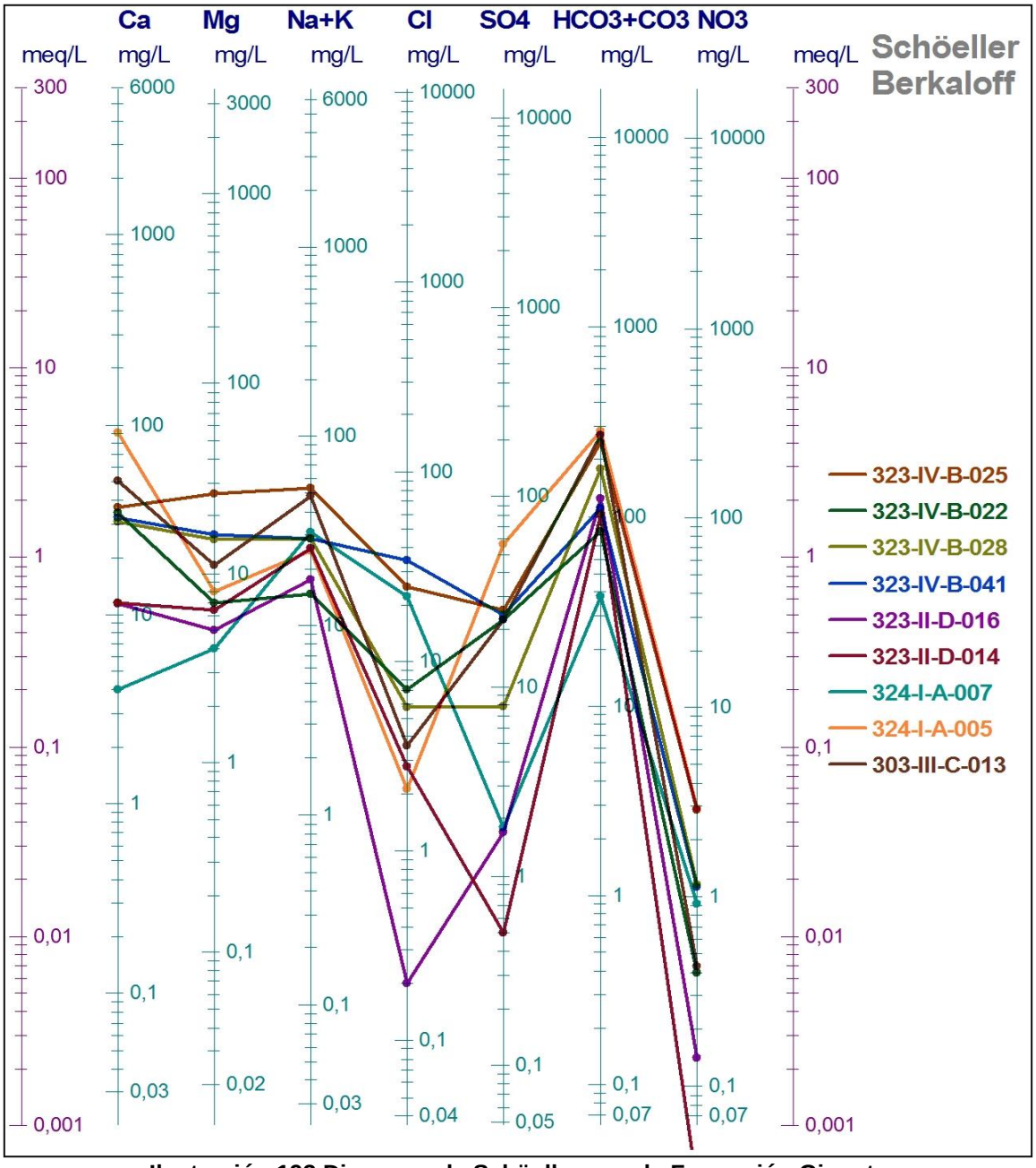


Ilustración 193 Diagrama de Schöeller para la Formación Gigante
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- Formación Honda

  Se encuentra un contenido variable de iones, con principal predominio de bi-carbonatos y sodio-potasio (**Ilustración 194**).

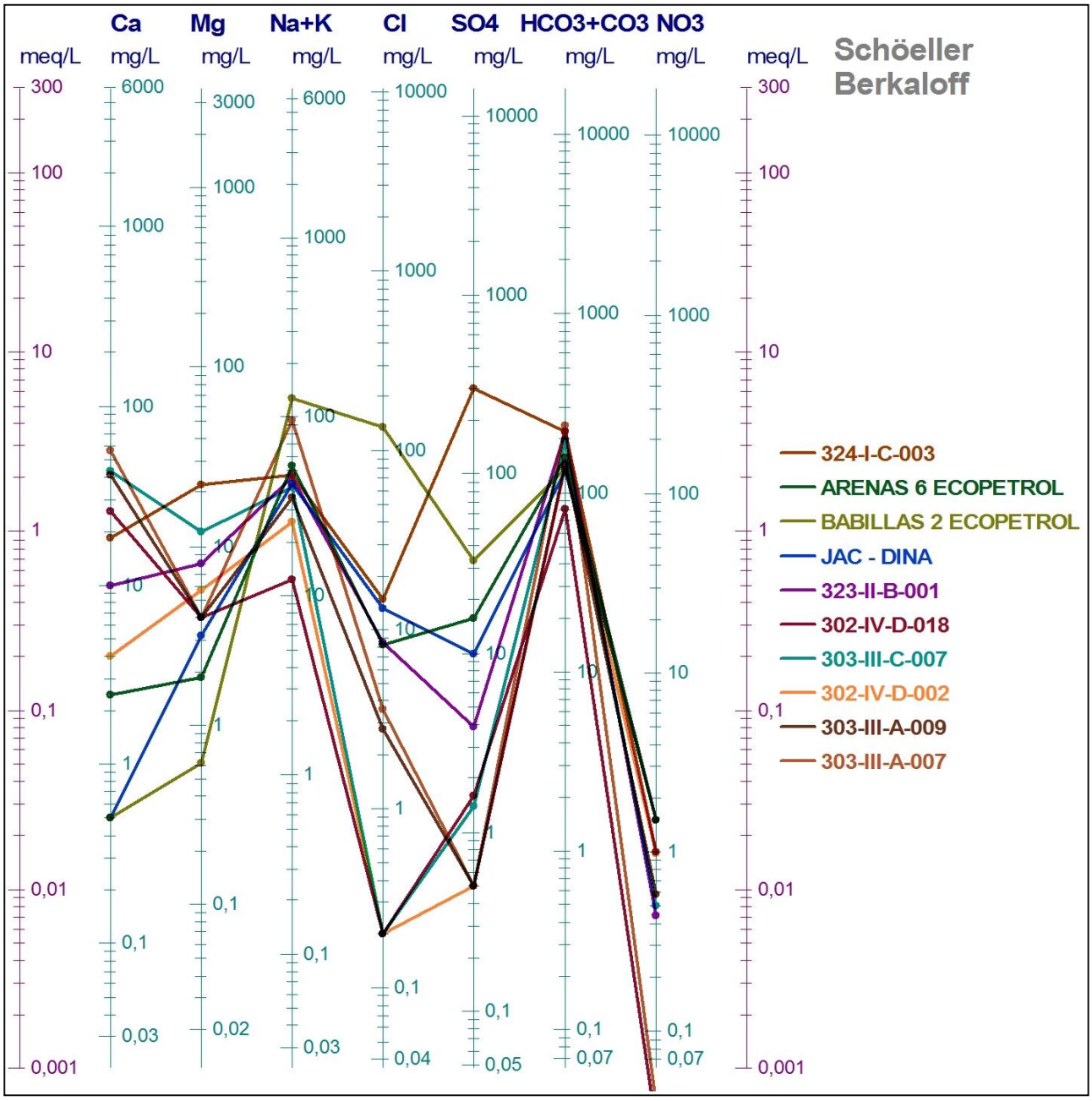


Ilustración 194 Diagrama de Schöeller paral Grupo Honda,
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.7.1.4.1.2 Sinclinales De Tivoli

Los 3 datos coinciden en tener alto contenido de bi-carbonatos y bajo de nitratos. Por otro lado se observa que los puntos de captación del Sinclinal de Tivoli contienen una cantidad considerablemente menor de cloro con respecto al Sinclinal de Garzón, aunque este último no representa una cantidad peligrosa para el consumo (**Ilustración 195**).

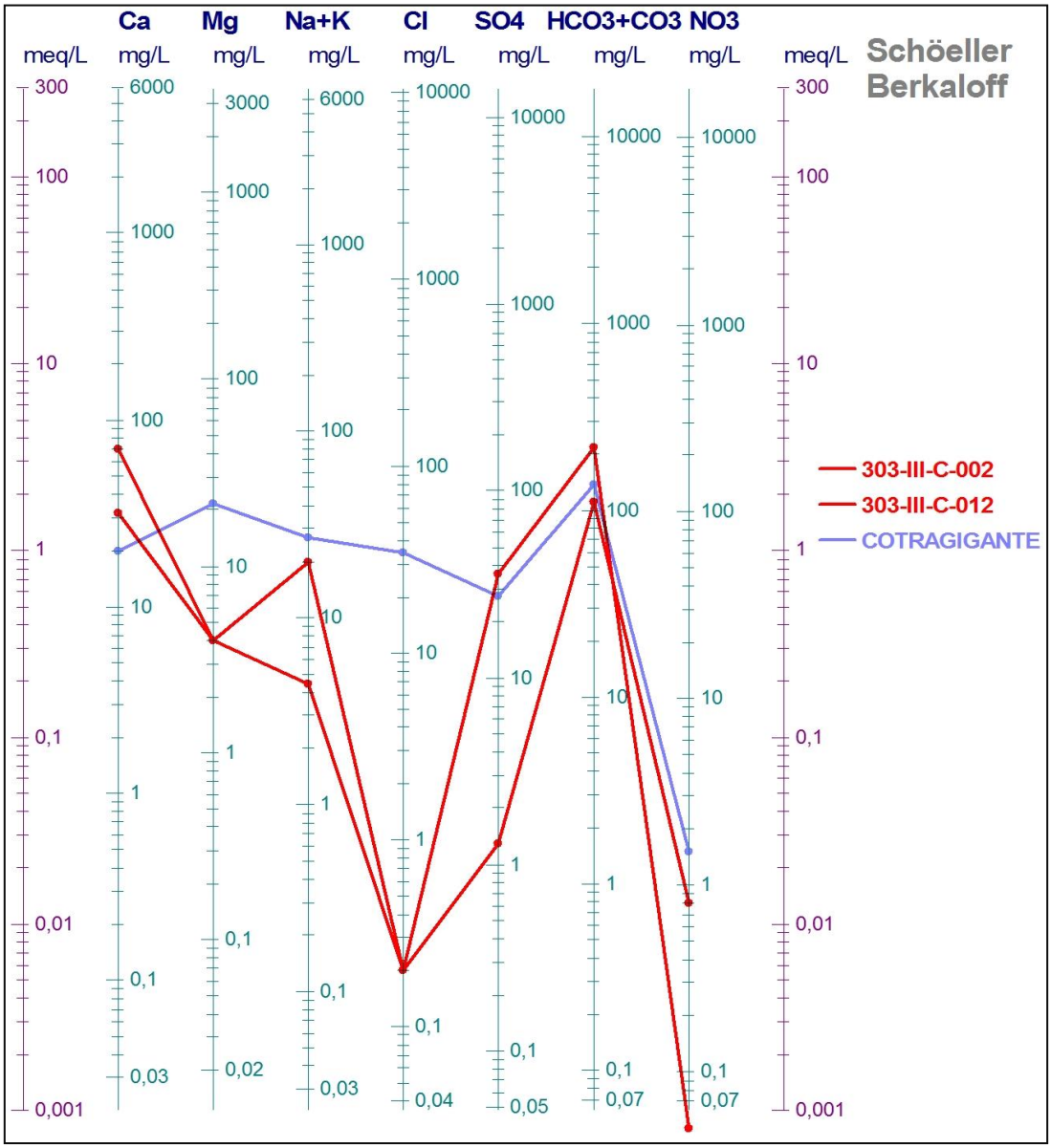


Ilustración 195 Diagrama de Schöeller para los sinclinales de Tivoli y Garzón
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.7.1.4.2 Región Centro

3.7.1.4.2.1 Sinclinal Garzón

Los 3 datos coinciden en tener alto contenido de bi-carbonatos y bajo de nitratos. Por otro lado se observa que los puntos de captación del Sinclinal de Tivoli contienen una cantidad considerablemente menor de cloro con respecto al Sinclinal de Garzón, aunque este último no representa una cantidad peligrosa para el consumo (**Ilustración 195**).

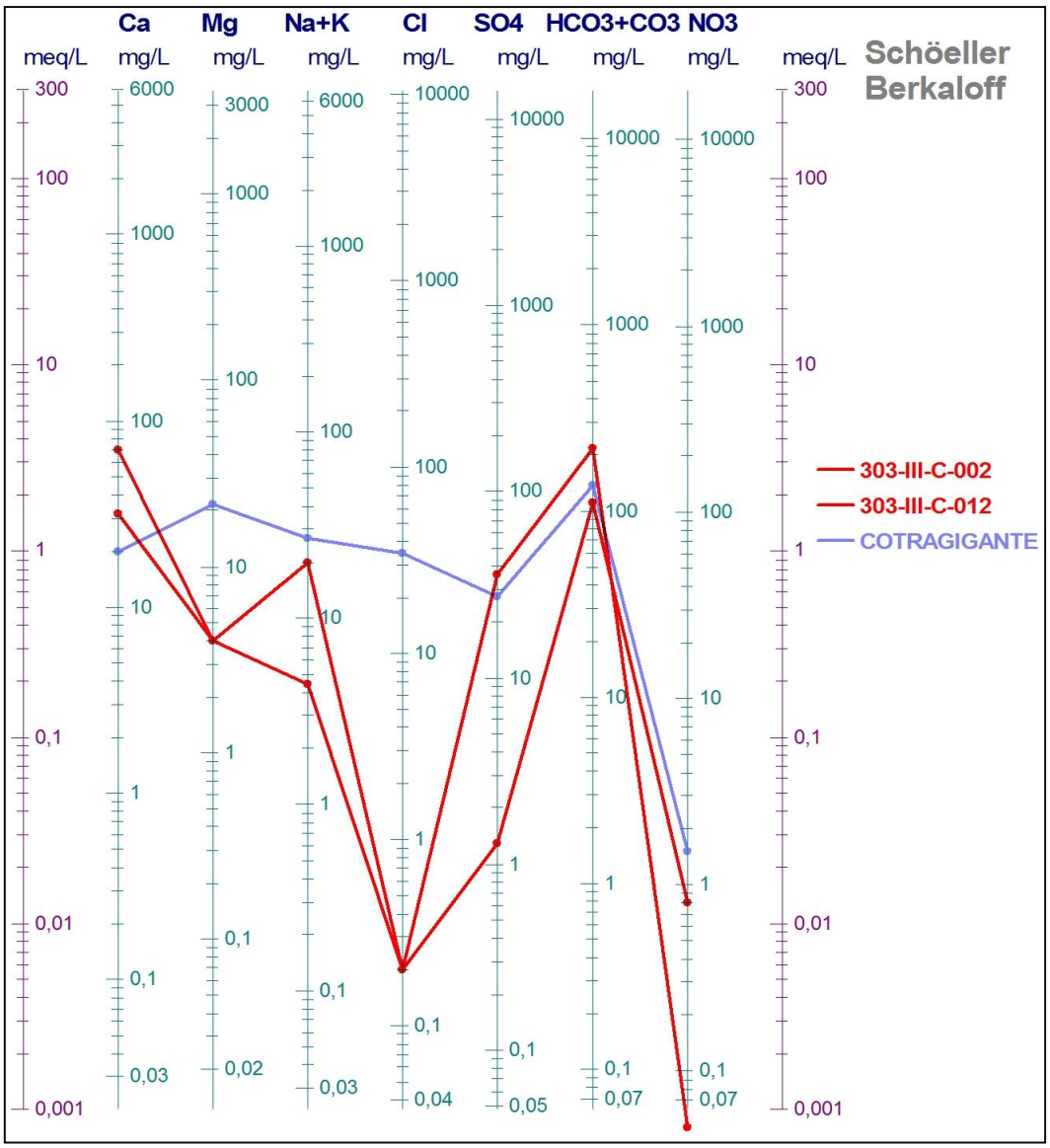


Ilustración 196 Diagrama de Schöeller para los sinclinales de Tivoli y Garzón
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

CONSIDERACIONES

En general todos los datos muestreados presentan aguas carbonatadas y bicarbonatadas con calcio, sodio y potasio en el caso de la Formación Honda. La diferencia entre los datos totales y aquellos a los cuales se les pudo hacer análisis hidrogeoquímicos es amplia, por lo que la información presentada está sometida a un alto grado de incertidumbre. Se muestran también vacíos en los nitratos presentes. Aquellos datos incompletos que no fueron tenidos en cuenta en los anteriores diagramas coinciden de igual manera en ser aguas carbonatadas y bicarbonatadas.

3.7.2 Calidad Del Agua

Se analizaron los principales parámetros para determinar el uso y la calidad del agua en el departamento de Huila a partir de los datos encontrados en los expedientes de explotación de agua subterránea proporcionados por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) los expedientes de INGEOMINAS (1999) y puntos de muestreos analizados por el Consorcio PMAA. Para esto se realizó una división de los puntos de muestreo en sistemas correspondiendo a zonas acuíferas para así compararlas con las normas técnicas de calidad establecidas por el Decreto 485 de 1998 y la Resolución 2115 de 2007. De igual manera se realizó una división del valle del río Magdalena en las tres formaciones rocosas donde se encuentran la mayor cantidad de puntos de muestreo, siendo éstas las formaciones Honda, Gigante y los Depósitos Cuaternarios, para cada formación se realizó una comparación de los valores muestreados con aquellos permitidos por el Decreto 1594 de 1984 para determinar el uso potencial del agua.

Los parámetros a evaluar con respecto a la calidad del agua se describen a continuación:

Conductividad

La conductividad de una muestra de agua es la capacidad para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones en el agua, de su concentración total, de su movilidad, de su carga o valencia, y de las concentraciones relativas, así como de la temperatura a la cual se realizó la medición.

Las soluciones de la mayoría de los ácidos, bases, y sales inorgánicas son relativamente buenos conductores. Inversamente, las soluciones acuosas de solutos orgánicos, que no se disocian o que se disocian muy poco en el agua, poseen conductividades eléctricas muy bajas o similares a las del agua pura.

A mayor temperatura disminuye la viscosidad, y a menor viscosidad mayor libertad de movimiento, entonces la temperatura también tiene una gran influencia sobre la conductividad eléctrica de un sistema acuoso. La conductividad de un agua natural está

relacionada con el terreno que atraviesa y por la posibilidad de rocas y materiales a disolverse dentro del agua.

Turbidez

La turbidez es la reducción de la transparencia de una muestra de agua ocasionado por material particulado en suspensión, como arcillas, limos, plancton, o material orgánico finamente dividido que se mantiene en suspensión por su naturaleza coloidal o por la turbulencia que genera el movimiento. Para el consumo humano la turbidez suele ser tomado como sospecha de algún tipo de contaminación que puede ser bacteriológica.

Las muestras se tomaron en temporada de lluvias, por lo tanto el agua de escorrentía ricas en materias minerales contribuyen en el aumento de la turbidez en los diferentes puntos de agua subterránea.

Alcalinidad

La alcalinidad de una muestra de agua es su capacidad para reaccionar o neutralizar iones hidronio (H^+) hasta un valor de pH igual a 4,5. La alcalinidad es causada principalmente por los bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos (OH^-) presentes en solución, y en menor grado, por los boratos (BO_3^{3-}), fosfatos (PO_4^{3-}), y silicatos (SiO_3^{2-}) que pueden estar presentes en la muestra, todos estos presentes en las aguas naturales, aguas subterráneas, residuales, industriales, y resídales agrícolas.

En las aguas subterráneas profundas, que relativamente son antiguas y que discurren por estratos arenosos, la alcalinidad se halla relacionada con los silicatos disueltos. La alcalinidad, en la mayoría de los cuerpos de aguas naturales, tiene su origen en el sistema carbonato, debido a que el bióxido de carbono y los bicarbonatos forman parte del metabolismo de los organismos vivos, aeróbicos o anaeróbicos, donde quiera que haya materia orgánica y unas condiciones mínimas de supervivencia.

La alcalinidad en el agua se expresa como la concentración equivalente de iones hidroxilo, en mg/L, o como la cantidad equivalente de $CaCO_3$, en mg/L. La alcalinidad, entendida como la concentración de metales alcalinotérreos, tiene importancia en la determinación de la calidad de agua para riego, y es además un factor importante en la interpretación y el control de purificación de aguas residuales.

PH

El pH es una medida de la intensidad ácida o alcalina de una muestra de agua, que difiere de los términos “acidez y/o alcalinidad”, en la medida que estos últimos expresan esencialmente “la capacidad amortiguadora de la muestra”, más que su carácter ácido o básico propiamente dicho. La escala de pH es simplemente una escala de medición del

carácter ácido o básico de un sistema acuoso, entre dos extremos opuestos: uno molar ácido y uno molar básico.

Calcio

Las concentraciones de calcio están asociadas al nivel de mineralización; las aguas subterráneas presentan por lo general mayores concentraciones de este ion que las superficiales.

Cloruros

El ion cloruro se encuentra con frecuencia en las aguas naturales y residuales, en concentraciones que varían desde pocos ppm, hasta varios gramos por litro. Este ion ingresa al agua en forma natural mediante el lavado que las aguas lluvias realizan sobre el suelo; sin embargo, como quiera que la superficie de contacto entre el agua y los materiales del suelo es relativamente baja en las aguas superficiales, la concentración de cloruros en estos cuerpos de agua tiende a ser también relativamente bajas, salvo que estas hayan sido afectadas por eventos antrópicos.

No obstante, en las aguas subterráneas, en donde la superficie de contacto entre el agua y los materiales del subsuelo es mucho mayor, la concentración de ion cloruro suele estar directamente relacionada con la litología predomínate y/o con el tiempo de permanencia del agua en el acuífero.

Ya que el ion cloruro es una sustancia altamente soluble y estable, y puesto que, con muy pocas excepciones, todos los seres humanos lo ingieren, con frecuencia se utiliza este ion como indicador de contaminación antrópica en los estudios de evaluación ambiental.

Fosfatos

El fósforo en las aguas naturales parece encontrarse en forma de orto fosfato (PO43). Al igual que el nitrato es un nutriente esencial para las plantas, pero se encuentra en concentraciones mucho menores que este, probablemente por su acusada tendencia a formar iones complejos y compuestos de baja solubilidad con un extenso número de metales y por ser adsorbido por sedimentos hidrolizados, especialmente minerales de la arcilla en el suelo. Las principales fuentes de fosfatos se asocian a la explotación de rocas ígneas o sedimentarlas marinas que contienen este elemento a la industria de manufacturación de fertilizantes fosfatados, a las aguas residuales de origen urbano (detergentes) o ganadero, etc.

Hierro

El hierro es un elemento esencial para el metabolismo de animales y plantas. En aguas subterráneas suele encontrarse en forma de Fe^{2+} aunque puede presentarse como Fe^{3+}, $FeOH^{+2}$, $FeOH^{+}$ en función del pH contenido en oxígeno y dependiendo a menudo del contenido del agua en otros elementos (carbonatos. bicarbonatos. sulfatos, etc.).

Magnesio

En las corrientes de agua la concentración de este metal suele aumentar por disolución de rocas y materiales del terreno que atraviesa.

Nitratos

Los nitratos constituyen la especie nitrogenada más abundante y de mayor interés en todos los cuerpos de aguas naturales. Los nitratos suelen hallarse en aguas naturales en concentraciones traza o de pocos ppm, mientras que en aguas residuales domésticas y agrícolas pueden alcanzar niveles relativamente altos.

La determinación de los nitratos en el agua de consumo humano es importante porque cuando estos se encuentran en concentraciones que sobrepasan los 10 ppm, como N, pueden causar una enfermedad infantil conocida como “metahemoglobinemia”, que se caracteriza por la dificultad de la sangre de absorber oxígeno, así como la aparición de diversos tipos de canceres gástricos.

Por otra parte, los nitratos, así como los fosfatos, constituyen parte de los nutrientes esenciales para muchos organismos autótrofos o fotosintéticos, y en este sentido pueden ocasionar fenómenos de eutrificación (crecimiento desmedido de algunas especies vegetales como el buchón de agua, que cubren con un manto vegetal la superficie del agua, impidiendo de esta forma su oxigenación natural) en ríos y lagos.

Sulfatos

El sulfato (SO_4^{2-}) se distribuye ampliamente en la naturaleza y puede presentarse en aguas naturales en concentraciones que van desde unos pocos a varios miles de miligramo por litro. Las aguas residuales del drenado de minas de hierro pueden aportar grandes cantidades de sulfato debido a la oxidación de la pirita.

No existe un límite o concentración óptima de sulfatos para la mayor parte de la fauna acuática, pues existen especies animales que habitan en fuentes de agua que contienen desde unas trazas de sulfatos hasta varios miles de mg/L. Concentraciones por encima de los 250 mg/L para consumo humano pueden provocar efectos laxantes y pueden ocasionar irritación gastrointestinal.

Potasio

Se trata de uno de los cationes mayoritarios en aguas naturales, en consonancia con su amplia difusión en la naturaleza bajo la forma de cloruro, sulfato, fluoruro y fosfatos, así como en arcillas y micas. La presencia de potasio no es perjudicial para la salud, a menos que alcancen concentraciones muy elevadas.

Sodio

El sodio es un metal parte del grupo de los metales alcalinos. Aunque los metales alcalinos ostentan características similares, el sodio es el único que se encuentra en cantidades significantes en aguas naturales.

La presencia de sodio no es perjudicial para la salud, a menos que alcancen concentraciones muy elevadas, habiéndose encontrado correlación entre concentraciones altas de sodio y enfermedades coronarias, hipertensión y enfermedades renales y hepáticas.

Coliformes Fecales

Son un grupo de microorganismos de origen fecal que soportan temperaturas hasta de 45°C, sirven como indicadores de higiene en alimentos y en aguas, la presencia de estos indica contaminación fecal de origen humano o animal.

3.7.2.1.1 Región Norte

3.7.2.1.1.1 Geosinclinal del Valle Superior del Río Magdalena

Es el área acuífera más grande definida contando con 356 puntos de captación que corresponden al 98% de la totalidad de los puntos captados con información hidrogeoquímica. Al ser la zona con mayor cantidad de puntos, se dividió a su vez en formaciones geológicas para analizar su calidad del agua.

- Depósitos Cuaternarios:

  Se localizaron 188 puntos de captación en los depósitos cuaternarios asociados al valle del Magdalena. A continuación se analizan los parámetros a tener en cuenta para establecer la calidad del agua.

Conductividad

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 1000 µS/cm para consumo humano. La mayor parte de los valores se encuentran en un rango bajo de conductividad (**Ilustración 197**), dos de éstos se encuentran por encima del límite permitido, localizados en el municipio de Neiva.

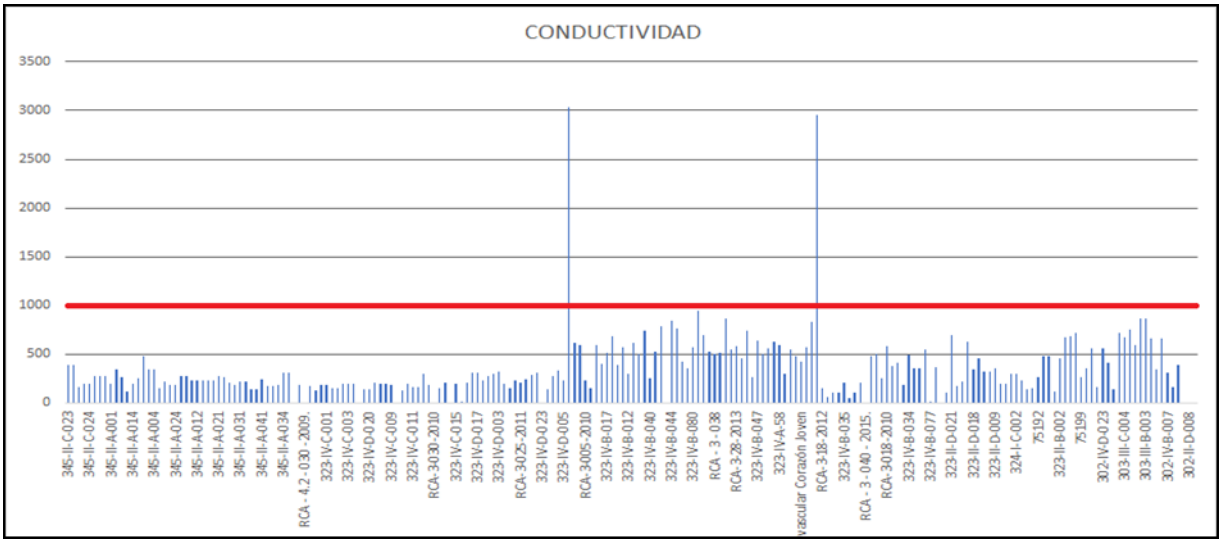


Ilustración 197 Conductividad Cuaternarios Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Turbidez

Con base en la Resolución 2115 de 2007 los valores reportados no deben sobrepasar los 2 NTU para consumo humano. 14 puntos muestran una alta turbidez por encima del límite, todos estos puntos se encuentran en la zona límite entre los municipios de Palermo y Neiva, estando la mayoría en esta última (**Ilustración 198**).

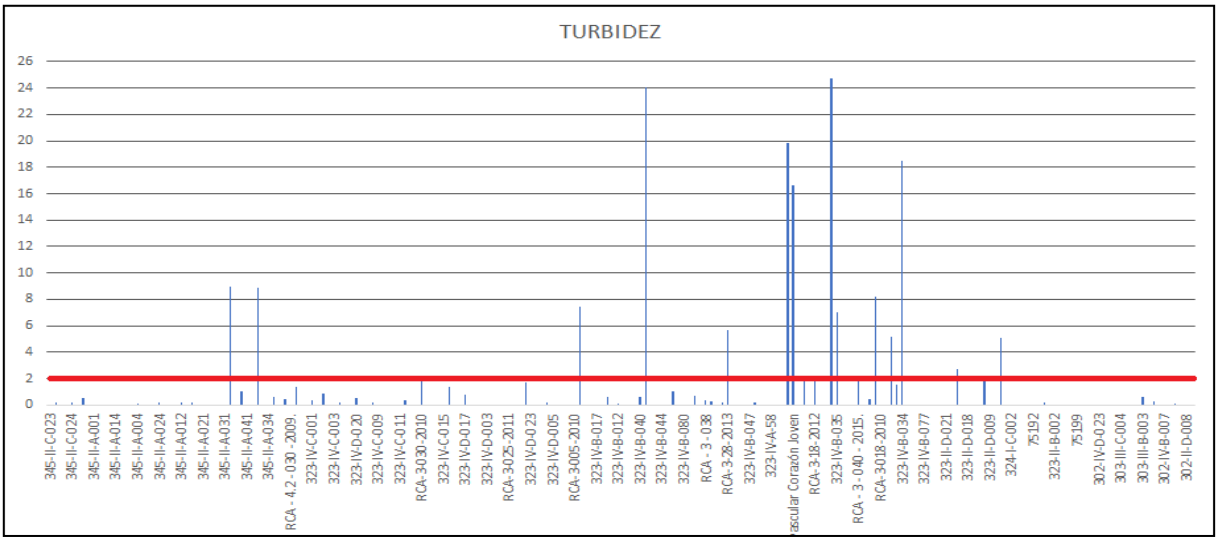


Ilustración 198 Turbidez Cuaternarios Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Alcalinidad

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 200 mg de CaCO3/L para consumo humano. Se observan 4 valores captados que superan el límite establecido, no se encuentran en la misma área ni en contacto con las mismas formaciones rocosas (**Ilustración 199**).

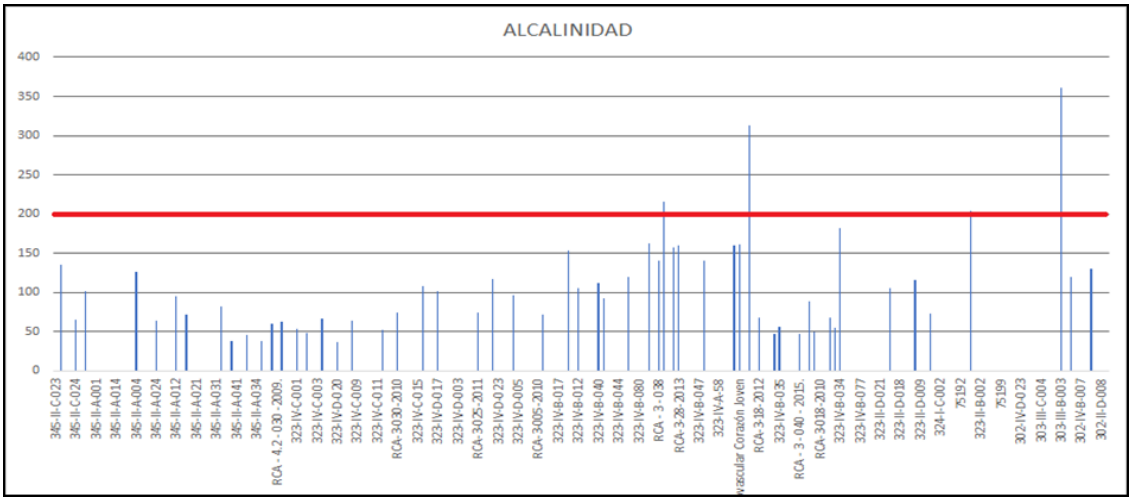


Ilustración 199 Alcalinidad Cuaternarios Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

PH

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados deben de estar entre 6,5 y 9 unidades para consumo humano. Se encuentran 43 puntos con un pH menor a 6,5 en

la parte sur, a lo largo de los municipios de Campoalegre, Rivera y Neiva, ninguno de los puntos supera el límite máximo de pH (**Ilustración 200**).

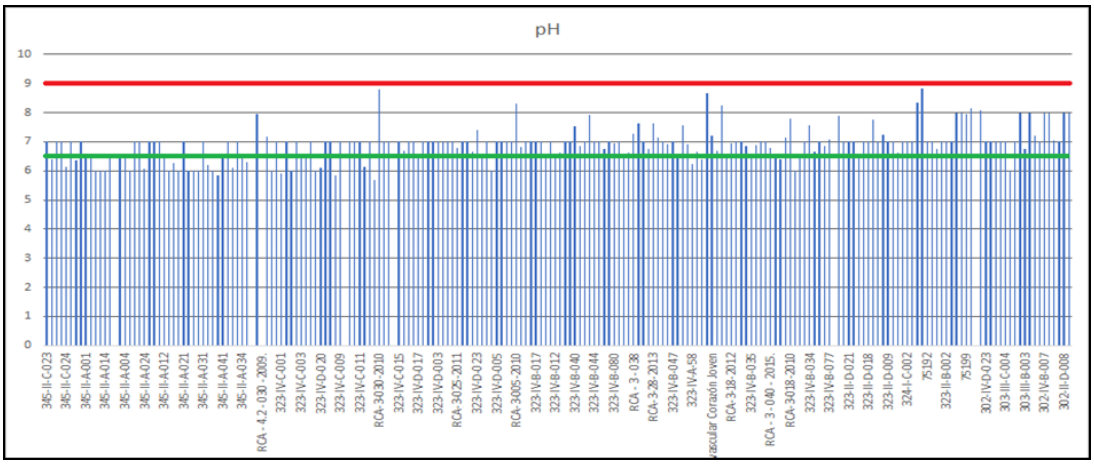


Ilustración 200 pH Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Calcio

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 60 mg/L para consumo humano. A nivel general los valores se encuentran en un límite aceptable exceptuando 5 puntos distantes entre sí (**Ilustración 201**).

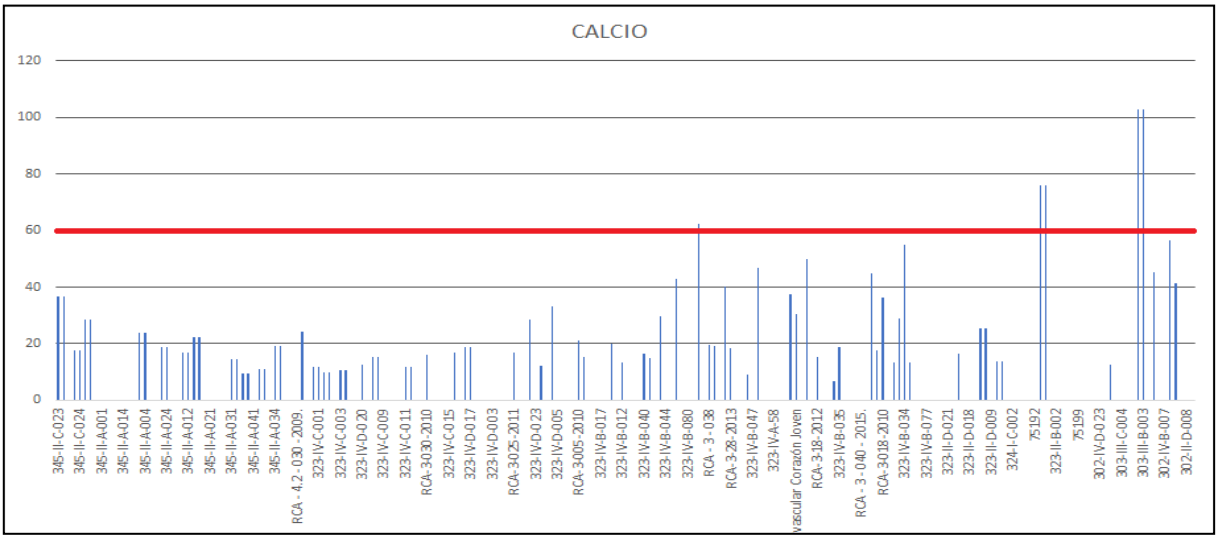


Ilustración 201 Calcio Cuaternarios Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Cloruros

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 250 mg/L para consumo humano. Los valores de cloruros en los 210 puntos se encuentran bajo los límites normales de concentración (**Ilustración 202**).

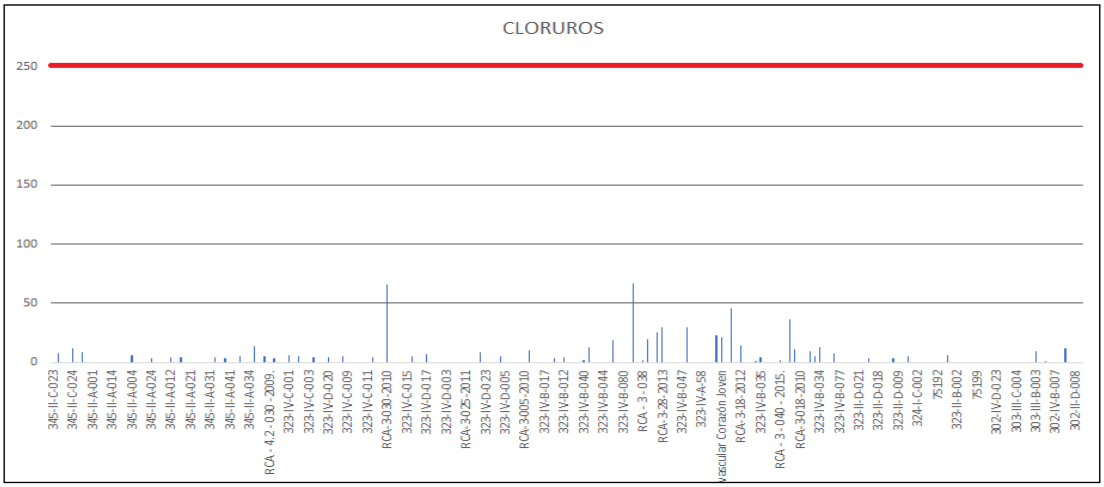


Ilustración 202 Cloruros Cuaternarios Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Fosfatos

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 0,5 mg/L para consumo humano. Ningún valor de fosfato se encuentra superando el límite permitido (**Ilustración 203**).

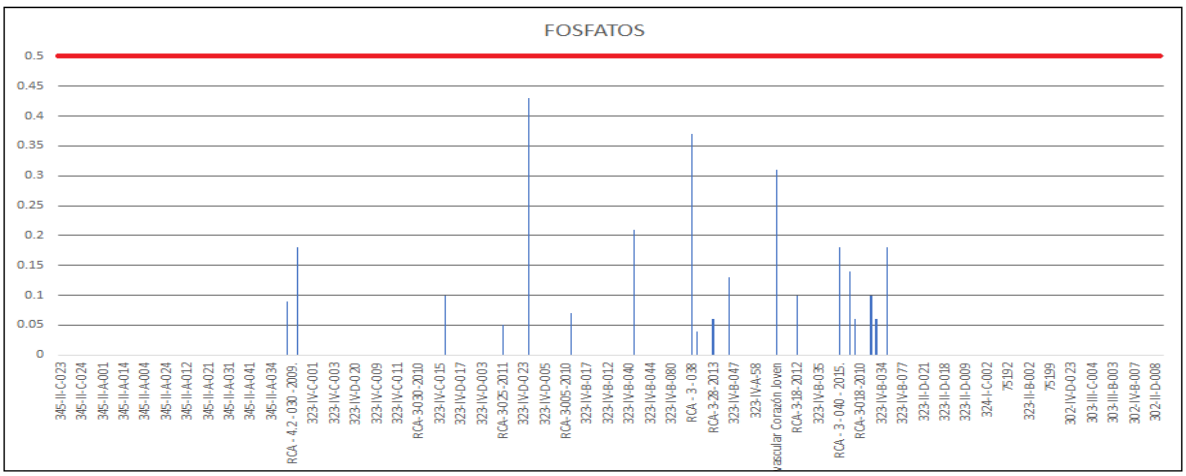


Ilustración 203 Fosfatos Cuaternarios Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Hierro

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 0,3 mg/L para consumo humano. Se observan 13 puntos que exceden los valores límites permitidos, no muestran un comportamiento asociado a otras formaciones geológicas contiguas (**Ilustración 204**).

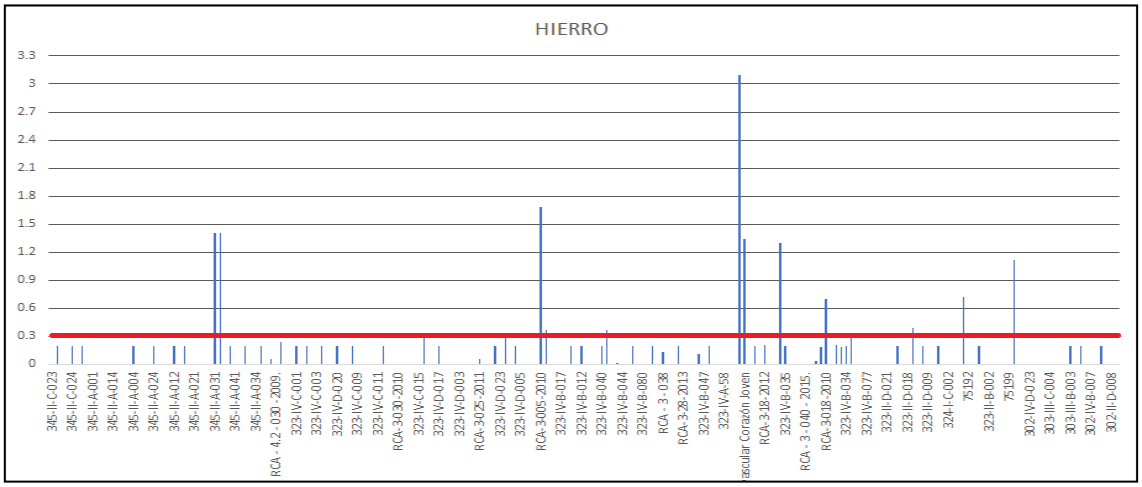


Ilustración 204 Hierro Cuaternarios Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Magnesio

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 36 mg/L para consumo humano. Todos los valores se encuentran en los límites normales establecidos por la resolución (**Ilustración 205**).

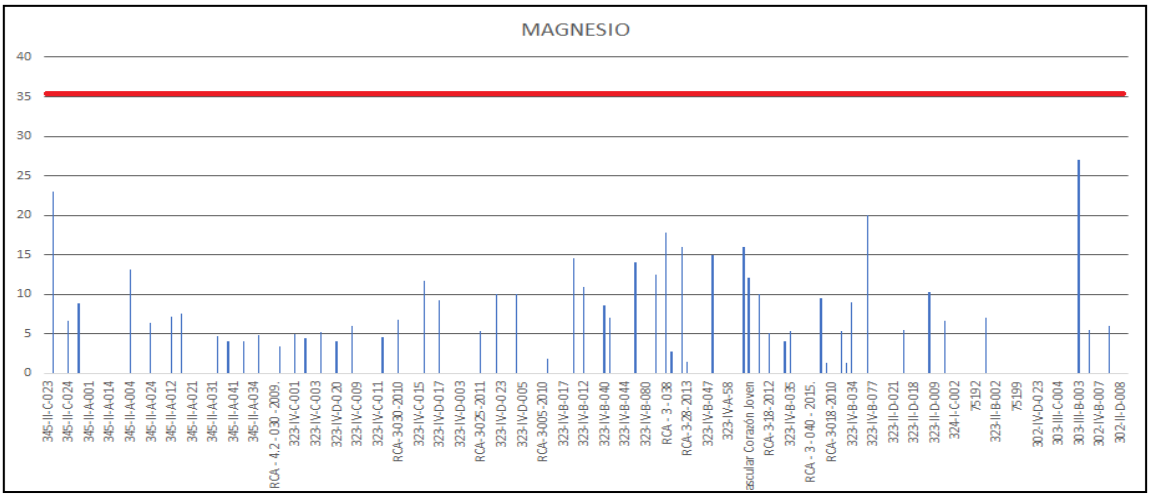


Ilustración 205 Magnesio Cuaternarios Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Nitratos

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 10 mg/L para consumo humano. Se presentan valores bajos de nitratos para todos los puntos de captación, un único punto ubicado en Neiva muestra altos valores de nitratos (**Ilustración 206**).

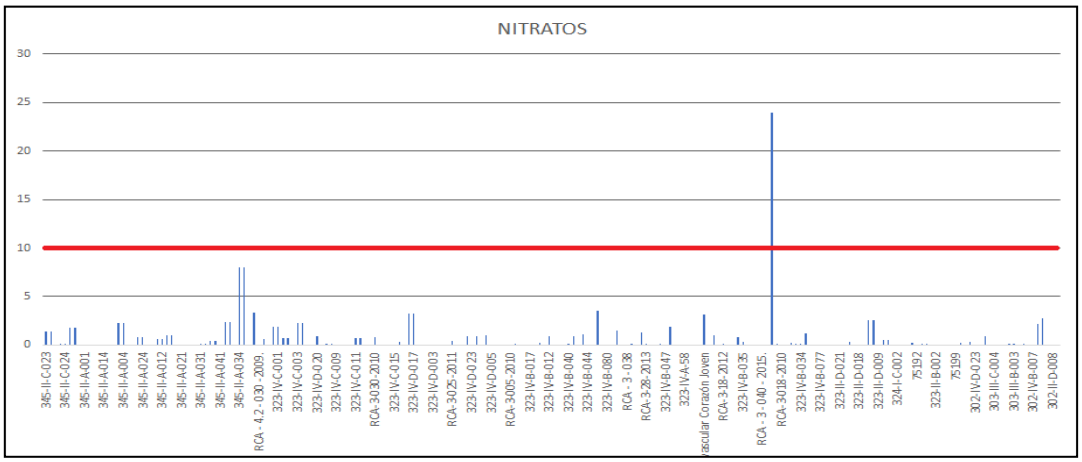


Ilustración 206 Nitratos Cuaternarios Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sulfatos

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 250 mg/L para consumo humano. Se encuentran valores de concentración de sulfatos bajos en los depósitos cuaternarios. (**Ilustración 207**).

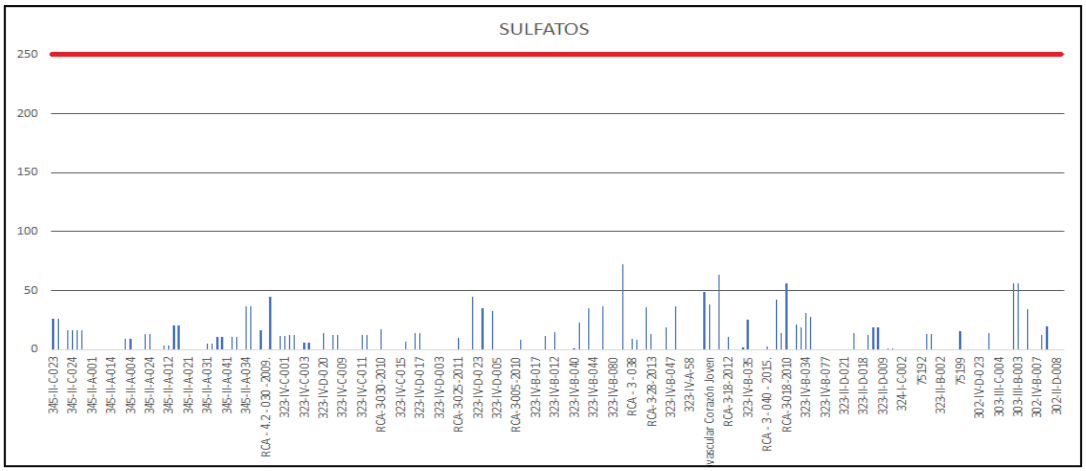


Ilustración 207 Sulfatos Cuaternarios Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Potasio

No existen valores límite para concentración de potasio según la resolución 2115 de 2.007, en general se observan bajas concentraciones (**Ilustración 208**).

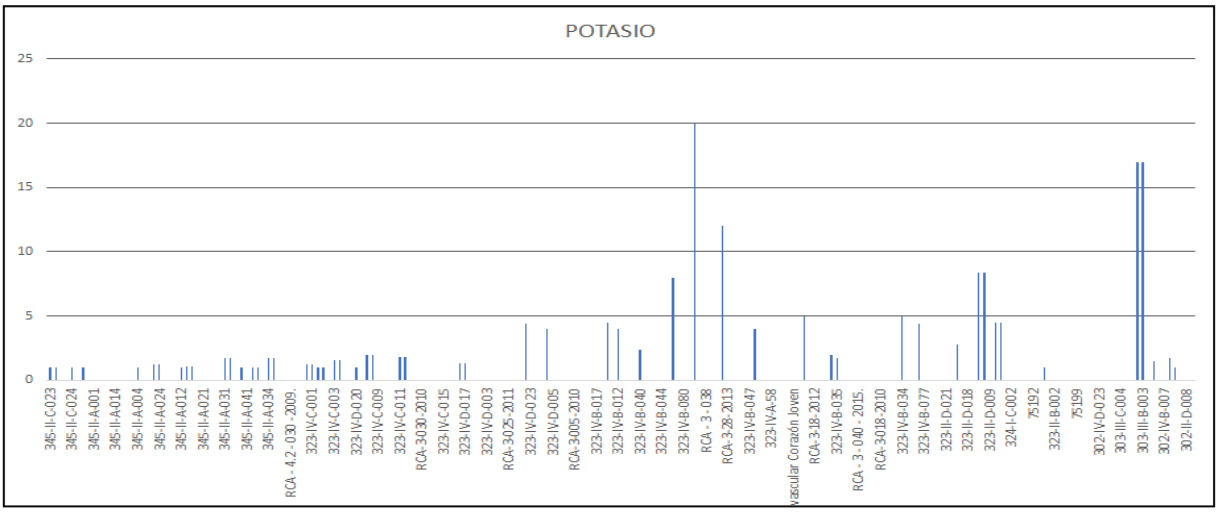


Ilustración 208 Potasio Cuaternarios Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sodio

Al igual que con el potasio, no existen valores límite para concentración de sodio según la resolución 2115 de 2.007. (**Ilustración 209**).

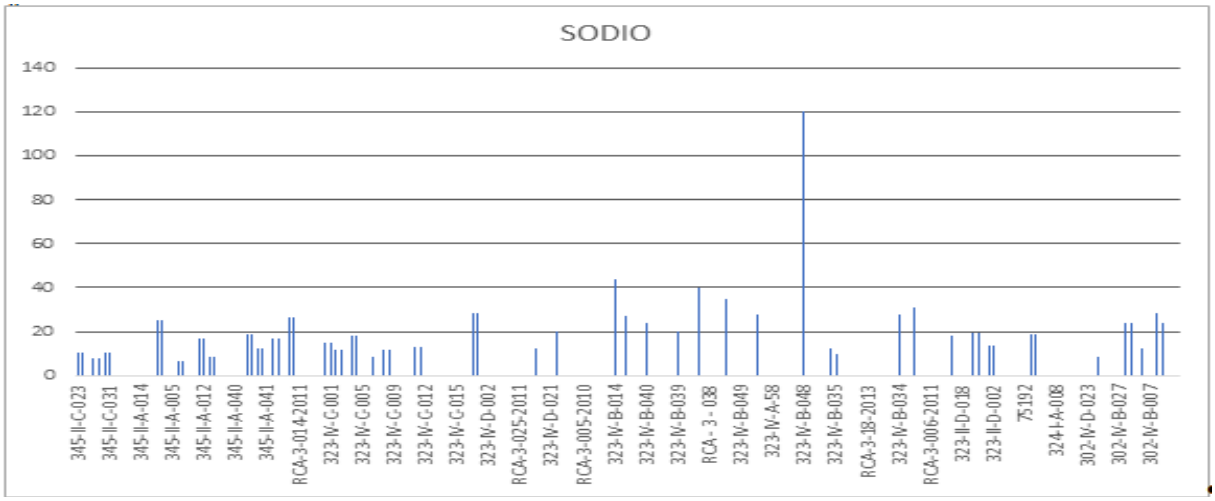


Ilustración 209 Sodio Cuaternarios Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Coliformes Fecales

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados para consumo humano deben ser iguales a cero. Con base en el decreto 1594 de 1.984 los valores reportados

entre 2.000 y 200 unidades deben ser manejados con métodos de potabilización convencionales. Se destaca la baja cantidad de datos para coliformes fecales, de los cuales ninguno excede las 2.000 unidades (**Ilustración 210**).

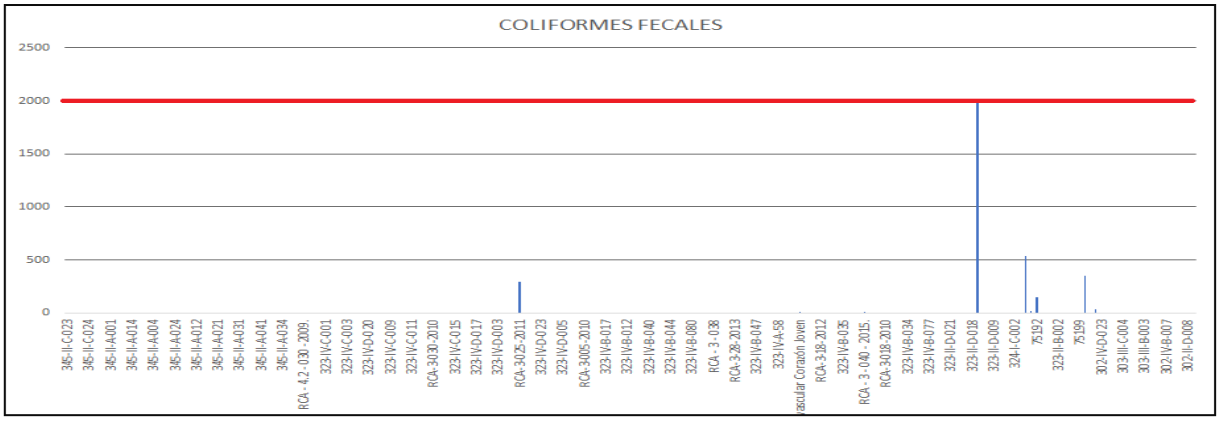


Ilustración 210 Coliformes Fecales Cuaternarios Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Coliformes Totales

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados para consumo humano deben ser iguales a cero. Con base en el decreto 1594 de 1.984 los valores reportados entre 20.000 y 1.000 unidades deben de manejados con métodos de tratamiento convencional. Se encuentra una baja densidad de datos para este parámetro, observándose que 5 superan el límite de 1.000 unidades por lo tanto pueden ser potabilizadas mediante tratamiento convencional, un único punto localizado en Neiva muestra un valor cercano a las 35.000 unidades que no podría potabilizarse, estos puntos se encuentran en la parte occidental del Río Magdalena en los municipios de Neiva y Aipe (**Ilustración 211**).

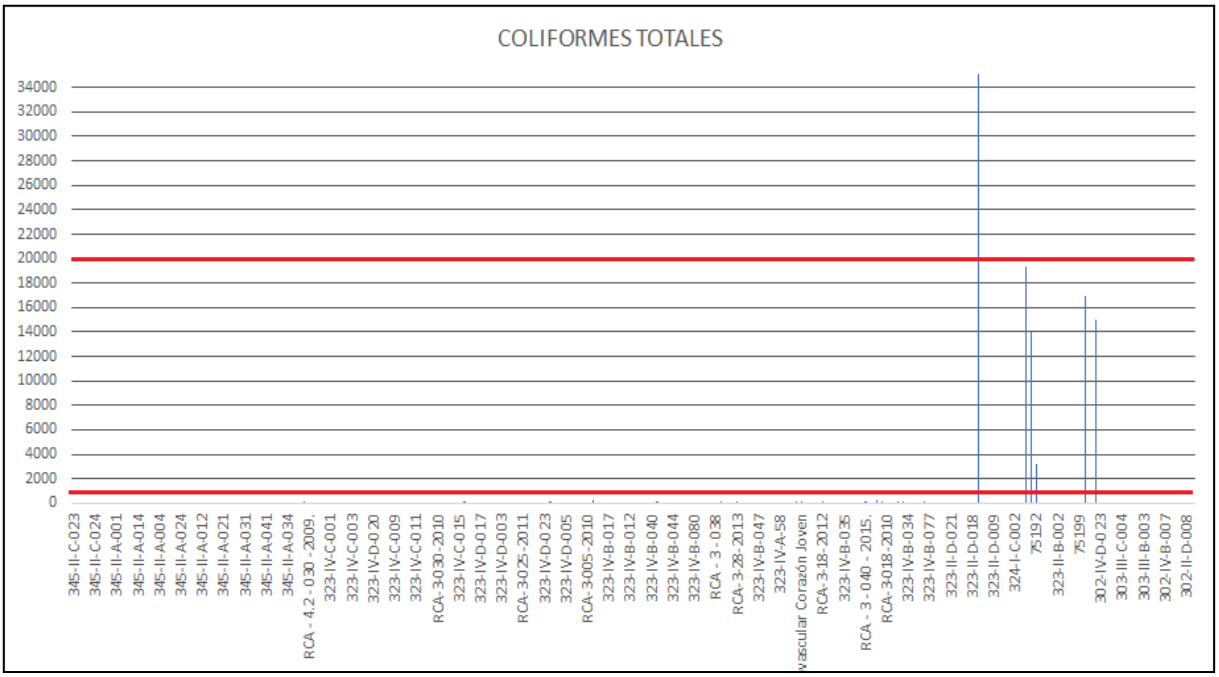


Ilustración 211 Coliformes Totales Cuaternarios Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Uso Del Agua Depósitos Cuaternarios

De acuerdo con los artículos 38, 39, 40 y 41 del Decreto 1594 de 1984, se compararon los valores obtenidos en los depósitos cuaternarios del Valle del Río Magdalena, con los valores límite del decreto para determinar el uso potencial. Esto se realizó para los valores promedio como se muestra a continuación (**Tabla 71**).

Tabla 71 Uso del agua de acuerdo con el decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Agricultura para los depósitos cuaternarios

PARÁMETRO	UNIDAD	PROMEDIO	Decreto 1594 de 1984 Ministerio de Agricultura		
			Art 38 y 39	Art 40	Art 41
			Consumo Humano y Uso Doméstico	Uso Agrícola	Uso Pecuario
Arsénico	mg/L	0.0003	0.05	0.1	0.2
Aluminio	mg/L	0.390	-	5	5
Bario	mg/L	<0.096	1	-	-
Boro	mg/L	<0.137	0	-	-
Cobalto	mg/L	<0.048	-	4	5
Conductividad	µs/cm	379.71	1000	-	-
Cromo	mg/L	<0.05	0.05	0.1	1
Cadmio	mg/L	<0.003	0.01	0.01	0.05
Cobre	mg/L	-	1	0.2	0.5
Color	(Pt/Co)	17.9	75/20	-	-
Coliformes Fecales	NMP/100ml	377	20000/1000*	5000	5000
Coliformes Totales	NMP/100ml	18639	2000	1000	1000
Cloruros	mg/L	11.8	250	-	-
Hierro	mg/L	0.36	-	5	-
Litio	mg/L	-	-	2.5	-
Manganeso	mg/L	0.25	-	0.2	-
Molibdeno	mg/L	-	-	0.01	-
Nitritos	mg/L	0.023	10	-	10
Nitratos	mg/L	1.44	10	-	-
Níquel	mg/L	<0.085	-	0.2	-
Plomo	mg/L	<0.050	0.05	5	0.1
pH		6.92	5-9/6.5-8.5*	4.5-9	4.5-9
Selenio	mg/L	0.00023	0.01	0.02	-
Turbidez	NTU	3.47	2/10*	-	-
Vanadio	mg/L	<0.095	-	0.1	-
Zinc	mg/L	0.036	15	2	25

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016

Los valores con "*" para uso doméstico y consumo humano son admisibles por el decreto siempre que se realice un proceso de desinfección.

Los valores promedio encontrados en los depósitos cuaternarios se muestran aptos para el consumo humano y cualquier uso establecido por el decreto. El valor promedio de los

coliformes totales está muy por encima de los límites, pero a su vez cabe resaltar que de la totalidad de los datos, sólo 10% de ellos registran valores de coliformes totales y a partir de estos se estableció un promedio. Estos puntos se encuentran distribuidos a lo largo del departamento y no muestran un patrón geográfico específico.

- Formación Gigante

  Los puntos de captación correspondientes a la Formación Gigante se componen de 48 puntos, de los cuales se listan los siguientes parámetros a tener en cuenta para el análisis de calidad de agua. La parte norte de la Formación en el departamento del Huila comprende principalmente los municipios de Baraya, Tello y Neiva, la parte centro-sur aflora en mayor medida en los municipios de Garzón y Agrado. Casi la totalidad de puntos muestreados se encuentran en los municipios de Tello y Neiva.

Conductividad

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 1000 µS/cm para consumo humano. Los valores de conductividad de la Formación Gigante están por debajo del límite máximo establecido exceptuando un único punto localizado en el municipio de Neiva (**Ilustración 212**).

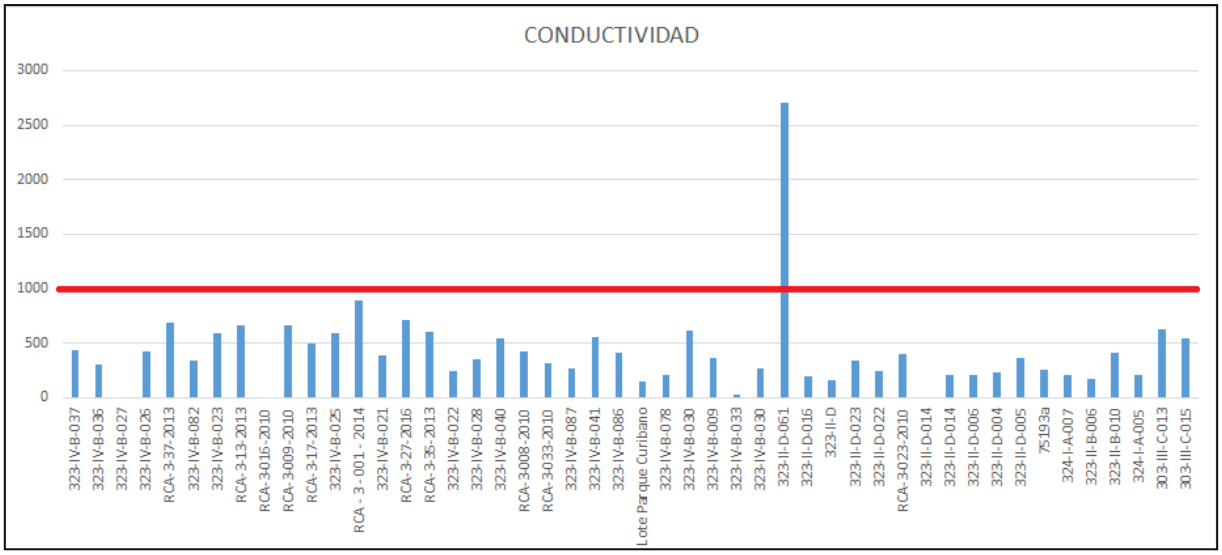


Ilustración 212 Conductividad Formación Gigante Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Turbidez

Con base en la Resolución 2115 de 2007 los valores reportados no deben sobrepasar los 2 NTU para consumo humano. En caso de la Formación Gigante, 8 valores reportan una turbidez superior al límite establecido, ubicados principalmente en el municipio de Neiva, se observa un único punto cuyo valor excede los límites del gráfico (56.2 NTU) localizado en el municipio de Baraya (**Ilustración 213**).

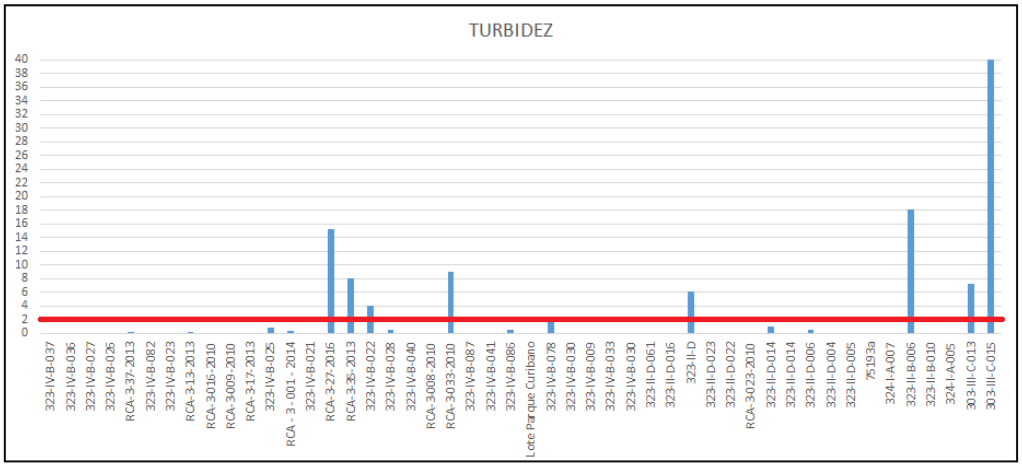


Ilustración 213 Turbidez Formación Gigante Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Alcalinidad

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 200 mg de CaCO3/L para consumo humano. Sólo un valor entre los captados muestra alcalinidad por encima del límite, este se localiza en el municipio de Neiva, muy cerca a otros pozos por lo que podría considerarse un caso puntual (**Ilustración 214**).

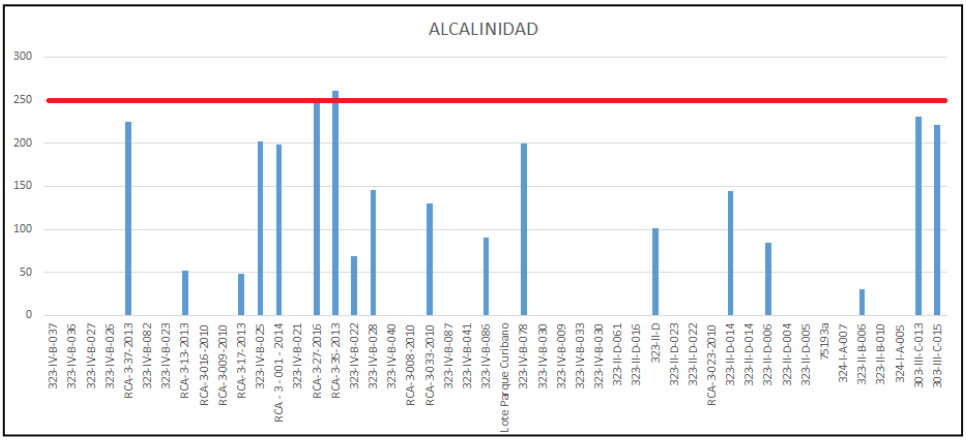


Ilustración 214 Alcalinidad Formación Gigante Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

PH

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados deben de estar entre 6,5 y 9 unidades para consumo humano. Se observan 7 puntos con pH más ácido de lo establecido dispersos en la zona central del municipio de Neiva. Ningún valor sobrepasa el límite superior (**Ilustración 215**).

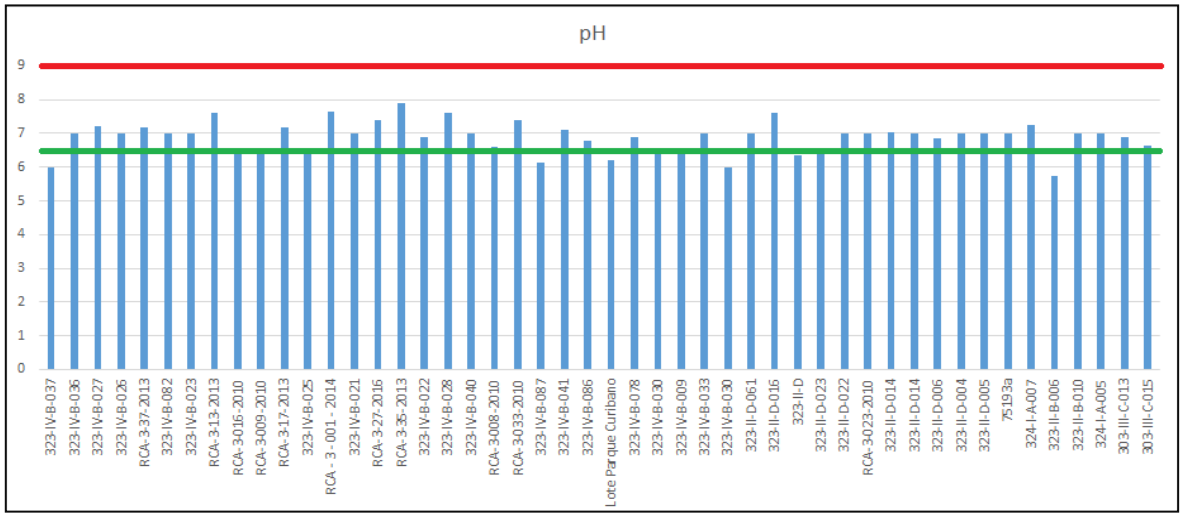


Ilustración 215 pH Formación Gigante Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Calcio

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 60 mg/L para consumo humano. (**Ilustración 216**).

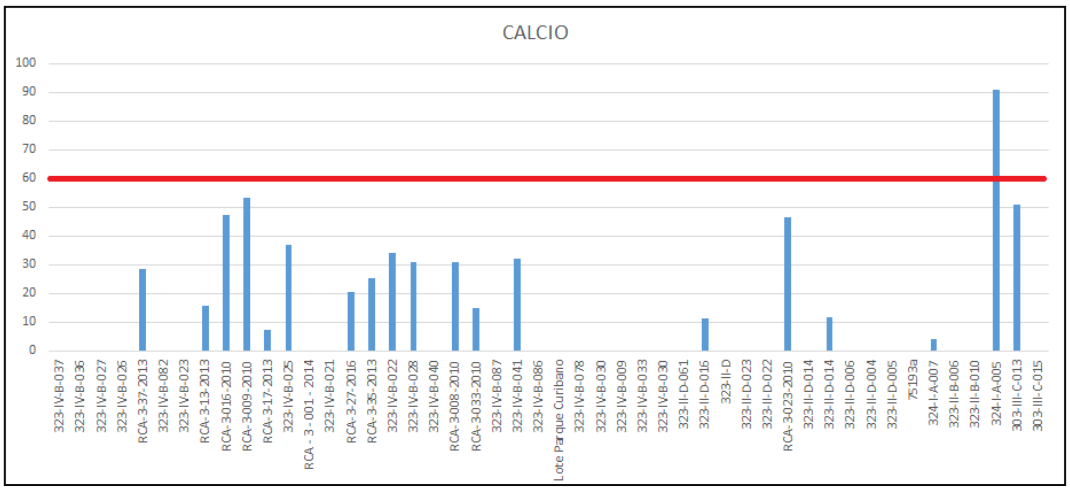


Ilustración 216 Calcio Formación Gigante Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Cloruros

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 250 mg/L para consumo humano. Todos los puntos de captación poseen bajas concentraciones de cloruros (**Ilustración 217**).

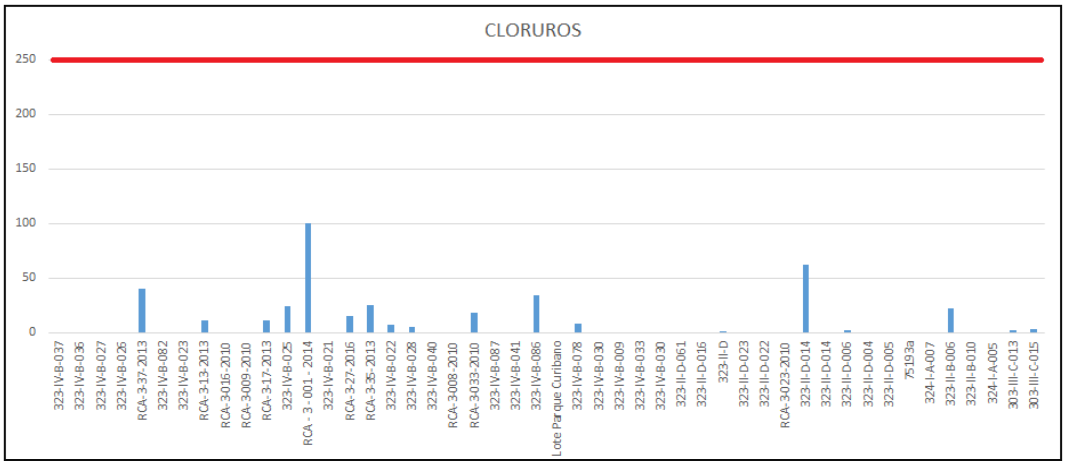


Ilustración 217 Cloruros Formación Gigante Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Fosfatos

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 0,5 mg/L para consumo humano. No se reportan fosfatos por encima del límite en los puntos de captación de esta formación, se destaca la poca información disponible de fosfatos (**Ilustración 218**).

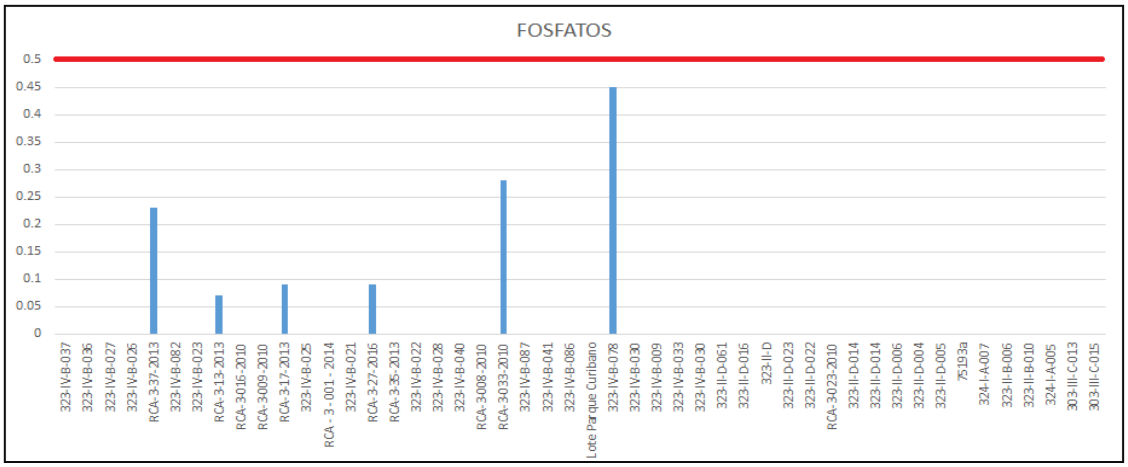


Ilustración 218 Fosfatos Formación Gigante Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Hierro

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 0,3 mg/L para consumo humano (**Ilustración 219**).

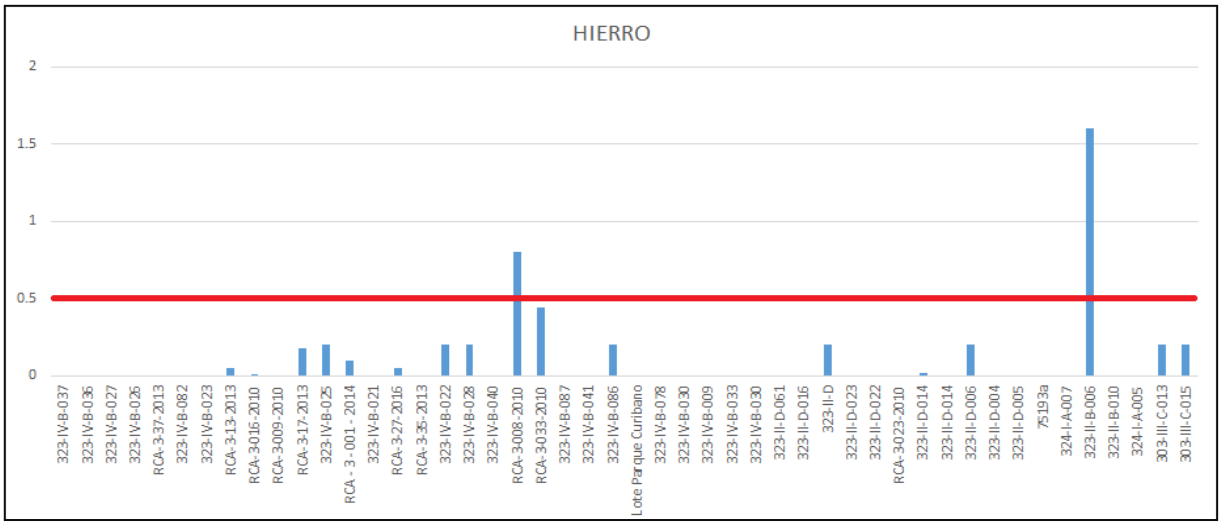


Ilustración 219 Hierro Formación Gigante Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Magnesio

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 36 mg/L para consumo humano. Ningún valor de magnesio excede el límite establecido en la resolución (**Ilustración 220**).

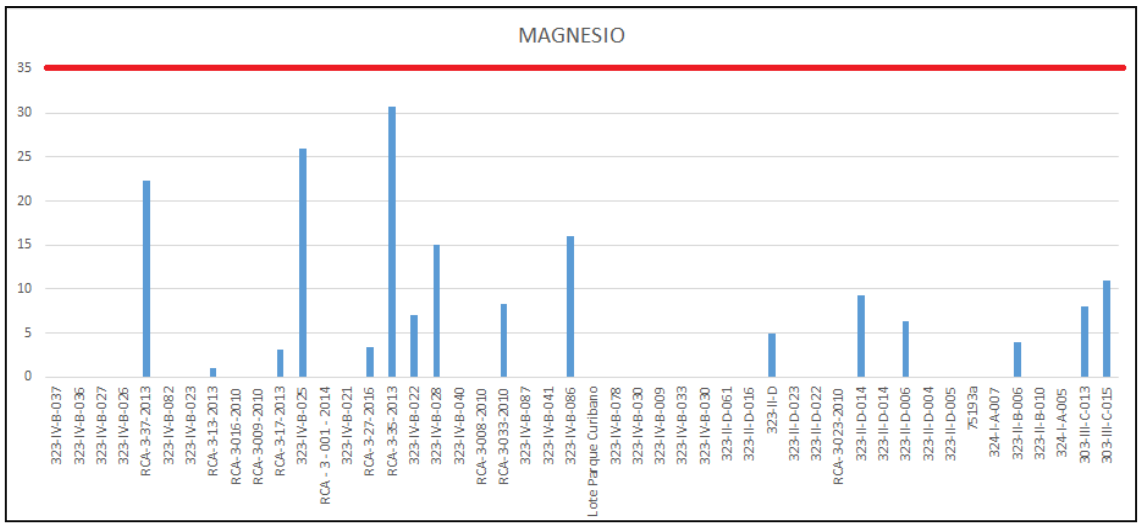


Ilustración 220 Magnesio Formación Gigante Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Nitratos

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 10 mg/L para consumo humano. Se presentan valores por debajo del límite en todos los puntos a excepción de un punto situado en Neiva, que al estar rodeado de más puntos de captación cercanos sin excesos de este ion se considera más un dato anómalo que representativo (Ilustración 221).

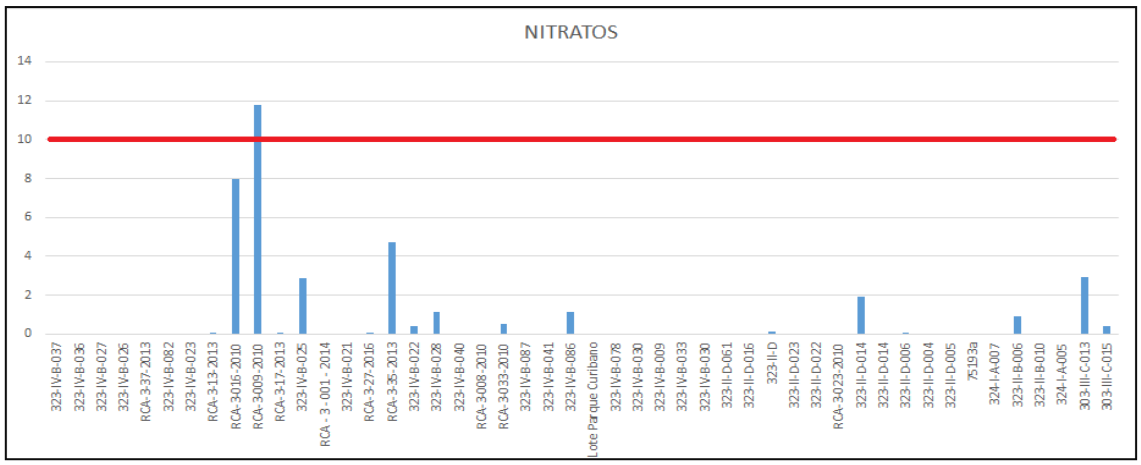


Ilustración 221 Nitratos Formación Gigante Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sulfatos

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 250 mg/L para consumo humano. Todos los puntos captados se encuentran en un rango permisible (**Ilustración 222**).

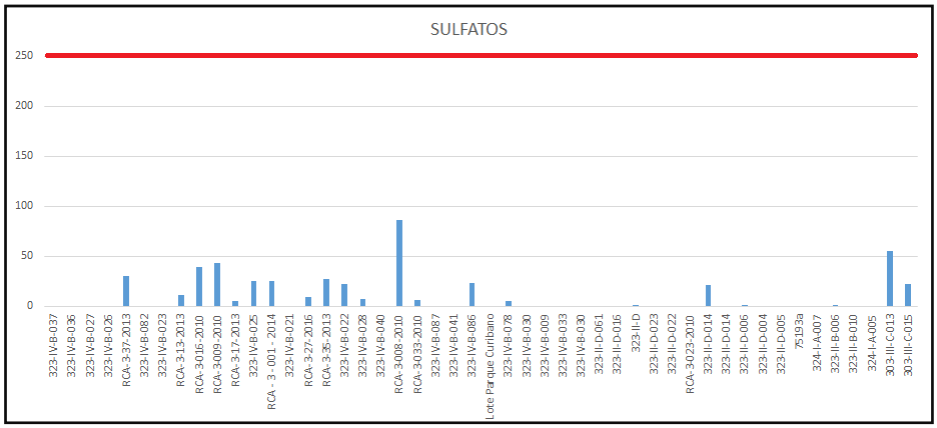


Ilustración 222 Sulfatos Formación Gigante Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Potasio

No existen valores límite para concentración de potasio según la resolución 2115 de 2.007, en general se observan bajas concentraciones (**Ilustración 223**)

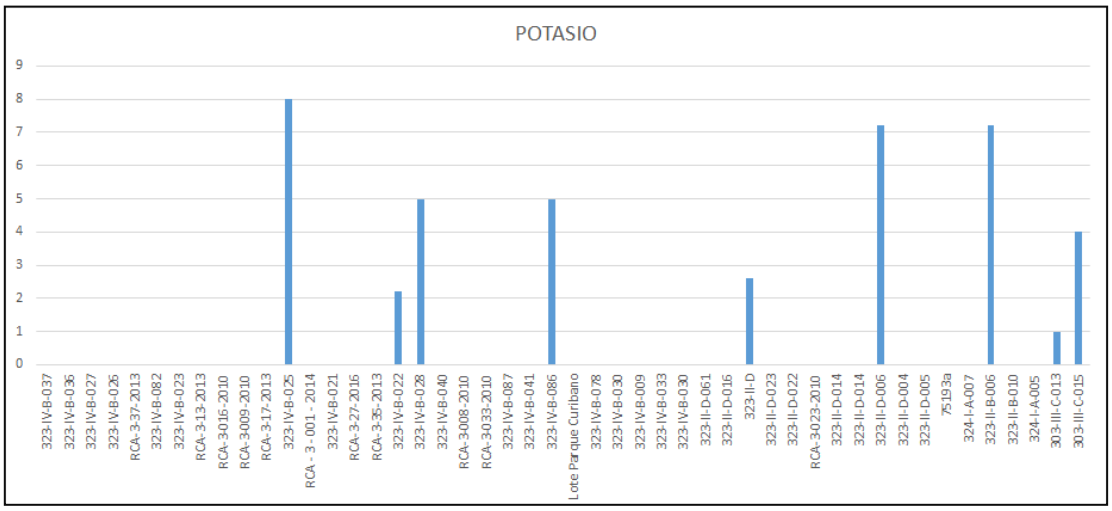


Ilustración 223 Potasio Formación Gigante Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sodio

Al igual que con el potasio, no existen valores límite para concentración de sodio según la resolución 2115 de 2.007 (**Ilustración 224**).

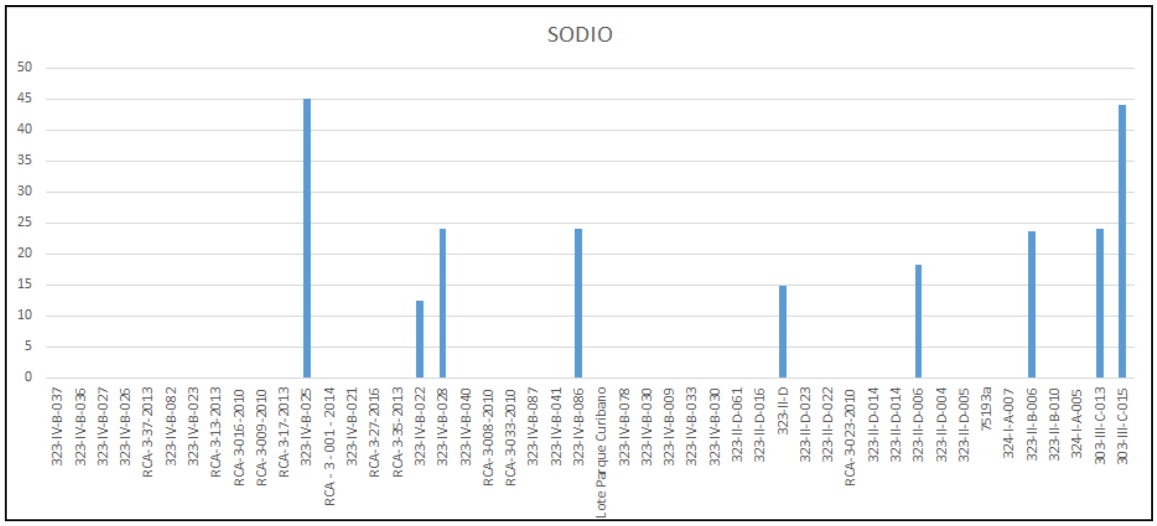


Ilustración 224 Sodio Formación Gigante Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Coliformes Fecales

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados para consumo humano deben ser iguales a cero. Con base en el decreto 1594 de 1.984 los valores reportados entre 2.000 y 200 unidades deben ser manejados con métodos de potabilización convencionales. Se destaca la baja cantidad de datos para coliformes fecales, de los cuales se posee un único valor (municipio de Tello) que no alcanza las 200 unidades, pero tampoco se puede considerar representativo.



Ilustración 225 Coliformes Fecales Formación Gigante Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Coliformes Totales

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados para consumo humano deben ser iguales a cero. Con base en el decreto 1594 de 1.984 los valores reportados entre 20.000 y 1.000 unidades deben de manejados con métodos de tratamiento convencional. Un único punto de captación arrojó un dato superior a las 1.000 unidades, localizado en Tello (**Ilustración 226**).

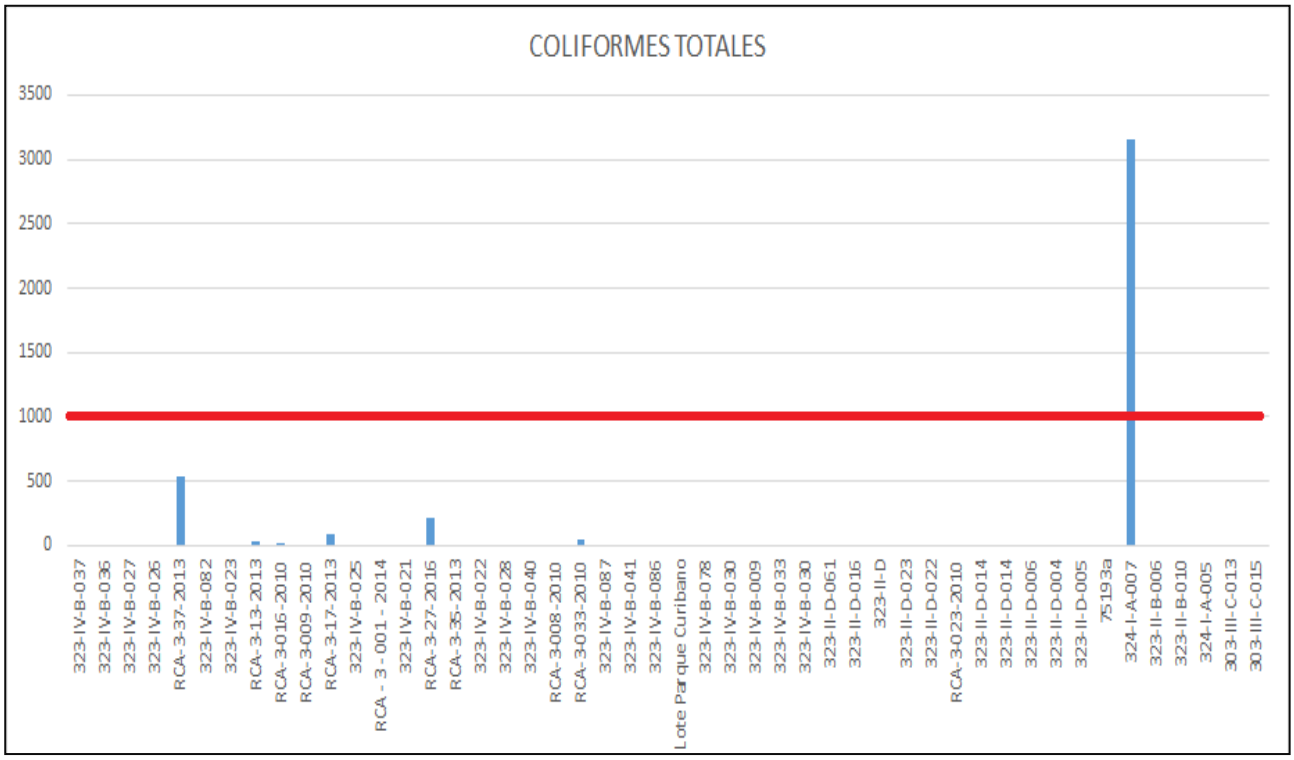


Ilustración 226 Coliformes Totales Formación Gigante Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Uso Del Agua Formación Gigante

De acuerdo con los artículos 38, 39, 40 y 41 del Decreto 1594 de 1984, se compararon los valores obtenidos en la Formación Gigante con los valores límite del decreto para determinar el uso potencial. Esto se realizó para los valores promedio de la formación como se muestra a continuación (**Tabla 72**).

Tabla 72 Uso del agua de acuerdo con el decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Agricultura para la Formación Gigante

PARÁMETRO	UNIDAD	PROMEDIO	Decreto 1594 de 1984 Ministerio de Agricultura		
			Art 38 y 39	Art 40	Art 41
			Consumo Humano y Uso Doméstico	Uso Agrícola	Uso Pecuario
Arsénico	mg/L	-	0.05	0.1	0.2
Aluminio	mg/L	0.125	-	5	5
Bario	mg/L	-	1	-	-
Boro	mg/L	-	0	-	-
Cobalto	mg/L	-	-	4	5
Conductividad	µs/cm	500.26	1000	-	-

PARÁMETRO	UNIDAD	PROMEDIO	Decreto 1594 de 1984 Ministerio de Agricultura		
			Art 38 y 39	Art 40	Art 41
			Consumo Humano y Uso Doméstico	Uso Agrícola	Uso Pecuario
Cromo	mg/L	-	0.05	0.1	1
Cadmio	mg/L	-	0.01	0.01	0.05
Cobre	mg/L	-	1	0.2	0.5
Color	(Pt/Co)	17.9	75/20	-	-
Coliformes Fecales	NMP/100ml	110	20000/1000*	5000	5000
Coliformes Totales	NMP/100ml	587.43	2000	1000	1000
Cloruros	mg/L	21.92	250	-	-
Hierro	mg/L	0.285	-	5	-
Litio	mg/L	-	-	2.5	-
Manganeso	mg/L	0.2	-	0.2	-
Molibdeno	mg/L	-	-	0.01	-
Nitritos	mg/L	0.067	10	-	10
Nitratos	mg/L	2.18	10	-	-
Níquel	mg/L	-	-	0.2	-
Plomo	mg/L	-	0.05	5	0.1
pH		6.90	5-9/6.5-8.5*	4.5-9	4.5-9
Selenio	mg/L	-	0.01	0.02	-
Turbidez	NTU	7.66	2/10*	-	-
Vanadio	mg/L	-	-	0.1	-
Zinc	mg/L	-	15	2	25

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Los valores con "*" para uso doméstico y consumo humano son admisibles por el decreto siempre que se realice un proceso de desinfección.
Los valores en rojo corresponden a aquellos que exceden la norma para consumo humano

Los valores mostrados para la Formación Gigante muestran en promedio un rango aceptable para cualquiera de los usos establecidos por el decreto, se exceptúa el valor de turbidez que no se muestra apto para consumo humano, pero si para el uso doméstico con un valor menor a 10 NTU, a su vez este valor no se establece para el uso pecuario y agrícola.

- Formación Honda

  Se localizaron 120 puntos de captación en los acuíferos pertenecientes al Grupo Honda, asociados al valle del Magdalena. A continuación se analizan los parámetros a tener en cuenta para establecer la calidad del agua.

Conductividad

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 1000 µS/cm para consumo humano. Se observan solamente dos puntos que exceden los valores de conductividad permitidos, están ubicados en los municipios de Tello y Neiva (**Ilustración 227**).

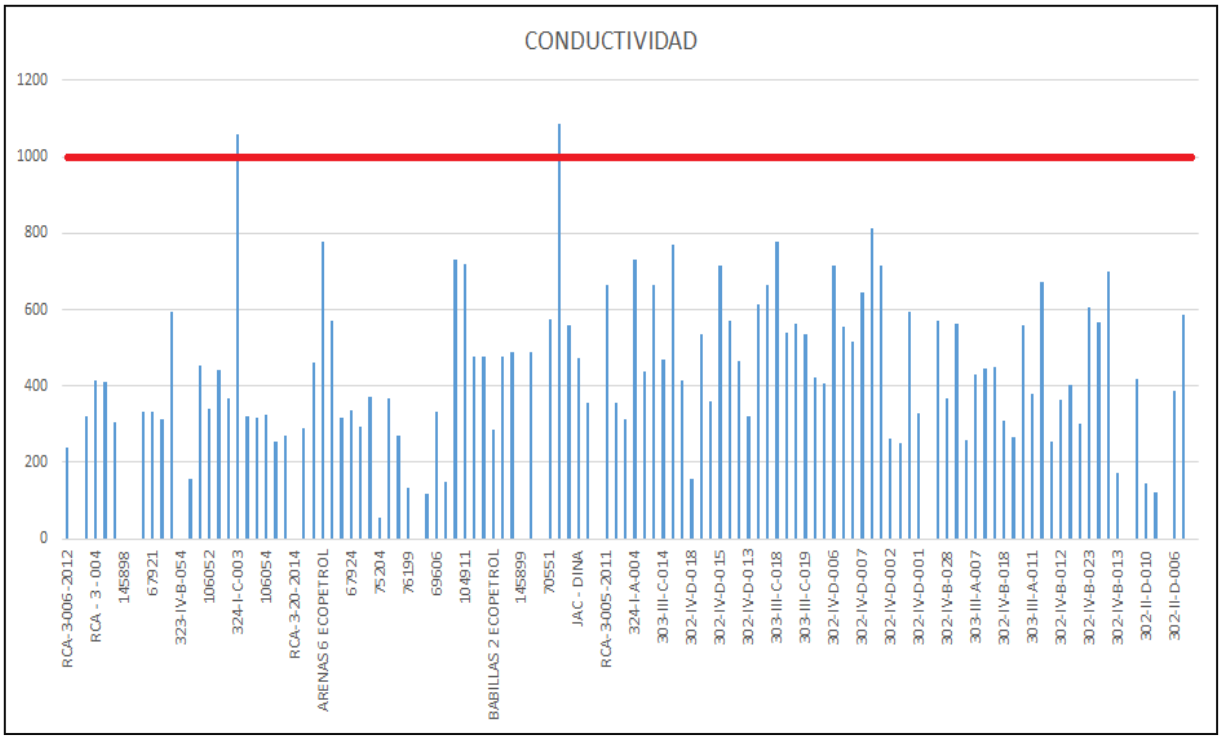


Ilustración 227 Conductividad Formación Honda Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Turbidez

Con base en la Resolución 2115 de 2007 los valores reportados no deben sobrepasar los 2 UNT para consumo humano. Se muestran 7 puntos excediendo el límite establecido localizados en los municipios de Neiva-Palermo (occidente del Río Magdalena) y Villavieja (oriente). Se reporta un valor de turbidez anómalo (120 UNT) en el municipio de Villavieja (**Ilustración 228**).

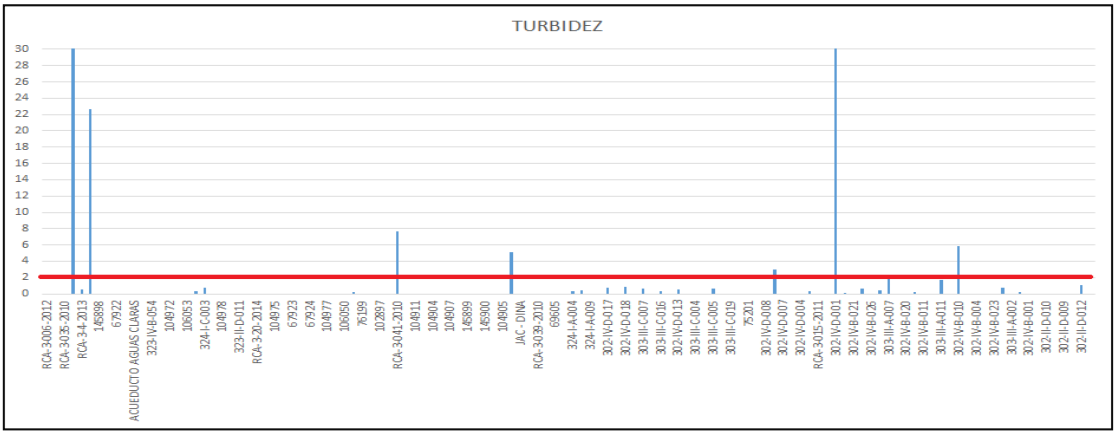


Ilustración 228 Turbidez Formación Honda Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Alcalinidad

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 200 mg/L para consumo humano. Los valores que superan el límite de alcalinidad registrados paral Grupo Honda, se encuentran hacia el oriente del Río Magdalena en el municipio de Villavieja. No se observan litologías circundantes ricas en iones alcalinos por lo que dicho aumento podría deberse a la actividad agropecuaria de la zona (**Ilustración 229**).

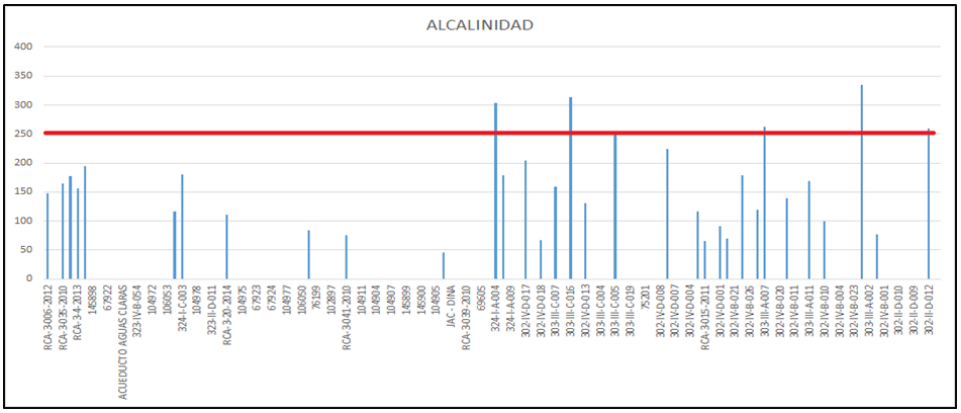


Ilustración 229 Alcalinidad Formación Honda Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

PH

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados deben de estar entre 6,5 y 9 unidades para consumo humano. Todos los valores se encuentran en el rango admisible de pH exceptuando dos valores alcalinos superiores a 9 en la zona de Villavieja y Palermo. Los valores de pH captados son similares en ambos costados del río. (Ilustración 230).

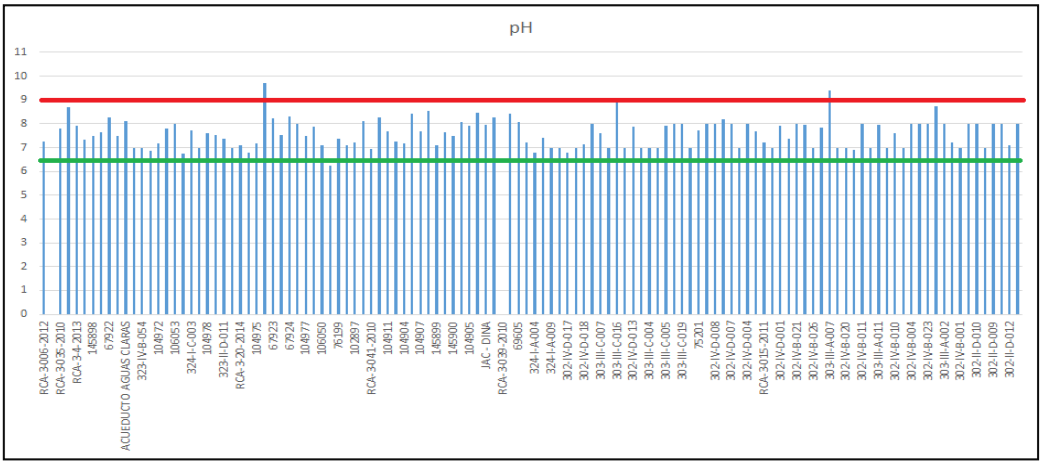


Ilustración 230 pH Formación Honda Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Calcio

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 60 mg/L para consumo humano. Se observan dos valores que exceden el límite establecido en los municipios de Villavieja y Tello lejanos entre sí (**Ilustración 231**).

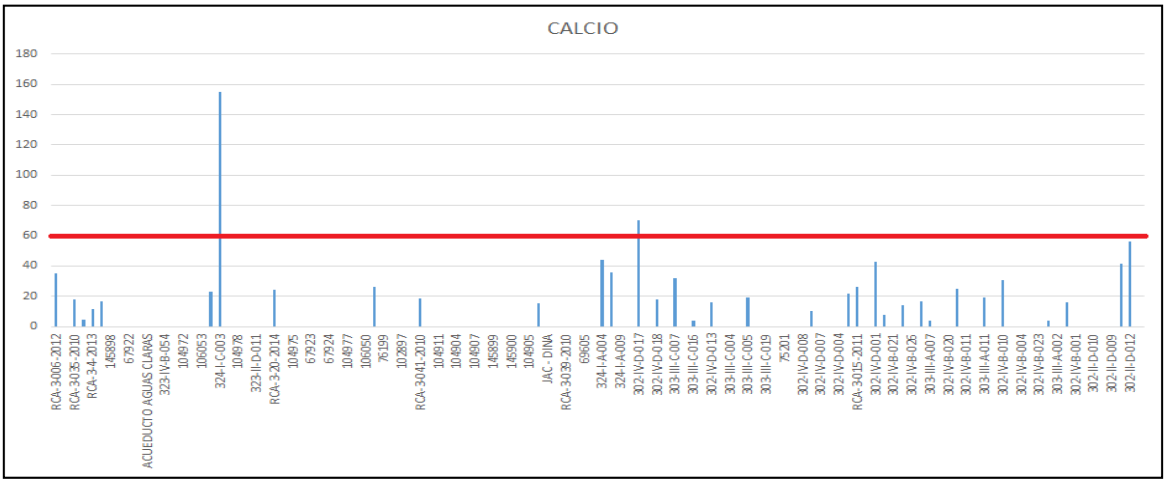


Ilustración 231 Formación Honda Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Cloruros

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 250 mg/L para consumo humano. El predominio de la bajas concentraciones de este elemento en los resultados de las muestras de aguas subterráneas indican un periodo de transito corto en los acuíferos correspondiente a aguas relativamente jóvenes (**Ilustración 232**).

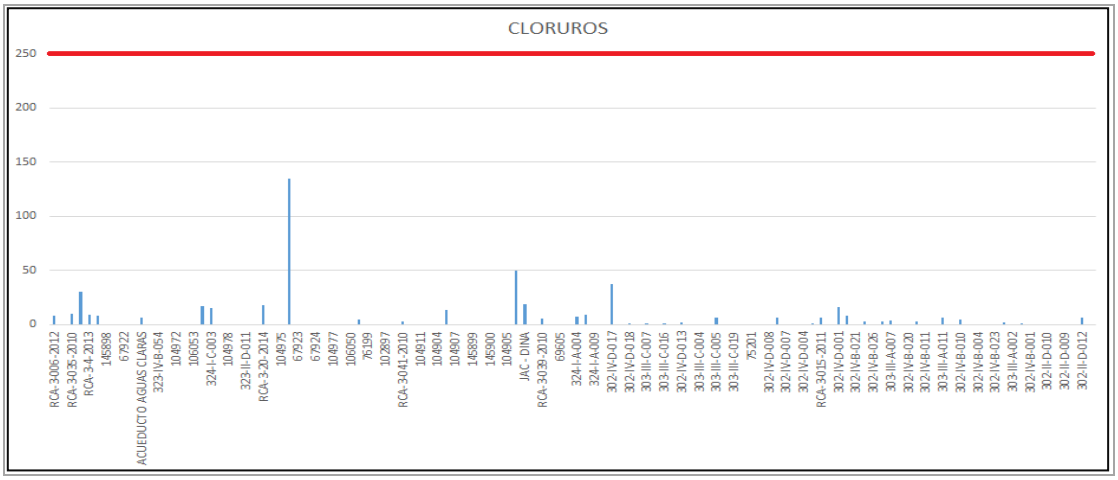


Ilustración 232 Cloruros Formación Honda Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Fosfatos

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 0,5 mg/L para consumo humano. Se encuentra una anomalía en el punto 0 (RCA-3-14-2014 Aipe) con un valor de 15 mg/L, fuera de ese valor ningún otro supera el límite de 0,5 mg/L de fosfatos excepto el punto 16 (RCA-3-004 Palermo) con 1,24 mg/L (**Ilustración 233**).

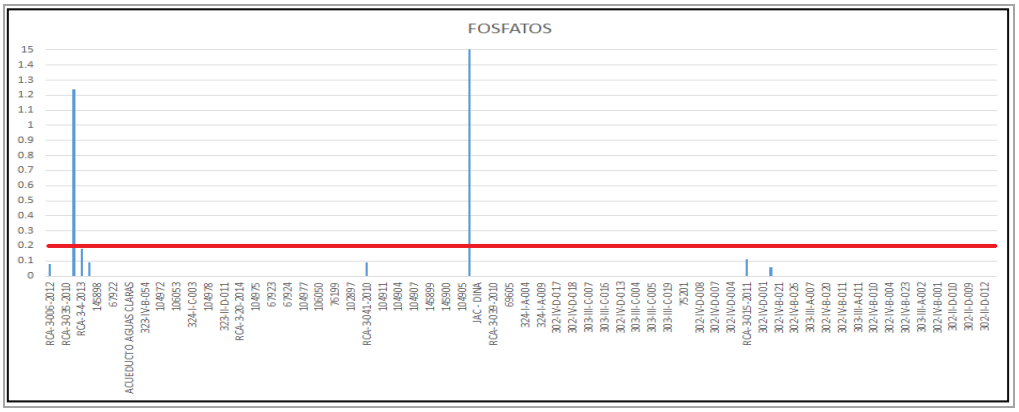


Ilustración 233 Fosfatos Formación Honda Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Hierro

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 0,3 mg/L para consumo humano. Se muestran un total de 13 muestras que presentan altos contenidos de hierro dos de ellas con valores anómalos de 18.6 y 8.6 mg/L. Todos los valores de hierro que sobrepasan el límite se encuentran al costado occidental del Río Magdalena (**Ilustración 234**).

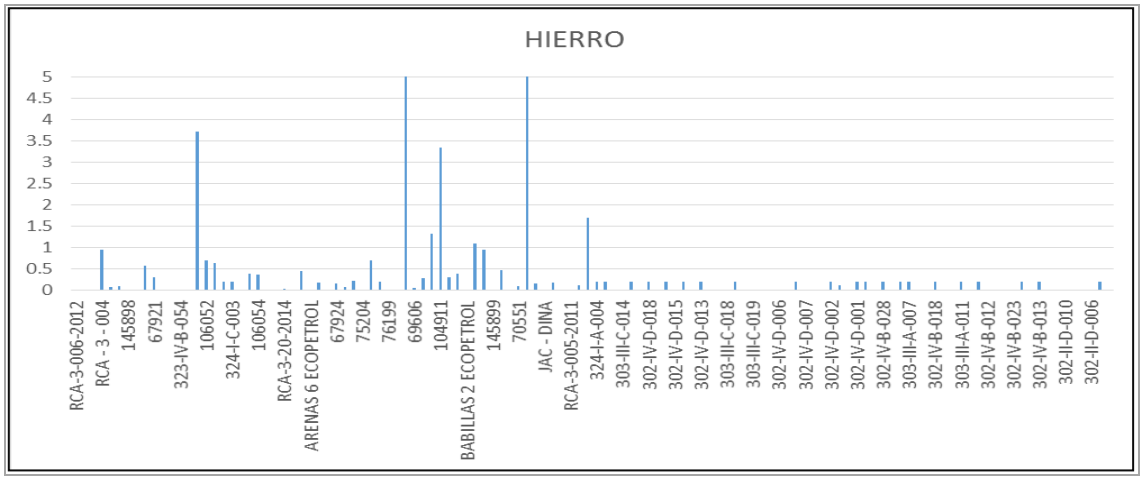


Ilustración 234 Hierro Formación Honda Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Magnesio

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 36 mg/L para consumo humano. Se encuentra que todos los valores son inferiores a dicho límite (**Ilustración 235**).

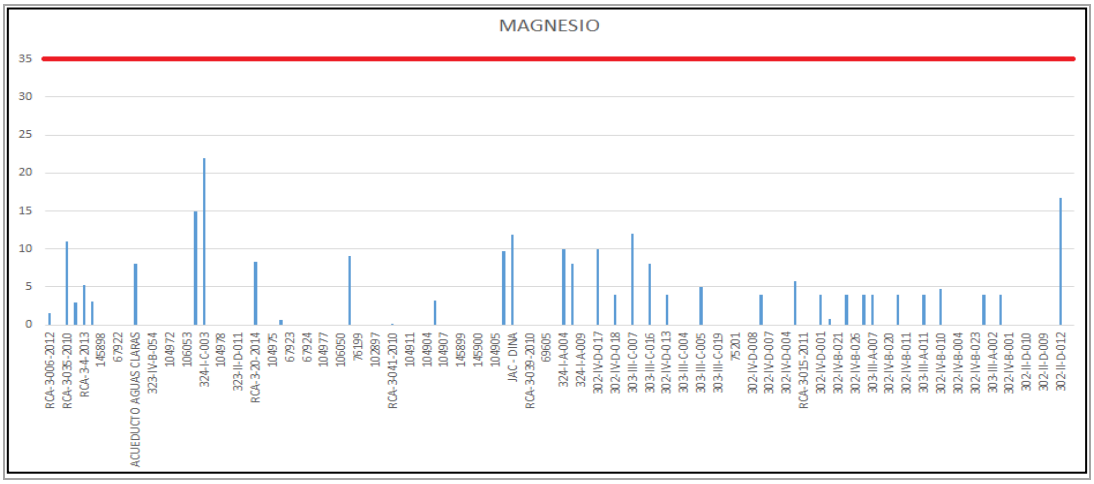


Ilustración 235 Magnesio Formación Honda Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Nitratos

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 10 mg/L para consumo humano. Los valores en mg/L de nitratos están distribuidos de manera similar a ambos lados del río, los valores más altos de nitratos se captan al costado occidental (**Ilustración 236**).

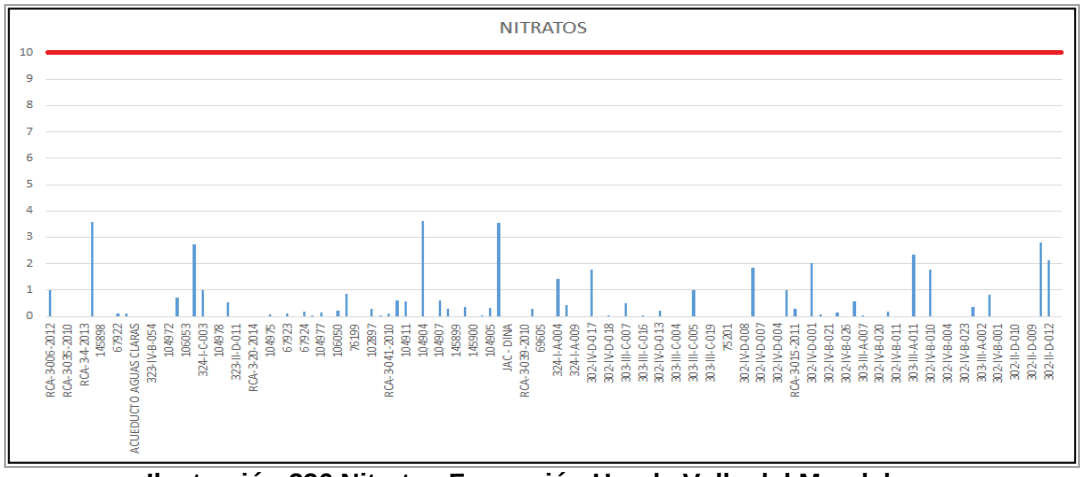


Ilustración 236 Nitratos Formación Honda Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sulfatos

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados no deben sobrepasar los 250 mg/L para consumo humano. A nivel general los valores de sulfatos son bajos y homogéneos para toda la formación y se encuentran lejos de llegar al límite establecido. Existe un valor anómalo de 302,6 mg/L en la parte suroriental del municipio de Tello, dicho valor sobrepasa el límite permitido (**Ilustración 237**).

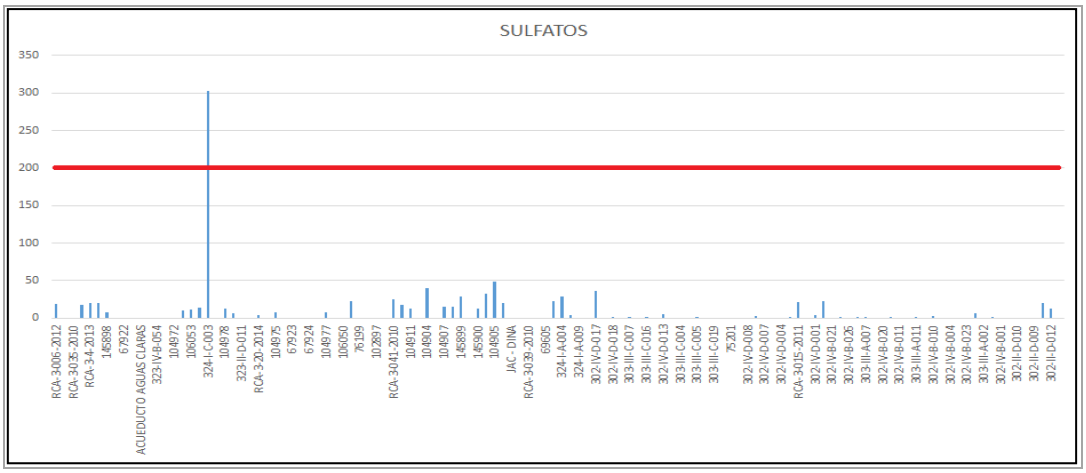


Ilustración 237 Sulfatos Formación Honda Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Potasio

Se encontraron que los valores varían entre concentraciones bajas no superiores a los 10 mg/L (**Ilustración 238**).

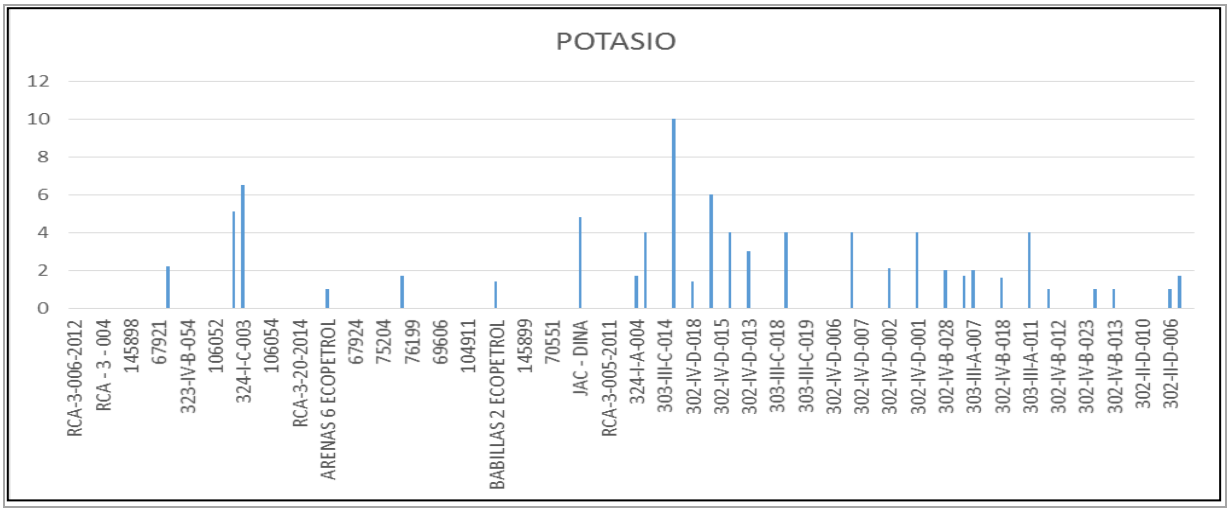


Ilustración 238 Potasio Formación Honda Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sodio

La presencia de sodio es variable paral Grupo Honda, llegando hasta los 136 mg/L, la Resolución 2115 de 2007 no reporta valores máximos para consumo humano (**Ilustración 239**).

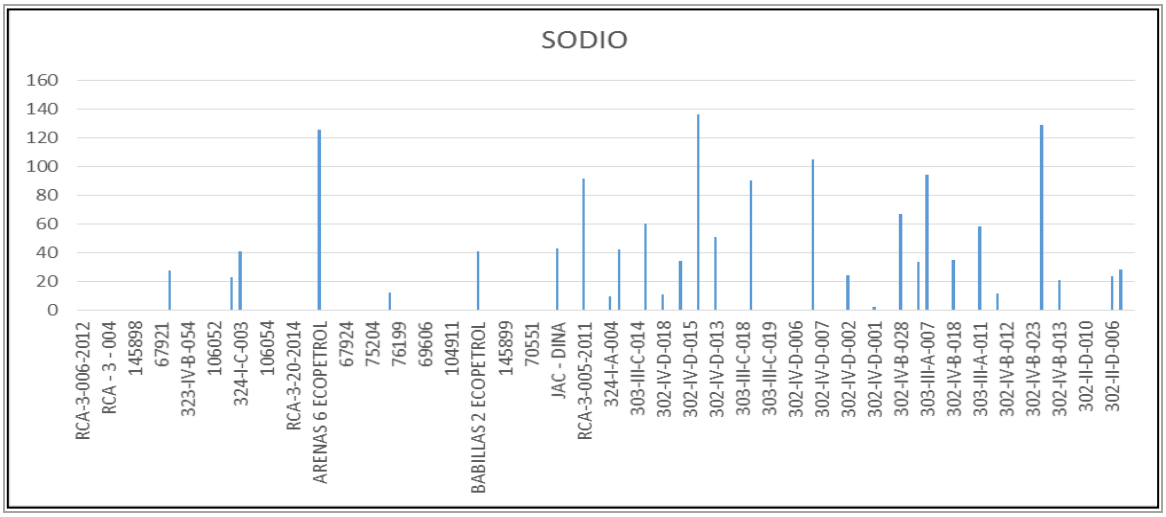


Ilustración 239 Sodio Formación Honda Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Coliformes Fecales

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados para consumo humano deben ser iguales a cero. Con base en el decreto 1594 de 1.984 los valores reportados entre 2.000 y 200 unidades deben ser manejados con métodos de potabilización convencionales. La mayoría de puntos no reportan valores en este parámetro. Se observa que todos los puntos de captación con valores superiores a las 200 unidades se encuentran al costado occidental del Río Magdalena en los municipios de Neiva y Palermo, lo que sugiere una contaminación humana; 11 de estos valores están en el rango de 200 a 2.000 unidades.

Se resalta el caso de uno de los puntos de Neiva cuyo valor de coliformes fecales es de 17.000 unidades, muy por encima del valor límite. (**Ilustración 240**)

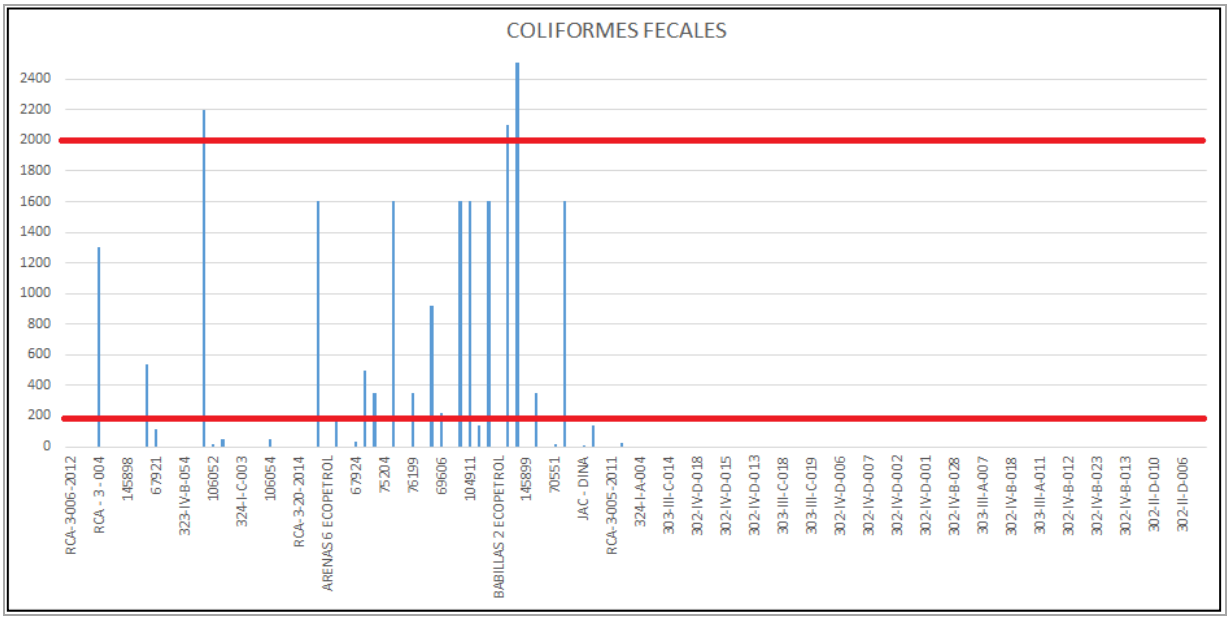


Ilustración 240 Coliformes Fecales Formación Honda Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Coliformes Totales

Con base en la resolución 2115 de 2.007 los valores reportados para consumo humano deben ser iguales a cero. Con base en el decreto 1594 de 1.984 los valores reportados entre 20.000 y 1.000 unidades deben de manejados con métodos de tratamiento convencional. Se observan 27 puntos que superan las 1.000 unidades, 11 de los cuales están en un rango apto para el tratamiento (**Ilustración 241**). Los 16 restantes presentan cifras alarmantes de coliformes totales, excediendo por mucho el límite permitido. Todos los valores reportados fueron captados al occidente del Río Magdalena, entre los municipios de Palermo, Neiva y Aipe. Debido a la diferencia entre los valores se presentan en escala logarítmica base 12.

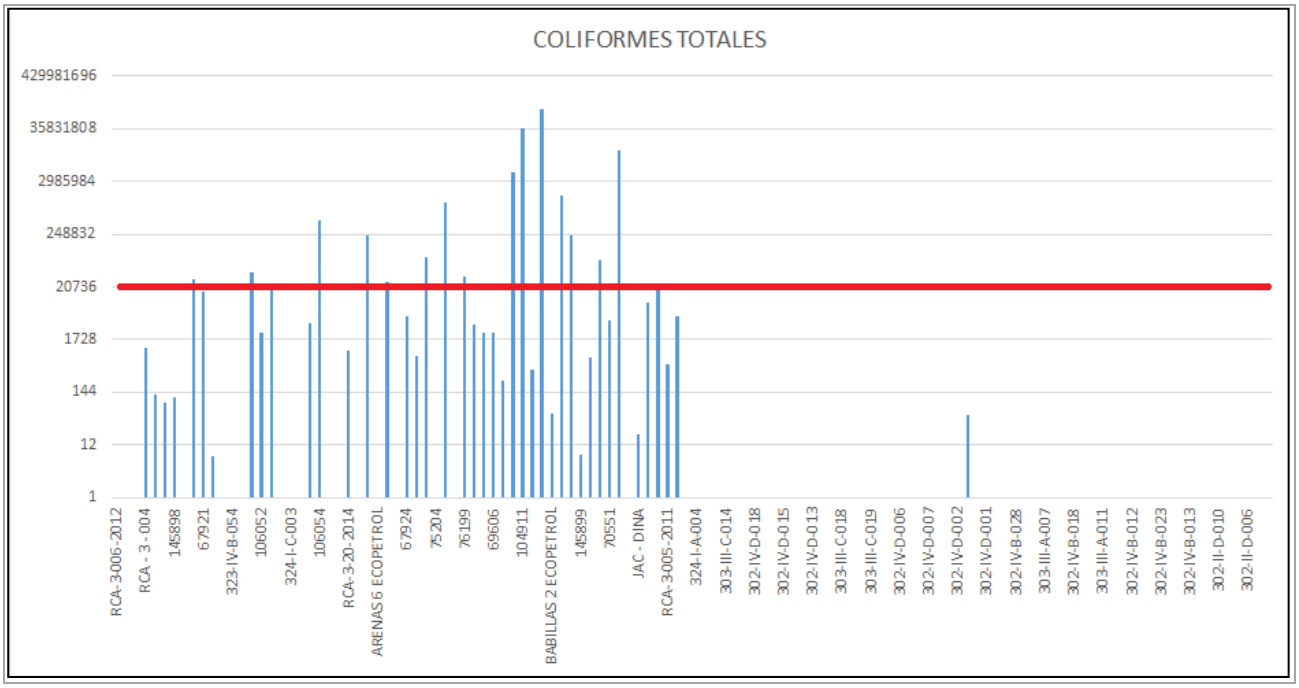


Ilustración 241 Coliformes Totales Formación Honda Valle del Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Uso Del Agua Formación Honda

De acuerdo con los artículos 38, 39, 40 y 41 del Decreto 1594 de 1984, se compararon los valores obtenidos en la Formación Honda con los valores límite del decreto para determinar el uso potencial. Esto se realizó para los valores promedio de la formación como se muestra a continuación (**Tabla 73**).

Tabla 73 Uso del agua de acuerdo con el decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Agricultura paral Grupo Honda,

PARÁMETRO	UNIDAD	PROMEDIO	Decreto 1594 de 1984 Ministerio de Agricultura		
			Art 38 y 39	Art 40	Art 41
			Consumo Humano y Uso Doméstico	Uso Agrícola	Uso Pecuario
Arsénico	mg/L	<0.05	0.05	0.1	0.2
Aluminio	mg/L	1.29	-	5	5
Bario	mg/L	0.642	1	-	-
Boro	mg/L	<0.137	0	-	-
Cobalto	mg/L	<0.048	-	4	5
Conductividad	µs/cm	446.19	1000	-	-
Cromo	mg/L	<0.01	0.05	0.1	1
Cadmio	mg/L	<0.01	0.01	0.01	0.05

PARÁMETRO	UNIDAD	PROMEDIO	Decreto 1594 de 1984 Ministerio de Agricultura		
			Art 38 y 39	Art 40	Art 41
			Consumo Humano y Uso Doméstico	Uso Agrícola	Uso Pecuario
Cobre	mg/L	0.068	1	0.2	0.5
Color	(Pt/Co)	27.75	75/20	-	-
Coliformes Fecales	NMP/100ml	1291.89	20000/1000*	5000	5000
Coliformes Totales	NMP/100ml	3478024	2000	1000	1000
Cloruros	mg/L	12.59	250	-	-
Hierro	mg/L	0.90	-	5	-
Litio	mg/L	0.023	-	2.5	-
Manganeso	mg/L	0.2	-	0.2	-
Molibdeno	mg/L	-	-	0.01	-
Nitritos	mg/L	0.282	10	-	10
Nitratos	mg/L	0.86	10	-	-
Níquel	mg/L	<0.085	-	0.2	-
Plomo	mg/L	<0.050	0.05	5	0.1
pH		7.6	5-9/6.5-8.5*	4.5-9	4.5-9
Selenio	mg/L	0.0002	0.01	0.02	-
Turbidez	NTU	7.10	2/10*	-	-
Vanadio	mg/L	<0.095	-	0.1	-
Zinc	mg/L	0.214	15	2	25

Los valores con "*" para uso doméstico y consumo humano son admisibles por el decreto siempre que se realice un proceso de desinfección.

Los valores en rojo corresponden a aquellos que exceden la norma para consumo humano.

En general los valores promedio de la Formación Honda se encuentran en un rango aceptable para casi todos los parámetros, siendo el valor de coliformes totales la excepción, superando por mucho cualquier límite establecido por el decreto, cabe aclarar que muchos valores excéntricos afectan este promedio y que no es representativo para los coliformes totales de la formación, pero cerca del 15% del total de las muestras no cumplen con una cifra de coliformes apta para el consumo humano ni para uso doméstico, una parte considerable de las muestras si cumplen para uso agrícola y pecuario, pero al haber una amplia incertidumbre en la cifra de coliformes no es recomendado.

3.7.2.1.1.2 Sinclinal De Cabaña

Situado en la parte norte del departamento en el municipio de Villavieja. En la base de datos de expedientes de la CAM se observa un único aljibe localizado en este sinclinal en rocas de la Formación Guadalupe, el cual no posee información de parámetro alguno, exceptuando el valor de pH correspondiente a 7.

3.7.2.1.1.3 Sinclinal De Tivoli

Se localiza al norte del Sinclinal de San Antonio en el municipio de Baraya, al norte del departamento.

Se encuentran dos datos de manantiales tomados en rocas cretácicas del municipio de Baraya (303-III-C-002 y 303-III-C-012). Se muestra un exceso de calcio en uno de ellos.

Se aprecian faltantes de información que impiden clasificar la calidad del agua de esta zona (**Ilustración 242** e **Ilustración 243**).

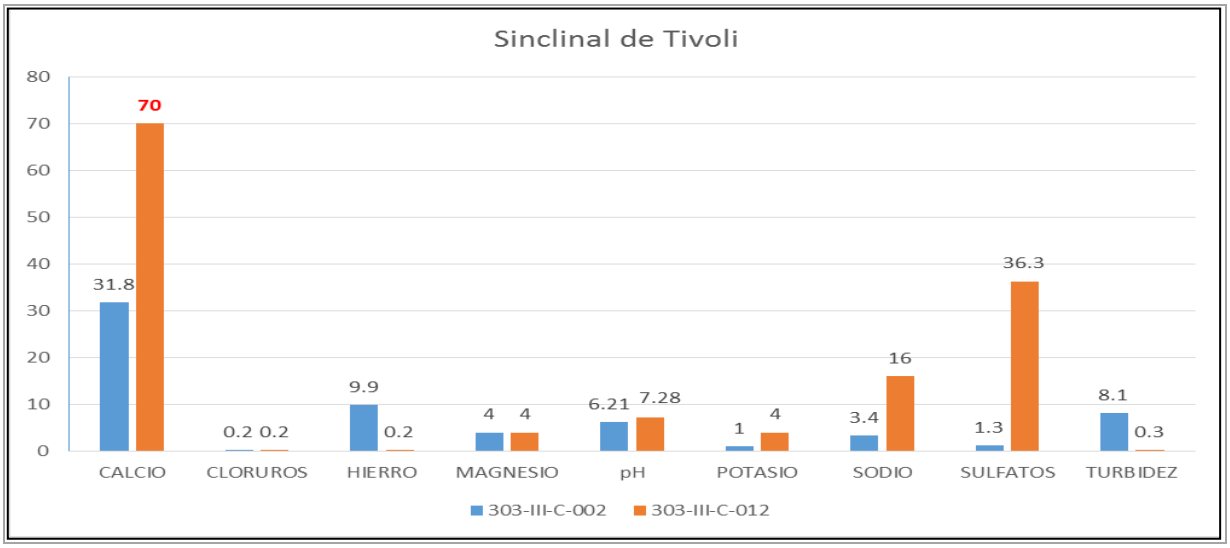


Ilustración 242 Parámetros Calidad de agua Sinclinal de Tivoli
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

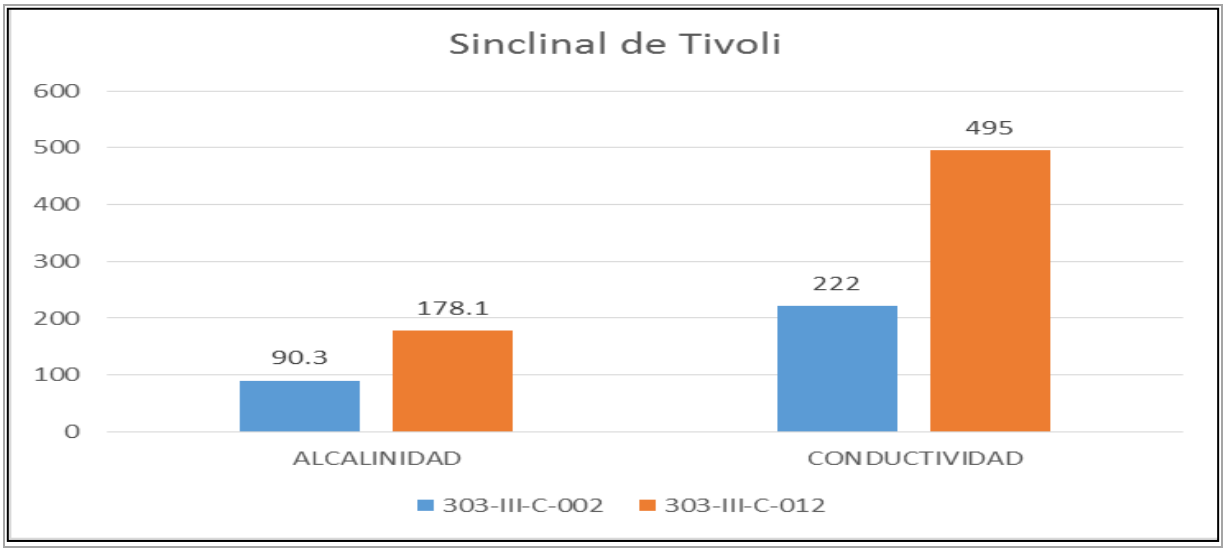


Ilustración 243 Parámetros Calidad de agua Sinclinal de Tivoli
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.7.2.1.1.4 Sinclinal de San Antonio

Solamente se encuentran 3 puntos de captación para este sinclinal, los cuales poseen únicamente datos de conductividad y pH, la conductividad de los 3 puntos es baja sin acercarse al límite de 1000 µs/cm. El pH de las 3 muestras es de 7, todas fueron tomadas en rocas cretácicas (**Ilustración 244**).

Los datos son insuficientes para analizar los iones y el uso del agua ya que se muestran muchos parámetros sin valores de medición.

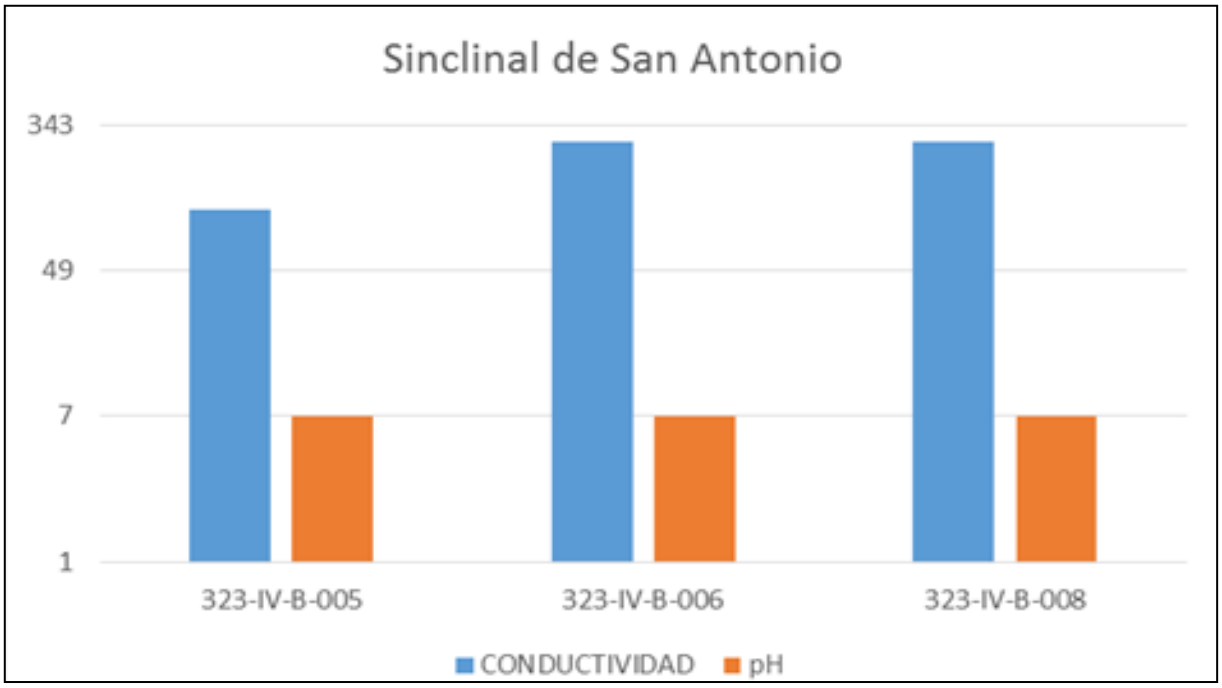


Ilustración 244 Conductividad y pH Sinclinal de San Antonio
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.7.2.1.2 Región Centro

3.7.2.1.2.1 Sinclinal de Garzón

Se sitúa en el municipio de Garzón, donde se encuentra un único punto de muestreo aportado por el Consorcio PMAA que muestra una calidad de agua aceptable dentro de los límites permitidos (**Ilustración 245**).

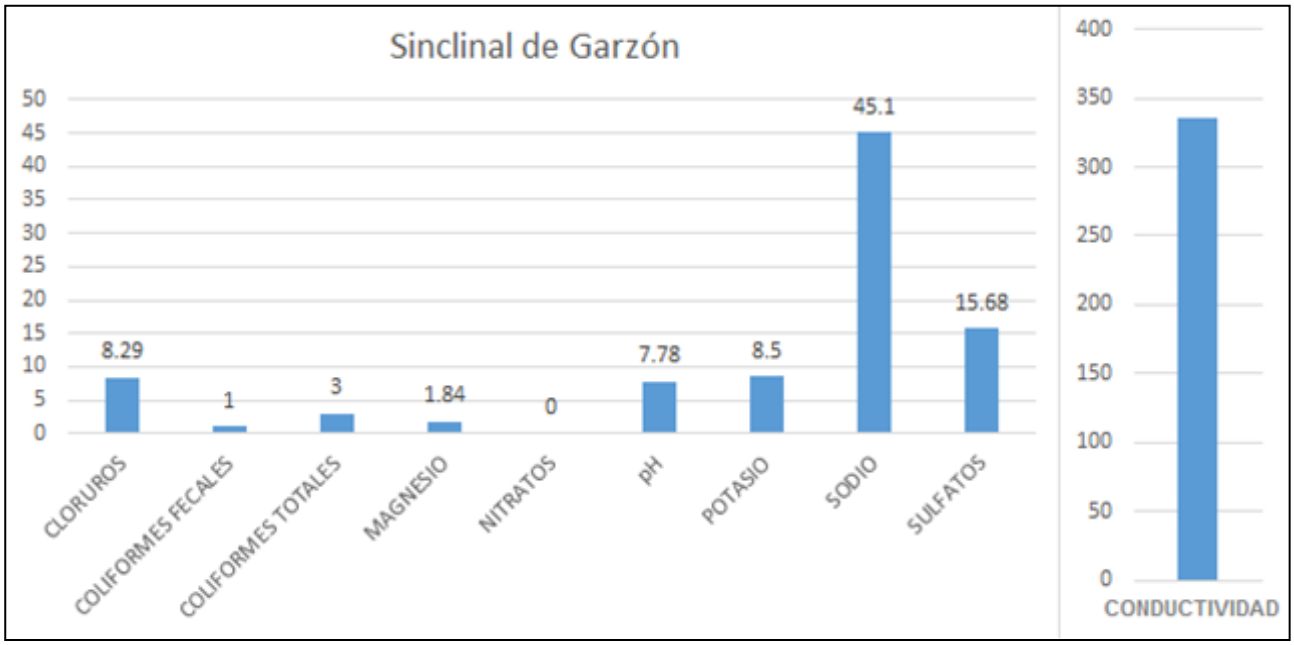


Ilustración 245 Parámetros Sinclinal de Garzón
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.7.2.1.3 Región Occidente

3.7.2.1.3.1 SINCLINAL DE TESALIA

Localizado en el municipio de Tesalia se encuentra solamente un punto en los expedientes de la CAM, corresponde a un aljibe de baja profundidad en depósitos coluviales situados sobre rocas cretácicas del flanco suroccidental del sinclinal. Se aclara que este dato no es representativo de la zona, se recomienda primero ampliar los datos de esta zona, tal como en los casos inmediatamente anteriores (**Ilustración 246**).

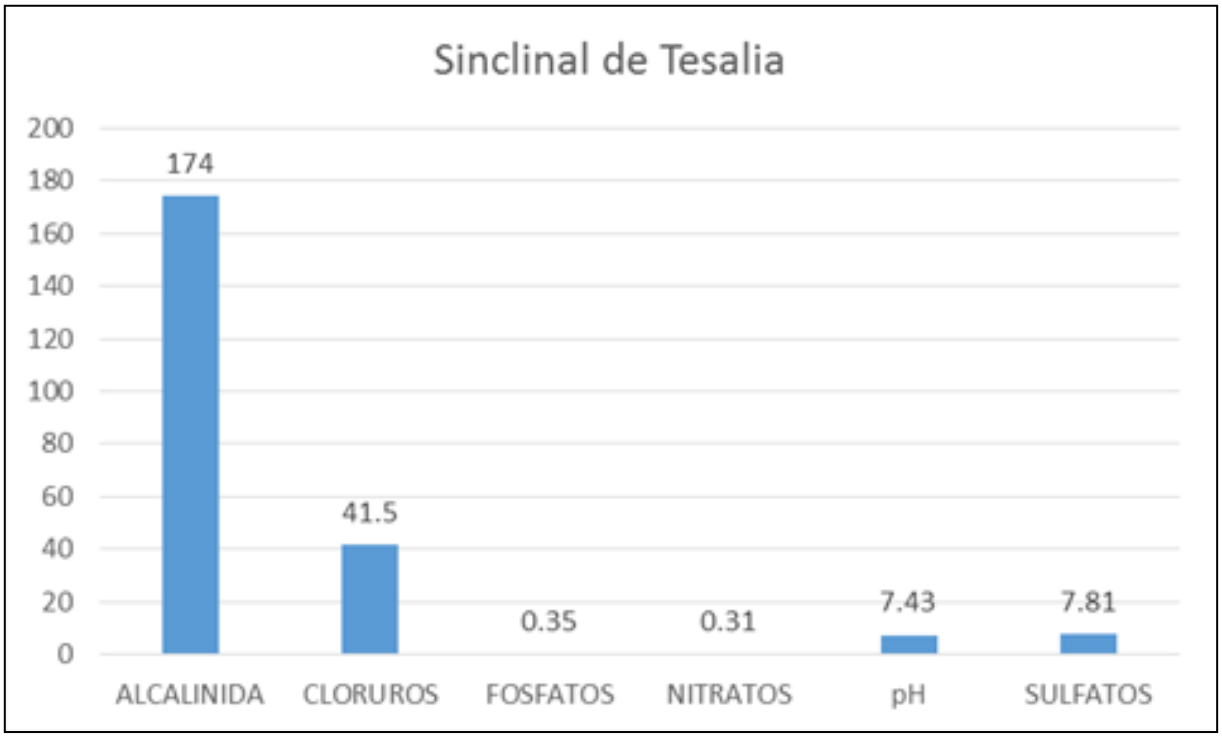


Ilustración 246 Parámetros Sinclinal de Tesalia
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

CONSIDERACIONES

Teniendo lo anterior en cuenta se observa que el agua tiene una calidad aceptable a nivel en la mayoría de parámetros mencionados, principalmente al costado oriental del Río Magdalena. A nivel general hay un alto nivel de turbidez en una parte considerable de los puntos de captación, pero los niveles de esta son controlables mediante tratamiento.

Un factor repetitivo en el uso y calidad del agua es la presencia de coliformes, que si bien pueden ser reducidos mediante tratamiento, en la parte occidental del Río Magdalena, específicamente en aquellas aguas muestreadas en la Formación Honda, se observa un índice de coliformes muy por encima del límite establecido, niveles tan altos que no pueden ser tratados ni para consumo humano ni tampoco para uso doméstico, pecuario o agrícola.

Se podría pensar en la posibilidad de aumentar la cifra de pozos y aljibes con altos índices de coliformes, puesto que debido a la falta de información, este dato no se encuentra presente en muchos de los puntos de captación reportados, de hecho, donde se mostraron registros de estos, la mayor parte están superando los límites sugeridos por la resolución 2115 de 2.007 y el decreto 1594 de 1.984 para su tratamiento.

3.8 ANÁLISIS DE LA OFERTA Y LA DEMANDA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Para cuantificar la oferta de agua subterránea, se realizó el cálculo de las reservas estáticas y dinámicas existentes en el área de estudio, Y así estimar un volumen de los recursos hídricos subterráneos, aprovechados actualmente en los acuíferos del PMAA y sus posibilidades de explotación futura.

Para el cálculo de las reservas estáticas de agua subterránea, se determinó un espesor saturado promedio del acuífero de cada uno de los sistemas y una porosidad eficaz acorde a las formaciones geológicas en estudio.

Partiendo del modelo geológico se analizaron las principales estructuras para la delimitación geométrica de las provincias hidrogeológicas, las cuales se subdividen en sub cuencas limitadas por los cierres estructurales que confinan el sistema acuífero (fallas, anticlinales).

Del análisis de los cortes geológicos transversales (A-A´, B-B´, C-C´, D-D`) se estimaron los espesores aproximados de cada una de las formaciones geológicas de interés hidrogeológico

Se utilizaron las siguientes expresiones para definir las reservas estáticas, dinámicas y explotables:

Tabla 74 Ecuaciones cálculo de reservas acuíferos áreas potenciales PMAA

parámetro	formula	Variables
R. Estáticas	$Q_{estáticas} = A \cdot \overline{E_{Saturado}} \cdot n_{eficaz}$	**Q estáticas**: Reservas estáticas de agua subterránea (m^3) **A**= Área en superficie del acuífero (m2) **E saturado**= Espesor saturado promedio (m) **n eficaz**: Porosidad eficaz
R. Dinámicas	$Q_{dinámicas} = R \cdot A$	**Q dinámicas**: Reservas estáticas de agua subterránea (m^3/año) **R**: Recarga anual m/año **A**= Área en superficie del acuífero (m2)
R. Explotable	$Q_{explotables} = K_1 \cdot Q_{dinámicas}\ x\ K_2 \cdot Q_{estáticas}$	**Q explotables**: Reservas explotables de agua subterránea (Km^3) **K1, K2:** porcentajes de uso, generalmente inferiores al 100% **Q dinámicas**: Reservas estáticas de agua subterránea (Km3) **Q estáticas**: Reservas estáticas de agua subterránea (Km3).

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.8.1 Reservas Estáticas.

Según el mapa de sub zonas hidrogeológicas se establecieron áreas de alto interés hidrogeológico, principalmente donde se ubican las zonas potenciales de almacenamiento de agua subterránea, las cuales se definieron previamente basadas en los lugares donde se presentan estructuras tipo sinclinal, siendo estas propicias para almacenar agua por su

disposición estructural. A partir de esas zonas se establecieron las reservas estáticas potenciales del área de estudio del PMAA como se evidencia en la Tabla 75.

Tabla 75 Espesores Formaciones geológicas de interés Hidrogeológico

Formación Geológica	Simbología	Resistividad (Ohm-m)	Espesor promedio de la unidad (m)	Espesor promedio de potencial Acuífero (m)
Depósitos Cuaternarios	Qalr	>300	-	-
	Q2c	2 – 300	1 - 145 (variable)	-
	Q2lh	29 – 240	75-250 (Variable)	-
	Q2al	18 – 224	200 – 250	
	Q1fl	2 – 100	150	10
	Q1al	12 – 283	175 - 250	200
Fm. Gigante	N2gim	6 – 267	900	420
	N2gii	9 – 240		500
Gr. Honda	N1h	4 – 281	1000	300
Grupo Gualanday	E2gys	10 – 500	3000	1300
	E2gym	2 – 364		200
	E2gyi	13 – 659		1000
Fm. Seca	K2E1sc	17 – 408	120 – 400	150
Gr. Guadalupe	K2g	5 – 40	200	150
Gr. Villeta	K2v	10 – 108	450	100
Fm. Caballos	K1c	100 – 672	650	630
Fm. Saldaña	T2Jsal	>100	-	-
Macizo de Garzón	Mp3mg	>500	-	-

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Estos espesores definen el espacio disponible para el almacenamiento del agua, en cada una de las formaciones que hacen parte de las estructuras sinclinales, cabe resaltar que no todas las formaciones caracterizadas anteriormente tienen la capacidad de almacenar agua, estas funcionan como capas impermeables que confinan el agua en los estratos superiores o inferiores propicios para el almacenamiento, estos estratos impermeables se categorizan de acuicludos a acuifugos dependiendo su capacidad de trasmitir el agua que se logra infiltrar.

Con base a estos espesores y la identificación de los sistemas estructurales presentes en la zona de estudio y caracterización litológica, se definieron 8 sistemas de acuíferos de

alto potencial de almacenamiento de agua subterránea, las cuales se muestran en la **Ilustración 247**.

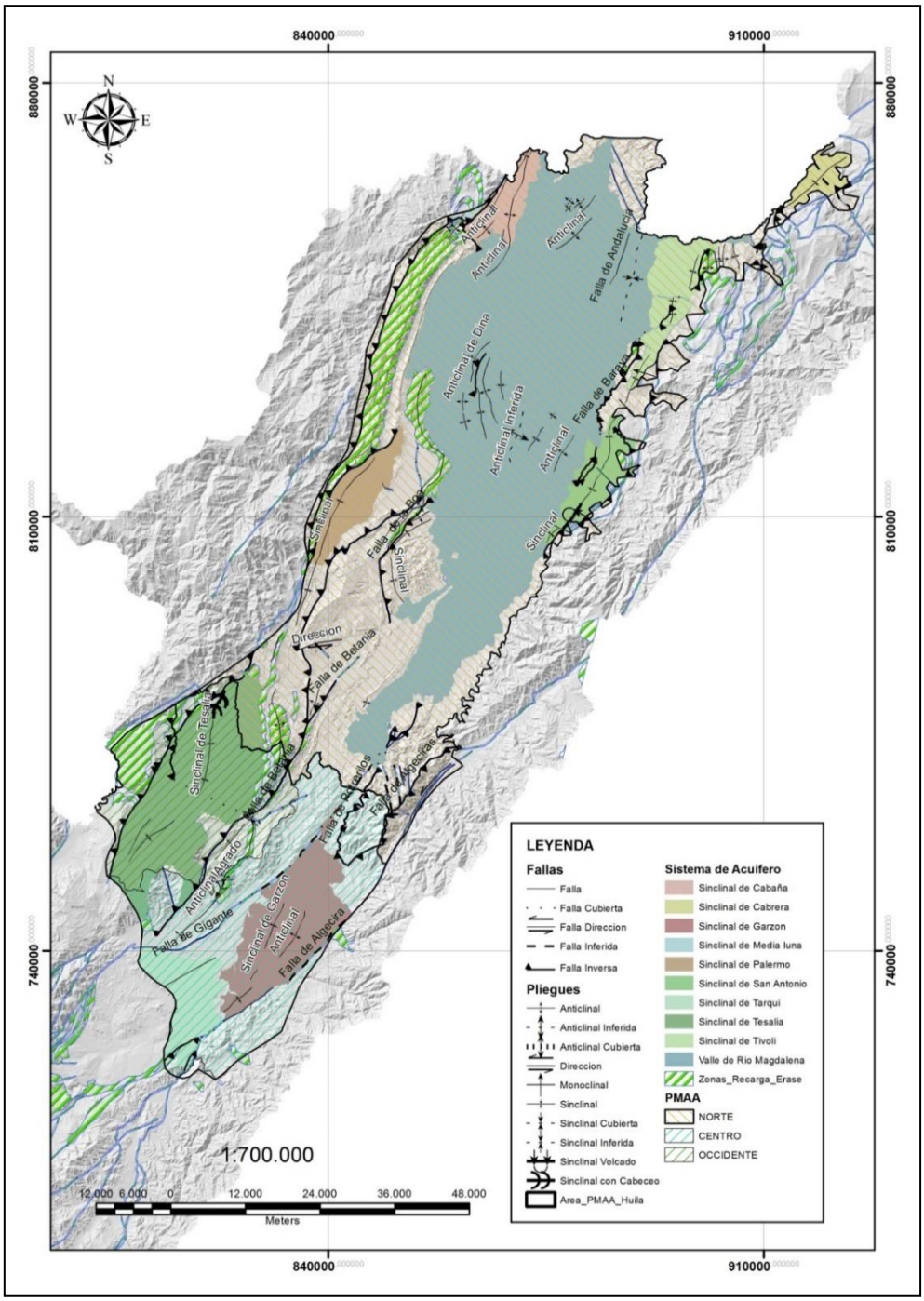


Ilustración 247 Zonas de potencial almacenamiento de agua subterránea
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Con la identificación de estas zonas de potencial almacenamiento se determinaron las reservas estáticas estimadas para el área de estudio del PMAA.

Tabla 76 Áreas potencialmente almacenadoras

Sistemas de acuíferos	Área (Km2)	Área (Ha)	Área (m2)
Sinclinal de Media luna	37	3652	36.523.646
Sinclinal de Cabaña	77	7673	76.733.375
Valle de Rio Magdalena	1977	197725	1.977.252.733
Sinclinal de Tivoli	126	12602	126.017.770
Sinclinal de San Antonio	126	12643	126.425.437
Sinclinal de Palermo	112	11213	112.126.886
Sinclinal de Garzón	290	29018	290.179.062
Sinclinal de Tesalia	472	47248	472.478.034

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

De estos sistemas de acuíferos se determinaron cada uno de los espesores de las formaciones que se encuentran dentro de la estructura sinclinal, estableciendo cuales de estas formaciones podrían almacenar agua, cuales podían trasmitirla y no almacenarla y cuales eran totalmente impermeables todo esto basados en la litología de estas, con el fin de estimar los espesores potenciales para almacenar agua de cada una de las formaciones, además de esto se estimaron valores promedios de la porosidad eficaz que podría tener cada una de las formaciones según ENA 2010. (IDEAM, 2010a) como se evidencia en la **Tabla 77**

Tabla 77 valores porosidad eficaz según litología

Porosidad efectiva o rendimiento específico (%)					
Material	**Walton 1970**	**Johnson 1967**	**Rodríguez 1984**	**USGS 1987**	**Sanders 1998**
Arcilla	1 a 10	0 a 5	0 a 3	2	
Arcilla arenosa		3 a 12			
Arena	10 a 30			22	
Arena fina		10 a 28	18 a 22		10 a 28
Arena media		15 a 32	26 a 28		
Arena gruesa		20 a 35	27 a 30		22 a 35
Arena y grava	15 a 25	20 a 35	17 a 21		
Arenisca	5 a 15			6	0,5 a 10
Arenisca semiconsolidada				19	
Grava	15 a 30				13 a 26
Grava fina		21 a 35	22 a 24		
Grava media		13 a 26	16 a 24		
Grava gruesa		12 a 28	17 a 22	18	

Porosidad efectiva o rendimiento específico (%)					
Material	**Walton 1970**	**Johnson 1967**	**Rodríguez 1984**	**USGS 1987**	**Sanders 1998**
Caliza	0,5 a 5				
Calizas, dolomitas no carstificadas					0,5 a 10
Calizas, dolomitas carstificadas					5 a 40
Lutita	0,5 a 5		0 a 3		0,5 a 5
Limo		3 a 19			3 a 19
Granito				0,09	
Basalto				8	
Rocas ígneas					0,005 a 0,01

Fuente: ENA 2010

Tabla 78 Estimados de porosidad formaciones geológicas

NOMBRE	NOMENCLATURA	POROSIDAD TOTAL	POROSIDAD EFICAZ
Depósitos Coluviales	Q2c	20-50	10--28
Depósitos lahares	Q2lh	25-40	13-26
Depósitos de terraza baja	Q2al	21-50	22-35
Depósitos de terraza alta	Q1al	21-50	22-35
Formación Gigante Superior	N2gis	21-50	22-35
Formación Gigante Medio	N2gim	20-50	10--28
Formación Gigante Inferior	N2gii	21-50	22-35
Arcillolitas de Colombia	N1ac	40-60	0-5
Grupo Honda	N1h	20-50	10--28
Formación Gualanday Superior	E2gys	5--35	0,5-10
Formación Gualanday Medio	E2gym	20-25	10--15
Formación Gualanday Inferior	E2gyi	5--35	0,5-10
Formación Seca	K2E1sc	40-60	0-5
Formación Guadalupe	K2g	5--35	0,5-10
Grupo Villeta	K2v	1--10	0,5-5
Formación Caballos	K1c	5--35	0,5-10

Fuente: ENA 2010

Con base en los estimados de área, espesor promedio saturado y porosidad eficaz de cada una de las formaciones con alto potencial hidrogeológico se determinaron las posibles reservas estáticas para el área de estudio del PMAA que se muestran en la **Tabla 79**.

Tabla 79 cálculo de reservas estáticas zona de estudio

Sistema acuífero	Área zona acuífera (m2)	Espesor saturado promedio (m)	Porosidad eficaz (%)	Q estáticas (km3)
Sinclinal de Media luna	36.523.646	3027	4%	4
Sinclinal de Cabaña	76.733.375	2769	8%	17
Valle de Rio Magdalena	1.977.252.733	2796	19%	1057
Sinclinal de Tivoli	126.017.770	2866	9%	32
Sinclinal de San Antonio	126.425.437	2919	9%	33
Sinclinal de Palermo	112.126.886	2000	11%	24
Sinclinal de Garzón	290.179.062	726	84%	177
Sinclinal de Tesalia	472.478.034	1905	36%	324
Reservas estáticas totales del Área de estudio del PMAA				1668

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.8.2 Reservas Dinámicas

3.8.2.1 Recarga Potencial Por Precipitación.

Para el cálculo de las recarga potencial que ingresan anualmente al acuífero, se toma en cuenta el valor de la recarga anual por precipitación, según lo enunciado en la guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014), donde se han presentado expresiones empíricas para estimar la recarga a partir de la precipitación las cuales se muestran se Tabla 80

Basados en el mapa de precipitación promedio multianual se determinaron los valoren en (mm/año) de recarga potencial para cada uno de los sistemas de interés hidrogeológico

Tabla 80 recargas zonas de interés hidrogeológico zona de estudio del PMAA

Autor	Expresión	Descripción
Cheeturvedi (Sinha y Sharma, 1988):	$r = 1.35\ (p - 14)^{0.5}$	Dónde: r es la recarga (pulg/año); y p es la precipitación (pulg/año).
Sehgal (1973)	$r = 2.5\ (p - 16)^{0.5}$	Dónde: r es la recarga (pulg/año); y p es la precipitación (pulg/año).

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014

Mediante utilización de sistemas de información geográfica (SIG) se realiza el análisis hidrológico donde se obtuvo la precipitación total anual, como se muestra en la **Ilustración 248**

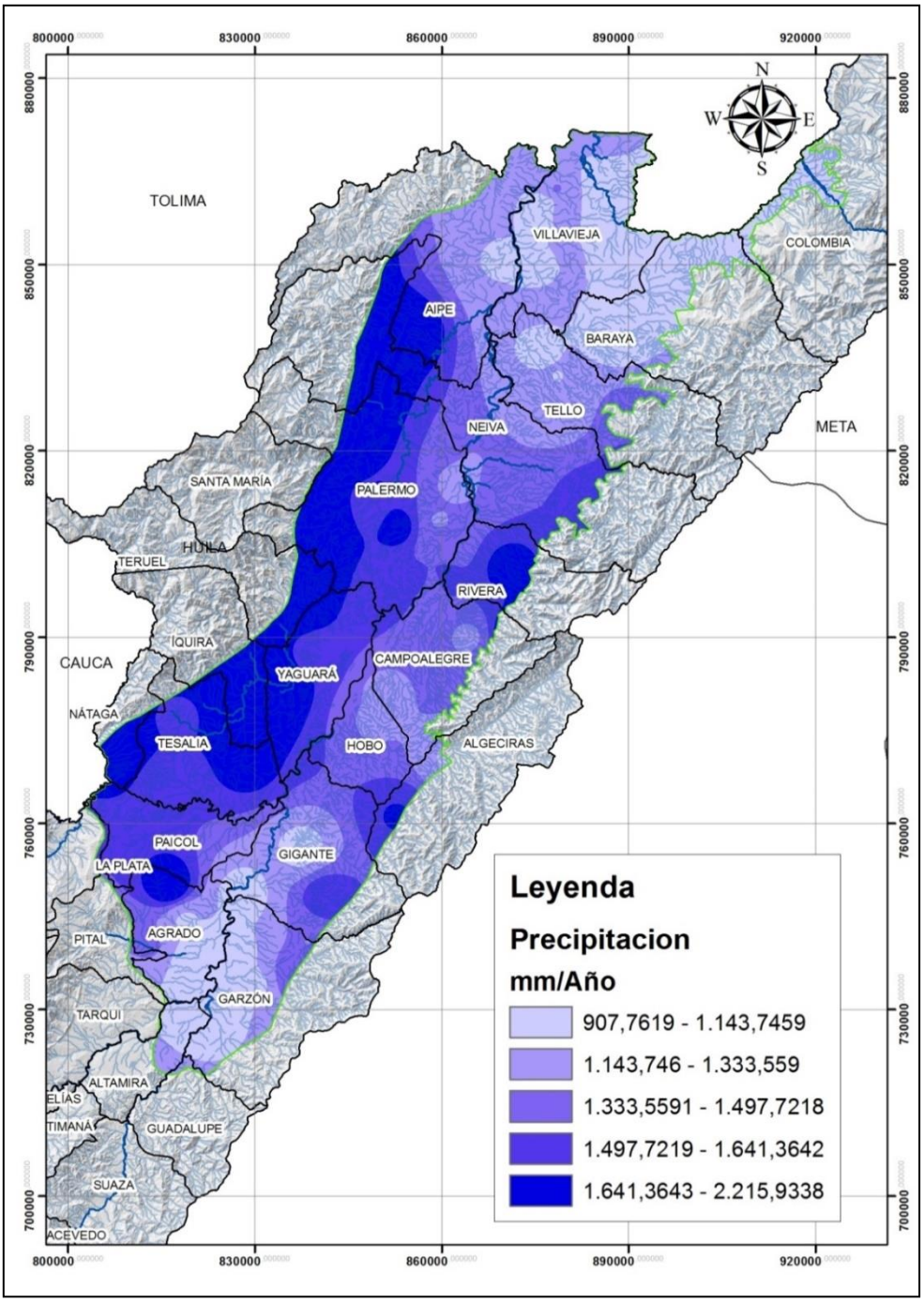


Ilustración 248 Mapa de precipitación total anual.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.8.2.1.1 Recarga según Cheeturvedi

De la expresión empírica de chereturvedi se obtiene que la recarga potencial corresponde a valores comprendidos entre el 2,6 % y el 4,5% de los valores extremos de precipitación observados en el Mapa de Precipitación Total Anual (908 – 2316 mm), con una distribución de las zonas de recarga heterogénea, resaltando que las zonas con mayor recarga corresponden a los municipios de Aipe, Acevedo, Nátaga, Íquira, Teruel, Palermo, y en la parte noroeste del municipio de Neiva y las zonas de menor recarga corresponden a las zonas bajas sobre los Depósitos de terraza y Depósitos Coluviales.(ver **Ilustración 249**)

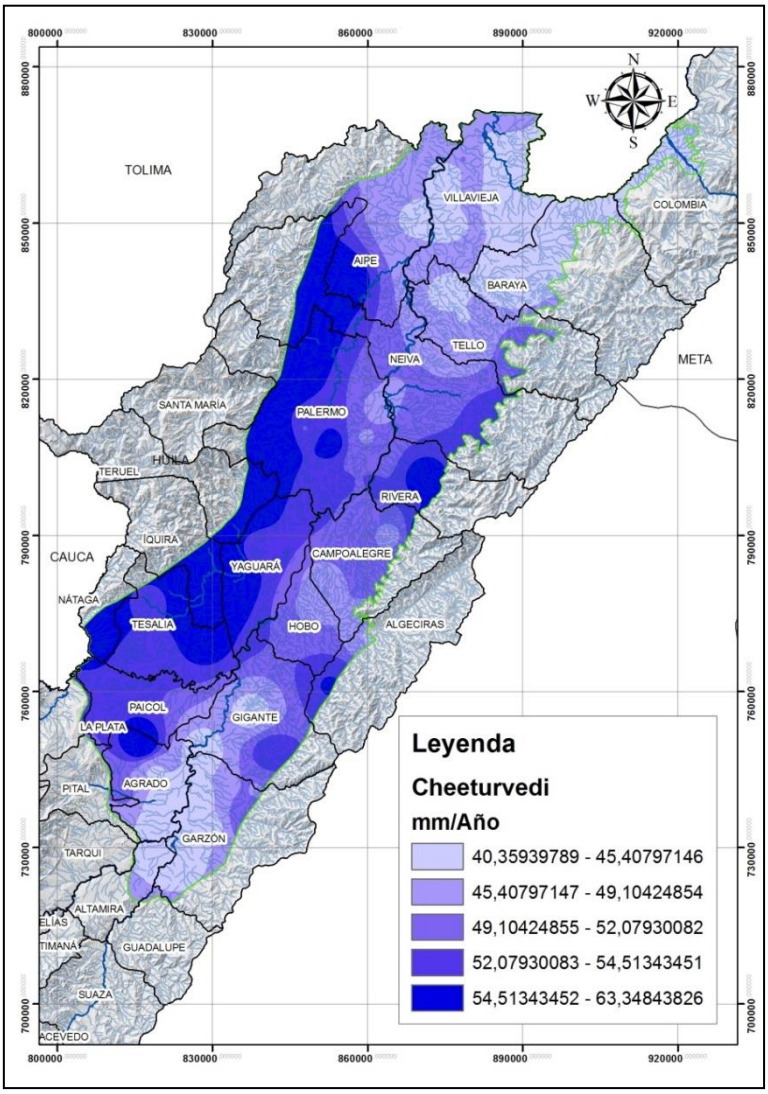


Ilustración 249 Mapa de recarga según Cheeturvedi.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.8.2.1.2 Recarga según Sehgal

De este se obtiene que la recarga potencial corresponde a valores comprendidos entre el 22,1% y el 31% de los valores extremos de precipitación observados en el Mapa de Precipitación Total Anual (908 – 2316 mm), observándose una distribución homogénea a lo largo del Departamento de Huila, pareciendo que la mayor recarga por precipitación se concentrara en los lugares de mayor elevación siendo estos lo municipios de Aipe, Acevedo, Nátaga, Íquira, Teruel, Palermo, y en la parte noroeste del municipio de Neiva, a su vez se determinó que Depósitos de terraza y Depósitos Coluviales serán zonas de menor recarga.(ver Ilustración 250)

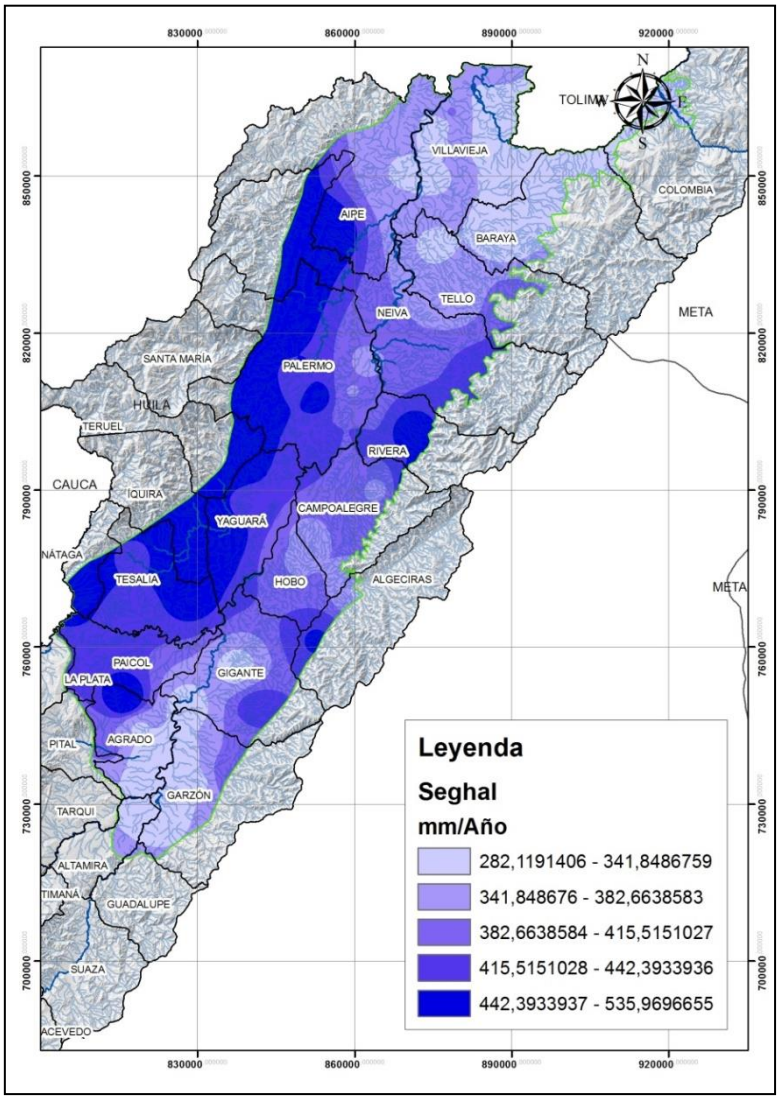


Ilustración 250 Mapa de recarga según Sehgal.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

De las expresiones evaluadas se observa que el método empleado por Ceerturvedi tiende a ser la apreciación más conservadora estimando valores de recarga que oscilan entre el 2,6% y el 4,4 % con respecto a los valores de precipitación con un promedio de 51 mm al año, sin embargo, la expresión de Sehgal, muestra valores con una media de 397 mm al año con variaciones en referencia a la precipitación que van desde 22% a 31%, esto se resume a continuación en la Tabla 81.

Tabla 81 Valores promedios de recargas potencial

Expresiones de cálculo	r Cheeturvedi	r Sehgal
Porcentaje con respecto a la precipitación	2,6%-4,4%	22%-31%
Promedio (mm/año)	51	397

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

De manera general la totalidad de los métodos empleados muestran que las zonas con mayor recarga potencial corresponden a las zonas de mayor elevación topográfica y las zonas con menor recarga corresponden a las zonas bajas específicamente a los valles, depósitos y demás zonas de elevación cercana al nivel del mar.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto se puede deducir que la recarga de los principales sistemas de acuíferos en el departamento (Sinclinal de Tesalia, Sinclinal de Tivoli, Sinclinal de Media luna, Sinclinal de Cabrera, Valle de Rio Magdalena, Sinclinal de Palermo, Sinclinal de Garzón, Sinclinal de Cabaña, Sinclinal de San Antonio, Sinclinal de Tarqui) se dará en menor escala por el aporte de recarga directa en las zonas bajas de las cuencas que recarga los acuíferos someros y el mayor aporte de recarga se estima en la parte alta de las cuencas que posiblemente se direcciona por fallas y fracturas que recarga a los acuíferos más profundos.

Se tiene en cuenta que el ingreso de agua se dará a partir de recarga lateral debido el flujo regional proveniente de las unidades geológicas que bordean estos sistemas y la recarga directa estará dada por la infiltración de agua proveniente de la precipitación en las zonas de mayor densidad de fractura miento, es por esto que se estima la recarga potencial de los sistemas acuíferos presentes en el Departamento del Huila como el diez por ciento de la precipitación promedio multianual, acorde según lo estipulado en la guía del (SERVICIO DE EVALUACION AMBIENTAL, 2012) donde se establece que para el método básico de estimación de recarga pot precipitación estará en el orden del cinco al treinta por ciento de la precipitación media multianual como se muestra a continuación en la **Ilustración 251**

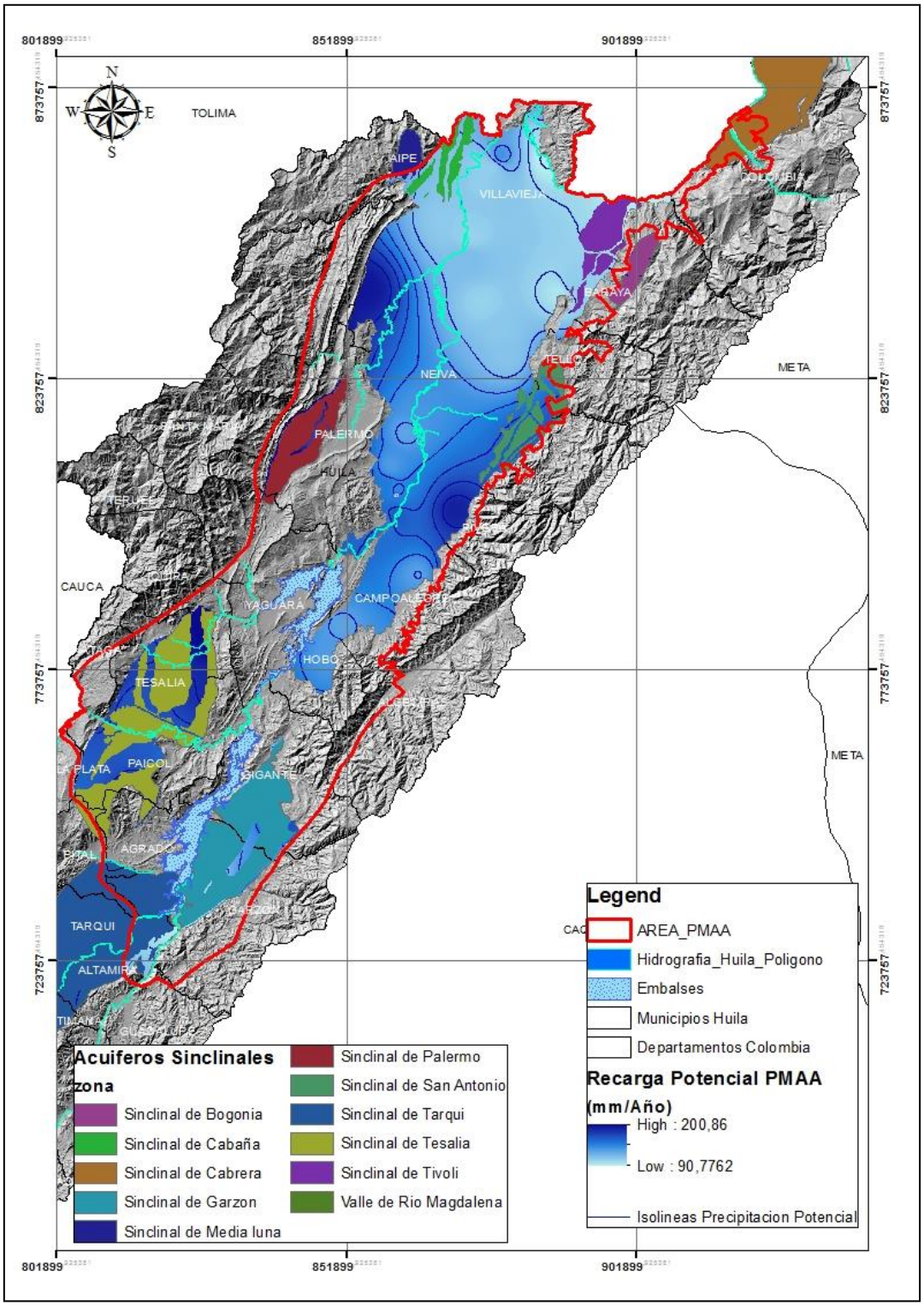


Ilustración 251 Mapa de recarga potencial
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

El valor de recarga dinámica se estimó a partir de la expresión relacionada en la expresiones de la Tabla 80. Basados en el Mapa de recarga potencial referente a la recarga por precipitación que se pueda presentar en la zona de estudio se determinaron los valores de recarga dinámica (mm/año) para cada una de las zonas de interés hidrogeológico relacionadas en la Tabla 82

Tabla 82 recargas zonas de interés hidrogeológico zona de estudio PMAA

Zona	Área (Km2)	Área (Ha)	Área (m2)	Recarga (mm/año)		
				Max (mm/año)	Medio (mm/año)	Min (mm/año)
Sinclinal de Media Luna	37	3652	36.523.646	133	124	120
Sinclinal de Cabaña	77	7673	76.733.375	124	118	114
Valle de Rio Magdalena	1977	197725	1.977.252.733	179	131	91
Sinclinal de Tivoli	126	12602	126.017.770	131	111	93
Sinclinal de San Antonio	126	12643	126.425.437	160	151	130
Sinclinal de Palermo	112	11213	112.126.886	201	178	162
Sinclinal de Garzón	290	29018	290.179.062	159	133	103
Sinclinal de Tesalia	472	47248	472.478.034	189	162	147

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

A partir de la información de recarga multianual se determinan las reservas dinámicas con los valores de recarga medio-anuales y las áreas de cada una de las zonas de interés como se muestra en la
Tabla 83.

Tabla 83 Reservas Dinámicas zonas de estudio PMAA

Zona	Área (Km2)	Área (m2)	Recarga (mm/año)	Reservas dinámicas	
				(m3/año)	(Km3/año)
Sinclinal de Media Luna	37	36.523.646	124	4.510.782	0,005
Sinclinal de Cabaña	77	76.733.375	118	9.058.532	0,009
Valle de Rio Magdalena	1977	1.977.252.733	131	258.701.713	0,259
Sinclinal de Tivoli	126	126.017.770	111	13.984.600	0,014
Sinclinal de San Antonio	126	126.425.437	151	19.125.640	0,019
Sinclinal de Palermo	112	112.126.886	178	19.940.475	0,020
Sinclinal de Garzón	290	290.179.062	133	38.537.735	0,039
Sinclinal de Tesalia	472	472.478.034	162	76.558.861	0,077
Reservas dinámicas anuales zona de estudio PMAA				440.418.338	1,0259

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sin embargo, se estimó una reserva de explotación de agua subterránea, que se define como la cantidad de agua subterránea que puede ser extraída racional y económicamente por un período determinando, evitando la minería del agua y garantizando su calidad.

Estas reservas se calculan utilizando la siguiente expresión:

$$Q_{explotables} = K_1 . Q_{dinámicas}\ x\ K_2 . Q_{estáticas}$$

Tabla 84 Caudal Explotable zonas de estudio PMAA

Zona	Reservas Estáticas (Km3)	Reservas Dinámicas (Km3/año)	Reservas Explotable (m3)	Reservas Explotable (Km3)
Sinclinal de Media luna	4	0,005	2.023.132	0,0020
Sinclinal de Cabaña	17	0,009	15.830.715	0,0158
Valle de Rio Magdalena	1057	0,259	27.357.467.723	27,3575
Sinclinal de Tivoli	32	0,014	44.496.518	0,0445
Sinclinal de San Antonio	33	0,019	62.468.189	0,0625
Sinclinal de Palermo	24	0,020	48.261.110	0,0483
Sinclinal de Garzón	177	0,039	680.308.300	0,6803
Sinclinal de Tesalia	324	0,077	2.479.616.655	2,4796
Reserva Explotable de agua subterránea en zona del PMAA			**30.479.616.655**	**30,6905**

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

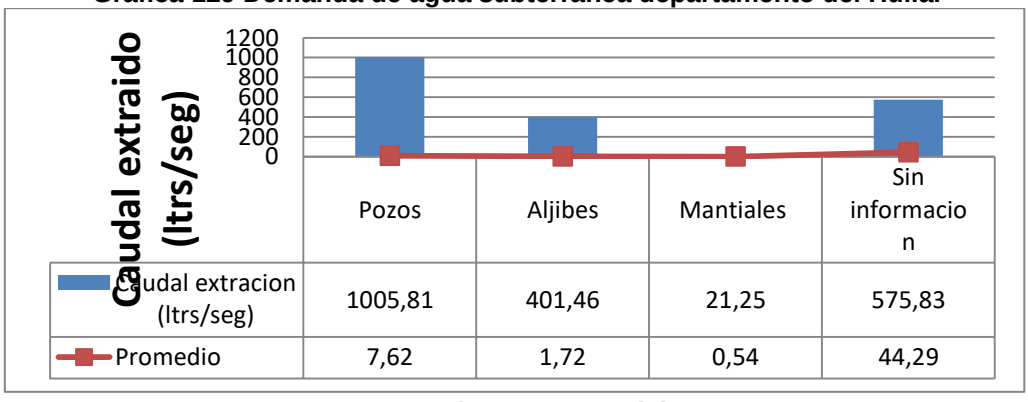
Se asumió un K1 de 1.0, que indica la utilización del 100% de los recursos dinámicos y un K2 de 0.1 (evitando minería del agua, representando el límite permisible para el aprovechamiento de las reservas estáticas).

$$Q_{explotables} = 36.55 \frac{Km^3}{año}$$

3.8.3 Demanda Actual

En cuanto al uso de agua subterránea en el área de estudio del PMAA, se calculó una demanda de agua subterránea de 2,0 m^3/s, siendo extraídos en su mayoría de los pozos profundos. El caudal promedio de extracción de los pozos es de 7,62 L/s, como se puede observar en la **Gráfica 129**

Gráfica 129 Demanda de agua subterránea departamento del Huila.



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

En la Tabla 85 y la **Gráfica 130**, se presenta los totales de número de puntos y el caudal explotado por municipios en el área del PMAA, claramente los municipios que más explotan agua subterránea son Campoalegre, Neiva, Palermo, Riviera y Villavieja, en menor medida Tello y casi sin explotación Aipe. Los mayores caudales de explotación se presentan en la zona centro-oriente del departamento, donde confluyen los límites administrativos de Neiva, Palermo y Villavieja, por ello estos son los municipios que más caudal extraen agua subterránea en el departamento.

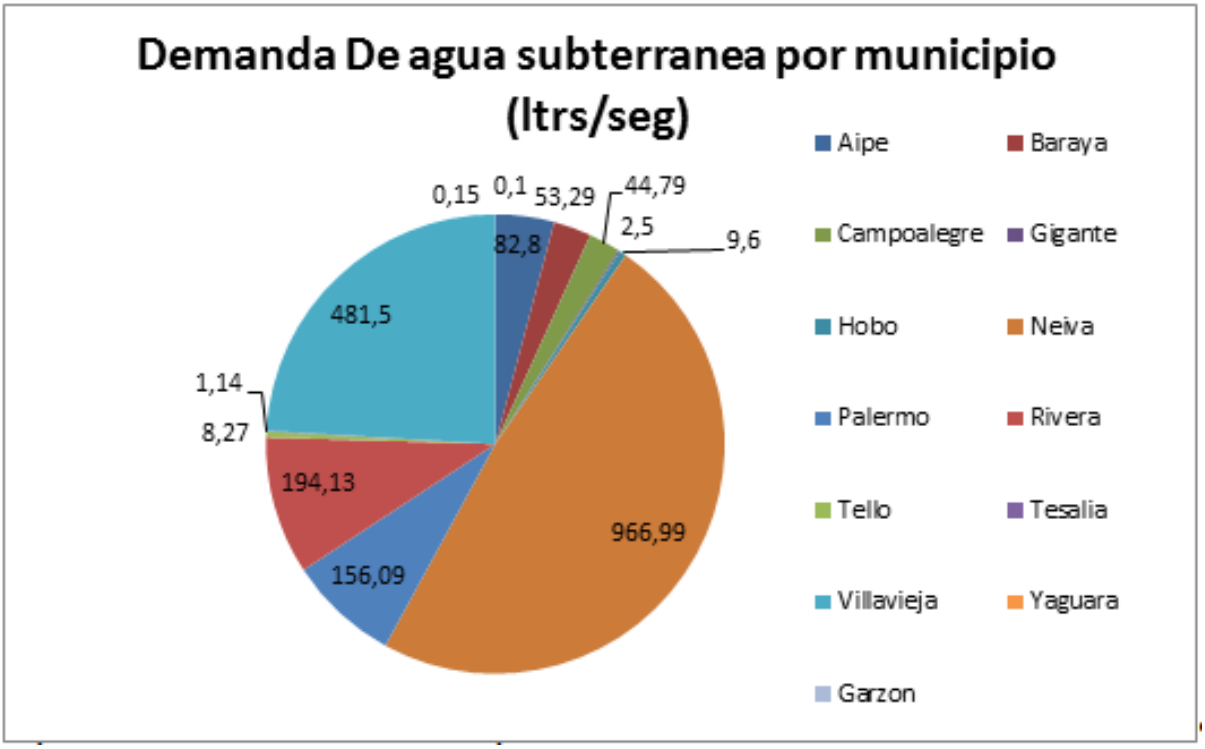
Las actividades que usan agua subterránea se presentan en número de puntos de agua subterránea en la Tabla 85 Tabla 86 en las **Gráfica 131** y **Grafica 132** se puede apreciar que las actividades que más demandan agua son la Comercial, doméstica e Industrial.

Tabla 85 Demanda de agua subterránea por municipios en la zona del PMAA

Municipio	N- puntos de agua	porcentaje	Caudal de explotación municipal (L/s)
Aipe	60	6,9%	82,8
Baraya	20	2,3%	53,29
Campoalegre	63	7,3%	44,79
Gigante	4	0,5%	2,5
Hobo	5	0,6%	9,6
Neiva	407	46,9%	966,99
Palermo	124	14,3%	156,09
Rivera	84	9,7%	194,13
Tello	17	2,0%	8,27
Tesalia	2	0,2%	1,14
Villavieja	74	8,5%	481,5
Yaguará	3	0,3%	0,15
Garzón	1	0,1%	0,1
Total General	867	100,0%	2001,35

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 130 Demanda de agua subterránea por municipio en el departamento de Huila Caudal de explotación municipal (L/s)



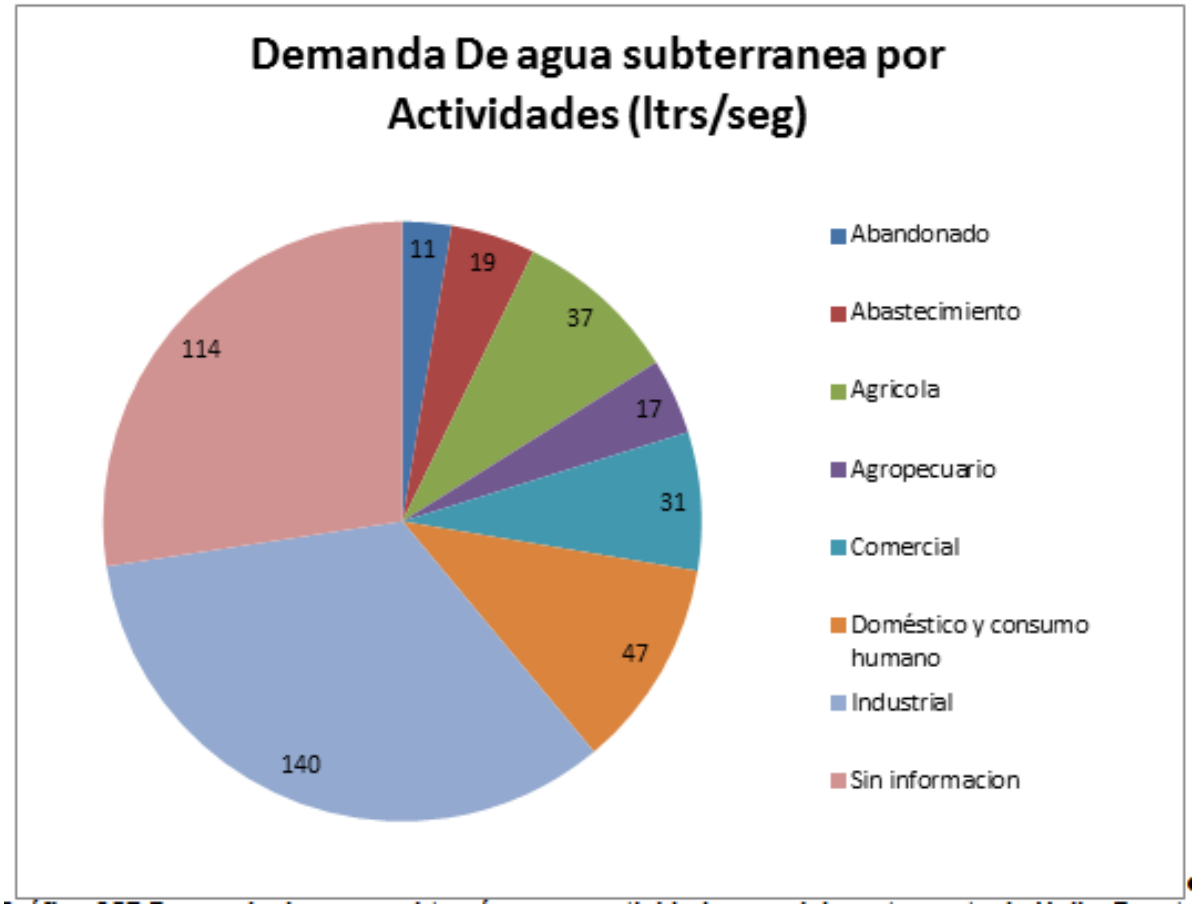
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Tabla 86 Actividades que usan agua subterránea en el Departamento del Huila

Uso Actual	Puntos de Agua	Porcentaje	Caudal (L/s)
Abandonado	11	3%	129,25
Abastecimiento	19	5%	188,73
Agrícola	37	9%	161,94
Agropecuario	17	4%	92,38
Comercial	31	7%	42,94
Doméstico y consumo humano	47	11%	114,53
Industrial	140	34%	719,59
Sin información	114	27%	549,99
Total General	416	100%	1999,35

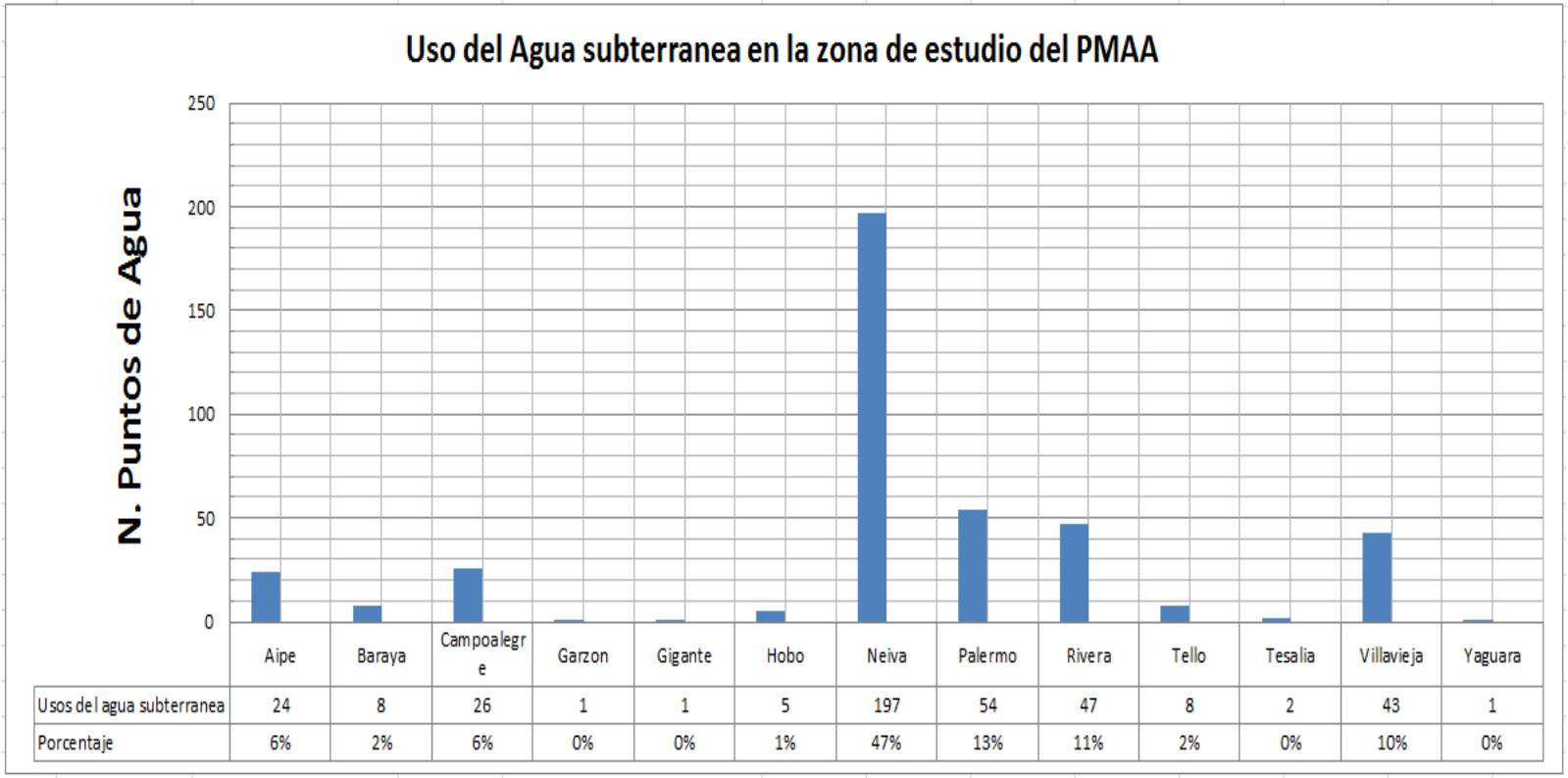
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 131 Demanda de agua subterránea N° de pozos por actividades en el departamento de Huila



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Gráfica 132 Uso de agua subterránea en el departamento de Huila.



	Aipe	Baraya	Campoalegre	Garzon	Gigante	Hobo	Neiva	Palermo	Rivera	Tello	Tesalia	Villavieja	Yaguara
Usos del agua subterranea	24	8	26	1	1	5	197	54	47	8	2	43	1
Porcentaje	6%	2%	6%	0%	0%	1%	47%	13%	11%	2%	0%	10%	0%

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

También se calculó el consumo anual del recurso hídrico subterráneo considerado como la descarga provocada a los acuíferos, este se determinó con base en los registros de caudal explotado obtenidos en el inventario de puntos de agua y por el flujo natural en manantiales. En la **Tabla 87** se presenta el cálculo de la descarga anual debido a la explotación del agua subterránea, de acuerdo a su uso diario.

Tabla 87 Descarga anual del recurso hídrico subterráneo departamento de Huila

Tipo de Captación	Caudal (L/s)	Horas de uso promedio (H)	Descargas Anuales (m3/año)
Pozo	1005,81	8	253.753.793,28
Aljibe	401,46	8	101.283.540,48
Manantial	21,25	24	16.083.360,00
Sin información	575,83	8	145.274.999,04
Total de consumo recurso hídrico de la zona de estudio PMAA(m3/año)			516.395.692,80

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.9 HIDROGEOLOGÍA

Un Modelo Hidrogeológico Conceptual (MHC), es una representación descriptiva y gráfica de un sistema acuífero que permite evidenciar las zonas de recarga, tránsito y descarga, su relación con otros acuíferos, con aguas superficiales y marinas, de tal manera que se reduce el problema físico y el dominio del acuífero a una versión simplificada de la realidad. (Ministerio de Ambiente, Vivienda, y Desarrollo Sostenible, MAVD. 2014)

El MHC se considera de carácter dinámico, ya que se construye a partir de la continua y periódica actualización de la información geológica, hidrológica, hidráulica, hidroquímica e isotópica (IDEAM, 2015), y por lo tanto a medida que se disponga de información nueva o se reevalúe la existente, éste deberá ser ajustado. Con toda ésta información, es posible hacer una buena gestión del acuífero con programas elaborados para la protección y el aprovechamiento del agua subterránea.

A continuación se presenta el Modelo Hidrogeológico Conceptual para el estudio del Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos PMAA, en el sector centro, noroccidental y nororiental de la Provincia Hidrogeológica del Valle Alto del Magdalena en el Departamento del Huila, el cual es interpretado a partir del modelo geológico previamente descrito y complementado con estudios y documentación oficial registrada en los expedientes de la Corporación Autónoma del Alto Magdalena (CAM), así como los estudios de aguas subterráneas realizados en el Departamento del Huila, entre los cuales se destacan el Estudio de Evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos que subyacen la ciudad de Neiva y su área de influencia, para la posterior implementación del estudio de modelación hidrogeológica del área (SGI LTDA, 2000), y el Estudio Hidrogeológico y Plan de Manejo del Agua Subterránea en el sector nororiental de la cuenca del Río Magdalena en el Departamento del Huila (INGEOMINAS, 1999).

En hidrogeología el grado de importancia de un sistema acuífero, está establecido a partir de las características geológicas, hidráulicas, hidroquímica, y la tipología que presenta el acuífero con las que se delimitan las zonas de recarga, tránsito y descarga del sistema.

La metodología empleada para la evaluación hidrogeológica consistió en la identificación de las unidades partir de sus características y composición litológica,

disposición estructural, espesores, geometría y delimitación del acuífero, inventario de puntos de agua subterráneas, propiedades hidráulicas e hidroquímica para determinar la calidad del agua subterránea y su comportamiento y procedencia; esta información fue analizada a partir de la base de datos de información secundaria de las campañas de exploración realizada en el área de estudio y la adquisición de nuevos datos para completar la información. (Ver **Ilustración 252**)

La integración de la información mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), permite el análisis para la construcción del Modelo Hidrogeológico Conceptual (MHC), del cual se logra identificar los diferentes tipos de acuíferos, los cuales se priorizan para la planificación de su manejo y uso del PMAA.

En primer lugar, resulta conveniente ubicar la zona de estudio en un marco regional, de acuerdo con la información que presenta el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2015), en el que se definen las unidades de análisis hidrogeológico. La mayor de estas unidades corresponde a las provincias hidrogeológicas, luego vienen los sistemas acuíferos y finalmente los acuíferos, como se indica en la **Tabla 88**.

Tabla 88. Definición de las unidades de análisis hidrogeológico.

Unidad de Análisis	Conceptos
Provincias Hidrogeológicas (IDEAM, 2010)	Corresponde a unidades mayores referidas a escalas menores (entre 1:10.000.000 y 1:500.000), definidas con base en unidades tectono estratigráficas separadas entre sí por rasgos estructurales regionales, que coinciden con límites de cuencas geológicas mayores y que, desde el punto de vista hidrogeológico y a la escala nacional, corresponden a barreras impermeables representadas por fallas regionales y altos estructurales. Las barreras son consideradas impermeables a la escala nacional, pero a nivel regional pueden albergar sistemas acuíferos importantes con porosidad secundaria.
Sistemas acuíferos (IDEAM, 2010)	Corresponde a un dominio espacial limitado en superficie y en profundidad, en el que existen uno o varios acuíferos con porosidad primaria o secundaria, relacionados o no entre sí, pero que constituyen una unidad práctica para la investigación o explotación (ITGE, 1971, 1987; WMO, 2012 en IDEAM 2013).
Acuífero (Decreto 1640 de 2012)	“Unidad de roca o sedimento, capaz de almacenar y transmitir agua, entendida como el sistema que involucra las zonas d recarga, tránsito y descarga, así como sus interacciones con otras unidades similares, aguas superficiales y marinas”.

Fuente: ENA IDEAM, 2015

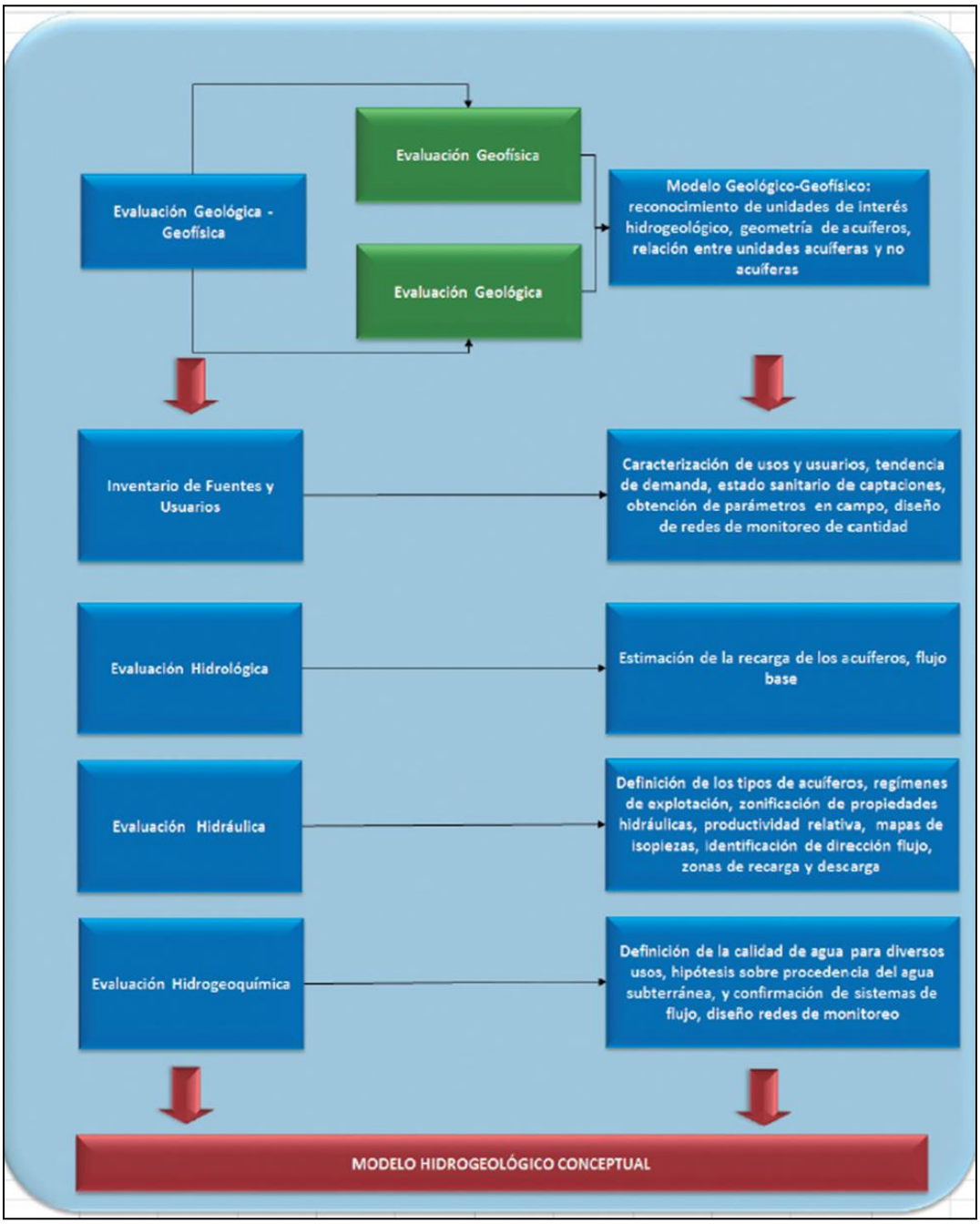


Ilustración 252. Diagrama De Flujo Para La Construcción Modelo Hidrogeológico Conceptual
Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014

3.9.1 Clasificación de Unidades Hidrogeológicas Según la porosidad

A partir de las características de litología texturales de porosidad, permeabilidad, disposición de las rocas y fracturas o espaciamiento intergranular de las formaciones geológicas existen fundamentalmente tres tipos unidades hidrogeológicas que se presentan en la **Ilustración 253**. Se hace la salvedad que en las rocas sedimentarias se presenta porosidad primaria; la porosidad secundaria se presenta en rocas cristalinas fracturadas, y en rocas sedimentarias consolidadas fracturadas.
En general en la zona estudio se encuentran: depósitos no consolidados a semiconsolidados, rocas sedimentarias, y rocas ígneas, y que se clasifican según su porosidad en:

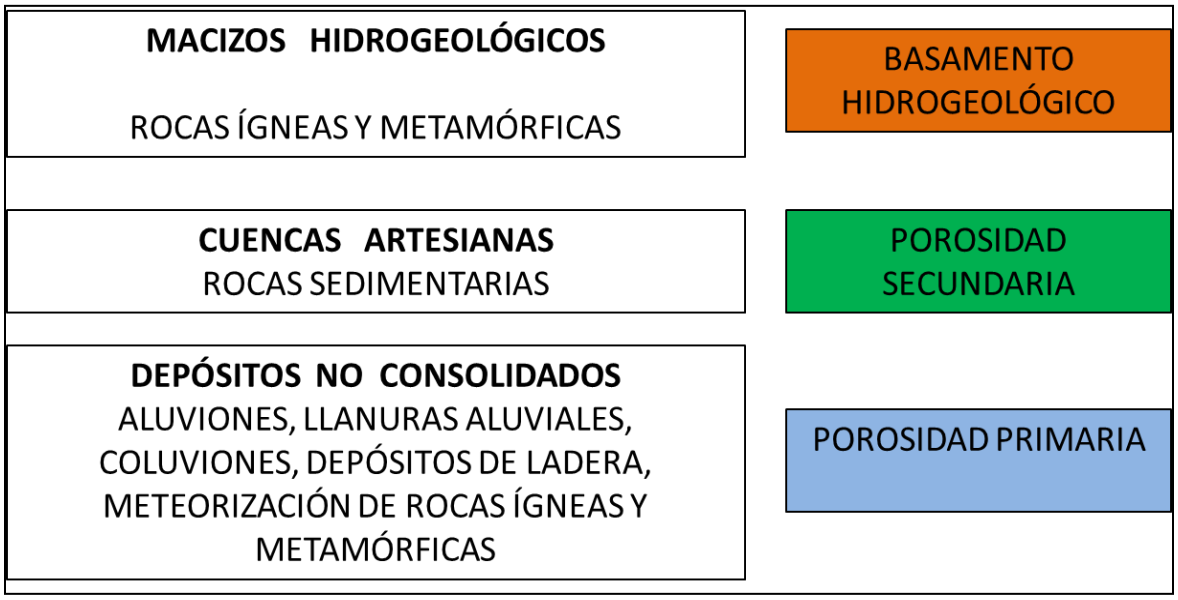


Ilustración 253 Clasificación según su porosidad
Fuente: Vásquez, 2017

En la **Ilustración 254** se presenta la clasificación de las unidades hidrogeológicas según su porosidad, resaltando que el basamento hidrogeológico superficialmente se localiza en los limites del costado oriental y occidental del área de estudio, mientras que en la parte norte, centro y occidente se disponen de las rocas con mayor potencial de almacenamiento de agua subterránea como lo son las rocas sedimentarias y los depósitos no consolidados. (Ver **Anexo H-1 GE393-PMAA-PSIG-CPP-001-00**).

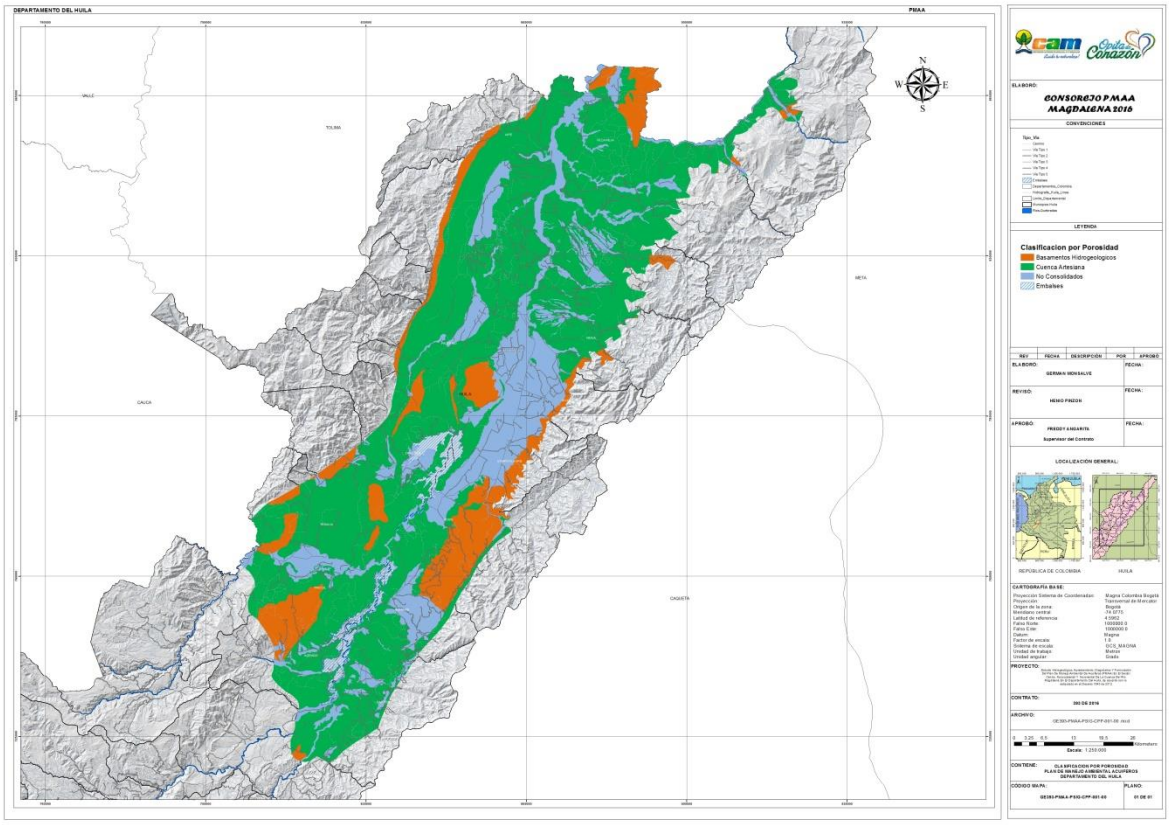


Ilustración 254 Clasificación de las Unidades Hidrogeológicas según su porosidad
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016.

3.9.2 Clasificación de las formaciones geológicas desde el punto de vista hidrogeológico:

Los acuíferos deben ser entendidos como formaciones geológicas subterráneas permeables, susceptibles de transmitir y almacenar el agua. Así cabe indicar que existen en la naturaleza una amplia gama de formaciones con capacidad muy diversa para almacenar y trasmitir el agua; desde el punto de vista hidrogeológico, estas formaciones suelen dividirse en:

- Acuíferos: capaces de almacenar y transmitir el agua (formaciones permeables gravas, arenas, materiales calizos, roca arenisca, etc.). Son formaciones con capacidad de drenaje alta en las que se pueden perforar pozos y sondeos con el fin de satisfacer las necesidades humanas de abastecimiento, agricultura, industria, ganadería, etc.

- Acuitardos: capaces de almacenar el agua en cantidades muy importantes, pero la transmiten con dificultad; se suelen denominar con frecuencia formaciones semipermeables (limos, arenas limosas, arenas arcillas, etc.) y su capacidad de drenaje es media a baja; no son de interés para la obtención de caudales de importancia, pero juegan un papel importante como elementos transmisores del agua en recargas verticales a través de grandes superficies.

- Acuicludos: pueden almacenar el agua en grandes cantidades, pero no tiene posibilidad de transmitirla, o se drenan con mucha dificultad. El agua se encuentra encerrada en los poros de las formaciones, y no puede ser liberada (arcillas, arcillas plásticas, limos arcillosos, etc.); se asumen como materiales impermeables.

- Acuifugos: formaciones incapaces de almacenar y de transmitir el agua; están representados por rocas compactas como rocas ígneas y metamórficas, se muestran como impermeables salvo que exista fracturas que pueden permitir flujos.

3.9.3 Tipos de acuíferos y su comportamiento

Por otra parte, los acuíferos según sus circunstancias hidráulicas y estructurales, pueden funcionar de tres distintas formas:

- Acuíferos libres: Son aquellos cuyo nivel de agua se encuentran por debajo del techo de la formación, es decir, aquello en los cuales existe una superficie libre del agua encerrada en los sedimentos no consolidados, que están en contacto directo con el aire y, por lo tanto, a presión atmosférica, son susceptibles de recibir recarga local directa. El agua extraída de estos acuíferos proviene del escurrimiento gravitacional del sistema, presentan conos de bombeo bastante esbeltos, elevados descensos niveles en el pozo de captación y cortos radios de influencia, siendo los valores típicos de almacenamiento, SS, del orden de 10^{-1} a $10^{-2.}$(Ver **Ilustración 255**)

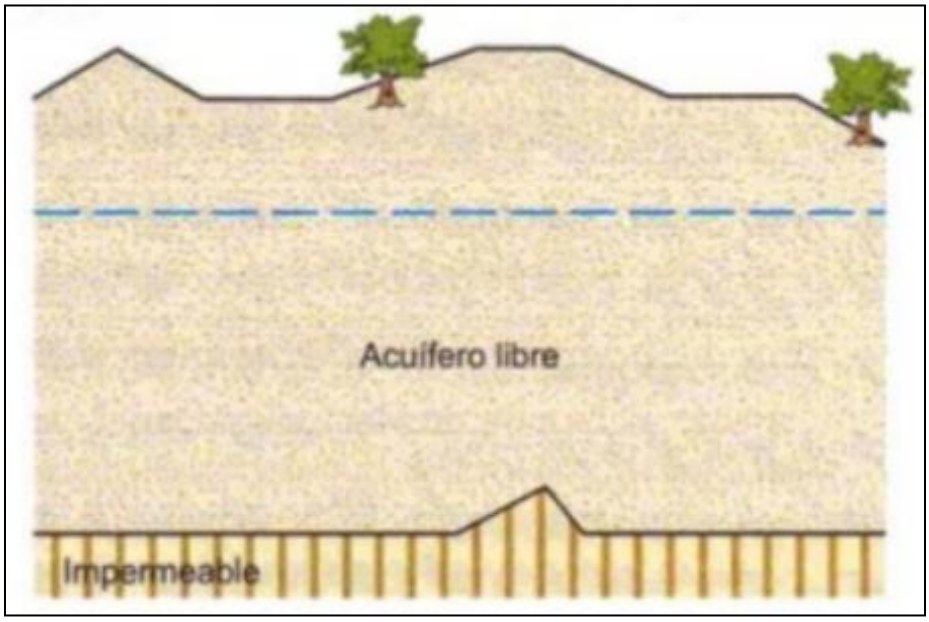


Ilustración 255 Acuífero libre
Fuente: Vallejo, 2002

- Acuíferos confinados: Son aquellos que yacen entre estratos impermeables y cuyo nivel piezométrico se haya por encima del techo del material, Se considera que el agua extraída de estos acuíferos proviene fundamentalmente de la descompresión del sistema por presión o carga que ejercen el peso de los materiales superiores, es decir, el agua de estos acuíferos se encuentran sometida a una cierta presión, superior a la atmosférica, y ocupa la totalidad de los poros o huecos de la formación geológica que lo contienen, saturándola totalmente. Por ello, durante la perforación de pozos en acuíferos de este tipo, al atravesar el techo del mismo se observa un ascenso rápido del nivel del agua hasta estabilizase en una determinada posición.

  Los coeficientes de almacenamiento típicos de estos acuíferos son del orden de 10^{-4} a 10^{-6}. Un caso especial de estos acuíferos lo constituyen las presiones artesianas, que se caracteriza porque su nivel piezométrico se halla por encima por encima del techo de la capa techo.

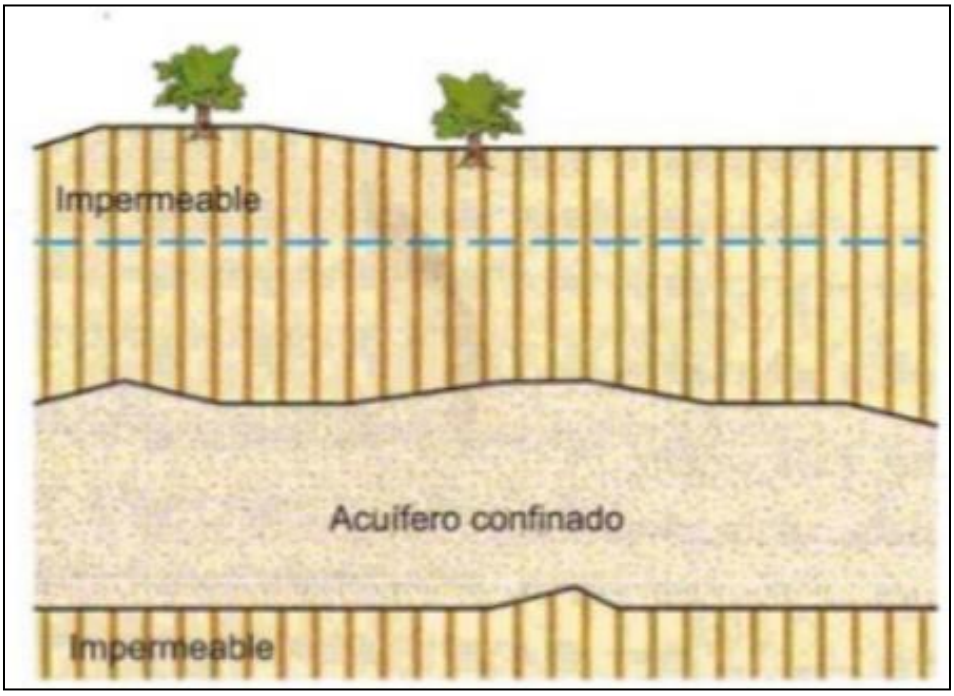


Ilustración 256 sistema de acuífero confinado
Fuente: Vallejo, 2002

- Acuíferos semi-confinados: Se puede considerar como un caso particular de los acuíferos confinados, en los que la parte inferior y/o la parte superior que los encierran, no son totalmente impermeable sino un acuitardo (no todos los materiales que lo rodean son impermeable así paquete superior o semi-confinante lo constituyen formaciones semipermeables, que permita el paso del agua de otros acuíferos superiores al inferior semi-confinado, es decir un material que permita una infiltración vertical del agua, muy lenta, que alimente el acuífero principal en cuestión, a partir de un acuífero o masa de agua situada encima o debajo del miso. Como es lógico, este paso vertical de agua es sólo posible cuando existe una diferencia de potenciales entre ambos acuíferos (el que recarga y el recargado) y puede hacerse en uno u otro sentido, e incluso variar con el tiempo según sea la posición relativa de los niveles piezométrico de los mismos. Los coeficientes de almacenamiento característicos de estos acuíferos son del orden de 10^{-3} a 10^{-4} Los conos de bombeo son bastantes cortos, pero con radios de influencia bastantes largos.

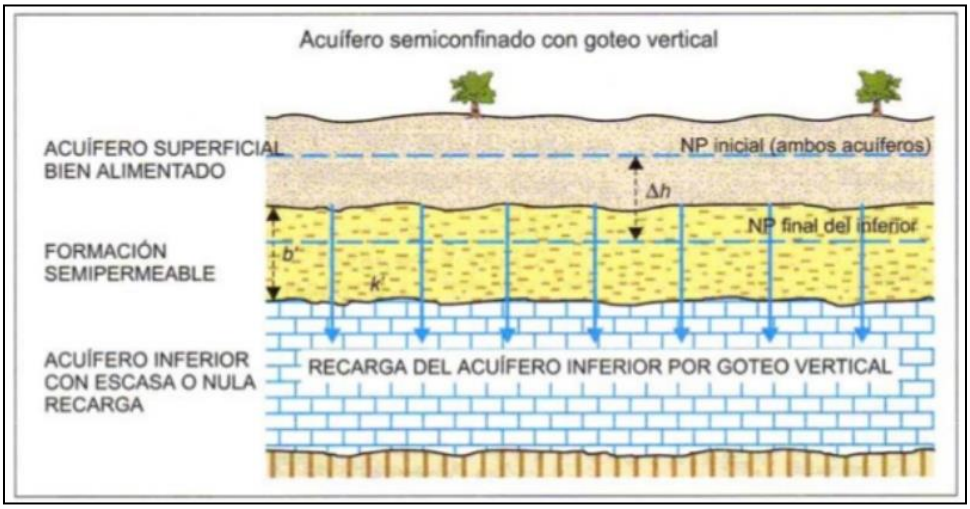


Ilustración 257 sistema de acuífero semiconfinados
Fuente: Vallejo, 2002

3.9.4 Clasificación de Unidades Hidrogeológica

A continuación, se presenta la clasificación de las unidades hidrogeológicas de interés siguiendo la nomenclatura propuesta por (Vargas, 2001), la cual se basa en la extensión, porosidad de la unidad y características de permeabilidad asociadas de cada tipo de acuífero.

3.9.4.1 Tipo I

Corresponde a los acuíferos en los cuales la porosidad principal es intergranular:

Unidad I1: Sistemas de acuíferos continuos, de extensión regional, depositados en ambiente fluvial y lacustre, conformado por sedimentos no consolidados que desarrollan acuíferos de tipo libre a semi-confinado almacenando aguas recomendables para cualquier uso. Acuíferos de alta productividad, capacidad específica entre 2,0 y 5,0 l/s/m. En el área de estudio se asocia a los Depósitos de terraza alta (Q1al), Depósitos de terraza baja (Q2al), Depósito aluvio-torrencial (Qdat) y Depósitos aluviales recientes (Qalr).

Unidad I2: Sistemas acuíferos continuos de extensión local y regional conformados por Depósitos Cuaternarios no consolidados de ambiente fluvial, lacustre o rocas sedimentarias de edad Terciaria poco consolidadas, clásticas a volcanoclásticas, pero solamente moderadamente productivos que desarrollan

acuíferos libres a semi-confinados. En el área de estudio corresponde los Depósitos coluviales (Q2c), y los miembros de la Formación Gigante: Formación Gigante superior (N2gis), Formación Gigante medio (N2gim) y Formación Gigante inferior (N2gii).

Unidad I3: Sistemas de acuíferos discontinuos de extensión local conformados por rocas piroclásticas y volcanoclásticas o rocas sedimentarias de edad Terciaria, que desarrollan Acuíferos Libres o semi-confinado. Almacenan agua para cualquier uso. Son Acuíferos de baja productividad, capacidad específica entre 0,05 y 1,0 l/s/m, asociados a los Depósitos de Lahar (Q2lh).

3.9.4.2 Tipo II

Corresponde a los acuíferos en rocas consolidadas con porosidad primaria y fisurados con porosidad secundaria o carstificados.

Unidad II1: Sistemas acuíferos de extensión regional altamente productivos, conformada por rocas sedimentarias clásticas y carbonatadas Terciarias y Cretácicas consolidadas de ambiente transicional a marino que generalmente conforman acuíferos confinados con aguas recomendables para cualquier uso. Acuíferos de mediana productividad, de capacidad especifica mayor de 5,0 l/s/m. Esa unidad es asociada a rocas de la Formación Caballo (K1c), rocas del Grupo Guadalupe (K2g), y rocas de la Formación Gualanday, miembros inferior y superior (E2gyi, E2gys).

Unidad II2: Sistemas acuíferos de extensión regional, conformados por rocas sedimentarias clásticas y carbonatadas Terciarias y Cretácicas consolidadas, de ambiente transicional a marino que generalmente conforman acuíferos confinados con aguas recomendables para cualquier uso, son acuíferos de productividad moderada, capacidad especifica entre 1,0 l/s/m y 2,0 l/s/m. Se asocia a los acuíferos multicapa de la Grupo Honda (N1h), y al miembro medio de la Formación Gualanday (E2gym).

3.9.4.3 Tipo III

Corresponde a rocas granulares o fisuradas que forman acuíferos insignificantes por porosidad primaria con recursos limitados o sin recursos.

Unidad III1: Acuíferos menores con recursos locales y limitados en rocas ígneas, o metamórficas Terciarias a Jurásicas y en depósitos no consolidados de

ambiente lacustre, marino y deltaico. Desarrollan Acuitardos o acuicludos. Estos acuíferos son de muy baja productividad, con capacidad especifica promedio menor de 0.05 l/s/m. Se asocia a las rocas del Grupo Villeta (K2v), rocas de la Formación Seca (K2E1sc) y, rocas de la Formaicón Arcilloltas de Colombia (Nac).

Unidad III2: Complejos ígneo-metamórficos consolidados y fracturados, de edad del Terciarios a Precámbricos, con baja a ninguna productividad de agua subterránea. Estos acuíferos son de muy baja productividad, capacidad especifica promedio menor de 0,01 l/s/m que desarrolla acuifugos. Se asocia a las rocas del Macizo de Garzón, Formación Saldaña (T2Jsal), Monzogranito de Algeciras (Jmgalg), Monzogranito de Altamira (Jgal), Batolito de Ibagué (J3i), Monzodiorita de El Astillero (Jias), Cuarzomonzodiorita de Teruel (Jt).

En la **Tabla 89** Muestra la calcificación de las Unidades Hidrogeológicas presentes en el área de estudio.

Tabla 89 Calcificación de las Unidades Hidrogeológicas

Sistema Acuífero		Característica de los Acuíferos	Comportamiento Posible de la Unidad	
A. Acuíferos en los cuales la Porosidad Principal es Intergranular				
I1	Q1al, Q2al, Q1alr, Qdat	Acuíferos de alta productividad, capacidad específica entre 2,0 y 5,0 l/s/m	Acuíferos continuos de extensión regional depositados en ambiente fluvial y lacustre conformado por sedimentos no consolidados que desarrollan acuíferos de tipo libre a semi-confinado almacenando aguas recomendables para cualquier uso.	Acuíferos libres a semicondinados
I2	N2gii, N2gim, N2gis, Q2dc	Acuíferos de mediana productividad, capacidad específica entre 1,0 y 2,0 l/s/m	Acuíferos continuos de extensión local y regional conformados por depósitos cuaternarios no consolidados de ambiente fluvial, lacustre o rocas sedimentarias terciarias poco consolidadas clásticas a volcanoclásticas, son moderadamente productivos que desarrollan acuíferos generalmente acuíferos libres semiconfinados.	Acuífeos libres a semiconfinados
I3	Q2lh	Acuíferos de baja productividad, capacidad específica entre 0,05 y 1,0 l/s/m	Acuíferos discontinuos de extensión local conformados por rocas piroclásticas y volcanoclásticas o rocas sedimentarais terciarias, depósitos volcáno-sedimentarios, que desarrollan acuíferos libres semi-confinado. Almacenan agua para cualquier uso.	Acuitardos
B. Acuíferos en Rocas Consolidadas con Porosidad Primaria y Fisurados con Porosidad Secundaria o Carstificados				
II1	K1c, K2c, E2gyi, E2gys	Acuíferos de mediana productividad, capacidad específica mayor de 5,0 l/s/m	Acuíferos de extensión regional altamente productivos, conformada por rocas sedimentarias clásticas y carbonatadas terciarias y cretácicas consolidadas de ambiente transicional a marino que generalmente conforman acuíferos confinados con aguas recomendables para cualquier uso	Acuíferos confinados
II2	E2gim, N1h	Acuíferos de baja productividad, capacidad específica entre 1,0 y 2,0 l/s/m	Acuíferos discontinuos de extensión local y regional, son moderadamente productivos en rocas sedimentarias clásticas y carbonatadas paleozoicas a terciarias consolidadas conformados por rocas sedimentarias clásticas de edad cretácica y paleozoica, depositadas en ambiente marino, acuíferos confinados y acuitardos con aguas recomendables para cualquier uso	Acuíferos confinados o acuitardos
C. Rocas Granulares o Fisuradas que Forman Acuíferos Insignificantes por Porosidad Primaria con Recursos Limitados o Sin Recuros				
III1	K2v, K2E1se, N1ac	Acuíferos con muy baja productividad, capacidad específica promedio menor de 0,05 l/s/m	Acuíferos menores con recursos locales y limitados en rocas ígneas a metamórficas jurásicas a terciarias y en depósitos no consolidadeos de ambiente lacustre, marino y deltaico, desarrollan acuitardos a acuicludos	Acuitardos a acuicludos
III2	Mp3mg, T2Jsal, Jmgalg, Jgal, J3i. Jias, Jt	Acuíferos con muy baja productividad, capacidad específica promedio menor de 0,01 l/s/m	Complejos ígneo-metamórficos consolidados y fracturados precámbricos a jurásicos con baja a ninguna productividad de agua subterránea	Acuífugos

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016.

De acuerdo a lo anterior se obtiene el mapa de clasificación de Unidades Hidrogeológicas el cual se puede visualizar en la y (**Anexo G-4 GE393-PMAA-PSIG-UHG-001-00 y GE393-PMAA-PSIG-HPG-001-00**).

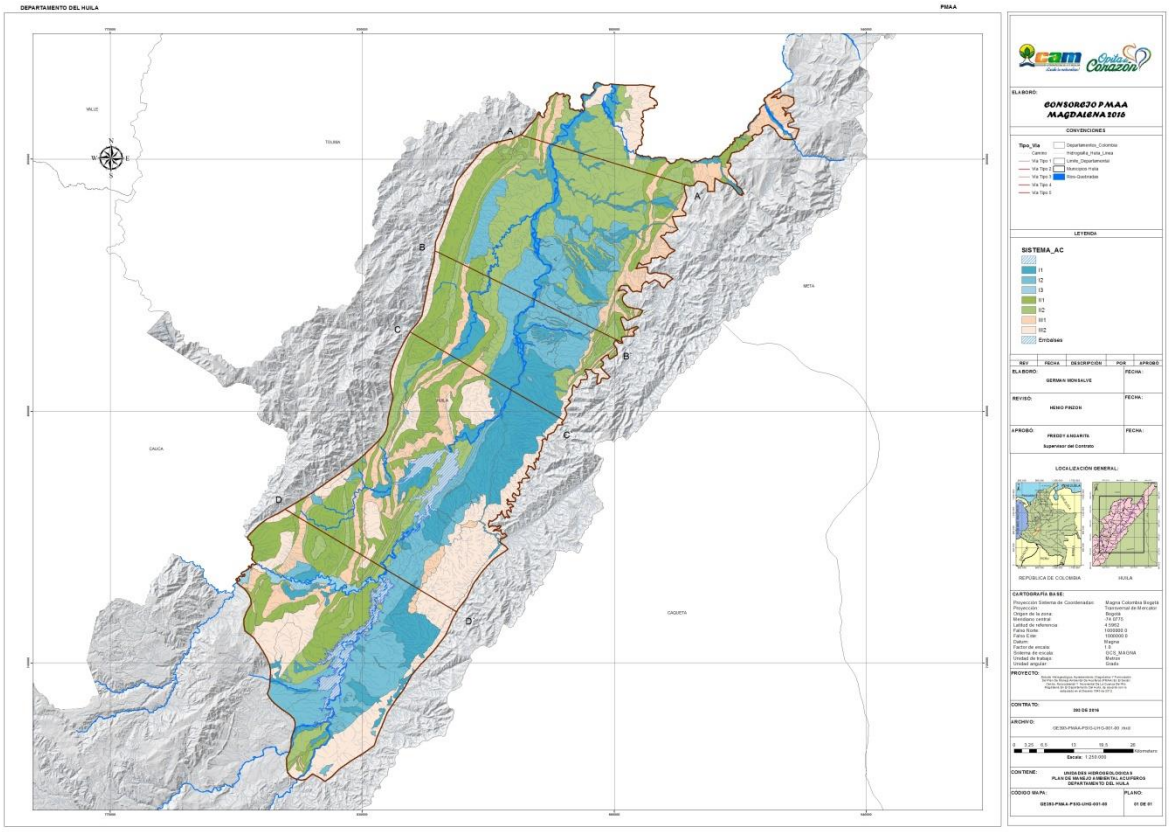


Ilustración 258 Mapa de clasificación de Unidades Hidrogeológicas
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

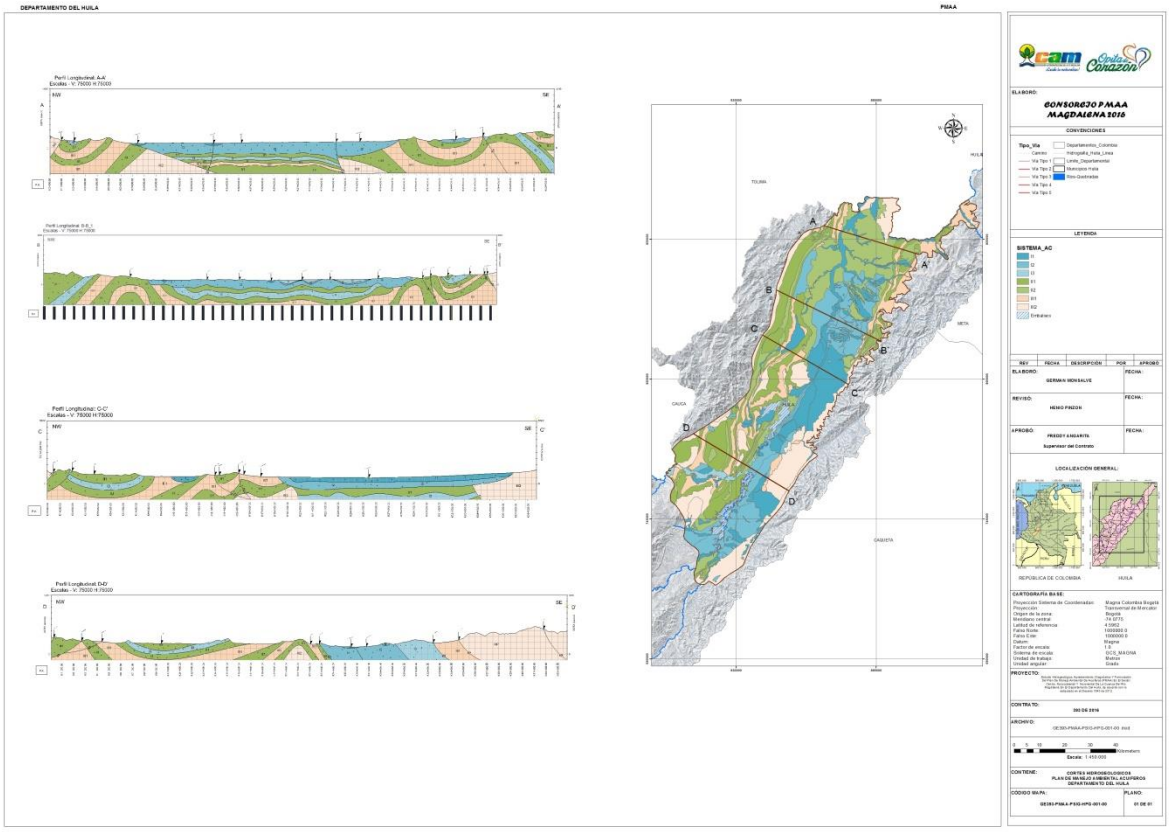


Ilustración 259 Cortes Hidrogeológicos
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.9.5 Modelo Hidrogeológico Conceptual En Sector Centro, Noroccidental Y Nororiental De La Cuenca Del Valle Superior Del Río Magdalena En El Departamento Del Huila

La Provincia Hidrogeológica del Valle Alto del Magdalena o Valle Superior del Magdalena (VSM), es una cuenca hidrogeológica de montañas e intramontañas, que se disponen entre las Cordilleras Oriental y Central. Corresponde a una depresión tectónica del Valle del Magdalena que se ha rellenado en el tiempo geológico y posterior al Mioceno donde se depositaron las secuencias más importantes por sus características litológicas y comportamiento hidráulico (Van Houten & Travis, 1968).

En términos generales, en la zona del Valle Superior del Magdalena se explotan acuíferos libres a semiconfinados de sedimentos y formaciones poco consolidadas

cuyo uso corresponde al agrícola y al consumo doméstico primordialmente, aunque localmente tiene importancia para la industria petrolera en particular.

La provincia hidrogeológica del Valle Superior del Magdalena cuenta ocho acuíferos regionales importantes como lo son Depósitos Cuaternario (Q), Formación Gigante medio (N2gm), Formación Gigante inferior (N2gii), Grupo Honda (N1h), Formación Gualanday superior (E2gis), Formación Gualanday inferior (E2gii), Grupo Guadalupe (K2g) y Formación Caballo (K1c) los cuales se describen a continuación:

3.9.5.1.1 Acuífero de Depósitos Cuaternario (Q)

El acuífero Cuaternario es de tipo regional se clasifica como unidad hidrogeológica de sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular, de Unidad Hidrogeológica tipo (I1), representada por los depósitos aluvio-torrencial (Qdat), Depósitos de terrazas altas (Q1al), Depósitos de terraza baja (Q2al) y Depósitos aluviales recientes (Qalr), la Unidad Hidrogeológica tipo (I2) conformada por los Depósitos coluviones (Q2c), y Depósitos Fluviolacustres (Q2fl). Estos depósitos se hallan constituidos por intercalaciones de gravas, arenas gruesas y gravosas, conglomerados polimícticos, limos y arcillas; los clastos de composición ígnea y metamórfica proveniente de la erosión de las rocas de la Cordillera Oriental y el transporte hacia los principales valles fluviales del área.

Este acuífero es de carácter libre a semi-confinado y se encuentran a presión atmosférica, tiene un espesor medio de 400-500 m, aunque en algunos puntos puede ser mayor. Con resistividades comprendidas en el rango de 2 – 300 Ohm – m.

Las capacidades específicas son bajas con valores promedio de 1,2 l/s/m; los niveles estáticos se localizan a profundidades entre 1,5 y 20 m dependiendo del lugar y caudales promedio de 1,5 L/s, las conductividades hidráulicas varían entre 0,75 a 119 m/día, coeficiente de almacenamiento 0,07 – 0,09 y Transitividad de 31,5 – 65,5 m2/día, según los datos referencia.

En cuanto a la calidad del agua almacenada en estos acuíferos Cuaternarios (Q) es principalmente carbonatada y bicarbonatada, en donde los valores de resultados de laboratorio muestran que el acuífero es apto para el para uso doméstico, consumo humano siempre que se realice un proceso de desinfección y de cualquier su industrial y agrícola sin proceso de desinfección. Estos son acuífero vulnerable a la contaminación que son los más someros, próximo a las

zonas donde se desarrolla las principales actividades económicas, y la expansión de los centros urbanos.

Estos acuíferos son considerados de principal importancia en la priorización, ya que son los más superficiales y pude suplir las necesidades para el abastecimiento de comunidades.

Para el PMAA Se recomienda la protección de las zonas de recarga, el amplio Valle del Magdalena, así como los ápices de los abanicos aluviales y los altos topográficos de las cuencas hidrológicas.

3.9.5.1.2 Acuífero de la Formación Gigante miembro Medio (N2gim):

Este acuífero es clasificado como sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular, con sistemas de acuíferos continuos de extensión local y regional conformados por la unidad hidrogeológica tipo (I2) de la Formación Gigante Medio (N2gim) representada por un nivel arenoso volcanoclástico, tobas, areniscas conglomerados polimícticos y arcillolitas, El espesor del acuífero es de aproximadamente 200 m, con resistividades comprendidas en un rango de 6 – 267 Ohm m.

El acuífero es de carácter semi-confinado a confinado y en algunos sectores el comportamiento es libre. Los niveles estáticos registrados oscilan entre 5 y 35 m de profundidad, caudal de 2,15 a 5,4 L/s y las capacidades específicas son cercanas a 1,2 l/s/m, sus coeficientes de almacenamiento varían entre 0,01 y 1,66 y sus transmisividades entre 5 y 193 m2/día. Sus aguas son fundamentalmente de tipo bicarbonatado-cálcica, de buena calidad fisicoquímica Formación Gigante muestran en promedio un rango aceptable para cualquiera de los usos establecidos por el decreto y los resultados hidroquímicos, se halla en conexión hidráulica con el acuífero Cuaternario.

Estos acuíferos son considerados de principal importancia y su uso debe ser exclusivo para el abastecimiento de comunidades.

Para el PMAA, Se recomienda la protección de las zonas donde aflora esta formación, la zona de recarga directa el amplio Valle del Magdalena en donde existe un predominio del facie de arenas y gravas, que son materiales permeables, donde se infiltran las aguas y en los altos topográficos de las estructuras anticlinales que por los flancos se direcciona el agua hasta llegar a los sinclinales contiguos, donde se almacena grandes reservas de aguas subterráneas.

3.9.5.1.3 Acuíferos de la Formación Gigante miembro Inferior (N2gii) y Formación Gigante miembro superior (N2gis):

Los acuíferos de la Formación Gigante Inferior y Formación Gigante Superior se clasifican dentro de los acuíferos conformados por sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular, son acuíferos continuos de extensión local y regional, aunque aflora en el nororiente y en cercanías del Municipio Hobo y del Embalse de Betania.

Litológicamente este acuífero está constituido principalmente por conglomerados con algunas intercalaciones de areniscas, arcillolitas y limolitas, moderadamente seleccionadas y compuestos de granos y clastos de vulcanitas, plutonitas, granodioritas y metamorfitas dentro de una matriz arenosa con granos medios a gruesos mal seleccionados que corresponde a la Unidad Hidrogeológica tipo (I2). Su espesor promedio acuífero es de 125 m aproximadamente con resistividades comprendidas en el rango 9 – 240 Ohm m.

No existen hasta el momento suficientes datos hidráulicos que permitan estimar valores concretos para los parámetros hidrogeológicos de este acuífero; sin embargo, mediante analogías con zonas aledañas, se puede suponer se trata de un acuífero de carácter semi-confinado a confinado que podría estar en relación hidráulica con el acuífero suprayacente, ya que no fue detectada ninguna capa impermeable continua.

Con base en la litología y en el espesor de esta capa, se cree que esta podría constituir el acuífero más importante de la región. Estos acuíferos son considerados de principal importancia y su uso debe ser exclusivo para el abastecimiento de comunidades. Se recomienda la protección de las zonas donde aflora esta formación, ya que son materiales permeables. Para el PMAA, se recomienda la especial protección de las zonas donde aflora esta formación, ya que es zona de recarga.

3.9.5.1.4 Acuífero de la Grupo Honda (N1h):

Este Grupo se puede encontrar aflorando en la superficie en el amplio Valle del Magdalena y cerca al Embalse de Betania en forma de banda estrecha y alargada. Se clasifica como sistema de acuíferos conformados por sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular de extensión regional, conformados por potentes estratos de arcillolita y limolitas con intercalaciones de areniscas acuífero multi-

capas, que representa a la unidad hidrogeológica tipo (II2) con espesores entre 1000 a 1300 metros con resistividades comprendidas entre los 4 – 281 Ohm m.

Presentan nivel estático a los 7,4 m de profundidad, con unos caudales que varían desde los de 11 a 65 l/s. De la información de referencia se encuentra el diseño de un pozo profundo donde se destaca que fueron instalados 84 m de filtros en la parte inferior, en el intervalo de 123-216 m por donde se observaron las mayores entradas de agua. Este pozo tiene instalada una bomba de 8" con motor de combustión interna que permite extraer un caudal aproximado de 40 – 50 l/s. En general el Grupo Honda (N1h) se puede caracterizar hidráulicamente por los valores promedios estimados de conductividad hidráulica 12,5 m/día, un coeficiente de almacenamiento 0,0028, capacidad especifica de 0,75 L/s/m y Transmisividad entre 23,5 – 53,5 m2/día.

Es importante señalar que esta Unidad Hidrogeológica tipo (II2) del Grupo Honda (N1h), no se observa comunicación hidráulica ni flujo entre el acuífero superior del Acuífero de la Formación Gigante, ni del acuífero inferior que subrayase de la Formación Gualanday, este último separado por la discordancia angular del Oligoceno.

Sus aguas son fundamentalmente de tipo de bi-carbonatos y sódica-potásica, las muestras de fisicoquímica en general los valores promedio se encuentran en un rango aceptable para casi todos los parámetros, siendo el valor de coliformes totales la excepción, superando por mucho cualquier límite establecido por el decreto, cabe aclarar que muchos valores excéntricos afectan este promedio y que no es representativo para los coliformes totales del Grupo, pero cerca del 15% del total de las muestras no cumplen con una cifra de coliformes apta para el consumo humano ni para uso doméstico, una parte considerable de las muestras si cumplen para uso agrícola y pecuario, pero al haber una amplia incertidumbre en la cifra de coliformes no es recomendado.

En la zona próxima al Embalse de Betania no se cuenta con información para la determinación de la calidad del agua.

Para el PMAA recomienda la protección de la zona de recarga directa el amplio Valle del Magdalena, y pueden ser empleadas para uso industrial, agrícola y pecuario. Los niveles conglomeráticos de estos acuíferos son localizados a gran profundidad, por lo general, fuera del alcance de la técnica de perforación convencional para pozos de agua.

3.9.5.1.5 Acuífero de la Formación Gualanday Superior (E2gys):

Se clasifica dentro del grupo de acuíferos formados por rocas con flujo esencialmente intergranular, y a través de fracturas (rocas fracturadas y/o carstificadas). Son sistemas de acuíferos discontinuos de extensión regional, conformados por conglomerados potentes, arenitas e intercalaciones menores de lodolitas, y conforman la Unidad Hidrogeológica tipo (II1). Se estima que puede alcanzar espesores de 1300m, y presenta resistividades entre 10 – 500 Ohm-m.

Por sus características geológicas son materiales permeables que en sus niveles más conglomeráticos y arenitas pueden actuar como buenos acuíferos de mediana productividad, y capacidad especifica mayor de 5,0 l/s/m.

No existen hasta el momento suficientes datos hidráulicos que permitan estimar valores concretos para los parámetros hidrogeológicos de este acuífero; sin embargo, mediante analogías a la estratigrafía regional el acuífero está confinado entre el potente paquete de las arcillolitas y areniscas conglomeráticas del Grupo Honda (N1h) y el material impermeable del miembro medio de la Formación Gualanday (E2gym) caracterizado por arcillolitas y lodolitas, se puede suponer se trata de un acuífero de carácter a confinado, donde la presión de sus aguas es mayor a la atmosférica.

Estas rocas afloran al costado noroccidental del área de la región hidrogeológica y por la disposición de las estructuras geológicas, en las zonas de alto topográfico y en las zonas donde le tectonismo forma fracturas y fallas y balance hídrico se considera zona de recarga ya que el agua se infiltra y se conducen hasta los bajos topográficos como lo son las estructuras de sinclinales donde es almacenada el agua subterránea.

Se concluye que se trata de un nuevo acuífero identificado en la región a mayor profundidad que los anteriormente descritos, por lo tanto, para el PMAA se sugiere adquisición de datos para su caracterización priorización calidad y uso. Sin embargo, por estar localizados a gran profundidad, en general, fuera del alcance de la técnica de perforación convencional de pozos de agua, son recomendadas para el uso industrial y piscícola. En el caso donde aflore esta unidad se delimita como zona de recarga cuando la percolación esn año seco supere 0.01- 412.06 mm/a, año húmedo 0.01 – 1731.42 mm/a, promedio anual 0.01 – 867.3 mm/a.

3.9.5.1.6 Acuífero de la Formación Gualanday Inferior (E2gyi):

Se clasifica dentro del grupo de acuíferos formados por rocas con flujo intergranular, y esencialmente a través de fracturas (rocas fracturadas y/o carstificadas). Son sistemas de acuíferos discontinuos de extensión regional, conformados por conglomerados con lentes de arenitas de grano grueso, los conglomerados clastosoportados, presentan guijarros que gradan hacia el tope, compuestos de chert negro gris y pardo y cuarzo, con fragmentos de origen ígneo, la matriz en general es tamaño arena gruesa, cuarzosa, con cemento silíceo – ferruginoso; están dispuestos en capas muy gruesa en cuña y lenticular, los contactos son erosivos y la separación entre capas son niveles delgados de lodolitas rojizas, que conforman la Unidad Hidrogeológica tipo (II1).

Se estima que puede alcanzar espesores de 1000m, y presenta resistividades entre 13 – 659 Ohm-m.

Por sus características geológicas son materiales permeables que en sus niveles más conglomeráticos y arenitas pueden actuar como buenos acuíferos de mediana productividad, y capacidad especifica mayor de 5,0 l/s/m.

No existen hasta el momento suficientes datos hidráulicos que permitan estimar valores concretos para los parámetros hidrogeológicos de este acuífero; sin embargo, mediante analogías a la estratigrafía regional el acuífero está entre el material impermeable del miembro de Gualanday medio (E2gym) caracterizado por arcillolitas y lodolitas y la Formación Seca (K2E1sc), se puede suponer se trata de un acuífero de carácter a confinado, donde la presión de sus aguas es mayor a la atmosférica.

Esta Formación geológica aflora al costado noroccidental del área de la región hidrogeológica y por la disposición de las estructuras geológicas, en las zonas de alto topográfico y en las zonas donde le tectonismo forma fracturas y fallas que conducen el agua hasta los bajos topográficos como lo son las estructuras de sinclinales donde se almacena el agua subterránea.

Se concluye que se trata de un nuevo acuífero identificado en la región a mayor profundidad que los anteriormente descritos, por lo tanto, para el PMAA se sugiere adquisición de datos para su caracterización priorización calidad y uso. Sin embargo, por estar localizados a gran profundidad, en general, fuera del alcance de la técnica de perforación convencional de pozos de agua, son recomendados para el uso industrial. En el caso donde aflore esta unidad se delimita como zona de recarga cuando la percolación esn año seco supere 0.01- 412.06 mm/a, año húmedo 0.01 – 1731.42 mm/a, promedio anual 0.01 – 867.3 mm/a.

3.9.5.1.7 Acuífero de la Grupo Guadalupe (K2g):

Se clasifica dentro del grupo de acuíferos formados por rocas con flujo intergranular, pero por ser rocas muy consistetes, el flujo es esencialmente a través de fracturas (rocas fracturadas y/o carstificadas). Son sistemas de acuíferos discontinuos de extensión regional, consta de arenitas cuarzosas, predominantes hacia la base y el tope, que alternan con de capas de limolita silícea y shale y limolita silícea y arenita. La parte media consta principalmente de lutitas con pequeñas intercalaciones de arenitas; las arenitas del tope pasan a conglomerados de cantos de cuarzo, lodolita silícea y chert. Conforman la Unidad Hidrogeológica (II1). Se estima que puede alcanzar espesores promedio de 200m, y presenta resistividades entre 5 – 40 Ohm-m.

Por sus características geológicas son materiales permeables de arenitas cuarzosas que pueden actuar como buenos acuíferos de mediana productividad, y capacidad especifica mayor de 5,0 l/s/m.

No existen hasta el momento suficientes datos hidráulicos que permitan estimar valores concretos para los parámetros hidrogeológicos de este acuífero; sin embargo, mediante analogías a la estratigrafía regional el acuífero está confinado entre el material impermeable del Formación Seca (K2E1sc) y los materiales del Grupo Villeta (K2v), se puede suponer que se trata de un acuífero de carácter a confinado, donde la presión de sus aguas es mayor a la atmosférica.

Por la disposición de las estructuras geológicas, en las zonas de alto topográfico y en las zonas donde le tectonismo forma fracturas y fallas que producen porosidad secundaria en las rocas, se conducen el agua hasta alcanzar los bajos topográficos como lo son las estructuras de sinclinales que son estructuras preferenciales donde se almacena el agua subterránea.

Se concluye que se trata de un nuevo acuífero identificado en la región a mayor profundidad que los anteriormente descritos, por lo tanto, para el PMAA se sugiere adquisición de datos para su caracterización priorización calidad y uso. Sin embargo, por estar localizados a gran profundidad, en general, fuera del alcance de la técnica de perforación convencional de pozos de agua, son recomendados para el uso industrial.

3.9.5.1.8 Acuífero de la Formación Caballos (K1c):

Se clasifica dentro del grupo de acuíferos formados por rocas con flujo intergranular, pero por ser rocas muy consistentes, el flujo es esencialmente a través de fracturas (rocas fracturadas y/o carstificadas). Son sistemas de acuíferos discontinuos de extensión regional, consta de areniscas cuarzosas, porosas, grises, de granulometría media a gruesa, equiglanular, de redondez intermedia, con intercalación de láminas finas a muy finas de lodolitas carbonosas, físiles. Conforman la Unidad Hidrogeológica (II1). Se estima que puede alcanzar espesores promedio de 630m, y presenta resistividades entre 100 – 672 Ohm-m.

Por sus características geológicas, son materiales permeables de areniscas cuarzosas, de granulometría media a gruesa. Pueden actuar como buenos acuíferos de mediana productividad, y capacidad especifica mayor de 5,0 l/s/m.

No existen hasta el momento suficientes datos hidráulicos que permitan estimar valores concretos para los parámetros hidrogeológicos de este acuífero; sin embargo, mediante analogías a la estratigrafía regional el acuífero está confinado entre los materiales impermeable del Grupo Villeta (K2v) y la Formación Yaví, que por la profundidad a la cual se encuentran se puede suponer que se trata de un acuífero de carácter a confinado, donde la presión de sus aguas es mayor a la atmosférica, pero sus aguas por ser de transito largo, han incorporado numerosos iones.

Por la disposición de las estructuras geológicas, en las zonas de alto topográfico y en las zonas donde le tectonismo forma fracturas y fallas que generan porosidad secundaria en las rocas se conducen el agua hasta los bajos topográficos que son por excelencia las estructuras de sinclinales donde se almacena el agua subterránea.

Se concluye que se trata de un nuevo acuífero identificado en la región a mayor profundidad que los anteriormente descritos, por lo tanto, para el PMAA se sugiere adquisición de datos para su caracterización priorización calidad y uso. Sin embargo, por estar localizados a gran profundidad, en general, fuera del alcance de la técnica de perforación convencional de pozos de agua, son recomendados para el uso industrial y piscícola.

En el caso donde aflore esta unidad se delimita como zona de recarga cuando la percolación esn año seco supere 0.01- 412.06 mm/a, año húmedo 0.01 – 1731.42 mm/a, promedio anual 0.01 – 867.3 mm/a.

Teniendo en cuenta las características y composición litológica y disposición estructural, espesores, geometría y delimitación de los acuíferos, inventario de puntos de agua subterránea, propiedades hidráulicas, hidrológicas, hidroquímicas para determinar la calidad del agua subterránea y su comportamiento, se observó que la Provincia Hidrogeológica del Valle Superior del Magdalena se puede diferenciar claramente tres zonas hidrogeológicas diferentes:

- Región Hidrogeológica Norte
- Región Hidrogeológica Centro
- Región Hidrogeológica Occidente

Estas regiones están definidas de acuerdo con la posibilidad que tienen las unidades roca-sedimento y los cierres de las estructuras geológicas de permitir el almacenamiento y flujo de aguas subterráneas.
A continuación, se describen cada una de las regiones hidrogeológicas que conforman la Provincia hidrogeológica del Valle Superior del Magdalena, que a su vez se dividen en sub-cuencas:

3.9.5.2 Región Hidrogeológica Norte:

La integran los acuíferos y las zonas de recarga, tránsito y descarga presentes en los Municipios de: Neiva, Aipe, Algeciras, Baraya, Campoalegre, Colombia Huila, Hobo, Íquira, Palermo, Rivera, Santa María, Tello, Teruel, Villavieja y Yaguará.

En la región hidrogeológica norte se presentan estructuras favorables para el almacenamiento potencial de agua subterránea como lo es el geosinclinal del Valle Superior del Magdalena y pliegues menores como lo son los sinclinales de Media Luna, Cabaña, Tivoli, Palermo, San Antonio, donde se encuentran plegadas las unidades hidrogeológicas que conforman los diferentes tipos de acuíferos, de las cuales se estiman las mayores reservas de agua subterráneas.

En cuanto a la estructura del sinclinal de Cabrera no se considera de interés hidrogeológico, ya que lo conforman las rocas de Arcillolita de Colombia con un espesor que supera los 200m de material impermeables que dificultan el transito del agua.

3.9.5.2.1 Diagramas en Bloque Región Norte:

El modo de representar gráficamente un modelo hidrogeológico conceptual, es a través de bloques diagramas, ya que permiten mostrar en términos generales el funcionamiento de los sistemas acuíferos en 3 dimensiones.

Para una mejor comprensión del Modelo Hidrogeológico Conceptual de la Región Norte, se esquematizan mediante tres diagramas en bloque nombrados A-A´, B-B´y C-C´, en donde se ilustran cada uno de los ocho acuíferos de carácter regional y local identificados, así como las zonas de recarga, tránsito y descarga del agua subterránea en esta región.

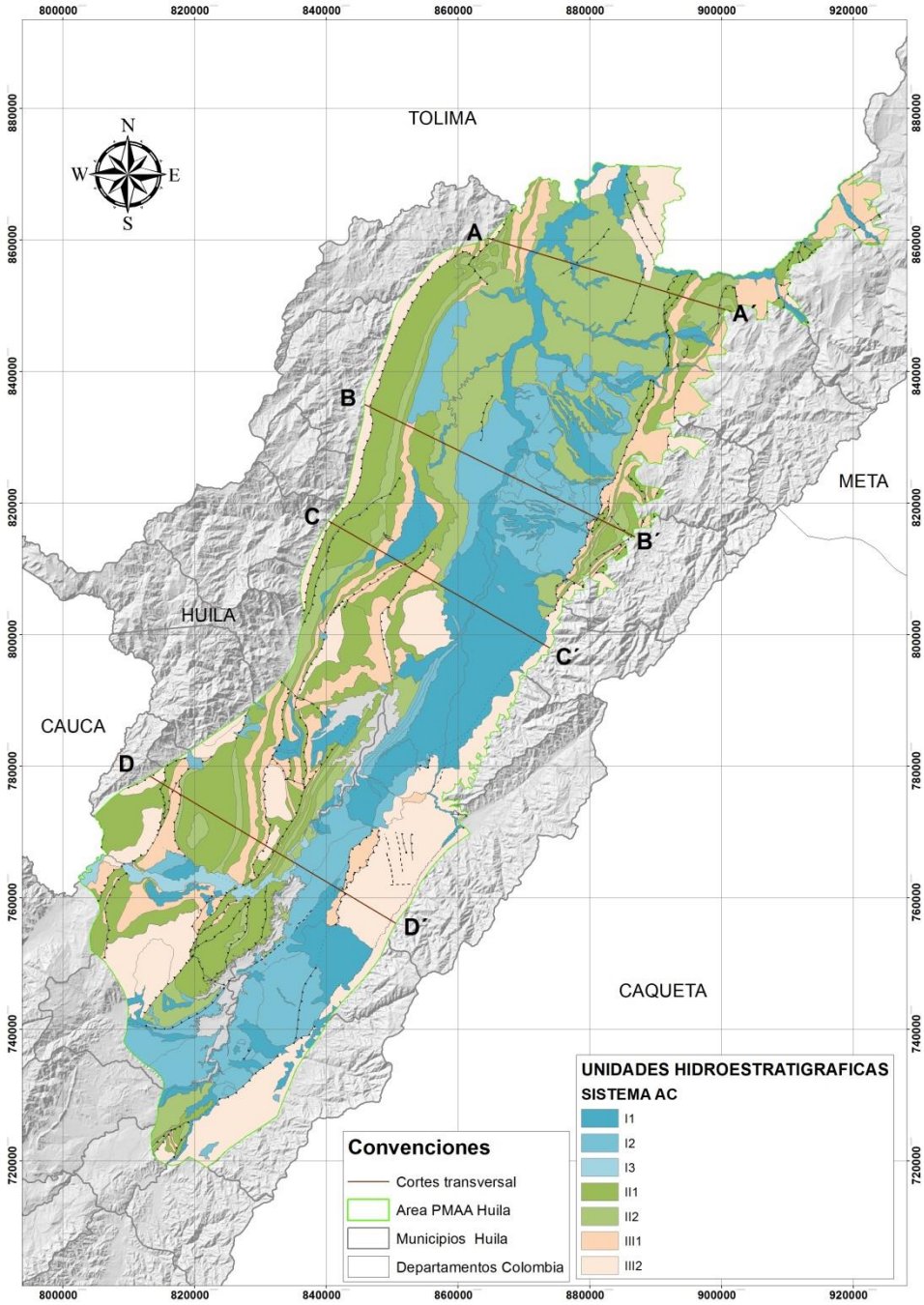


Ilustración 260 Localización Diagramas en Bloque.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.9.5.2.1.1 Diagrama en Bloque A-A´:

La sección A – A´ se encuentra localizada al norte del área de estudio en dirección NO – SE, donde se representa la Provincia Hidrogeológica del Valle Alto del Magdalena, la cual se divide en cuatro sistemas acuíferos, delimitadas principalmente por los cierres de las estructuras geológicas de interés hidrogeológico como lo son sinclinales. Mientras que las zonas de recarga están definidas a partir de las características litológicas de los materiales que permiten el paso del agua infiltrando y percollando hasta alcanzar grandes profundidades, también son consideradas como zonas de recarga las zonas de falla y el área de alta densidad de fracturamiento donde se generan porosidad secundaria en las rocas permitiendo la conducción y el transito del agua subterránea hasta alcanzar grandes profundidades. Finalmente se presentan los puntos de descarga, que en ocasiones surgen a la superficie formando manantiales, o recargando las aguas superficiales de lagos, quebradas y ríos que finalmente desembocan al mar.

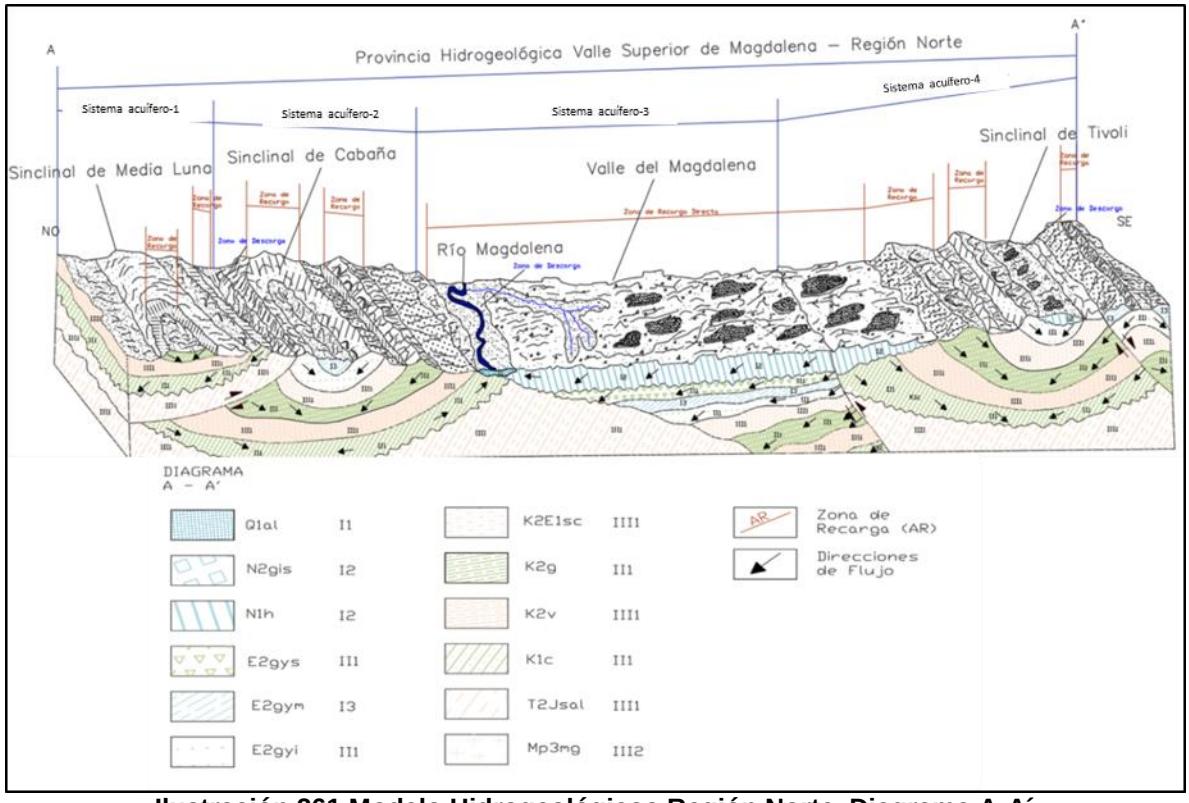


Ilustración 261 Modelo Hidrogeológicos Región Norte, Diagrama A-A´
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

A continuación, se describen detalladamente cada uno de los sistemas o sub-cuencas en las cuales se estima las mayores reservas de agua subterránea de la Región Norte:

- **Sub-cuenca – 1 Sinclinal de Media Luna**: Localizado al Noroccidente del área de estudio se delimita por la estructura geológica del sinclinal de Media Luna, con un área aproximada de 36,5 Km^2, en donde se encuentran plegadas las Formaciones de edades Cretácicas, en el núcleo se encuentra las rocas del Grupo Guadalupe (K2g) que conforma los sistemas acuíferos confinados de la Unidad Hidrogeológica (II1). La subrayase las rocas del Grupo Villeta (K2V) Unidad Hidrogeológica (III1), los cuales son materiales impermeables que forman acuitardos, a una mayor profundidad se encuentran las rocas de la Formación Caballo (K1c), que se consideran acuíferos confinados, el cual está rodeado de materiales impermeables de las rocas del Grupo Villeta (K2v) y el basamento hidrogeológico de la Formación Saldaña (T2Jsal). Es importante mencionar que no se evidencia conexión hidráulica entre el acuífero de la Formación Guadalupe (K2g) y el acuífero de la Formación Caballos (K1c).

  La zona de recarga se identifica en los flancos de los anticlinales contiguos a ambos lados del sinclinal de Media Luna, donde aflora materiales porosos donde el flujo de agua es direccionado al bajo topográficos y la percolación esn año seco supere 0.01- 412.06 mm/a, año húmedo 0.01 – 1731.42 mm/a, promedio anual 0.01 – 867.3 mm/a. Otra zona de recarga es el área alta densidad de fracturamiento producto del tectonismo causado por el sistema de Falla de Chusmas, ya se genera porosidad secundaria en las rocas permitiendo el paso del agua alcanzado grandes profundidades. También se estima que las rocas aflorantes de la Formación Guadalupe que conforman el núcleo de la estructura se presente recarga directa.

  A partir de los espesores saturados de las unidades hidrogeológicas de interés, su porosidad eficaz y el área que abarca la estructura del Sinclinal de Media Luna se estimaron las reservas estáticas de 4 Km^3 aproximadamente. Para el cálculo de las reservas dinámica se considera la recarga potencial por precipitación que ingresan anualmente al sistema de acuífero, que para el caso específico del Sinclinal de Media Luna se valoran para un mínimo de 120 mm/año y un máximo 133 mm/año de esta forma se puede pensar que las reservas dinámicas en el área de la estructura es de 0,005 Km^3/año, y un caudal explotable de 0,0020 Km^3 aclarando que se trata del caudal teórico que se puede extraer de los recursos disponibles de

un acuífero, sin alterar el régimen de explotación establecido por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena.

- **Sub-cuenca – 2 Sinclinal de Cabaña**: Delimitada por la estructura geológica del sinclinal de Cabaña, con un área de 76,7 Km^2 aproximadamente, donde se encuentran plegadas las Formaciones de edades Cretácicas y Terciarias, se presenta los acuíferos de la Formación Gualanday inferior (E2gyi), el cual se halla confinado entre los materiales impermeables de la Formación Gualanday medio (E2gym) y la Formación Seca (K2E1sc). Seguidamente se muestran los acuíferos confinados del Grupo Guadalupe (K2g) encerrado entre las rocas impermeables de la Formación Seca (K2E1sc) y del Grupo Villeta (K2v). A una mayor profundidad se disponen los acuíferos de la Formación Caballos (K1c) (II1), los cuales son de carácter confinados ya que en su techo y en la base se halla rodeado por los materiales impermeables de las rocas del Grupo Villeta (K2V) (III1) y el basamento hidrogeológico de la Formación Saldaña (T2Jsal).

  Es importante mencionar que no se evidencia de redes de flujo de conexión hidráulica entre los acuíferos anteriormente descritos.

  En cuanto a la zona de recarga se identifica los materiales permeables aflorantes en los flancos del anticlinal donde el flujo de agua es direccionado a los bajos topográficos. Otra zona de recarga identificada, es la zona de alta densidad de fracturamiento próximas a las fallas, mediante las cual agua ingresa agua al sistema recargando los acuíferos más profundos. También se estima que en los flancos del sinclinal donde aflora las rocas de la Formación Gualanday inferior (E2gys) es zona de recarga directa.

  A partir de los espesores saturados de las unidades hidrogeológicas de interés, su porosidad eficaz y el área que abarca la estructura del Sinclinal de Cabaña se estiman que las reservas estáticas son de 17 Km^3 aproximadamente. Para el cálculo de las reservas dinámica se considera la recarga potencial por precipitación que ingresan anualmente al sistema de acuífero, que para el caso específico del Sinclinal de Cabaña se valoran un mínimo de 114 mm/año y un máximo 124 mm/año de esta forma se puede pensar que las reservas dinámicas en el área de la estructura son de 0,009 Km^3/año, y un caudal explotable de 0,0158 Km^3 al caudal que se puede

extraer de los recursos disponibles de un acuífero, sin alterar el régimen de explotación establecido por la autoridad ambiental competente.

- **Sub-cuenca – 3 Valle del Magdalena**: se delimita por geo forma del amplio Valle del Río Magdalena con un área aproximada de 1977 Km^2, en donde se encuentran Depósitos Cuaternarios hasta las Formaciones de edades Cretácicas. Los acuíferos libres de los Depósitos Cuaternarios son los más someros y se presentan recarga directa por precipitaciones. También se hallan los acuíferos de la Formación Gigante medio y Gigante inferior, los cuales son de gran importancia, ya que son aguas subterráneas de uso prioritario para el abastecimiento de las comunidades. Estos acuíferos presentan conexión hidráulica con los acuíferos de Depósitos Cuaternarios, ya que en el tope no se encuentran rodeados de materiales impermeables por lo tanto son considerados de carácter semi-confinados. Seguidamente se localizan los acuíferos multicapas del Grupo Honda, estos acuíferos presentan capas potentes de material impermeables como son las arcillolitas con intercalaciones de areniscas conglomeráticas que son buenos almacenadores agua y se clasifican como acuíferos confinados. Los acuíferos del Grupo Honda se encuentran separados hidráulicamente de los acuíferos de la Formación Gualanday Superior por la discordancia del Oligoceno, ya que no es evidencia de redes de flujo entre estos. Los acuíferos de la Formación Gualanday inferior (E2gyi), se hallan confinado entre los materiales impermeables de la Formación Gualanday medio (E2gym) y la Formación Seca (K2E1sc). Seguidamente se muestran los acuíferos confinados del Grupo Guadalupe (K2g) encerrado entre las rocas impermeables de la Formación Seca (K2E1sc) y del Grupo Villeta (K2v). A una mayor profundidad se disponen los acuíferos de la Formación Caballos (K1c) (II1), los cuales son de carácter confinados ya que en su techo y en la base están rodeado por los materiales impermeables de las rocas del Grupo Villeta (K2V) (III1) y el basamento hidrogeológico de la Formación Saldaña (T2Jsal).

  La zona de recarga se identifica sobre las rocas y materiales permeables afloran tés en el amplio Valle del Magdalena. Cuando la percolación esn año seco supere 0.01- 412.06 mm/a, año húmedo 0.01 – 1731.42 mm/a, promedio anual 0.01 – 867.3 mm/a. Otra zona de recarga son los ápices de los abanicos aluviales y en las partes alta de las cuencas hidrológicas, y en la zona de fallas donde se genera porosidad secundaria en las rocas permitiendo el paso del agua alcanzado grandes profundidades.

A partir de los espesores saturados de las unidades hidrogeológicas de interés, su porosidad eficaz y el área que abarca el valle del Magdalena, se estimaron las reservas estáticas de 1.057 Km^3 aproximadamente. Para el cálculo de las reservas dinámica se considera la recarga potencial por precipitación que ingresan anualmente al sistema de acuífero, que para el caso específico del Sinclinal de Media Luna se valoran para un mínimo de 91 mm/año y un máximo 131 mm/año de esta forma se puede pensar que las reservas dinámicas en el área del Valle del Magdalena es de 0,259 Km^3/año, y un caudal explotable de 27,35 Km^3 a aclarando que se trata del caudal teórico que se puede extraer de los recursos disponibles de un acuífero, sin alterar el régimen de explotación establecido por la autoridad ambiental competente.

- **Sub-cuenca – 4 Sinclinal de Tivoli**: delimitada por el cierre de la estructura del sinclinal de Tivoli que cuenta con un área de 126 Km^2, donde se encuentran plegadas las rocas del Grupo Honda, Gualanday inferior, Formación Seca, Grupo Guadalupe y Grupo Villeta. Los acuíferos formados por el Grupo Honda, Gualanday inferior y Guadalupe son de carácter confinado, ya que se encuentran rodeados de materiales impermeables.

  En cuanto a la zona de recarga se identifica los materiales permeables aflorantes en los flancos del anticlinal contiguo al sinclinal de Tivoli y las zonas de alta densidad de fracturamiento próximas a las fallas, mediante porosidad secundaria el agua ingresa al sistema recargando los acuíferos más profundos. También se estima que en los flancos del sinclinal donde aflora las rocas de la Formación Gualanday inferior (E2gys) cuando la percolación en año seco supere 0.01- 412.06 mm/a, año húmedo 0.01 – 1731.42 mm/a, promedio anual 0.01 – 867.3 mm/a.

  A partir de los espesores saturados de las unidades hidrogeológicas de interés, su porosidad eficaz y el área que abarca la estructura del Sinclinal de Tivoli, se estiman que las reservas estáticas son de 32Km^3 aproximadamente de agua es bicarbonatada cálcica. Para el cálculo de las reservas dinámica se considera la recarga potencial por precipitación que ingresan anualmente al sistema de acuífero, que para el caso específico del Sinclinal de Cabaña se valoran un mínimo de 93 mm/año y un máximo 131 mm/año de esta forma se puede pensar que las reservas dinámicas en el área de la estructura son de 0,014 Km^3/año, y un caudal explotable de 0,0445 Km^3 al caudal que se puede extraer de los recursos disponibles de

un acuífero, sin alterar el régimen de explotación establecido por la autoridad ambiental competente.

3.9.5.2.1.2 Diagrama en Bloque B-B´:

La sección B – B´ tiene dirección NO – SE perpendicular a las estructuras geológicas, donde se representa la sub-cuenca 3 Valle del Magdalena, descrita anteriormente y la sub-cuenca 5 delimitada principalmente por la estructura del Sinclinales de San Antonio.

Las zonas de recarga están definidas a partir de las características litológicas de los materiales que permiten el paso del agua infiltrando y percollando hasta alcanzar grandes profundidades, también son consideradas como zonas de recarga las zonas de falla y el área de alta densidad de fracturamiento cuando la percolación esn año seco supere 0.01- 412.06 mm/a, año húmedo 0.01 – 1731.42 mm/a, promedio anual 0.01 – 867.3 mm/a.

Finalmente, los puntos de descarga, que en ocasiones surgen a la superficie formando manantiales, o recargando las aguas superficiales de lagos, quebradas y ríos que finalmente desembocan al mar.

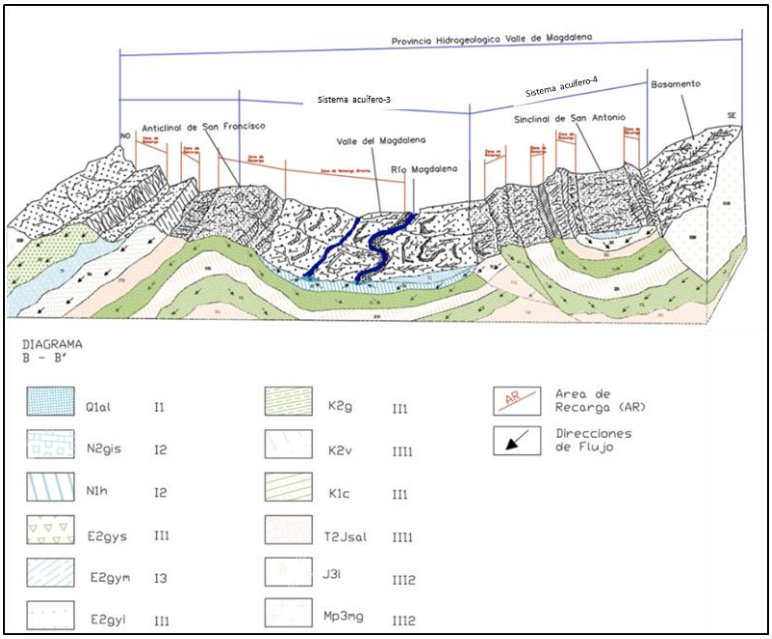


Ilustración 262 Modelo Hidrogeológicos Región Norte, Diagrama B-B´
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- **Sub-cuenca – 3 Valle del Magdalena**: Como se explicó en el ítem anterior 2.8.5.10.2, lo conforma la geo forma del Valle del Río Magdalena con un área aproximada de 1977 Km^2, en donde se encuentran Depósitos Cuaternarios hasta las Formaciones de edades Cretácicas.

  El bloque diagrama B-B`, se puede observar que el amplio Valle de magdalena presenta una zona de recarga en el flanco oriental del Anticlinal de San Francisco el cual mediante sus rocas premiables se infiltra el agua hasta alcanzar grandes profundidades recargando los acuíferos más profundos.

  A partir de los espesores saturados de las unidades hidrogeológicas de interés, su porosidad eficaz y el área que abarca el valle del Magdalena, se estimaron las reservas estáticas de 1.057 Km^3 aproximadamente. Para el cálculo de las reservas dinámica se considera la recarga potencial por precipitación que ingresan anualmente al sistema de acuífero, que para el caso específico del Sinclinal de Media Luna se valoran para un mínimo de 91 mm/año y un máximo 131 mm/año de esta forma se puede pensar que las reservas dinámicas en el área del Valle del Magdalena es de 0,259 Km^3/año, y un caudal explotable de 27,35 Km^3 a aclarando que se trata del caudal teórico que se puede extraer de los recursos disponibles de un acuífero, sin alterar el régimen de explotación establecido por la autoridad ambiental competente.

- **Sub-cuenca – 5 Sinclinal de San Antonio**: delimitada por la estructura del sinclinal de San Antonio, con un área de 126 Km^2, donde se encuentran los acuíferos de la Formación Gualanday Superior, la cual se encuentra confinado por las rocas de la Formación Gualanday medio, seguidamente se presenta el acuífero de la Formación Gualanday inferior, confinado entre las rocas de la Formación Gualanday medio y las rocas de la Formación Seca. Inmediatamente se escueta el acuífero del Grupo Guadalupe confinado por las rocas de la Formación Seca y las rocas del Grupo Villeta.

  En cuanto a la zona de recarga cuando la percolación en un año seco supere 0.01- 412.06 mm/a, año húmedo 0.01 – 1731.42 mm/a, promedio anual 0.01 – 867.3 mm/a en los materiales permeables aflorantes en los flancos del anticlinal contiguo al sinclinal de San Antonio y las zonas de alta densidad de fracturamiento próximas a las fallas, mediante las cual agua ingresa agua al sistema recargando los acuíferos más profundos.

A partir de los espesores saturados de las unidades hidrogeológicas de interés, su porosidad eficaz y el área que abarca la estructura del Sinclinal de San Antonio, se estiman que las reservas estáticas son de 33 Km^3 aproximadamente. Para el cálculo de las reservas dinámica se considera la recarga potencial por precipitación que ingresan anualmente al sistema de acuífero, que para el caso específico del Sinclinal de San Antonio se valoran un mínimo de 130 mm/año y un máximo 160 mm/año de esta forma se puede pensar que las reservas dinámicas en el área de la estructura son de 0,019 Km^3/año, y un caudal teórico explotable de 0,0625 Km^3 al caudal que se puede extraer de los recursos disponibles de un acuífero, sin alterar el régimen de explotación establecido por la autoridad ambiental competente.

3.9.5.2.1.3 Diagrama en Bloque C-C´:

La sección C – C´ tiene dirección NO – SE perpendicular a las estructuras geológicas, donde se representa la sub-cuenca 3 Valle del Magdalena, descrita anteriormente y la sub-cuenca 6 delimitadas principalmente por la estructura del Sinclinales de Palermo.

Las zonas de recarga están definidas a partir cuando la percolación esn año seco supere 0.01- 412.06 mm/a, año húmedo 0.01 – 1731.42 mm/a, promedio anual 0.01 – 867.3 mm/a. y las características litológicas de los materiales que permiten el paso del agua infiltrando y percollando hasta alcanzar grandes profundidades, también son consideradas como zonas de recarga los altos topográficos y los flancos de los anticlinales contiguos a ambos lados del sinclinal de Palermo, y las zonas de falla y el área de alta densidad de fracturamiento.

Finalmente se presentan los puntos de descarga, que en ocasiones surgen a la superficie formando manantiales, o recargando las aguas superficiales de lagos, quebradas y ríos que finalmente desembocan al mar.

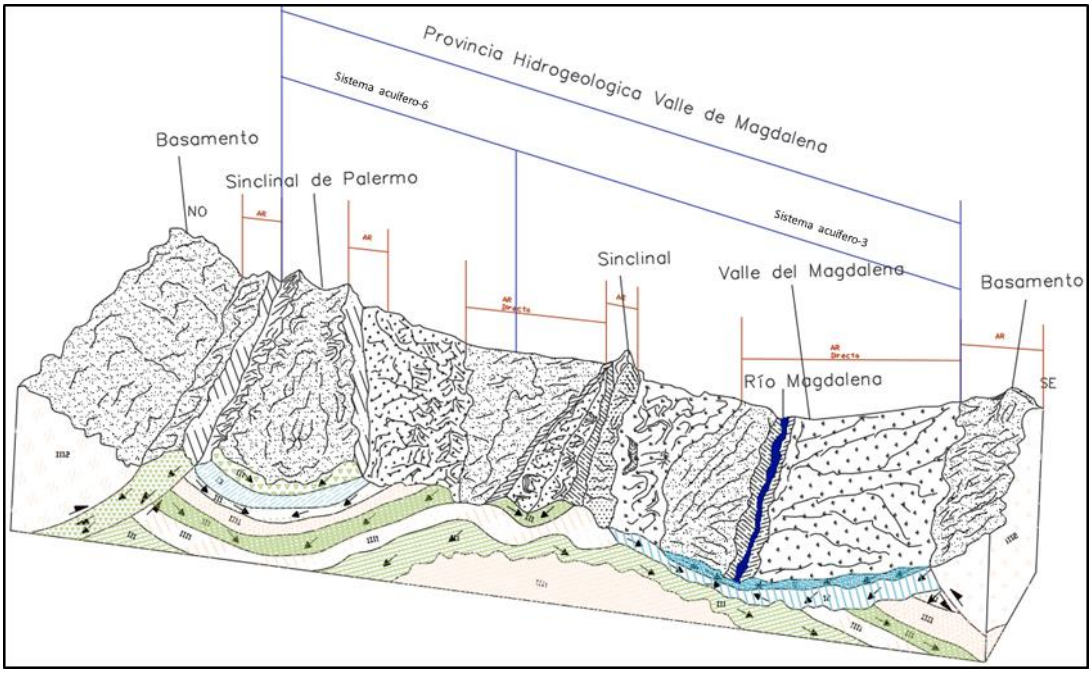


Ilustración 263 Modelo Hidrogeológicos Región Norte, Diagrama C-C´
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- **Sub-cuenca – 3 Valle del Magdalena**: El bloque diagrama C-C`, se puede observar que el amplio Valle de Magdalena presenta acuíferos libres, los cuales presenta recarga directa por precipitaciones.

- **Sub-cuenca – 6 Sinclinal de Palermo**: delimitada por la estructura del sinclinal de Palermo, con un área de 112 Km^2, donde se encuentran los acuíferos de la Formación Gualanday Superior, la cual se encuentra confinado por las rocas de la Formación Gualanday medio, seguidamente se presenta el acuífero de la Formación Gualanday inferior, confinado entre las rocas de la Formación Gualanday medio y las rocas de la Formación Seca.

  En cuanto a la zona de recarga se identifica los materiales permeables aflorantes en los flancos del anticlinal contiguo al sinclinal de Palermo donde cuando la percolación esn año seco supere 0.01- 412.06 mm/a, año húmedo 0.01 – 1731.42 mm/a, promedio anual 0.01 – 867.3 mm/a y las zonas de alta densidad de fracturamiento próximas a las fallas, mediante porosidad secundaria ingresa agua al sistema recargando los acuíferos más profundos.

A partir de los espesores saturados de las unidades hidrogeológicas de interés, su porosidad eficaz y el área que abarca la estructura del Sinclinal de San Antonio, se estiman que las reservas estáticas son de 33 Km^3 aproximadamente. Para el cálculo de las reservas dinámica se considera la recarga potencial por precipitación que ingresan anualmente al sistema de acuífero, que para el caso específico del Sinclinal de San Antonio se valoran un mínimo de 162 mm/año y un máximo 201 mm/año de esta forma se puede pensar que las reservas dinámicas en el área de la estructura son de 0,020 Km^3/año, y un caudal teórico explotable de 0,0483 Km^3 al caudal que se puede extraer de los recursos disponibles de un acuífero, sin alterar el régimen de explotación establecido por la autoridad ambiental competente.

3.9.5.3 Región Hidrogeológica Centro:

Lo conforman los acuíferos, zonas de recarga y descarga presentes en los Municipios de Garzón, Altamira, El Pital, El Agrado y Gigante, en donde se priorizan los acuíferos más someros es decir, los acuíferos de la libres de los Depósitos Cuaternarios y los acuíferos semi-confinados a confinados de la Formación Gigante, Grupo Honda. También se observa en esta región se presentan estructuras favorables para el almacenamiento potencial de agua subterránea como lo es el pliegues del sinclinales de Garzón.

- **Sub-Cuenca -7 Sinclinal de Garzón:** A partir de los espesores saturados de las unidades hidrogeológicas de interés, su porosidad eficaz y el área que abarca el valle del Magdalena, se estimaron las reservas estáticas de 1.057 Km3 aproximadamente. Para el cálculo de las reservas dinámica se considera la recarga potencial por precipitación que ingresan anualmente al sistema de acuífero, que para el caso específico del Sinclinal de Media Luna se valoran para un mínimo de 91 mm/año y un máximo 131 mm/año de esta forma se puede pensar que las reservas dinámicas en el área del Valle del Magdalena es de 0,259 Km3/año, y un caudal explotable de 27,35 Km^3 a aclarando que se trata del caudal que se puede extraer de los recursos disponibles de un acuífero, sin alterar el régimen de explotación establecido por la autoridad ambiental competente.

3.9.5.4 Región Hidrogeológica Occidente:

Lo conforman los acuíferos, zonas de recarga y descarga presentes en los Municipios de La Plata, Paicol, Tesalia, Nátaga. El cortes hidrogeológicos D-D´ y diagramas en bloque D-D´, esquematizan el Modelo Hidrogeológico Conceptual para dicha región hidrogeológica en donde se priorizan los acuíferos más someros es decir, los acuíferos de la libres de los Depósitos Cuaternarios, y las estructuras favorables para el almacenamiento potencial de agua subterránea como lo es el pliegues del sinclinales de Tesalia en el cual se almacena las mayores reservas de agua subterránea.

El Modelo Hidrogeológico Conceptual de la Región Occidente se representa mediante el bloque diagrama D - D`, donde se muestra en términos generales el funcionamiento de los sistemas acuíferos en 3 dimensiones ilustrando en profundidad los acuíferos de carácter regional y local identificados, así como las zonas de recarga, tránsito y descarga del agua subterránea en la Región Occidente.

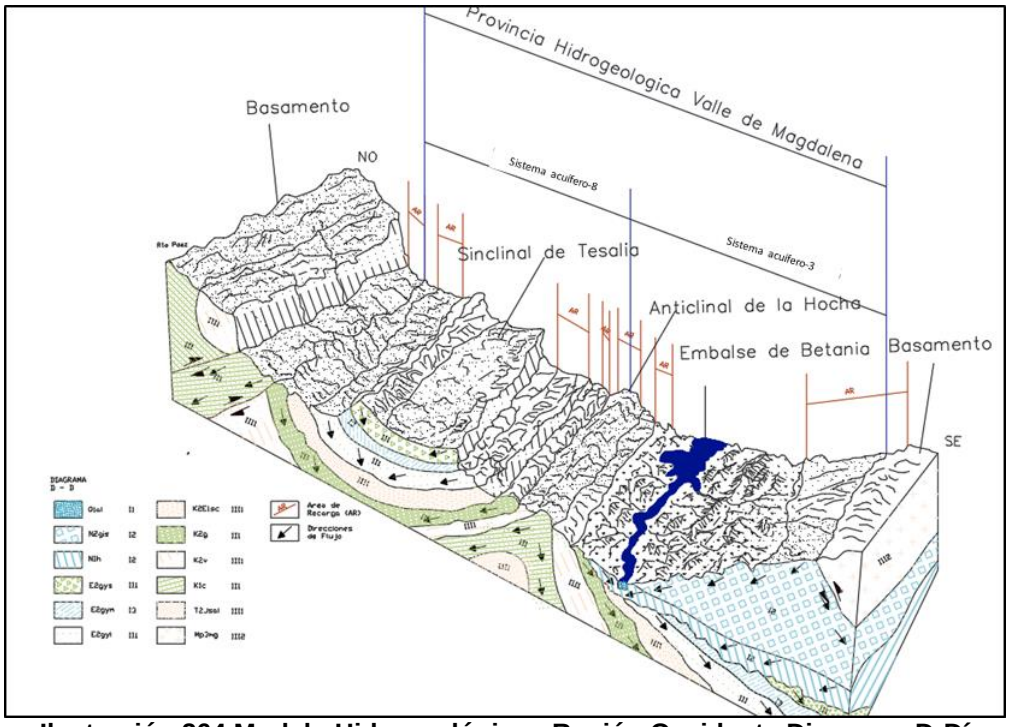


Ilustración 264 Modelo Hidrogeológicos Región Occidente Diagrama D-D´
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- **Sub-cuenca – 8 Sinclinal de Tesalia**: delimitada por la estructura del sinclinal de Tesalia, con un área de 472 Km^2, donde se encuentran los acuíferos de la Formación Gualanday Superior, la cual se encuentra

confinado por las rocas de la Formación Gualanday medio, seguidamente se presenta el acuífero de la Formación Gualanday inferior, confinado entre las rocas de la Formación Gualanday medio y las rocas de la Formación Seca.

En cuanto a la zona de recarga se identifica los materiales permeables aflorantes en el flanco occidental del anticlinal de La Hocha y las zonas de alta densidad de fracturamiento próximas a las fallas, mediante las cual agua ingresa agua al sistema recargando los acuíferos más profundos.

A partir de los espesores saturados de las unidades hidrogeológicas de interés, su porosidad eficaz y el área que abarca la estructura del Sinclinal de Tesalia, se estiman que las reservas estáticas son de 324 Km^3 aproximadamente. Para el cálculo de las reservas dinámica se considera la recarga potencial por precipitación que ingresan anualmente al sistema de acuífero, que para el caso específico del Sinclinal de San Antonio se valoran un mínimo de 147 mm/año y un máximo 162 mm/año de esta forma se puede pensar que las reservas dinámicas en el área de la estructura son de 0,077 Km^3/año, y un caudal explotable de 2,47 Km^3 al caudal que se puede extraer de los recursos disponibles de un acuífero, sin alterar el régimen de explotación establecido por la autoridad ambiental competente.

3.9.5.5 Zonas de recarga:

Dentro de las entradas del sistema destacan aquellas que constituyen la recarga efectiva, es decir, que hacen sostenible la explotación subterránea del medio en el largo plazo sin mermar en forma importante su volumen almacenado. Para la delimitación de las zonas de recarga, se utiliza la información existente de la topografía, suelos, vegetación, geología (con información estructural de zonas de fallas, diaclasas, fracturas), y mapas de Isopiezas y recarga potencial por precipitación cuando la percolación esn año seco supere 0.01- 412.06 mm/a, año húmedo 0.01 – 1731.42 mm/a, promedio anual 0.01 – 867.3 mm/a. Esta información puede fue evaluada con la ayuda de sistemas de información geográfica, de la cual se determina que las zonas de protección

Las principales fuentes de recarga corresponden a:

- Infiltración debido a la precipitación, directamente desde la superficie del sistema o bien desde su periferia a raíz de la lluvia que cae sobre las áreas

aportantes laterales y que escurren subsuperficialmente hasta llegar al acuífero.
- Infiltración por riego.
- Infiltración desde cauces naturales y canales.
- Entradas subterráneas provenientes de cuencas vecinas.
- Percolación de la red de agua potable.

Para la delimitación de las zonas de recarga, se utiliza la información existente de la topografía, suelos, vegetación, geología (con información estructural de zonas de fallas, diaclasas, fracturas), y mapas de Isopiezas y recarga potencial por precipitación cuando la percolación esn año seco supere 0.01- 412.06 mm/a, año húmedo 0.01 – 1731.42 mm/a, promedio anual 0.01 – 867.3 mm/a. Esta información puede fue evaluada con la ayuda de sistemas de información geográfica, de la cual se determina que las zonas de protección especial (Ver Tabla 90)

Tabla 90. Zonificación Recarga potencial año promedio

Régimen hídrico	Infiltración (mm año)	Litología	Tonalidad
Recarga potencial año promedio	0	-	-
	0,01 – 129,80	Q1al , Q2al, Qalr, N2gii, N2gim, Q2c, K1c,K2g,E2gyi, E2gim, E2gys, N1h, y en rocas muy fracturadas y meteorizadas de Mp3mg,T2Jsal, Jmgalg, Jgal, J3i, Jias, Jt	Roja
	129,81 – 379,16		
	379,16 – 867, 63		

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Se define como zona de recarga de año húmedo en el caso estimando la Recarga potencial año Húmedo donde se identifican las zonas de recarga que cumplen con las condiciones de litológicas pero que en año promedio y en año seco no logra infiltrar agua (Ver Tabla 91). La ce presenta en el mapa de zona de recarga en tonalidad naranja.

Tabla 91. Zonificación Recarga potencial año Húmedo

Régimen hídrico	Infiltración (mm año)	Litología	Tonalidad
Recarga potencial año promedio	0	-	-
	0,01 – 395,36	Q1al , Q2al, Qalr, N2gii, N2gim, Q2c, K1c,K2g,E2gyi, E2gim, E2gys, N1h, y en rocas muy fracturadas y meteorizadas de Mp3mg,T2Jsal, Jmgalg, Jgal, J3i, Jias, Jt	Naranja
	395,36 – 668,03		
	668,04 – 1731,42		

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

En la Ilustración 265 se muestra las zonas de recarga de los principales sistemas acuíferos identificados en el Sector Centro, Noroccidental Y Nororiental de la Cuenca Del Río Magdalena Departamento Del Huila. (Ver Anexo H-4 Zonas de Recarga GE393-PMAA-PSIG-ZRC-001-00).

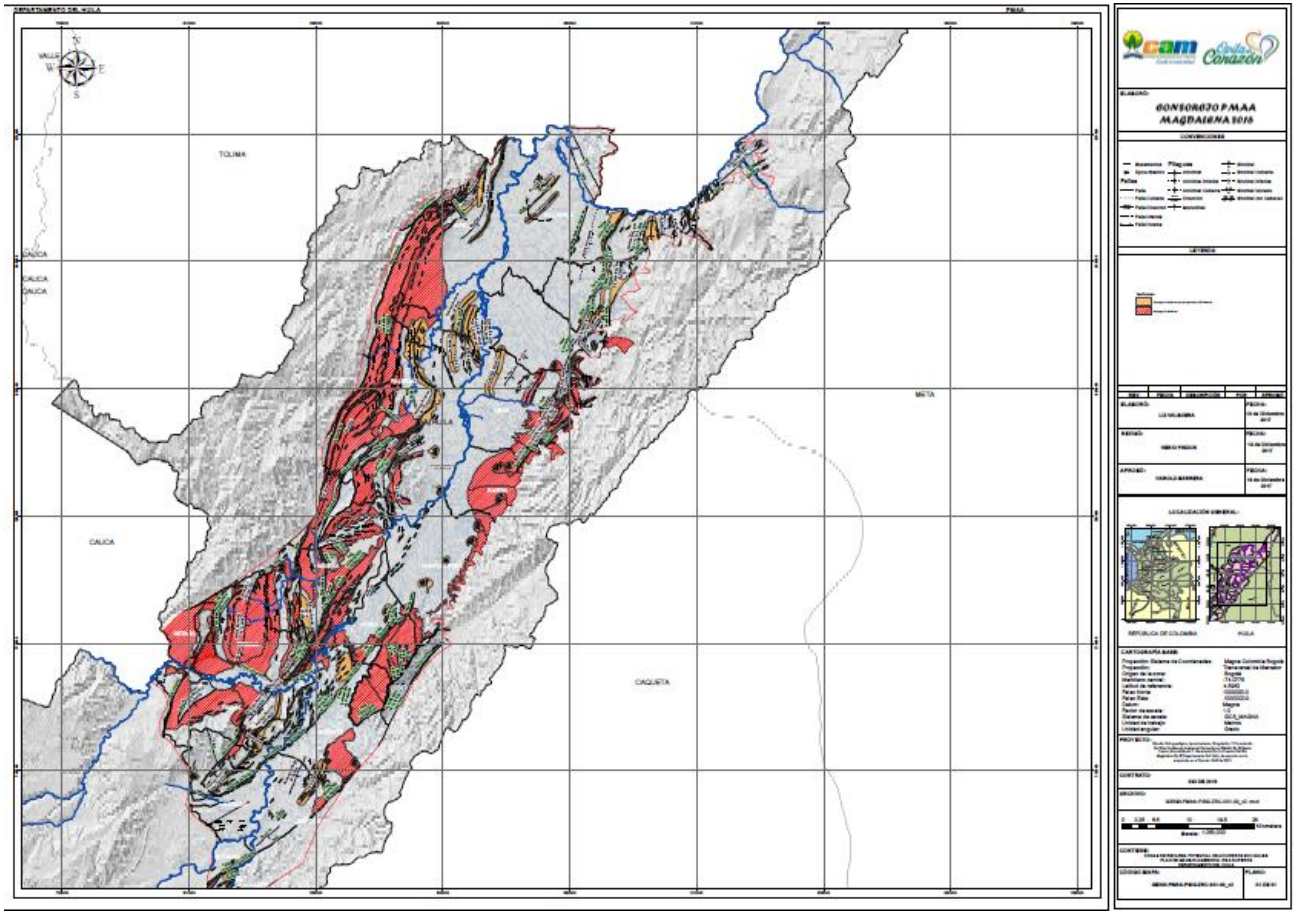


Ilustración 265. Mapa de zonas de recarga
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016

3.9.6 Modelo Numérico

3.9.6.1 Metodología para la construcción del modelo numérico

En términos generales, la metodología empleada para el proceso de elaboración del modelo numérico consistió en cuatro (4) etapas. A continuación, se describen:

a) Recopilación y verificación de información para la elaboración del modelo numérico:

Se recopiló y procesó de informes precedentes e información disponible, información relacionada con mediciones de los niveles de agua subterránea en piezómetros, manantiales, aljibes y pozos de monitoreo e información meteorológica. Posterior a esto, se verificó su evolución temporal y se procedió a organizar en oficina, los datos de entrada para el modelo numérico.

b) Documentación y revisión del software a emplear:

Se realizó una revisión de la documentación técnica de los softwares disponibles y se incorporó al texto una descripción de las bondades y beneficios adicionales que trae consigo la elección para la elaboración del modelo numérico.

c) Configuración del modelo numérico e ingreso de información:

Respecto al modelo numérico, se verificó y tomó de referencia lo establecido en el modelo hidrogeológico y geológico conceptual. Se preparó la información de entrada que empleará el modelo numérico (archivos con formato *.shp, *.xlsx, *.dwg, etc.) y la cual está relacionada con las configuraciones geométricas y conceptuales (i.e., condiciones de contorno e iniciales, parámetros hidráulicos, recarga, etc.) de la zona de estudio.

Posterior a esto, se realizó la primera corrida para observar la convergencia numérica.

d) Análisis de resultados y conclusiones:

Se procedió a realizar la calibración del modelo numérico y la simulación en estado permanente del sistema. Se exportaron los resultados (i.e., balances,

evolución de los niveles) para posterior análisis y se concluyó al respecto mencionando las limitaciones y recomendaciones pertinentes.

3.9.6.2 Selección del software

Para la construcción del modelo numérico se ha dado una revisión a los avances computacionales en la actualidad, los cuales permiten brindar una caracterización a una zona de estudio con configuración simple o compleja, ya sea por diferencias finitas o los elementos finitos (Bear, 1988), siendo los últimos más representativos, ya que pueden presentar mejores resultados, con un alto grado de confiabilidad respecto a las simplificaciones empleadas en las diferencias finitas, dando así una adecuada definición del contorno asociado con las geometrías complejas producto de las condiciones geológicas. Por otra parte, los elementos finitos, brindan una buena estimación de la distribución espacial del campo de la carga hidráulica, como así mismo de los parámetros hidráulicos, de acuerdo con las condiciones de contorno (Cauchy, Neuman o Dirichlet) establecidas por el modelador para la estimación del flujo y transporte.

Entre estas herramientas computacionales se tiene el software de elementos finitos FEFLOW ®, el cual se ha empleado para simular flujo y transporte en aguas subterráneas y su impacto en el medio ambiente hidrogeológico, ya que por medio de modelos bidimensionales (2D) o tridimensionales (3D), se pueden representar los desafíos de la representación de la geometría de estos modelos, el modelado de zonas no saturadas y la determinación de los parámetros más importantes que influyen en los resultados (*Goldschneider y Amantini*, 2009), pero es de vital importancia que la información suministrada en estos modelos, tales como geología, mapeo de puntos de agua, valores de precipitación, evaporación, infiltración y parámetros hidráulicos, claves en las formaciones geológicas, deben ser acordes con la realidad, sino se tendrán estimaciones erróneas o subjetivas y una mala concepción del modelo conceptual de la zona de estudio.

A continuación, se detallan algunas de las bondades de Feflow:

i. Modelación de superficies y transporte de contaminantes:

- Modela flujo a superficie libre y confinada, como así mismo, transporte a través de las unidades hidroestratigráficas variables saturadas y no saturadas.

- Simula transporte de masa y transporte reactivo a través de dominios del modelo de flujo de aguas subterráneas en 2D y 3D.

- Simulación de transporte de contaminantes de origen de fuentes puntuales y no puntuales, a través de dominios 2D y 3D.

- Exporta los resultados de transporte de masa por tiempo de paso empleado a través de EarthVision ™ (Ilustración 266) para visualizar el comportamiento de la masa en 3D el transporte de masa en relación con las estructuras subterráneas y estimar que resulta volúmenes de tierra afectadas.

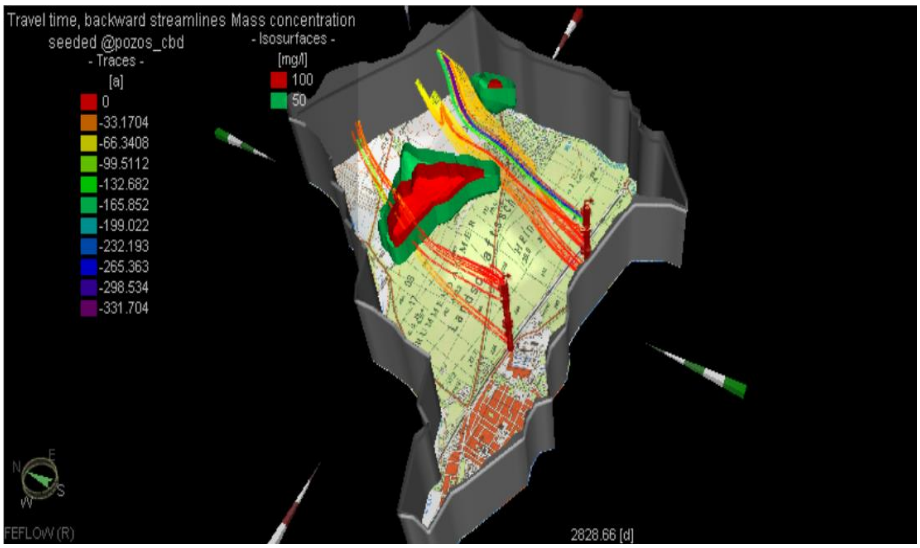


Ilustración 266 Simulación de problemas de transporte de masa
Fuente: DHI-WASY, 2013

- Desarrolla modelos de doble permeabilidad utilizando el paquete de elementos discretos para simular un conducto y flujo en una matriz de un acuífero kárstico (Ilustración 267 e Ilustración 268).

- Define conductos como elementos en dos dimensiones (vertical y horizontal) a través de elementos lineales asignados a lo largo de las extremidades de los elementos de la malla.

- Los conductos definidos entre swallets conocidos (nodos) de infiltración y manantiales (nodos de descarga) y hasta gradiente de manantiales en la matriz.

- El flujo a través de conductos definidos utilizando la ecuación de Manning-Strickler, etc.

- Utiliza una sección de conexión entre nodos de DFN para definir la capacidad de transporte del conducto.

- Utiliza un factor de rugosidad para controlar la velocidad del flujo de agua (grado en que la característica representa un solo conducto o de la zona de conductos).

- Define las ubicaciones y dimensiones de los conductos a través de la calibración de los niveles de aguas subterráneas, vertidos y las velocidades de las aguas subterráneas a través de trazadores definidos.

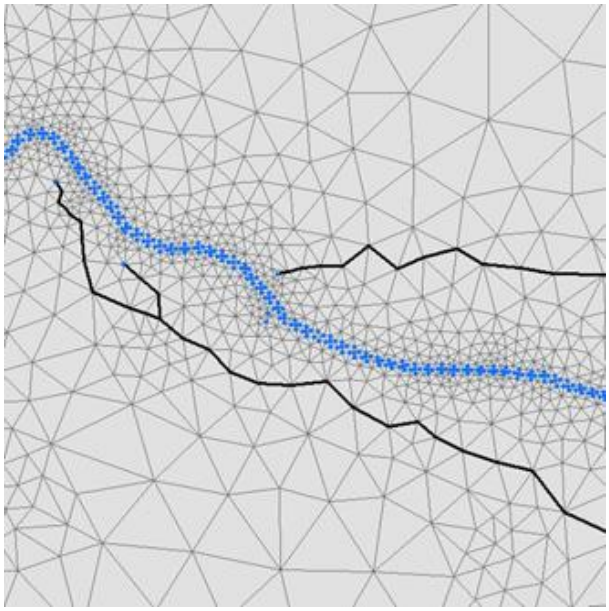


Ilustración 267 Delimitación de propiedades de los def.

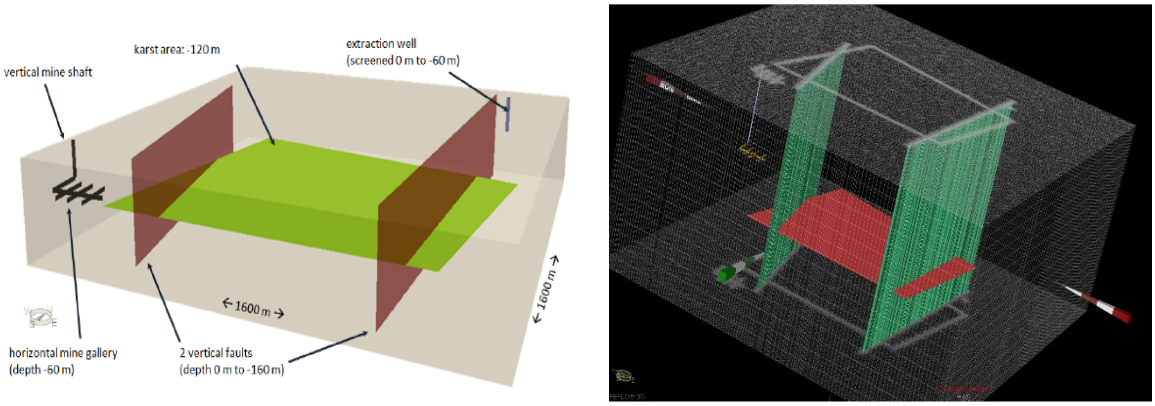


Ilustración 268 Planos de fracturas
Fuente: DHI-WASY, 2013

ii. Diseño de enmallados complejos:

- Integra la construcción del enmallado con ArcGIS para facilitar el diseño de mallas complejas y su refinamiento.

- Desarrollo de mallas complejas para simular geometrías laterales y verticales de las estructuras naturales y artificiales complejas (túneles) que flujo del agua subterránea, incluyendo conductos cársticos que convergen a manantiales y ríos (Ilustración 269).

- Las características simuladas incluyen: capas o lentes delgados, discontinuos de diferentes propiedades de materiales, grandes bóvedas y diques; arroyos, ríos, manantiales, lagos, túneles, etc.

- Tiene incluido un plug-in de revisión de los criterios mínimos de ángulo internos de los elementos para promover la convergencia y reducir al mínimo los errores de modelo.

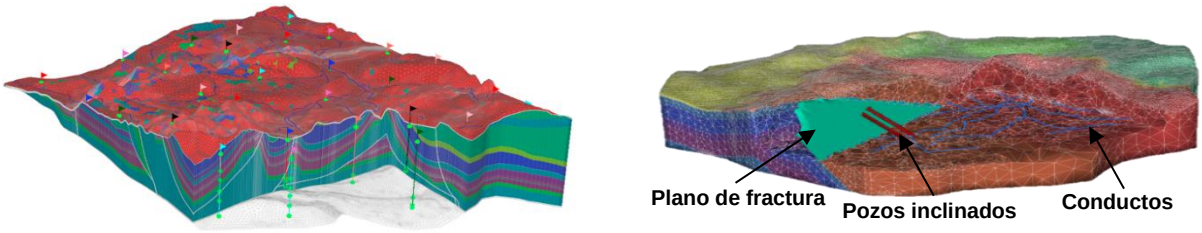


Ilustración 269 Enmallados complejos en feflow (mallas estructuradas y no estructuradas)
Fuente: DHI-WASY, 2013

Adicional, FEFLOW ha sido usado y probado por más de 30 años, está plenamente verificado y sigue los estándares internacionales de modelación numérica. En síntesis, su selección para modelar los sistemas de flujo de aguas subterráneas apoya en una serie de criterios incluidos los matemáticos (e.g, precisión de la solución y tiempo de computación), heterogeneidad espacial (e.g., el flujo subterráneo del sistema rocoso y aluvial), funcionales (por ejemplo, la visualización), y económicos (e.g., la posibilidad de revisar el modelo sin costo).

3.9.6.3 Modelación

Para esta etapa y a partir de los cuatro (4) modelos conceptuales, se definieron zonas homogéneas e isotrópicas en función de su comportamiento hidrogeológico. Seguido a esto, se empleó el software comercial FEFLOW para crear cuatro (4) modelos numéricos bidimensionales desde la configuración y concepción de un modelo de medios porosos equivalentes, los cuales representan las condiciones topográficas, el comportamiento geológico en extensión y a profundidad de las líneas geofísicas (A-A' a D-D'), las zonas de recarga, descarga y comportamiento del agua subterránea de cada zona de estudio.

Cabe mencionar que en vista de la poca disponibilidad de información e incertidumbre del modelo geológico 3D o de bloque, no es posible llevar a cabo una modelación regional en extensión y a profundidad 3D, sin conocer antes, las configuraciones estructurales y espesores en todo el dominio, la construcción de un modelo numérico geológico validado con registros de perforación o columnas litoestratigráficas, el monitoreo de niveles de agua subterránea, el diseño de los pozos de monitoreo, los registros de caudales de explotación en series temporales, el inventario de niveles o cotas de fuentes superficiales (lagos, embalses y ríos), la cuantificación de parámetros hidráulicos saturados y no saturados, y niveles estáticos en formaciones no investigadas, etc.

La metodología para la construcción de los cuatro (4) modelos numéricos se estructura a través de los siguientes pasos:

- Definición del dominio
- Condiciones iniciales o frontera
- Asignación de parámetros hidráulicos
- Calibración y validación
- Resultados

3.9.6.4 Revisión del modelo conceptual

Se procede a revisar los modelos conceptuales (Ilustración 270) presentados en el numeral 2.10 Construcción del modelo hidrogeológico conceptual y a partir de estos, se toman las configuraciones geométricas, identificación de órdenes de magnitud de propiedades hidráulicas, puntos de observación de niveles estáticos, condiciones iniciales, conectividad hidráulica, patrones estructurales, etc.

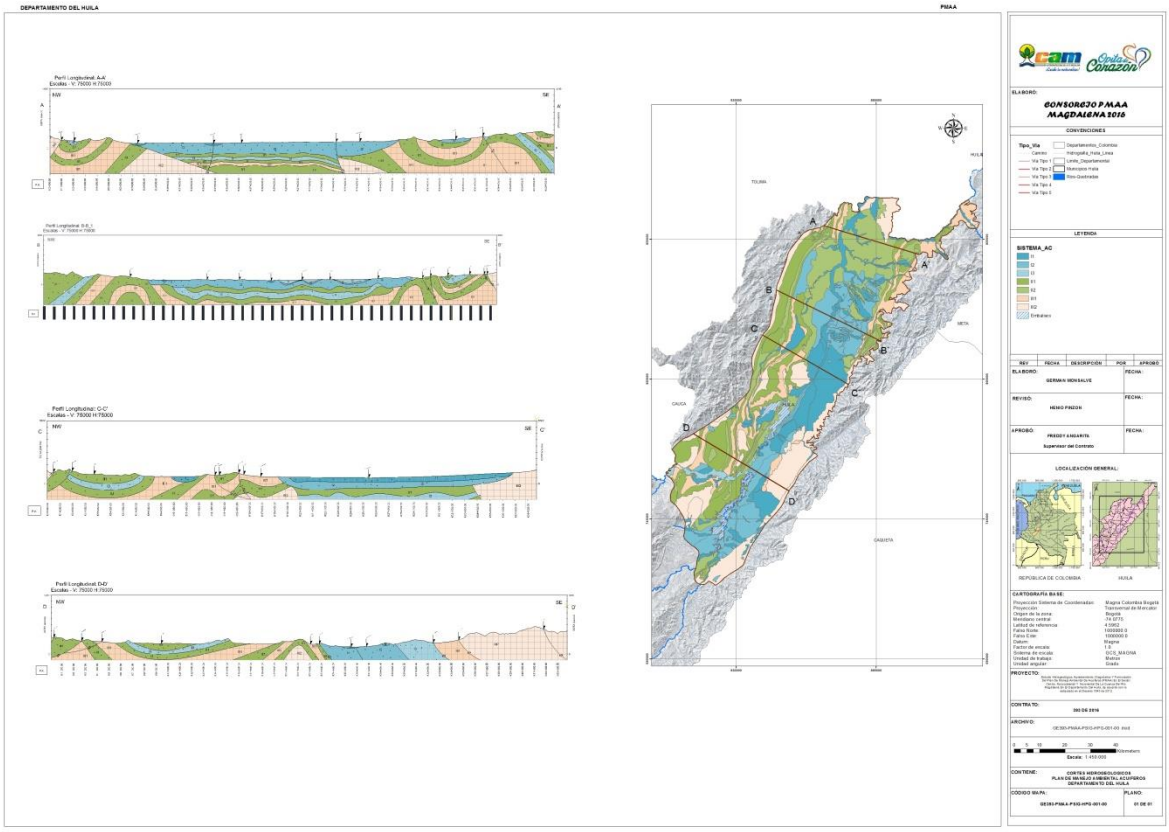


Ilustración 270 Modelos hidrogeológicos conceptuales del sector centro, noroccidental y nororiental de la cuenca del Río Magdalena
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.9.6.5 Construcción del modelo numérico en Feflow

Dominio

El primer paso para la modelación numérica consistió en definir el dominio de los cuatro modelos numéricos, con elementos geométricos tales como líneas, puntos o polígonos que harán parte de la geometría bidimensional de éstos. Posteriormente, se creó una súper malla (supermesh) con la proyección de las configuraciones geológicas y superficiales para garantizar una adecuada refinación de los tamaños de los elementos.

Una vez definido el dominio de interés, se procedió a enmallar éstos con elementos finitos de tipo triángulo, con un ángulo interno mínimo de 30°, y una gradación de 5 y dimensión de 20 m de los triángulos. Para los polígonos que describen la configuración geológica en zonas con potencial hidrogeológico (unidades I1 a I3) se realiza un cambio en la densidad de malla respecto a las zonas con menor potencial (unidades III1 a III3). Lo anterior, garantiza criterios de convergencia, conectividad, y transición de la conductividad entre las zonas con menor potencial de aprovechamiento. En la Ilustración 271 se puede apreciar las 4 *Supermesh* empleadas para la generación de la malla de elementos finitos del modelo y en la Tabla 92, las configuraciones de las mallas resultantes.

Modelo conceptual Sección A-A'

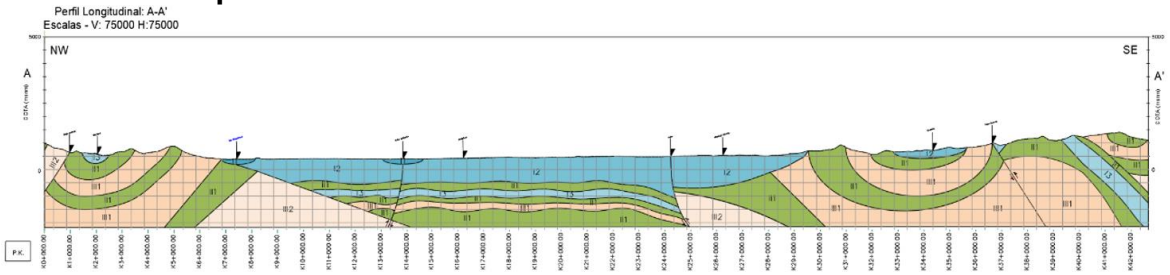


Ilustración 271 Configuración numérica Sección A-A'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Dominio del modelo Sección A-A'

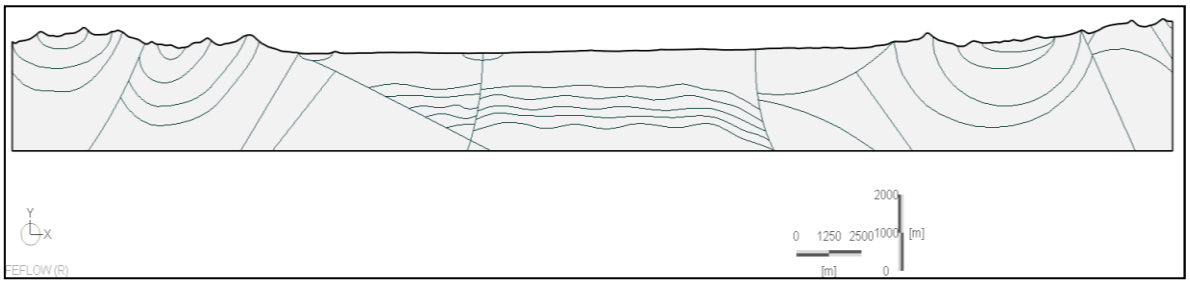


Ilustración 272 Dominio del modelo Sección A-A'
Fuente: Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Enmallado del modelo Sección A-A'

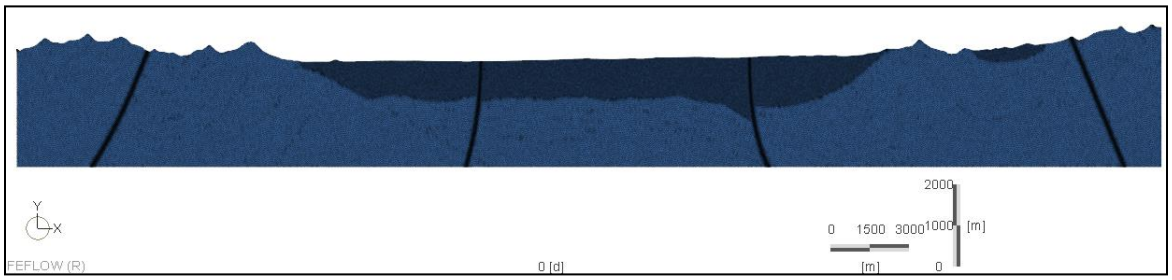


Ilustración 273 Enmallado del modelo Sección A-A'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Modelo conceptual Sección B-B'

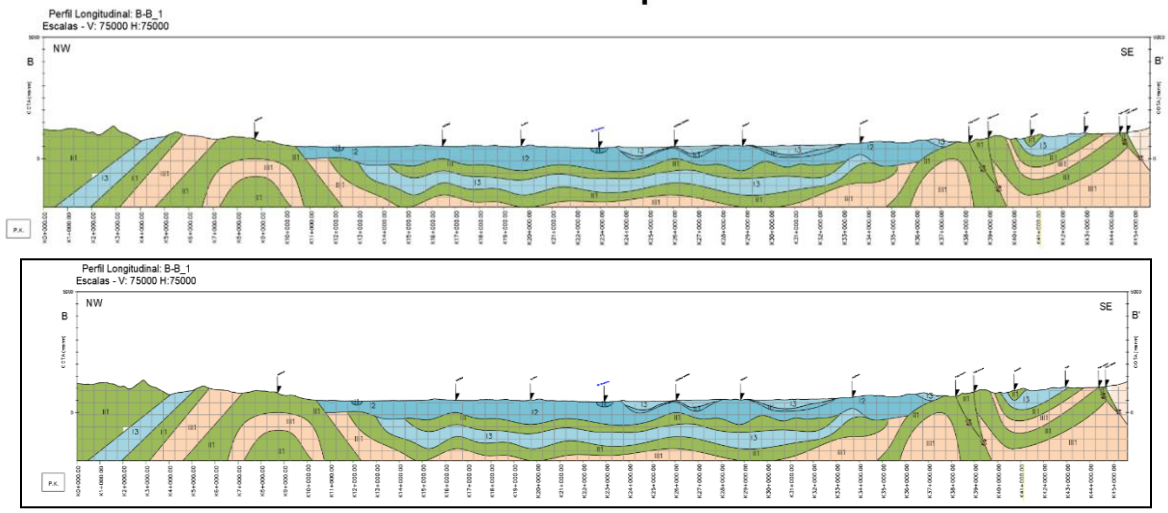


Ilustración 274 Configuración numérica Sección B-B'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Dominio del modelo Sección B-B'

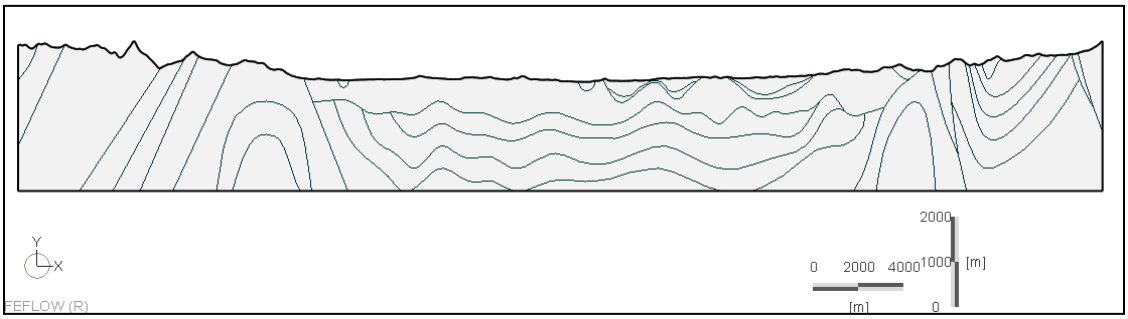


Ilustración 275 Dominio del modelo Sección B-B'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Enmallado del modelo Sección B-B'

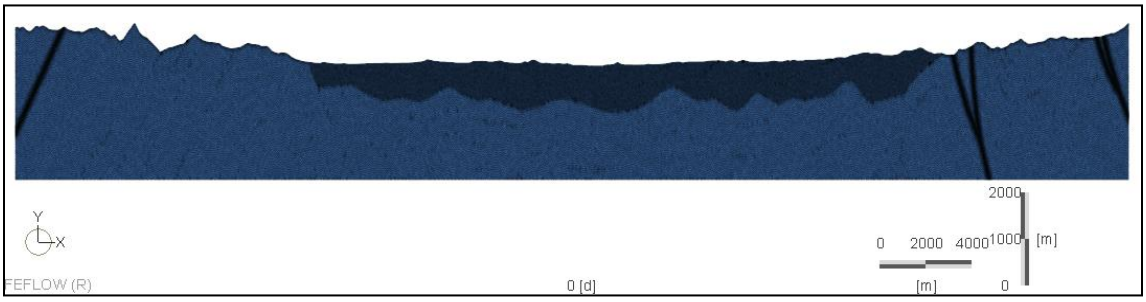


Ilustración 276 Enmallado del modelo Sección B-B'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Modelo conceptual Sección C-C'

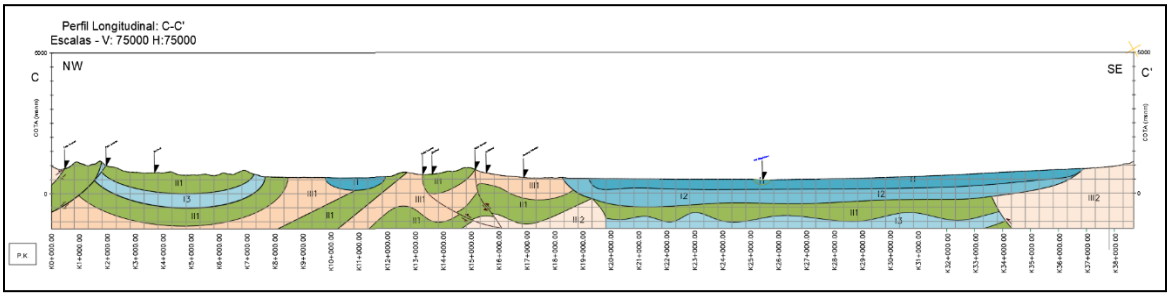


Ilustración 277 Configuración numérica Sección C-C'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Dominio del modelo Sección C-C'

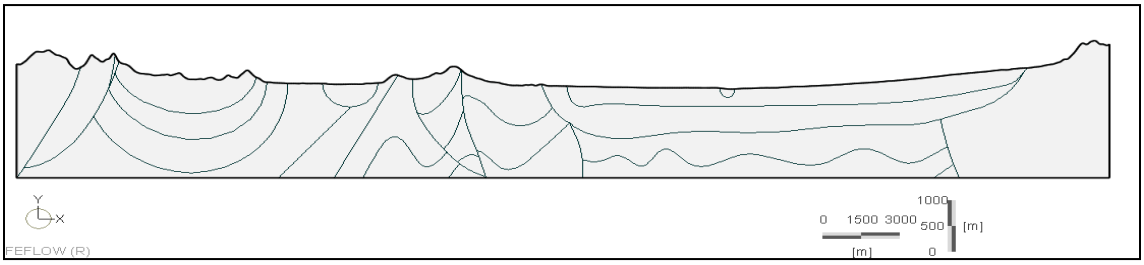


Ilustración 278 Dominio del modelo Sección C-C'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Enmallado del modelo Sección C-C'

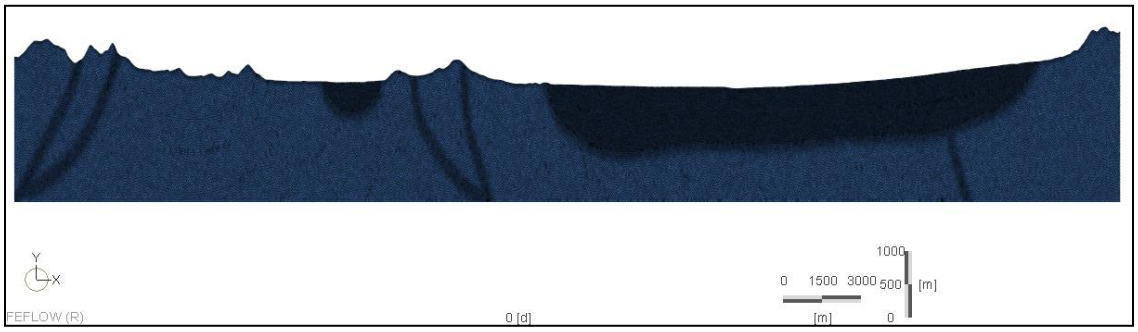


Ilustración 279 Enmallado del modelo Sección C-C'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Modelo conceptual Sección D-D'

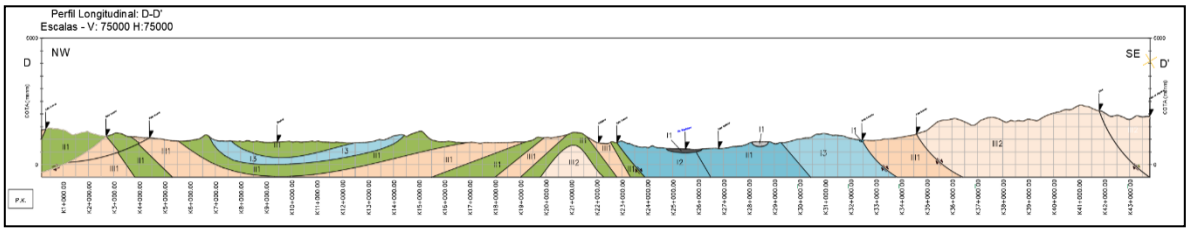


Ilustración 280 Configuración numérica Sección D-D'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Dominio del modelo Sección D-D'

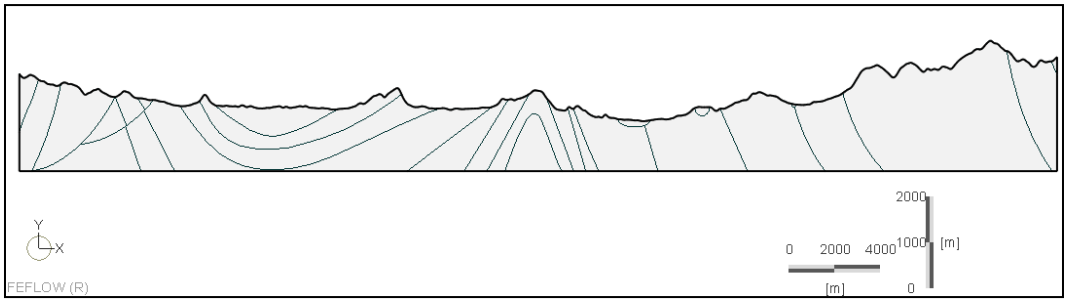


Ilustración 281 Dominio del modelo Sección D-D'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Enmallado del modelo Sección D-D'

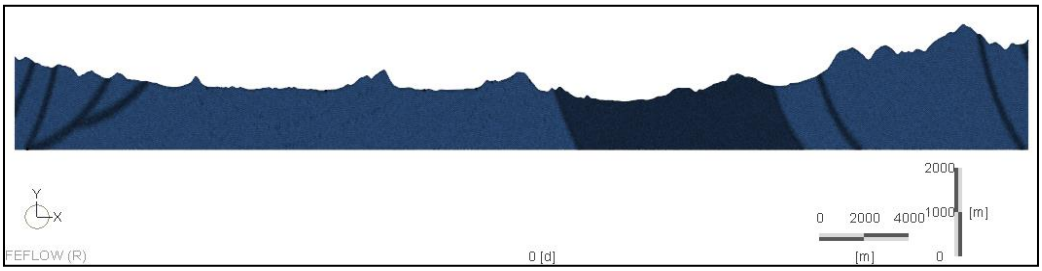


Ilustración 282 Enmallado del modelo Sección D-D'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Tabla 92 Descripción configuración numérica de los modelos A-A' a D-D'

Descripción	Fem file		SA-A.fem	SB-B.fem	SC-C.fem	S4_b.fem
	Full Path		D:\pmaa\work\Perfiles\1\femdata\SA-A.fem	D:\pmaa\work\Perfiles\2\femdata\SB-B.fem	D:\pmaa\work\Perfiles\3\femdata\SC-C.fem	D:\pmaa\work\Perfiles\4\femdata\SD-D.fem
	File Type		BINARY	BINARY	BINARY	BINARY
	File version		7.0.3.16625	7.0.3.16625	7.0.3.16625	7.0.3.16625
	Predecesor		No	No	No	No
	Old file name		No	No	No	No
Problem summary (Problem class)	Description		Separate flow process	Separate flow process	Separate flow process	Separate flow process
	Type		Unsaturated	Unsaturated	Unsaturated	Unsaturated
	Projection		Vertical unsaturated 2D aquifer	Vertical unsaturated 2D aquifer	Vertical unsaturated 2D aquifer	Vertical unsaturated 2D aquifer
	Time Class		Steady flow	Steady flow	Steady flow	Steady flow
	Time Stepping		Constant time steps	Constant time steps	Constant time steps	Constant time steps
	Upwinding		No upwinding	No upwinding	No upwinding	No upwinding
	Total number of species		0	0	0	0
	Number of chemical species		0	0	0	0
General Information	Number of Dimensions		2	2	2	2
	Nodes per element		3	3	3	3
	Element Type		Triangle	Triangle	Triangle	Triangle
	Mesh Elements		179869	184698	174708	178227
	Mesh Nodes		91218	93915	88855	90898
	Vertical Exaggeration		1:1	1:1	1:1	1:1
Supermesh	Number of Elements		40	35	26	28
	Number of Nodes		2161	4890	3979	3637
	Number of Polygons		40	35	26	28
	Number of Lines		0	0	0	0
	Number of Points		0	0	0	0
Mesh	Mesh quality	Interior Holes	0	0	0	0
		Obtuse-angled triangles	0.0% > 120°, 2.5% > 90°	0.0% > 120°, 2.6% > 90°	0.0% > 120°, 2.5% > 90°	0.0% > 120°, 2.4% > 90°
		Delaunay-violating triangles	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Domain area and volume	Total Area	1.2409e+08 [m²]	1.30838e+08 [m²]	8.23787e+07 [m²]	7.59358e+07 [m²]
		Total Volume	0 [m³]	0 [m³]	0 [m³]	0 [m³]

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Los dominios de interés para las 4 secciones quedaron definidos por la topografía superficial e interpretación respectiva del componente geológico-geofísico descrito anteriormente. La topografía superficial se obtuvo de un modelo digital de terreno con resolución de 30 m (**Imágenes de Radar ALOS**).

Seguido a esto, se revisó que las configuraciones de las mallas resultantes cumplieran con varios criterios en la calidad de la malla como son el grado de descretización de los elementos, máximos ángulos internos de los elementos e incumplimiento del criterio de Delaunay que se deben verificar para evitar inestabilidades numéricas. Al dar revisión a éstos se necesitaron ajustes a la calidad de la malla, como son suavizados, refinación local o movimiento local de nodos para mejorar su calidad.

Para su revisión se empleó el plug-in Check Mesh properties y la configuración auxiliar (Delaunay criterion violation, Max. Interior angle of triangles y condition number) expuesta en el panel Data del software. A continuación, se muestran sus resultados.

iii. Max. Interior angle of triangles – plug-in Check Mesh properties:

Este parámetro calcula automáticamente el ángulo interior máximo de cada triángulo. Para ello muestra los ángulos entre 60 y 180 grados en un esquema de color que va del verde al rojo oscuro, señalando por este medio, triángulos con grandes ángulos internos en color rojo, siendo los más inadecuados e indeseables pues generan resultados con inestabilidades numéricas en estos lugares (**Ilustración 283**).

Para detallar que tan crítico es este comportamiento, es necesario graficar todos los ángulos internos en una distribución acumulada, el comportamiento ideal de éstos para que presente un buen comportamiento numérico, se traducirá en un gráfico de campana de Gauss con media en 60° o un valor de desviación estándar (σ) de todos los que conforman el modelo numérico. En la Ilustración 283 se evidencia el resultado final de este proceso.

Configuración inicial

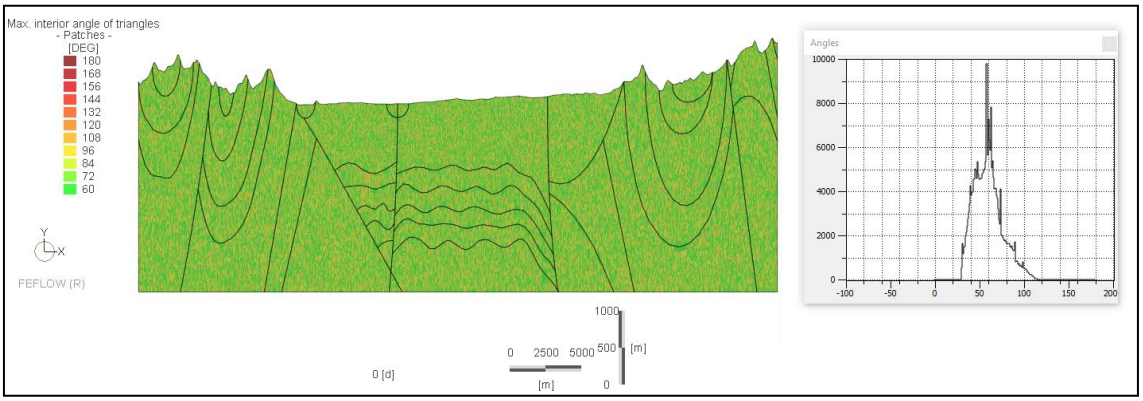
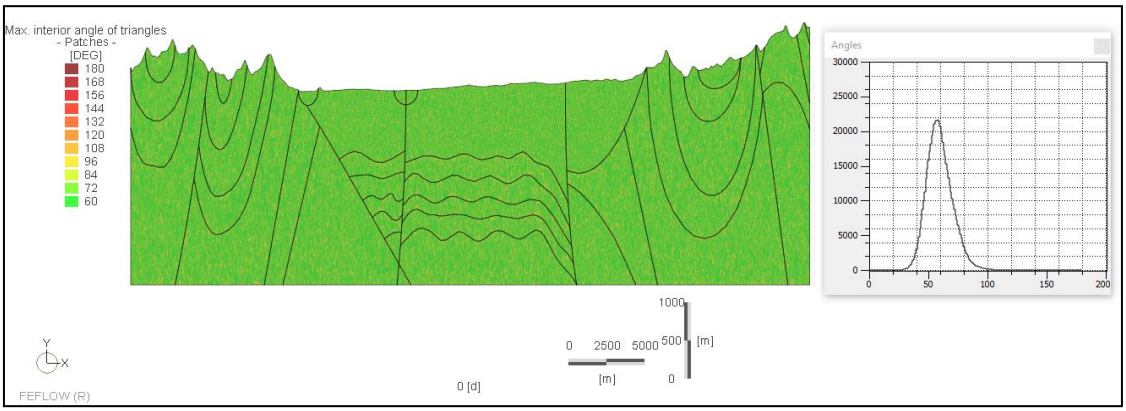


Ilustración 283 Sección A-A' – Max interior angle of triangles
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Configuración mejorada:



iv. Condition number:

El número de condición o *condition number* se puede utilizar como indicador para observar la calidad de la malla. Es una medida para la transformación entre la forma ideal de un elemento (e.g., un triángulo equilátero para una malla triangular 2D) y la actual malla de elementos. Cuanto menor sea el número de condición, mejor será la calidad de un elemento y viceversa. La Ilustración 284 muestra los números de condición para el modelo de malla triangular empleada. Es claramente visible que los elementos que se desvían significativamente del triángulo equilátero ideal presentan números de condición más altos en las zonas de falla,

contactos geológicos pronunciados, ríos, pues requieren una densidad mayor de elementos para su discretización en los quiebres o conexión entre ellos mismos.

Configuración inicial:

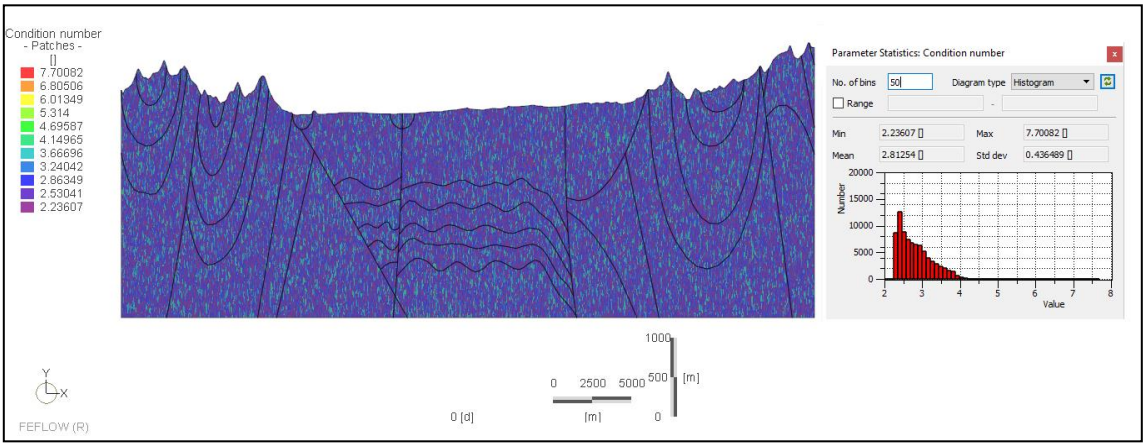
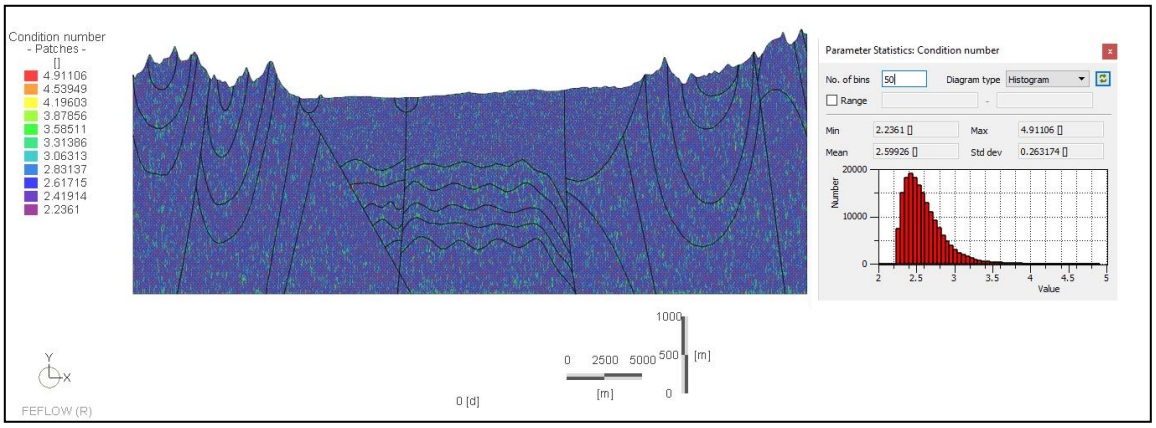


Ilustración 284 Sección A-A' – Condition number
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Configuración mejorada:



v. Delaunay criterion violations:

La *condición de Delaunay* de un triángulo establece que la circunferencia circunscrita del mismo no debe contener ningún otro vértice de la triangulación en su interior, aunque sí se admiten vértices situados sobre la circunferencia. Ahora bien, un elemento finito triangular no cumple con este criterio si la circunferencia

del triángulo incluye un nodo que no pertenece al elemento finito. Las triangulaciones compatibles con *Delaunay* maximizan el ángulo mínimo de todos los triángulos en la malla, se evitan los elementos con grandes ángulos que potencialmente conducen a inestabilidades. **Ilustración 285**

Los elementos que no cumple con el criterio obtienen un valor de 1 en este parámetro y un color rojo, los triángulos que son consistentes con el criterio tienen un valor de 0 y un color azul. Conforme a lo anterior, se hace necesario realizar un ajuste a la geometría y una corrección a la distribución de los nodos de los elementos para aminorar la incertidumbre de los cálculos numéricos.

Configuración inicial:

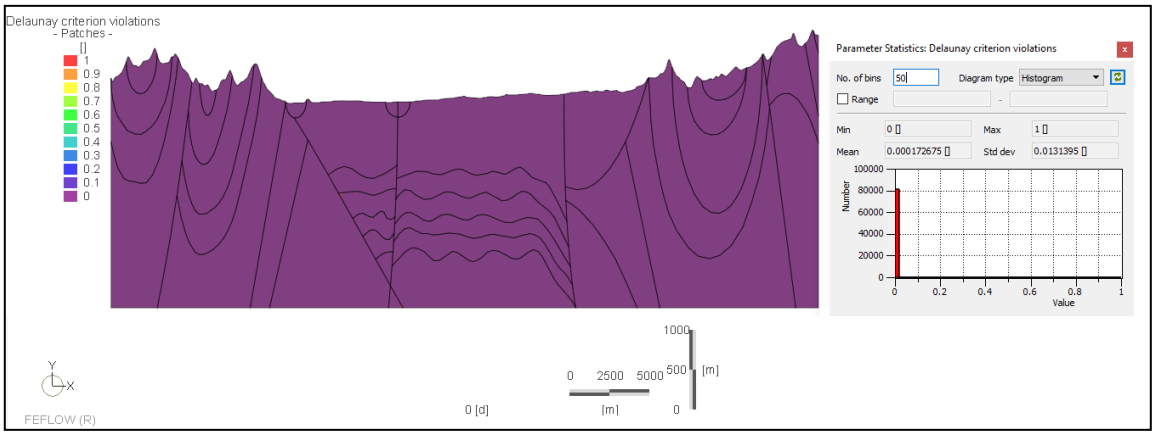
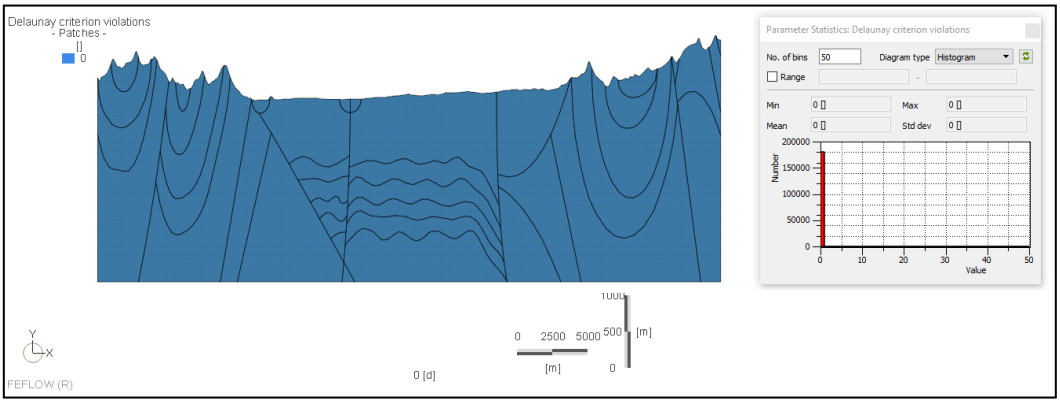


Ilustración 285 Sección A-A' – Delaunay
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Configuración mejorada:



3.9.6.6 Condiciones iniciales o frontera

Acorde con *Anderson et al.* [2015], un continuo sub-superficial es dividido en dos partes: (1) en la zona no saturada sobre el nivel freático, donde el espacio de poro se llena con aire y agua, y (2) la zona saturada debajo del nivel freático, donde el espacio de poro está completamente lleno de agua.

Todos los modelos de flujo de agua subterránea basados en procesos se derivan de dos principios básicos: la *conservación de la masa*, que establece que el agua no se crea ni se destruye; y la *Ley de Darcy*, que establece que el agua subterránea fluye de alta a baja energía potencial. Un modelo matemático para el flujo del agua subterránea consiste en una ecuación gobernante (derivada de la conservación de la masa y la ley de Darcy) que representa procesos dentro del dominio del problema; *condiciones de frontera o contorno* que representan procesos a lo largo de los límites; y, para problemas (transitorios) dependientes del tiempo, *condiciones iniciales* que especifican valores de la variable dependiente (i.e., carga hidráulica, presión, saturación) al comienzo de la simulación.

La representación matemática de los procesos hidrogeológicos requiere necesariamente emplear suposiciones o simplificaciones ante la limitación de información. Esos supuestos están encarnados en la ecuación gobernante, y es aquí en donde un modelo matemático puede ser simular analíticamente o numéricamente todos los procesos importantes que puedan presentarse.

Bear [1979] estableció que existen varias condiciones de contorno para flujo en medios porosos (*carga hidráulica constante, carga hidráulica especificada, línea de corriente (o superficie de flujo), flujo especificado, flujo dependiente de la carga hidráulica, superficie libre e infiltración en la cara).* Sin embargo, es común agruparlas en tres tipos (Dirichlet o Tipo I, Neumann o Tipo II, Cauchy o Tipo III) para modelos en estado estacionario y transitorio [Diersch, 2014].

vi. Tipo I o Dirichlet (Carga hidráulica impuesta):

Es una condición de contorno de carga hidráulica conocida y es asignada a lo largo de una frontera del dominio, y puede variar en el espacio [Anderson et al., 2015]. La aplicación directa es la asignación de un valor de potencial (nivel del agua subterránea conocido en el límite), concentración de masa (masa de agua superficial perfectamente comunicado con el acuífero) o

temperatura en función del problema a tratar. Está definida por unidad de longitud [L] [Diersch, 2014].

vii. *Tipo II o Neumann (Flujo impuesto):*

Es una condición de contorno de flujo prescrito (flujo de Darcy) en los nodos de los elementos que están a lo largo de una línea (2D) o a los nodos que conforman las caras de los elementos (3D). Las condiciones de contorno de este tipo se aplican a los casos en que el gradiente de velocidad o flujo de entrada/flujo de salida se conoce de antemano y es normal a la superficie [Bear, 2012]. Es aplicada para las entradas de un acuífero presente en un valle con flancos o pendientes empinadas, la conexión de un acuífero con la superficie y que puede variar en el espacio. Está definida por unidad de longitud [L] y tiempo [T] para modelos 2D su unidad será [L/T] y para modelos 3D [L2/T]. Si esta condición tiene valor de 0, significa que no hay flujo ni velocidad, típico en bordes impermeables [Diersch, 2014].

viii. *Tipo III o Cauchy (flujo condicionado por la variación de la carga hidráulica):*

Este tipo de condición de contorno es denominada también tipo mixta porque relaciona las condiciones de contorno de carga hidráulica (Dirichlet) y de flujo (Neumann). En algunas situaciones el flujo cruza una parte del contorno de la superficie y cambia en respuesta a las variaciones de la carga hidráulica dentro del acuífero. Esto puede verse en el caso de ríos o lagos con conexión limitada con las aguas subterráneas (nivel de agua superficial = nivel de agua subterránea) o acuíferos semiconfinados en los que el goteo condiciona la transferencia de flujo entre el medio permeable y el medio semipermeable. Está definida por unidad de longitud [L] [Diersch, 2014].

Acorde con las configuraciones numéricas descritas anteriormente en la geometría, el siguiente paso en la configuración de un modelo numérico, es la asignación de condiciones iniciales y de contorno para simular los escenarios quasi-estacionarios del sistema. Por tanto, se procede a realizar la asignación de éstas en cada uno de los modelos numéricos con las siguientes consideraciones.

i. Para efectos de los ejercicios de modelación, la aproximación a tratar en las configuraciones bidimensionales será de un flujo en un medio poroso continuo sin efectos de densidad o temperatura.

ii. Para las zonas de fracturamiento, se realizó una refinación local con un buffer de 150 m para dar transición al cambio de velocidad en medios de baja a alta permeabilidad.

iii. Dado que no se cuenta con información de niveles de las fuentes superficiales, ni coeficientes de transferencia del lecho y la zona vadosa o no saturada, éstos son asumidos con un gradiente consistente al cambio de dirección y elevación topográfica de las cuencas. Es por esto que, en la configuración de los modelos numéricos se establecieron los contornos laterales (W-E) del dominio, ríos, lagos, manantiales con condición tipo I (Dirichlet) al no contar con más información.

iv. Como no se conocen o cuantifican flujos de entrada o salida en las unidades hidrogeológicas con menor o mayor potencial, la asignación de los gradientes regionales se realiza con base a suposiciones del posible potencial de energía que condiciona la carga hidráulica en el centro del valle y acorde al modelo conceptual de cada sección.

v. El lecho de la roca, por lo general un contacto impermeable, no tiene o presenta infinitesimales variaciones de la carga hidráulica y, por tanto, puede ser representado como una condición Tipo II (Neumann).

vi. La ecuación básica del flujo del agua subterránea supone que la densidad del agua subterránea es constante y aproximadamente igual a 1.0 gm / cm^3, lo cual es una suposición razonable para el agua con concentraciones de sólidos disueltos totales (TDS) menores a 10,000 mg / L y temperaturas en el rango de los acuíferos más someros.

- **Puntos de observación:**

  Se menciona que, según la información recolectada en el inventario de puntos de agua, existe gran incertidumbre en los registros de niveles estáticos y dinámicos de los pozos de bombeo y artesanales, debido a que no se cuenta con un diseño de éstos y georreferenciación de las cotas de elevación de los collares, stick-up y punto de medición de los niveles en m.s.n.m.

  Adicional a esto, la ubicación de los equipos de bombeo no se conoce, su funcionamiento o estado de los puntos es incierto, las series temporales de

extracción o inyección no están definidas, se desconoce si la captación es en una región o múltiples zonas de filtros, no hay piezómetros de monitoreo ni series temporales que muestren la evolución de los niveles piezométricos de las formaciones de interés hidrogeológico (tipo I).

Por otra parte, las mediciones de pozos artesanales (aljibes) son registros locales que no necesariamente representan los gradientes o evolución regional de la carga hidráulica. Éstos pueden estar influenciados por zonas de descarga local o recarga en la zona no saturada cuando son someros.

Ante lo anterior y en vista que se requiere evaluar preliminarmente el comportamiento regional en la zona de estudio, se procede a realizar un filtro de información del inventario, teniendo en cuenta dos criterios: i) se conoce la profundidad del punto y ii) el nivel estático es diferente de cero en el punto (i.e., aljibe o pozo de bombeo).

Posteriormente, estos registros fueron empleados como puntos de observación para los modelos de calibración de cada sección, al no contar con más información. Para ello, se realizó una selección de éstos en la zona de influencia de cada sección (1 km) encontrando un total de 21 puntos observados, distribuidos en 8 puntos en la Sección A-A' (**Ilustración 286**), 8 puntos en la Sección B-B' (**Ilustración 287**), 5 puntos en la Sección C-C' (**Ilustración 288**) Y 0 puntos en la Sección D-D' (**Ilustración 289**).

Se asumió que los datos de elevación reportados en los niveles estáticos son medidos desde la cota de elevación de la topografía (i.e., no tienen corrección o ajuste a los diseños de éstos) y que la zona de captación o medición de la carga hidráulica reportada (i.e., nivel estático) se realiza a lo largo de todo el ranurado (i.e, la zona de filtros es toda la longitud del pozo artesanal o profundo y el valor de carga hidráulica no tiene corrección por azimut de inclinación del pozo o distribución de la carga hidráulica por zona de potencial con interés) para no entrar en detalle de la captación de más de una unidad acuífera.

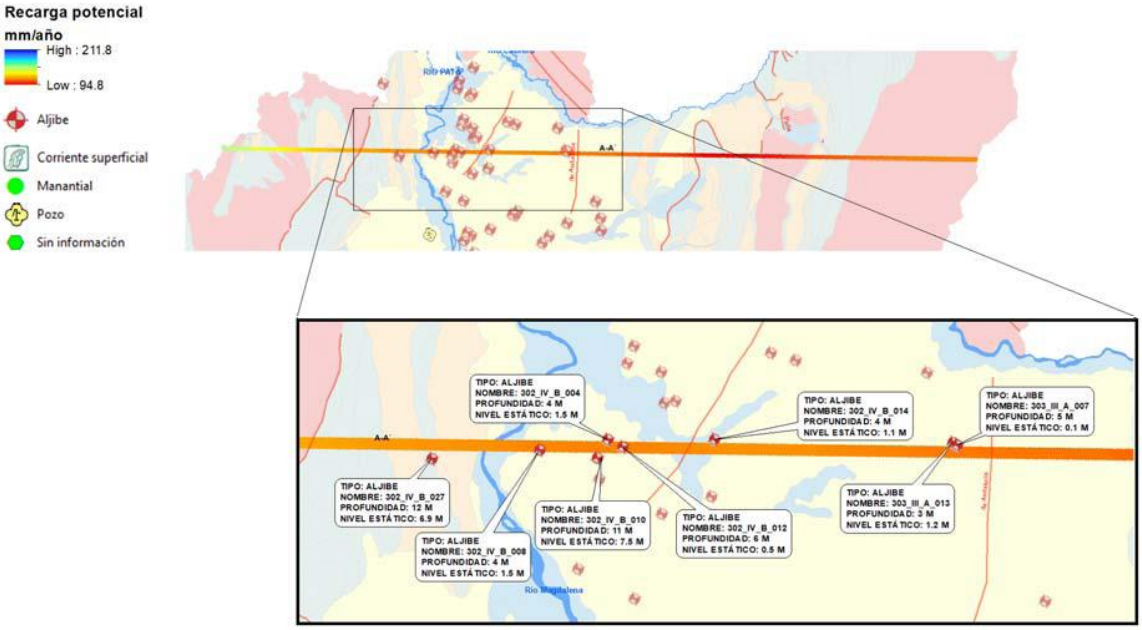


Ilustración 286 Puntos de observación identificados en la Sección A-A'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

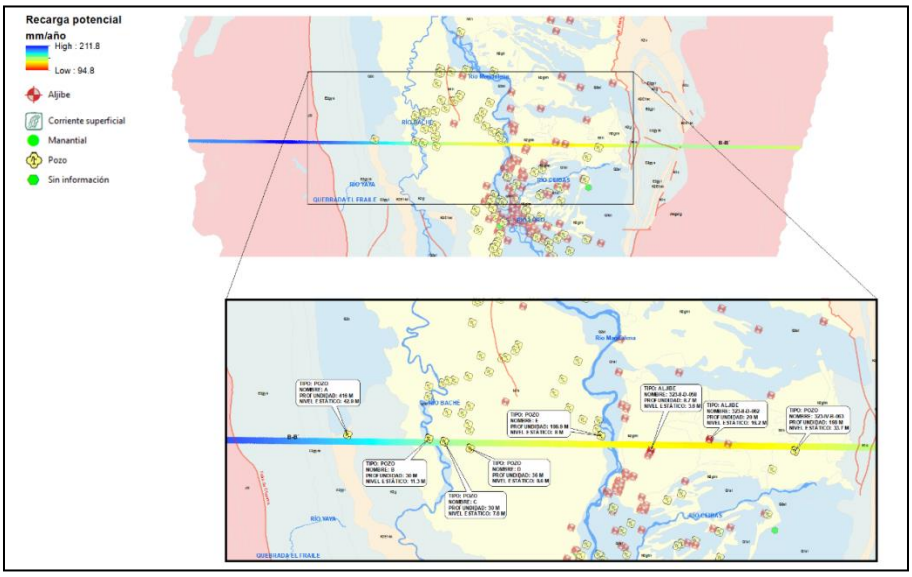


Ilustración 287 Puntos de observación identificados en la Sección B-B'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

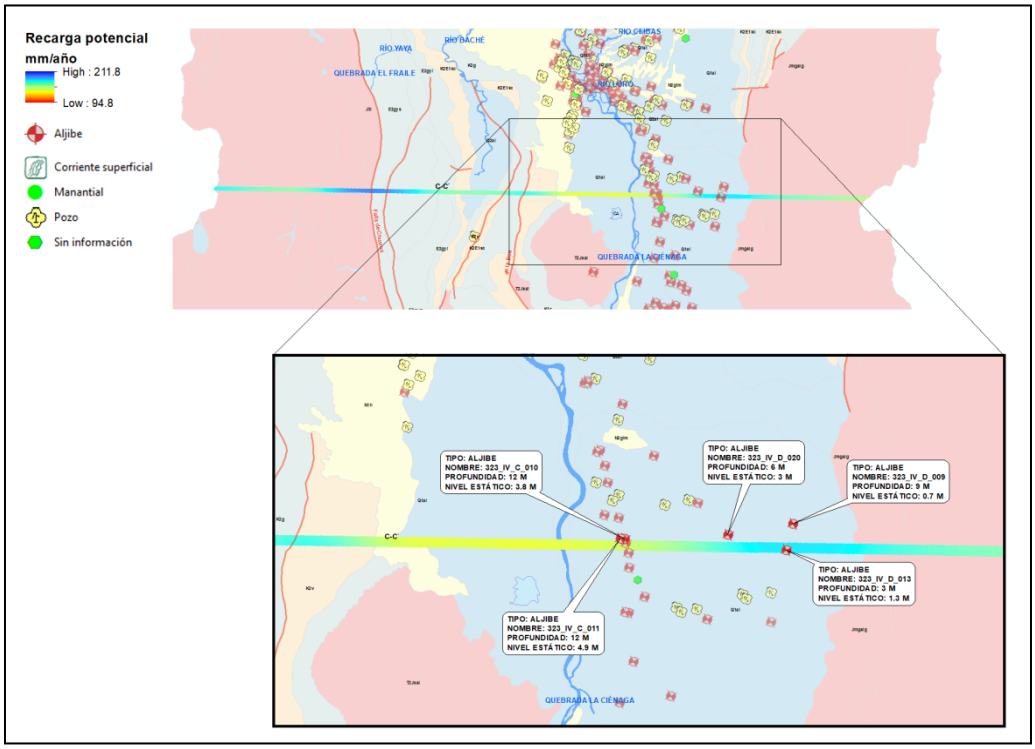


Ilustración 288 Puntos de observación identificados en la Sección C-C'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

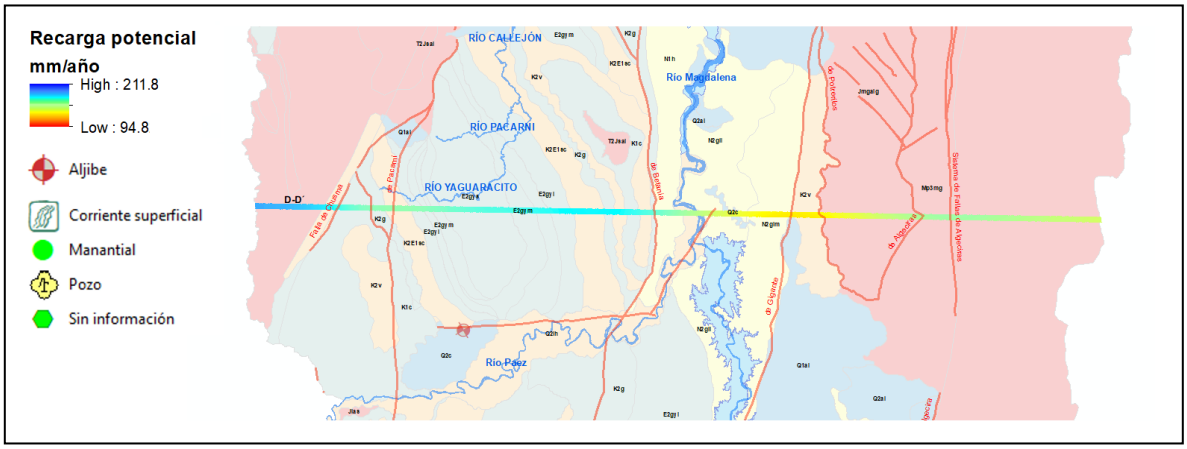


Ilustración 289 Puntos de observación identificados en la Sección D-D'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Tabla 93 Puntos de observación identificados en las secciones A D para la calibración de los modelos numéricos

Sección	Nombre	Año	Tipo	Municipio	N	E	Z	Z[1] (m.s.n.m.)	Profundidad (m)	Tiempo de bombeo (h)	Nivel estático (m)	Nivel dinámico (m)	Q (L/s)	Q_{max} (L/s)	Aforo (L/s)	Uso Actual
A-A'	302_IV_B_004	*	Aljibe	Villavieja	875140.0	857400.0	*	407.68	4.0	*	1.5	*	0.8	*	*	*[2]
A-A'	302_IV_B_008	*	Aljibe	Villavieja	872800.0	857700.0	*	386.48	4.0	*	1.5	*		*	*	*
A-A'	302_IV_B_010	*	Aljibe	Villavieja	874628.3	856886.0	*	399.92	11.0	*	7.5	*	0.5	*	*	*
A-A'	302_IV_B_012	*	Aljibe	Villavieja	875550.0	857000.0	*	403.50	6.0	*	0.5	*	0.0	*	*	*
A-A'	302_IV_B_014	*	Aljibe	Villavieja	878640.0	856380.0	*	396.00	4.0	*	1.1	*	3.5	*	*	*
A-A'	302_IV_B_027	*	Aljibe	Villavieja	869180.0	858410.0	*	812.07	12.0	*	6.9	*	0.0	*	*	*
A-A'	303_III_A_007	*	Aljibe	Villavieja	886566.2	853919.8	*	479.83	5.0	*	0.1	*	0.1	*	*	*
A-A'	303_III_A_013	*	Aljibe	Villavieja	886450.0	854050.0	*	482.52	3.0	*	1.2	*	0.7	*	*	*
C-C'	323_IV_C_010	*	Aljibe	Rivera	864687.5	803650.6	*	504.70	12.0	*	3.8	*	0.7	*	*	*
C-C'	323_IV_C_011	*	Aljibe	Rivera	864542.6	803730.2	*	498.40	12.0	*	4.9	*	0.4	*	*	*
C-C'	323_IV_D_009	*	Aljibe	Rivera	870633.4	801014.7	*	756.20	9.0	*	0.7	*		*	*	*
C-C'	323_IV_D_013	*	Aljibe	Rivera	869904.9	800235.0	*	744.71	3.0	*	1.3	*		*	*	*
C-C'	323_IV_D_020	*	Aljibe	Rivera	868220.4	801847.9	*	622.55	6.0	*	3.1	*		*	*	*
B-B'	323-II-D-058	*	Aljibe	Neiva	869540.0	823010.0	*	457.30	8.7	*	3.6	*		*	*	Doméstico y consumo humano
B-B'	323-II-D-062	*	Aljibe	Neiva	873100.0	822100.0	*	496.41	20.0	*	16.2	21,36	4.1	*	*	Abandonado
B-B'	323-IV-B-063	2007	Pozo	Neiva	877550.0	819180.0	*	693.67	198.0	*	33.7	68,49	4.0	4.0	*	Industrial
B-B'	A	*	Pozo	*	853111.9	831928.7	*	796.48	416.0	*	42.9	16,46	61	61	*	Abandonado
B-B'	B	*	Pozo	Neiva	857535.3	829573.4	*	465.14	30.0	*	11.3	*	*	*	*	*
B-B'	C	*	Pozo	Neiva	858309.5	828983.7	*	467.20	30.0	*	7.8	7,96	*	*	*	*
B-B'	D	*	Pozo	Palermo	859544.5	827918.4	*	480.48	36.0	*	8.6	8,13	*	*	*	*
B-B'	E	*	Pozo	Neiva	867188.0	825141.0	*	424.35	199.9	*	8.0	*	40	40	*	Industrial

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

[1] El valor de elevación en m.s.n.m., fue calculado con base a la diferencia de elevación topográfica del modelo digital del terreno tomado de referencia y la carga hidráulica registrada en el nivel estático. Este valor debe ser corroborado y actualizado en las nuevas versiones de calibración de los modelos numéricos por parte de la corporación.

[2] *, Sin información.

- **Recarga:**

Acorde con *Healy y Scanlon* [2010], la recarga se define como el flujo descendente de agua que llega al nivel freático, lo que aumenta el almacenamiento de agua subterránea. Sin embargo, esta definición no incluye el flujo de agua a un acuífero desde un sistema de aguas subterráneas adyacentes (como el movimiento del agua desde un acuífero libre a través de un lecho de confinamiento a un acuífero subyacente); es decir un *flujo interacuíferos*.

La recarga generalmente se expresa como un flujo volumétrico, en términos de volumen por unidad de tiempo (L^3 /T), como m^3/ d, o como un flujo, en términos de volumen por unidad de superficie por unidad de tiempo (L/T), como mm/año.

Ésta se produce a través de mecanismos difusos o focalizados. Siendo la primera, cuando la recarga se distribuye en grandes áreas en respuesta a la precipitación que se infiltra en la superficie del suelo y se filtra a través de la zona no saturada a la capa freática; ésta a veces se denomina recarga local (Allison, 1987) o recarga directa (Simmers, 1997). Por otra parte, la recarga focalizada, es el movimiento de agua desde cuerpos de agua superficiales, como arroyos, canales o lagos, hasta un acuífero subyacente. Ésta generalmente varía más en el espacio que la recarga difusa.

Una distinción entre diferentes tipos de recarga focalizada ha sido propuesta por Lerner *et al.* (1990), con la *recarga localizada* definida como la recarga concentrada de pequeñas depresiones, uniones o grietas, y la *recarga indirecta* definida como la recarga brindada por ríos, canales, embalses y lagos.

Los sistemas de agua subterránea reciben recargas difusas y focalizadas, pero la importancia de cada mecanismo varía de una región a otra e incluso de un sitio a otro dentro de la misma. En general, la recarga difusa domina en entornos húmedos; a medida que aumenta el grado de aridez, la importancia de la recarga focalizada en términos de la reposición total del acuífero también tiende a aumentar (Lerner *et al*., 1990).

Acorde con las estimaciones realizadas para el cálculo de recarga potencial en la zona de estudio. En los numerales *2.2.2. Reservas dinámicas* y *2.2.3 Metodología propuesta para estimación de recarga potencial por medio de*

caracterización litológica, se calcularon tres aproximaciones (i.e., Sehgal, Cheeturvedi y metodología consultoría) que presentan incertidumbre acorde a las limitaciones de información y suposiciones empleadas por los métodos.

Por otra parte, las estimaciones fueron realizadas a partir de la disponibilidad de información climatológica existente, la orogenia del valle y de las zonas de recarga lateral, y en extensión definidas previamente en elevación. Sin embargo, ninguna de estas metodologías presenta una relación directa con la zona saturada y no saturada de la matriz porosa, lo cual repercute en que las estimaciones presenten asignaciones no acordes a las configuraciones y variabilidad de la dinámica subterránea actual.

Ahora bien, dado que las estimaciones de la recarga influencian directamente las condiciones iniciales y resultados del modelo numérico. Se procedió a realizar una revisión a las condiciones litológicas de los materiales de la zona de estudio y de potencial recarga en zonas con climas extremos. Denotando que la estimación de la recarga oscila entre un 10 y 15% de la precipitación media anual. Acorde con las recomendaciones establecidas en la Guía para el uso de modelos de aguas subterráneas en el SEIA [*SEA*, 2012] en ella se establece que el porcentaje de recarga directa por precipitación media anual a largo plazo varía entre el 5 y 30%, se establece que esta asignación para simulaciones en estacionario es un buen punto de partida.

Para motivos de los ejercicios de modelación posteriores se realizó una asignación acorde a la localización de cada sección, encontrando un valor mínimo de 94 mm/año y máximo de 211 mm/año, respectivamente (ver **Ilustración 290**). Posteriormente, estos valores fueron introducidos en la parte superficial (topografía) para cada una de las secciones con condición de tipo II (Neumann).

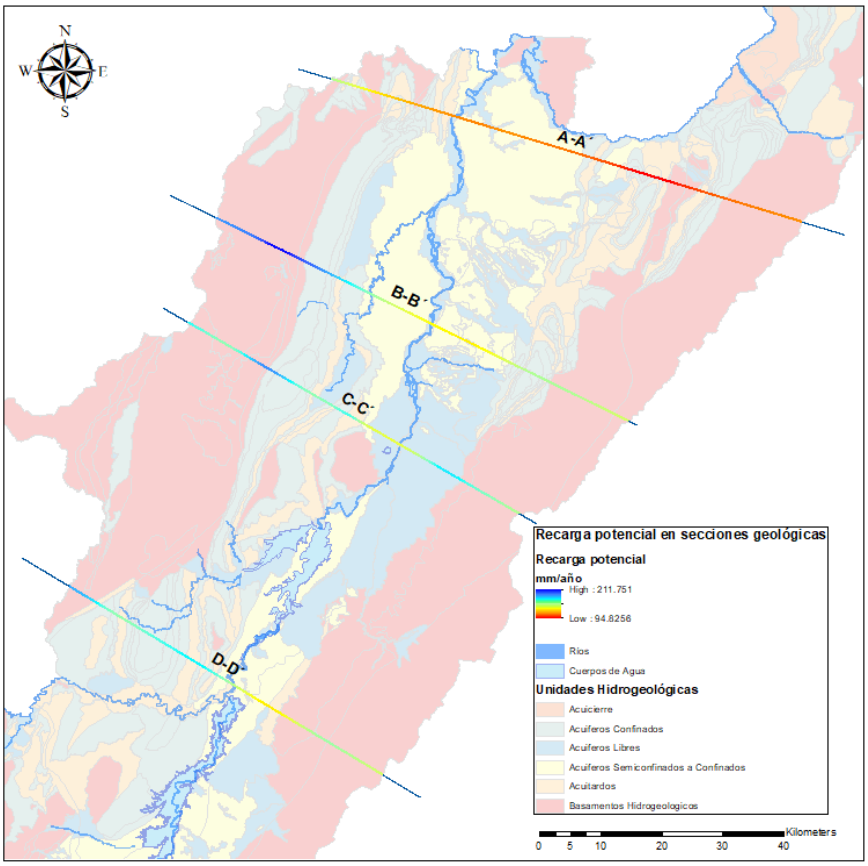


Ilustración 290 Recarga potencial en secciones geológicas
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.9.6.7 Parámetros hidráulicos de las unidades hidrogeológicas

FEFLOW considera un sistema poroso con una saturación variable conformada por una zona no saturada o zona vadosa y una zona saturada. Para los parámetros hidráulicos (i.e., *K* y *n*) estos fueron asignados preliminarmente acorde con el modelo conceptual, datos recolectados en el inventario de puntos de agua y valores de referencia en la literatura (**Tabla 94 y Tabla 95**) al no contar con más información.

Tabla 94 Valores estimados de referencia para K (m/d) (Después de [Domenico y Schwartz, 1998; Fetter, 2001; Freeze y Cherry, 1979; Sanders, 1998; Smith y Weathcraft, 1993]

		Domenico	Smith & W	Freeze	Fetter	Sanders
Sedimentos	Grava	25 a 2500	100 a 10^5	100 a 10^6	10 a 1000	
	Grava con arena					
	Arena gruesa	0,1 a 500	0,01 a 1000	1 a 1000	1 a 100	1 a 100
	Arena media	0,1a 50				
	Arena fina	0,02a 20			0,01 a 1	0,01 a 1
	Arena arcillosa			0,01 a 100	0,001 a 0,1	
	Silt, loess	10^{-4} a 2	10^{-4} a 1	10^{-4} a 1	0,001 a 0,1	10^{-4} a 1
	Arcilla	10^{-6} a $4*10^{-4}$	10^{-7} a 10^{-3}		10^{-6} a 10^{-3}	10^{-6} a 10^{-3}
	Arcilla marina inalterada	10^{-7} a $2*10^{-4}$		10^{-11} a 10^{-7}		
Rocas Sedimentarias	Calizas carstificadas	0,1 a 2000	0,05 a 0,5	0,1 a 1000		0,1 a 10^7
	Calizas, dolomías	10^{-4} a 0,5	0,001 a 0,5	10^{-4} a 1		10^{-4} a 1
	Areniscas	$3*10^{-5}$ a 0,5	10^{-5} a 1	10^{-5} a 1		
	Argilitas (siltstone)	10^{-6} a 0,001				
	Pizarras sedimentarias (Shale) intactas	10^{-8} a $2*10^{-4}$	10^{-8} a 10^{-4}	10^{-4} a 10^{-8}		10^{-4} a 10^{-8}
	Pizarras sed.(Shale) fracturadas/alteradas		10^{-4} a 1			
Rocas cristalinas	Basalto inalterado, sin fracturar		10^{-6} a 10^{-3}			10^{-6} a 10^{-3}
	Basalto fracturado/ vesicular cuaternario		10 a 1000			0,1 a10^6
	Escorias basálticas		0,001 a 1000			
	Basalto permeable	0,03 s 2000		0,02 a 1000		
	Rocas ígneas y metamórficas sin fracturar	10^{-9} a 10^{-5}	10^{-9} a 10^{-5}	10^{-9} a 10^{-5}		10^{-9} a 10^{-5}
	Rocas ígneas y metamórficas fracturadas	0,001 a 25	10^{-5} a 1	0,0005 a 20		10^{-5} a 1
	Granito alterado	0,3 a 5				
	Gabro alterado	0,05 a 0,3				

Tabla 95 Valores representativos de porosidad (η), almacenamiento específico (S_y) y retención específica (S_r) de materiales geológicos. [*Hamill y Bell*, 1986; *Morris y Johnson*, 1967]

Geological formation	η(%)	S_y(%)	S_r(%)
Unconsolidated deposits			
Gravel	28–34	15–30	3–12
Sand	35–50	10–30	5–15
Silt	40–50	5–20	15–40
Clay	40–60	1–5	25–45
Dune Sand	40–45	25–35	1–5
Loess	45–50	15–20	20–30
Rocks			
Sandstone	15–30	5–25	5–20
Limestone, dolomite	10–25	0.5–10	5–25
Shale	0–10	0.5–5	0–5
Siltstone	5–20	1–8	5–45
Till	30–35	4–18	15–30
Dense crystalline rock	0–5	0–3	–
Fractured crystalline rock	5–10	2–5	–
Weathered crystalline rock	20–40	10–20	–
Basalt	5–30	2–10	–

Tabla 96 Parámetros hidráulicos asignados a las formaciones geológicas identificadas en la zona de estudio

Nomenclatura	Descripción	K (m/d)	Intervalo para K (m/d) Min/Max	UFP	Sr	α	n	m	δ
K2g	Areniscas cuarzosas de grano fino a medio con intercalaciones de cherts y lutitas, hay ocurrencia de fósiles, bioturbación y nódulos silicio*calcáreos	0.001	1e-5/.5	0.15	0.25	1.5	1.5	0.15	3.4
K2v	Lodolitas y arcillolitas de color gris y negro, físiles, con concreciones, se presentan intercalaciones de capas de calizas y areniscas	0.01	0.0001/.1	0.1	0.35	0.5	1.19	0.15	3.4
K1c	Areniscas cuarzosas porosas grises intercalados con shales carbonaceos	0.001	1e-5/.5	0.15	0.25	1.5	1.5	0.15	3.4
T2Jsal	Riolitas, riodacitas, ignimbritas y aglomerados volcánicos. La textura de las riolitas y riodacitas varía de porfirítica a afanítica	1e-5	1e-9/1e-2	0.03	0.3	1	1.3	0.15	3.4
K2E1sc	Intercalación de arcillolitas varicoloreadas con capas de areniscas y conglomerados	0.01	0.0001/1	0.1	0.35	0.5	1.19	0.15	3.4
E2gyi	Conglomerados inequigranulares con variaciones en la escala de tamaño guijo encuentran intercalados con capas de areniscas y lodolitas grises	10	.001/100	0.15	0.25	1.5	1.5	0.15	3.4
E2gym	Arcillolitas y lodolitas fisibles grises y marrones intercaladas con algunas capas de areniscas y conglomerados	0.01	0.0001/1	0.1	0.35	0.5	1.19	0.15	3.4
E2gys	Conglomerados ricos en cuarzo, intercalados con niveles competentes de areniscas conglomeráticas y lodolitas rojas	10	.1/100	0.15	0.25	1.5	1.5	0.15	3.4
N1h	Areniscas y conglomerados de grano fino que presentan niveles calcáreos intercalados en forma de nódulos	10	.01/100	0.15	0.25	1.5	1.5	0.15	3.4
Qal2	Depósitos fluvio*volcánicos de bajo espesor no	119	0.1/1000	0.3	0.25	2.5	1.5	0.15	3.4

Nomenclatura	Descripción	K (m/d)	Intervalo para K (m/d) Min/Max	UFP	Sr	α	n	m	δ
	consolidados de gravas subredondeadas compuestas por fragmentos de cuarzo, chert, granitos, migmatitas y gneises biotíticos								
J3i	Cuerpo intrusivo de composición monzogranítica dominante, atravesado en múltiples instancias por diques dioríticos	1e-5	1e-9/1e-2	0.03	0.3	1	1.3	0.15	3.4
N2gii	Conglomerados de clastos parcialmente seleccionados, subredondeados, inequigranulares de chert, cuarzo y fragmentos de rocas extrusivas	0.01	0.001/10	0.1	0.35	0.5	1.19	0.15	3.4
N2gim	Secuencia volcanoclástica de capas paralelas entre sí, poco consolidadas, constituidas de intercalaciones de tobas, pumitas y conglomerados polimícticos	0.001	1e-5/10	0.15	0.25	1.5	1.5	0.15	3.4

En la **Tabla 96** se muestra la distribución de la conductividad hidráulica para las diferentes formaciones geológicas. Por otra parte, en la zona vadosa, la conductividad hidráulica no saturada es una función del contenido volumétrico de agua y de la carga de presión. Las propiedades hidráulicas de los materiales porosos no saturados fueron definidas a partir de literatura Flint (2003) y Van Genuchten (1978), al no contar con estudios previos de la zona no saturada. Éstos permitirán establecer la relación entre contenido volumétrico de agua, la carga de presión (α, n, y m^3), y entre el contenido volumétrico de agua y la conductividad hidráulica no saturada (δ) que presenta la ecuación de Van Genuchten modificado.

El valor máximo de porosidad es 0.3 para los materiales aluviales (Qal). Para las zonas de influencia de fracturamiento (i.e., fallas) se asigna un valor de 0.05 asumiendo que, dado su grado de fracturación potencial, son un punto intermediario entre los materiales no consolidados (i.e., Qal, N1h, etc.) Y una roca consolida (i.e., T2jasl, K2E1sc, K2v, K2c). Los valores más bajos de porosidad se aplican al basamento con valores de 0.03. El valor de Alpha (m^{-1}) varía para las zonas más permeables hasta un valor de 2.5 y para formaciones sin potencial hasta un valor de 0.5. Respectivamente, el valor de n (-) usado es tanto en materiales consolidados y no consolidados varía entre 1.19 a 1.5. Para el parámetro "m" de Van Genuchten modificada se le asignó el valor por defecto de 0.15, y a la variable "δ" de Van Genuchten modificado se le asignó el valor de 4.0. Respecto a los límites de saturación, se establece un valor de 1 a la Saturación máxima s_s y un intervalo de saturación residual entre 0.005 y 0.35.

[3] El parámetro *m* en la formulación Van Genuchten modificada no es vinculado al parámetro *n*, como es común en la parametrización Van Genuchten sin modificaciones.

3.9.6.8 Simulación y Calibración

La ecuación de Richards empleada para flujo no saturado o con saturación variable, es resuelta por Feflow basándose en un enfoque de una fase (i.e., la fase dominante es el fluido) y asume una fase de aire estancada que está a presión atmosférica en todas partes. Esta clase de problema es preferido en el caso de combinaciones complejas de medios confinados / libres (e.g., acuíferos colgados). En general, el volumen de fluido almacenado en los elementos se aproxima mejor con esta ecuación que con la configuración de Superficie libre. La razón es el grado de flexibilidad proporcionado por el enfoque de Richards, donde en teoría cada elemento finito individual puede tener su propia relación paramétrica (i.e., saturación vs. presión y conductividad vs. presión) y sus propios límites de saturación (e.g. contenido residual de agua).

FEFLOW implementa la ecuación de Richards e incluye los términos adecuados para el flujo saturado, generalmente es aplicable a condiciones de saturación variable. Así mismo, siempre se supone que los modelos bidimensionales verticales transversales y axisimétricos están completamente confinados, pero el modelado de condiciones no confinadas en estos casos requiere estrictamente una simulación en modo no saturado / saturada variable, aplicando la ecuación de Richards. De ahí que es necesario su estudio para el presente proyecto.

Para su solución es necesario emplear esquemas especiales de parametrización para prescribir las relaciones típicamente no lineales entre la presión capilar y la saturación, y entre la saturación y la conductividad hidráulica. Para ello FEFLOW proporciona dos opciones diferentes para definir estas relaciones: *Modelos Spline* y *Modelos empíricos*:

Los modelos de Spline se utilizan para derivar las relaciones paramétricas a partir de datos tabulares utilizando una de varias técnicas diferentes de interpolación spline. Mientras que los modelos empíricos emplean relaciones físicas se destacan:

Van Genuchten, Van Genuchten modificado, Brooks y Corey, Haverkamp, Exponencial y Lineal. Para el presente estudio fue empleado el esquema de parametrización que brinda la ecuación de Van Genuchten modificada, al ser un método más estable en el cálculo de la conductividad relativa K_r y saturación efectiva s_e.

Para resolver numéricamente la ecuación de Richards se empleó el esquema interativo de Picard para matrices simétricas y para la ecuación de flujo, se utilizó el solucionador SAMG (Algebraic Multigrid Methods for Systems), el cual fue desarrollado por Fraunhofer Institute for Algorithms and Scientific Computing (FhG*SCAI). Éste es considerado como el solucionador más robusto en la actualidad y permite acelerar el tiempo de computación en modelos con mallas complejas y con gran cantidad de elementos. Las configuraciones del solucionador, parámetros de los modelos numéricos respecto a la convergencia, esquema de solución, etc., en la zona no saturada se describen en la Tabla 97.

Una vez finalizada la configuración se realizó el proceso de cálculo en estado permanente considerando los cambios en las condiciones de borde en el dominio bidimensional de cada sección. La tolerancia máxima del error cuadrático medio (RMS) se estableció por defecto con un valor de $1x10^{-3}$.

Seguido a esto se realizó un proceso de calibración manual y automatizada empleando FePEST, ampliando en algunos casos el intervalo de búsqueda para *K*. FEPEST, es una interfaz de FEFLOW para el software de optimización y estimación de parámetros no lineales. Éste cubre los métodos esenciales de PEST[4] para la calibración automática y el análisis predictivo / de incertidumbre de los modelos FEFLOW como la definición eficiente de parámetros (incluido el método de puntos piloto) y la paralelismo en redes de área local y amplia, etc. La configuración de cada problema puede ser consultado en el “Problem Settings del Menu Edit de la interfaz de FEPEST para los archivos *.fps consignados en el **ANEXO H** – Anexo H – 6 Hidrogeología**.**

[4] PEST es una suite de software desarrollada por John Doherty que proporciona métodos independientes de modelado para resolver el problema inverso de estimar parámetros del modelo basados en observaciones de un sistema natural o diseñado. Además, PEST incluye métodos para estimar la incertidumbre de los valores de parámetros del modelo y las predicciones realizadas con el modelo calibrado para informar las decisiones de gestión de recursos. Mayor información consultar (www.pesthomepage.org).

Tabla 97 Configuración del solucionador, parámetros numéricos y esquema de solución para la zona no saturada

Algebraic multigrid (SAMG)	Properties	Termination criterion		1.00E-08
		Maximum number of AMG cycles		50
		Maximum number of PCG iterations		200
		Coarsening	Type?	Parallel
			Smothed aggregation strategy?	No
		Bandwidth reducing renumbering		No
Numerical Parameters	Error Tolerance		Value	0.01
			Type	Euclidian L2 integral (RMS) norm
	Maximum number of iterations			12
	Upwinding option			No
	Computing mass matrices			Lumped mass (LM)
Unsaturated Flow	Richards flow eqtn form			Head*based
	Iteration scheme			Picard (symmetric matrix)
	Error checking	Type		No
		Tolerance [m^3/d]		No
	Spatial integration of hydraulic conductivity	Apply upstream weighting?		No
	Evaluation of capacity term via	Type		Analytic derivative
		Time*step centered?		No
	Control*volume Finite*Element Method	Apply CVFEM		No
		Upstream weighting factor		No
	Histeresis	Consider hysteresis?		No
		Local wetting/drying preassure head reserval threshold [m]:		No

- **Sección A-A':**

Para la sección A-A', se procedió a realizar una subdivisión de las unidades geológicas identificadas en el modelo conceptual para un total de 42 zonas independientes a las cuales se les asignó para cada una, su valor semilla y valor óptimo **(Ilustración 291 y Tabla 98)**. Cabe destacar que en vista de que se dispone de poca información observada en cuanto a la definición de los parámetros y la simulación es en estacionario solo fue calibrado el parámetro *K*.

Posteriormente, se contrastaron los niveles piezométricos medidos (**Tabla 99**) con los niveles piezométricos simulados, empleando estadísticos de verificación (i.e., RMSE, NRMSE, MAE), etc.

Tabla 98 Valores asignados para la calibración en FEPEST Sección A-A'

DEF	NAME	ZONE	INITIAL VALUE	LOWER BOUND	UPPER BOUND	OPTIMUM
con	con-E2gyi_1	E2gyi_1	10	0.001	100	9.97.E-02
con	con-E2gyi_2	E2gyi_2	10	0.001	100	6.59.E-01
con	con-E2gyi_3	E2gyi_3	10	0.001	100	3.36.E+00
con	con-E2gyi_4	E2gyi_4	10	0.001	100	1.00.E-01
con	con-E2gym_1	E2gym_1	0.01	0.0001	1	6.52.E-01
con	con-E2gym_2	E2gym_2	0.01	0.0001	1	9.18.E-03
con	con-E2gym_3	E2gym_3	0.01	0.0001	1	9.04.E-02
con	con-E2gym_4	E2gym_4	0.01	0.0001	1	9.95.E-04
con	con-E2gym_5	E2gym_5	0.01	0.0001	1	9.18.E-02
con	con-E2gym_6	E2gym_6	0.01	0.0001	1	1.10.E-02
con	con-E2gys_1	E2gys_1	10	0.1	100	2.39.E-02
con	con-E2gis_2	E2gys_2	10	0.1	100	1.00.E+00
con	con-Esgyi_3	Esgyi_3	10	0.1	100	5.98.E-01
con	con-F1	F1	0.01	1.00E-05	0.1	1.58.E-02
con	con-F2	F2	0.01	1.00E-05	0.1	4.72.E-05
con	con-F3	F3	0.01	1.00E-05	0.1	3.00.E-02
con	con-F4	F4	0.01	1.00E-05	0.1	7.10.E-02
con	con-K1c_1	K1c_1	0.001	1.00E-05	0.5	9.62.E-03
con	con-K1c_3	K1c_3	0.001	1.00E-05	0.5	2.06.E-02
con	con-K1c_4	K1c_4	0.001	1.00E-05	0.5	8.85.E-04
con	con-K2E1sc_1	K2E1sc_1	0.01	1.00E-04	1	3.78.E-03
con	con-K2E1sc_2	K2E1sc_2	0.01	1.00E-04	1	8.27.E-03
con	con-K2E1sc_3	K2E1sc_3	0.01	1.00E-04	1	1.92.E-03
con	con-K2E1sc_4	K2E1sc_4	0.01	1.00E-04	1	9.73.E-04
con	con-K2E1sc_5	K2E1sc_5	0.01	1.00E-04	1	8.53.E-03
con	con-K2g_1	K2g_1	0.001	1.00E-05	0.5	6.80.E-02
con	con-K2g_2	K2g_2	0.001	1.00E-05	0.5	1.31.E-03
con	con-K2g_3	K2g_3	0.001	1.00E-05	0.5	6.09.E-03
con	con-K2g_4	K2g_4	0.001	1.00E-05	0.5	2.64.E-03
con	con-K2g_5	K2g_5	0.001	1.00E-05	0.5	4.00.E-02
con	con-K2v_1	K2v_1	0.01	1.00E-04	0.1	6.36.E-02
con	con-K2v_2	K2v_2	0.01	1.00E-04	0.1	1.80.E-02
con	con-K2v_3	K2v_3	0.01	1.00E-04	0.1	2.08.E-03
con	con-N1h_1	N1h_1	10	0.01	100	7.05.E+00
con	con-N1h_2	N1h_2	10	0.01	100	6.65.E-01
con	con-N1h_3	N1h_3	10	0.01	100	3.65.E-01
con	con-N1h_4	N1h_4	10	0.01	100	3.23.E+00
con	con-Qal_2	Qal_2	10	0.1	500	1.19.E+02
con	con-Qal2_1	Qal2_1	10	0.1	500	1.19.E+02
con	con-T2Jsal_1	T2Jsal_1	1.00E-05	1.00E-09	1.00E-02	5.10.E-03
con	con-T2Jsal_2	T2Jsal_2	1.00E-05	1.00E-09	1.00E-02	9.97.E-07
con	con-T2Jsal_3	T2Jsal_3	1.00E-05	1.00E-09	1.00E-02	9.97.E-07

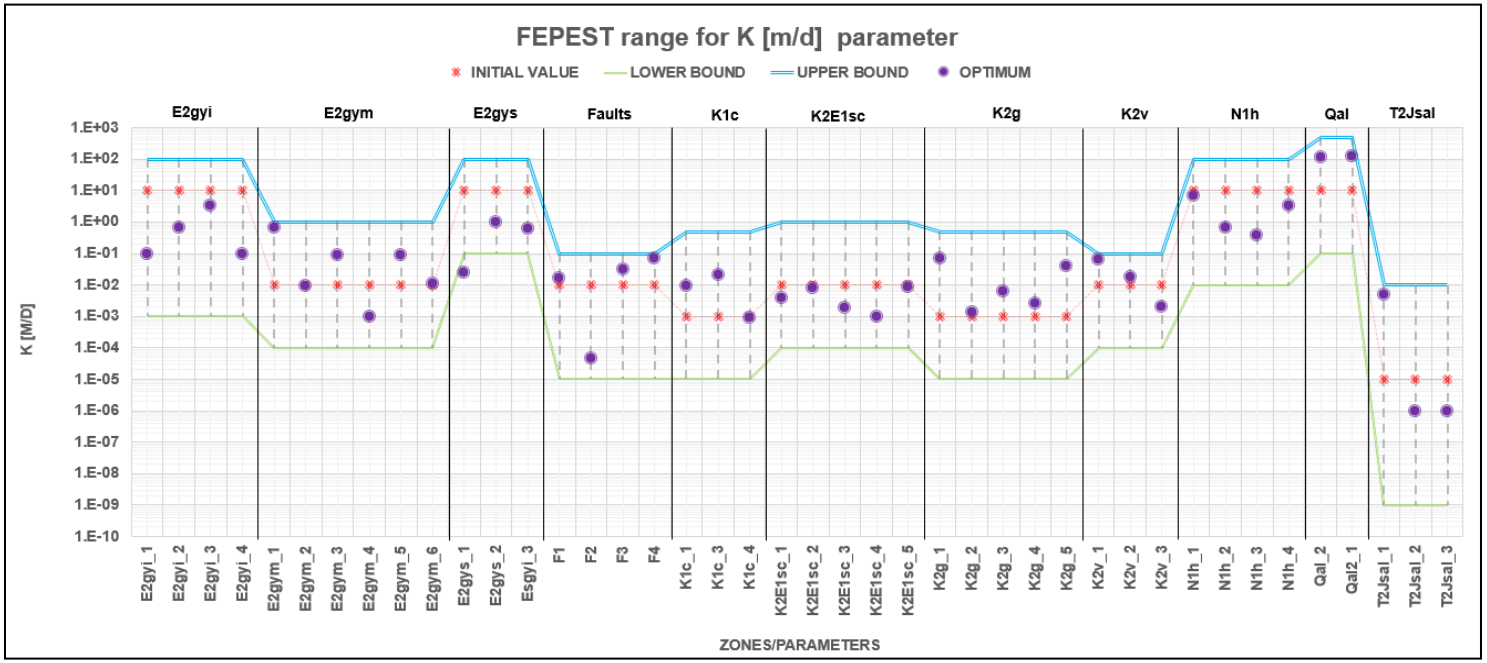


Ilustración 291 Intervalos de búsqueda, valor semilla y valor óptimo posterior a la calibración de la Sección A-A'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

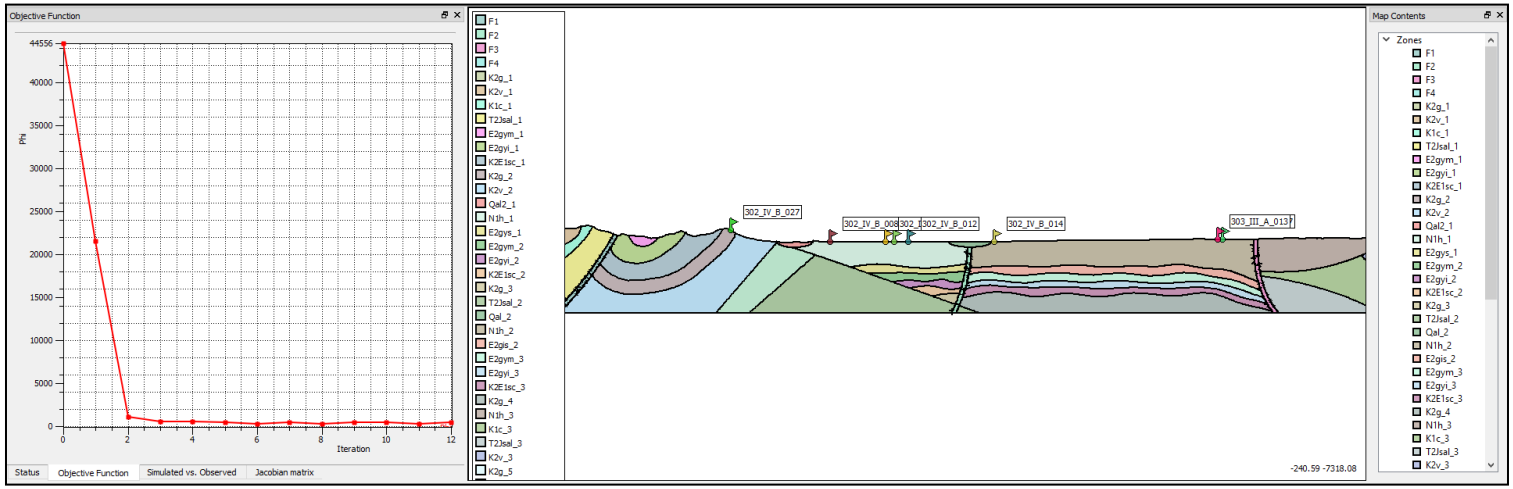


Ilustración 292 Interfaz FEPEST y resultados de la función objetivo Phi para la sección A-A'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Tabla 99 Valores observados Sección A-A' para calibración en FEPEST

Nombre	Parámetro	Grupo	Observados (m.s.n.m.)	Simulados (m.s.n.m.)	Peso	Residual	Residual Absoluto
302_IV_B_027	hea-302_IV_B_027	heagp	812.1	812.1	1.00	0.0	0.0
302_IV_B_008	hea-302_IV_B_008	heagp	386.5	395.0	1.00	8.6	8.6
302_IV_B_010	hea-302_IV_B_010	heagp	399.9	398.1	1.00	-1.8	1.8
302_IV_B_004	hea-302_IV_B_004	heagp	407.7	398.5	1.00	-9.2	9.2
302_IV_B_012	hea-302_IV_B_012	heagp	403.5	399.2	1.00	-4.3	4.3
302_IV_B_014	hea-302_IV_B_014	heagp	396.0	405.1	1.00	9.1	9.1
303_III_A_013	hea-303_III_A_013	heagp	482.5	479.4	1.00	-3.1	3.1
303_III_A_007	hea-303_III_A_007	heagp	479.8	480.3	1.00	0.5	0.5

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Al finalizar el proceso de calibración en FEPEST (**Ilustración 292 - Ilustración 295**) dio como resultado una concordancia razonablemente buena entre los niveles de agua medidos y simulados, así como con el entendimiento conceptual del sistema de agua subterránea. Un error cuadrático medio normalizado (NRMS) menor al 10% se considera aceptable para una buena calibración. El NRMS es una medida de la diferencia promedio entre los niveles de agua medidos y estimados por la simulación de modelo. La calibración de la Sección A-A' presenta un error NRMS de 1.4%, con una media de los residuales absolutos de 4.6 m, un residual medio de -0.04 m y valores de residual mínimo de -9.2 m y máximo de 9.2 m respectivamente, utilizando todos los datos, incluyendo una medida de confianza alta con un peso 1 (**Ilustración 293**).

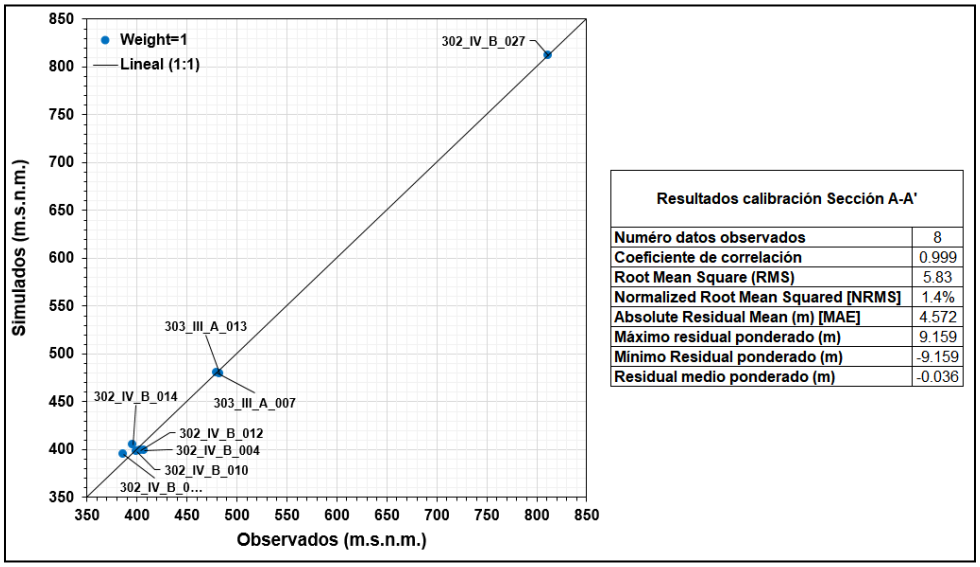


Ilustración 293 Resultados calibración FePEST Sección A-A'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- **Sección B-B':**

Para la sección B-B', se procedió a realizar una subdivisión de las unidades geológicas identificadas en el modelo conceptual para un total de 43 zonas independientes a las cuales se les asignó para cada una, su valor semilla y valor óptimo (**Ilustración 294** y **Tabla 100**). Cabe destacar que en vista de que se dispone de poca información observada en cuanto a la definición de los parámetros y la simulación es en estacionario solo fue calibrado el parámetro *K*.

Posteriormente, se contrastaron los niveles piezométricos medidos (**Tabla 101**) con los niveles piezométricos simulados, empleando estadísticos de verificación (i.e., RMSE, NRMSE, MAE), etc. Cabe mencionar que los puntos observados E, B, C presentan una ponderación de 0.3 respecto a los demás dada su incertidumbre al no estar referenciada su carga hidráulica y al estar influenciados por las condiciones de contorno de los ríos que elevan su carga hidráulica.

Al finalizar el proceso de calibración en FEPEST (**Tabla 100**) dio como resultado una concordancia razonablemente buena entre los niveles de agua medidos y simulados regionalmente, así como con el entendimiento conceptual del sistema de agua subterránea. Un error cuadrático medio normalizado (NRMS) menor al 10% se considera aceptable para una buena calibración. El NRMS es una medida de la diferencia promedio entre los niveles de agua medidos y estimados por la simulación de modelo.

La calibración de la Sección B-B' presenta un error NRMS de 1.6%, con una media de los residuales absolutos de 5.65 m, un residual medio de 5.32 m y valores de residual mínimo de -1.23 m y máximo de 17.7 m respectivamente, utilizando todos los datos, incluyendo una medida de confianza baja con un peso de 0.3 (**Ilustración 296**). Sin embargo, si se obviara los puntos de observación B, C, D y E con ponderación inferior a 1, el modelo responde adecuadamente a las condiciones cuasi-estacionarias del sistema con un error NRMS de 0.02 %, con una media de los residuales absolutos de 0.058 m, un residual medio de 0.03 m y valores de residual mínimo de -0.06 m y máximo de 0.1 m respectivamente (**Ilustración 297**).

Tabla 100 Valores asignados para la calibración en FEPEST Sección B-B'

DEF	NAME	ZONE	INITIAL VALUE	LOWER BOUND	UPPER BOUND	OPTIMUM
con	con-E2gyi_20	E2gyi_20	10	0.001	100	5.93.E-03
con	con-E2gyi_30	E2gyi_30	10	0.001	100	1.35.E-01
con	con-E2gyi_5	E2gyi_5	10	0.001	100	1.41.E-01
con	con-E2gym_19	E2gym_19	0.01	0.0001	0.1	1.21.E-03
con	con-E2gym_29	E2gym_29	0.01	0.0001	0.1	1.02.E-02
con	con-E2gym_4	E2gym_4	0.01	0.0001	0.1	6.48.E-03
con	con-E2gys_18	E2gys_18	10	0.1	100	6.79.E-03
con	con-E2gys_28	E2gys_28	10	0.1	100	1.00.E+01
con	con-E2gys_3	E2gys_3	10	0.1	100	1.43.E+01
con	con-F1	F1	0.01	0.00001	0.1	1.00.E-02
con	con-F2	F2	0.01	0.00001	0.1	5.71.E-02
con	con-F3	F3	0.01	0.00001	0.1	3.20.E-03
con	con-F4	F4	0.01	0.00001	0.1	3.07.E-02
con	con-F5	F5	0.01	1.00E-05	0.1	1.38.E-02
con	con-J3i_2	J3i_2	0.00001	1.00E-09	0.01	8.51.E-03
con	con-K1c_26	K1c_26	0.001	1.00E-05	0.5	4.66.E-03
con	con-K1c_34	K1c_34	0.001	1.00E-05	0.5	1.29.E-03
con	con-K1c_9	K1c_9	0.001	1.00E-05	0.5	1.13.E-03
con	con-K2E1~00P	K2E1sc_21	0.01	1.00E-04	1	1.48.E-01
con	con-K2E1~00Q	K2E1sc_22	0.01	1.00E-04	1	7.41.E-03
con	con-K2E1~00R	K2E1sc_23	0.01	1.00E-04	1	6.64.E-03
con	con-K2E1~00S	K2E1sc_24	0.01	1.00E-04	1	1.28.E-03
con	con-K2E1~00Z	K2E1sc_31	0.01	1.00E-04	1	1.75.E-02
con	con-K2E1sc_6	K2E1sc_6	0.01	1.00E-04	0.1	6.67.E-03
con	con-K2g_25	K2g_25	0.001	1.00E-05	0.5	2.19.E-02
con	con-K2g_32	K2g_32	0.001	1.00E-05	0.5	7.68.E-02
con	con-K2g_7	K2g_7	0.001	1.00E-05	0.5	6.98.E-02
con	con-K2v_27	K2v_27	0.001	1.00E-05	0.5	6.72.E-02
con	con-K2v_33	K2v_33	0.001	1.00E-05	0.5	6.34.E-02
con	con-K2v_8	K2v_8	0.001	1.00E-05	0.5	3.12.E-02
con	con-N1h_1	N1h_1	10	1.00E-02	100	4.36.E-01
con	con-N1h_2	N1h_2	10	1.00E-02	100	1.86.E+00
con	con-N1h_3	N1h_3	10	1.00E-02	100	2.66.E+00
con	con-N1h_4	N1h_4	10	0.01	100	8.90.E-02
con	con-N2gii_16	N2gii_16	0.01	0.001	10	1.36.E-02
con	con-N2gii_17	N2gii_17	0.01	0.001	10	4.74.E-01
con	con-N2gim_13	N2gim_13	0.001	0.00001	10	1.74.E+00
con	con-N2gim_14	N2gim_14	0.001	0.00001	10	9.99.E-02
con	con-N2gim_15	N2gim_15	0.001	0.00001	10	1.97.E-02
con	con-Qal2_11	Qal2_11	119	1.00E-01	500	1.38.E+02
con	con-Qal2_12	Qal2_12	119	1.00E-01	500	1.37.E+02
con	con-T2Jsal_1	T2Jsal_1	1.00E-05	1.00E-09	1.00E-02	9.25.E-03
con	con-T2Js~013	T2Jsal_35	1.00E-05	1.00E-09	1.00E-02	9.30.E-03

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

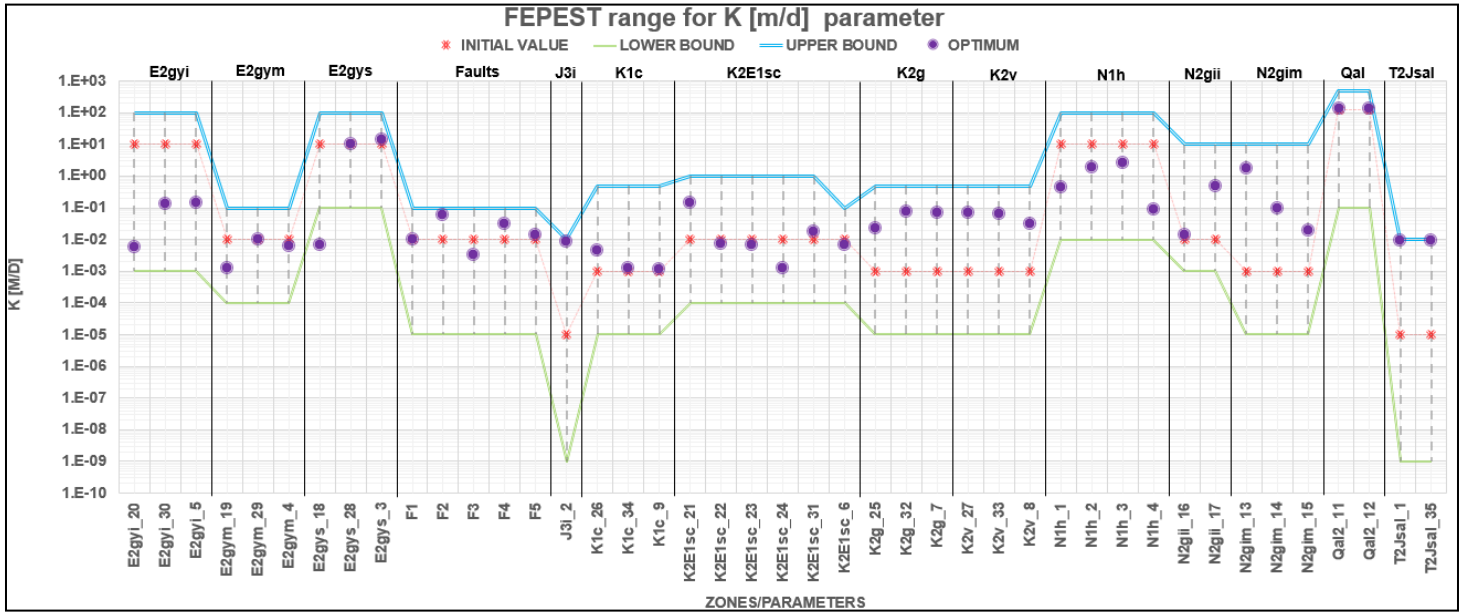


Ilustración 294 Intervalos de búsqueda, valor semilla y valor óptimo posterior a la calibración de la Sección B-B'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

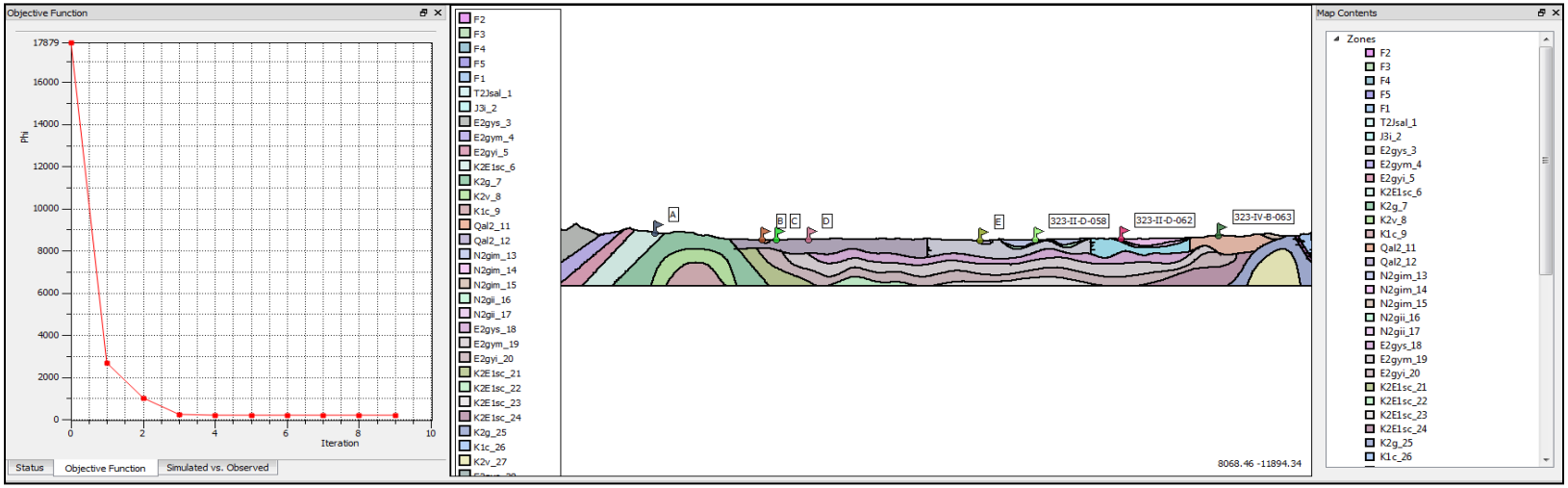


Ilustración 295 Interfaz FEPEST y resultados de la función objetivo Phi para la sección B-B'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Tabla 101 Valores observados Sección B-B' para calibración en FEPEST

Nombre	Parámetro	Grupo	Observados (m.s.n.m.)	Simulados (m.s.n.m.)	Peso	Residual	Residual Absoluto
B	hea-B	heagp	**465.1**	**479.2**	**0.30**	14.1	14.1
C	hea-C	heagp	**467.2**	**479.1**	**0.30**	11.9	11.9
D	hea-D	heagp	**480.5**	**479.3**	**0.50**	-1.2	1.2
E	hea-E	heagp	**424.4**	**442.1**	**0.30**	17.7	17.7
323-II-D-058	hea-323-II-D-058	heagp	**457.3**	**457.2**	**1.00**	-0.1	0.1
323-II-D-062	hea-323-II-D-062	heagp	**496.4**	**496.4**	**1.00**	0.0	0.0
323-IV-B-063	hea-323-IV-B-063	heagp	**693.6**	**693.7**	**1.00**	0.1	0.1
A	hea-A	heagp	**796.5**	**796.6**	**1.00**	0.1	0.1

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

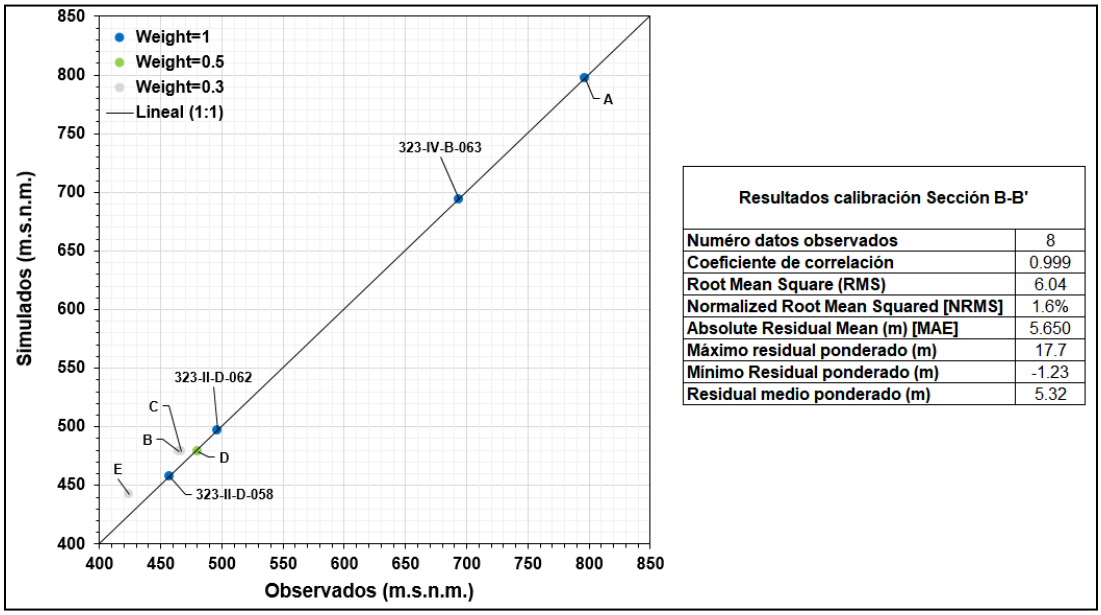
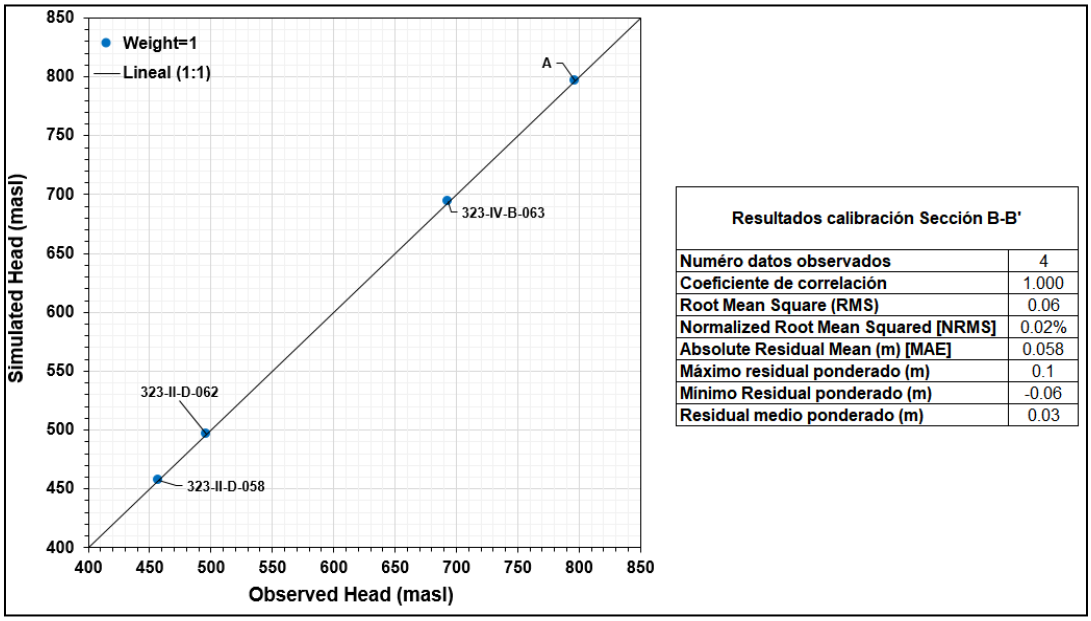


Ilustración 296 Resultados calibración FEPEST Sección B-B' – 8 puntos observados
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016



Resultados calibración Sección B-B'	
Numéro datos observados	4
Coeficiente de correlación	1.000
Root Mean Square (RMS)	0.06
Normalized Root Mean Squared [NRMS]	0.02%
Absolute Residual Mean (m) [MAE]	0.058
Máximo residual ponderado (m)	0.1
Mínimo Residual ponderado (m)	-0.06
Residual medio ponderado (m)	0.03

Ilustración 297 Resultados calibración FEPEST Sección B-B' – 4 puntos observados
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

- **Sección C-C':**

Para la sección C-C', se procedió a realizar una subdivisión de las unidades geológicas identificadas en el modelo conceptual para un total de 33 zonas independientes a las cuales se les asignó para cada una, su valor semilla y valor óptimo (**Ilustración 298** y **Tabla 102**). Cabe destacar que en vista de que se dispone de poca información observada en cuanto a la definición de los parámetros y la simulación es en estacionario solo fue calibrado el parámetro *K*.

Posteriormente, se contrastaron los niveles piezométricos medidos (**Tabla 103**) con los niveles piezométricos simulados, empleando estadísticos de verificación (i.e., RMSE, NRMSE, MAE), etc.

Al finalizar el proceso de calibración en FEPEST (**Ilustración 299**) dio como resultado una concordancia razonablemente buena entre los niveles de agua medidos y simulados regionalmente, así como con el entendimiento conceptual del sistema de agua subterránea. Un error cuadrático medio normalizado (NRMS) menor al 10% se considera aceptable para una buena calibración. El NRMS es una medida de la diferencia promedio entre los niveles de agua medidos y estimados por la simulación de modelo.

La calibración de la Sección C-C' presenta un error NRMS de 0.6%, con una media de los residuales absolutos de 0.98 m, un residual medio de 0.05 m y valores de residual mínimo de -2.3 m y máximo de 2.5 m respectivamente, utilizando todos los datos, incluyendo una medida de confianza alta con un peso de 1 (**Ilustración 300**).

Tabla 102 Valores asignados para la calibración en FEPEST Sección B-B'

DEF	NAME	ZONE	INITIAL VALUE	LOWER BOUND	UPPER BOUND	OPTIMUM
con	con-E2gyi25	E2gyi25	10	0.001	100	4.63.E+01
con	con-E2gyi5	E2gyi5	10	0.001	100	1.62.E-01
con	con-E2gym24	E2gym24	0.01	0.0001	1	1.32.E-02
con	con-E2gym4	E2gym4	0.01	0.0001	1	1.60.E-02
con	con-E2gys2	E2gys2	10	0.001	100	1.63.E+00
con	con-E2gys23	E2gys23	10	0.001	100	1.34.E-02
con	con-E2gys3	E2gys3	10	0.001	100	1.61.E+00
con	con-F1	F1	0.01	0.00001	1	7.46.E-01
con	con-F2	F2	0.01	0.00001	1	7.68.E-01
con	con-F3	F3	0.01	0.00001	1	5.30.E-02
con	con-F4	F4	0.01	0.00001	1	5.30.E-02
con	con-F5	F5	0.01	0.00001	1	1.62.E-02
con	con-K1c10	K1c10	0.001	1.00E-05	10	1.05.E+00
con	con-K1c13	K1c13	0.001	1.00E-05	10	1.04.E+00
con	con-K1c17	K1c17	0.001	1.00E-05	10	1.04.E+00
con	con-K2E1sc6	K2E1sc6	0.01	1.00E-04	10	9.04.E-01
con	con-K2g15	K2g15	0.001	1.00E-05	10	5.12.E-01
con	con-K2g8	K2g8	0.001	1.00E-05	10	5.22.E-01
con	con-K2v14	K2v14	0.01	1.00E-04	10	3.15.E-02
con	con-K2v16	K2v16	0.01	1.00E-04	10	3.07.E-02
con	con-K2v9	K2v9	0.01	1.00E-04	10	3.13.E-02
con	con-N1h21	N1h21	10	1.00E-02	100	1.73.E-01
con	con-Qa120l_A	Qa120l_A	119	1.00E-03	500	4.36.E-03
con	con-Qal120_B	Qal120_B	119	1.00E-03	500	2.20.E-01
con	con-Qal120_C	Qal120_C	119	1.00E-03	500	1.63.E+00
con	con-Qal120_D	Qal120_D	119	1.00E-03	500	3.49.E+01
con	con-Qal219	Qal219	119	1.00E-03	500	6.12.E+01
con	con-Qal27	Qal27	119	1.00E-03	500	5.11.E+01
con	con-T2Jasl1	T2Jasl1	1.00E-05	1.00E-09	1.00E-02	7.49.E-03
con	con-T2Jsal11	T2Jsal11	1.00E-05	1.00E-09	1.00E-02	5.22.E-06
con	con-T2Jsal12	T2Jsal12	1.00E-05	1.00E-09	1.00E-02	5.22.E-06
con	con-T2Jsal18	T2Jsal18	1.00E-05	1.00E-09	1.00E-02	5.20.E-06
con	con-T2Jsal26	T2Jsal26	1.00E-05	1.00E-09	1.00E-02	7.37.E-03

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Tabla 103 Valores observados Sección C-C' para calibración en FEPEST

Nombre	Parámetro	Grupo	Observados (m.s.n.m.)	Simulados (m.s.n.m.)	Peso	Residual	Residual Absoluto
323_IV_C_011	hea-323_IV_C_011	heagp	**498.4**	**500.9**	**1.00**	2.5	2.5
323_IV_C_010	hea-323_IV_C_010	heagp	**504.7**	**502.4**	**1.00**	-2.3	2.3
323_IV_D_013	hea-323_IV_D_013	heagp	**744.7**	**744.7**	**1.00**	0.0	0.0
323_IV_D_009	hea-323_IV_D_009	heagp	**756.2**	**756.3**	**1.00**	0.1	0.1
323_IV_D_020	hea-323_IV_D_020	heagp	**622.6**	**622.5**	**1.00**	0.0	0.0

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

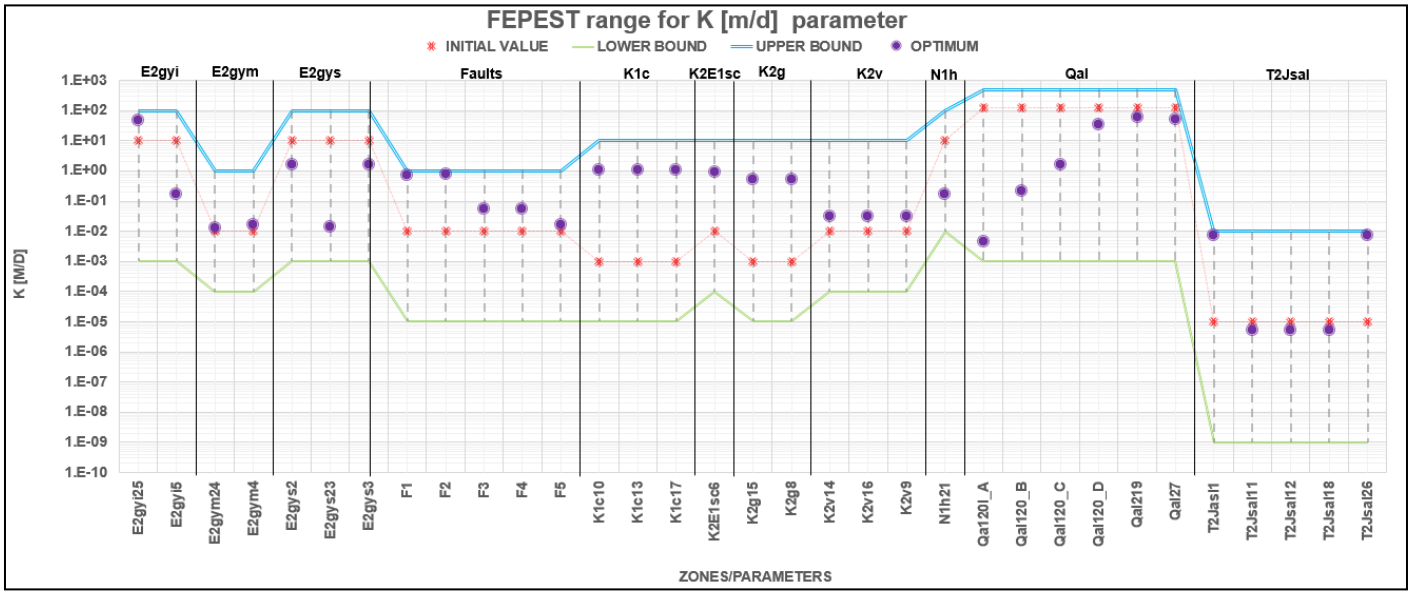


Ilustración 298 Intervalos de búsqueda, valor semilla y valor óptimo posterior a la calibración de la Sección C-C'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

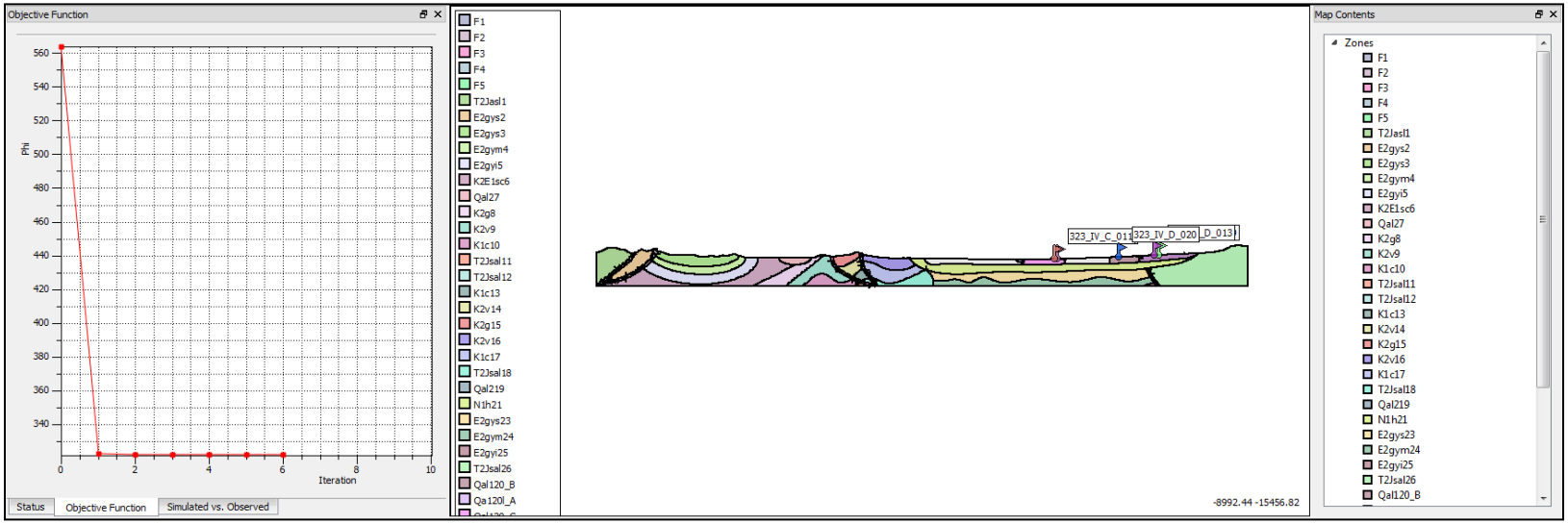
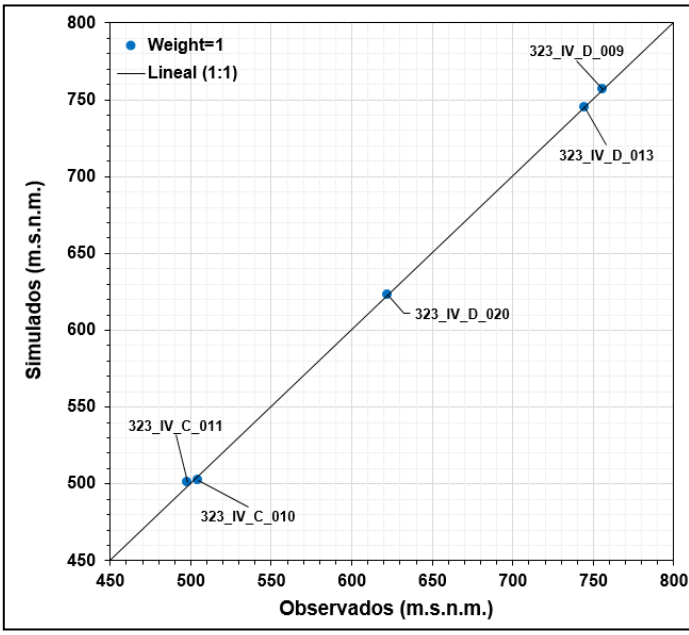


Ilustración 299 Interfaz FEPEST y resultados de la función objetivo Phi para la sección C-C'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016



Resultados calibración Sección C-C'	
Numéro datos observados	5
Coeficiente de correlación	0.999
Root Mean Square (RMS)	1.51
Normalized Root Mean Squared [NRMS]	0.6%
Absolute Residual Mean (m) [MAE]	0.980
Máximo residual ponderado (m)	2.5
Mínimo Residual ponderado (m)	-2.30
Residual medio ponderado (m)	0.05

Ilustración 300 Resultados calibración FEPEST Sección C-C' – 8 puntos observados
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.9.6.9 Resultados

Una vez ajustados los tres modelos bidimensionales, se procede a realizar el cálculo numérico de las condiciones quasiestacionarias del sistema. En ellas se identifica la distribución de gradiente, direcciones de flujo, superficie freática, zonas de descarga o saturación del sistema, tiempos de viaje, etc.

En términos generales, el comportamiento del flujo regional está gobernado por la recarga lateral del medio5 y su descarga directa a las fuentes superficiales (i.e., río Magdalena y Baché) con tiempos de transito superiores a 1,000 años. Dado que no se cuenta con información piezométrica regionalmente, el nivel de saturación y posición del nivel potenciométrico de las formaciones con potencial medio a bajo de agua subterránea, están condicionadas a los niveles ajustados en los puntos de observación someros de litologías con porosidad primaria importante (i.e., Qal y N1h).

El error de balance para las tres configuraciones es inferior al 0.5% para un máximo de 12 iteraciones. A continuación, se precisan los resultados por cada sección.

Sección A-A':
La sección A-A', el modelo representa la Región Norte

Para la sección A-A', el modelo empleó 17 iteraciones para converger con un error de tolerancia de 5x10-6 (Ilustración 28), lo cual se traduce en una diferencia porcentual del 0.0002% de error en el balance hídrico para esta sección6. Dado que es un modelo bidimensional con espesor unitario, el cálculo estimado para las entradas de flujo en estado permanente es de ~13.8 Hm3/año, siendo el potencial agente de recarga y descarga el Río Magdalena (i.e., > 95% del volumen anual) (Ilustración 301 y Tabla 104).

Por otra parte, las zonas sin saturación se encuentran cercanas a los contornos laterales (W-E) y en las zonas de potencial hidrogeológico (centro), siendo para éstas >15 m. En vista de que no se cuenta con información piezométrica regional, el nivel potenciométrico simulado se encuentra influenciado por las mediciones someras de carga hidráulica de los aljibes presentes en N1h o Qal2 (Ilustración 31). Así mismo, el punto observado 302_IV_B_027 condiciona el comportamiento del flujo regional hacia el W, incrementando el nivel piezométrico en la sección (Ilustración 30). Por lo anterior, se deben caracterizar y registrar mediciones de estas formaciones geológicas con potencial medio a bajo por porosidad secundaria para ajustar nuevamente la carga hidráulica.

Respecto a los tiempos de viaje en la zona de descarga principal (i.e., Río Magdalena), regionalmente el flujo tiene tiempos de transito mayores a los 10,000 años en las zonas de recarga lateral y aportes profundos. En zonas intermedias donde el flujo está gobernado por el cambio de dirección gravitacional del valle y la diagénesis de los materiales más porosos, oscila con un periodo mayor a los 1,000 años (Ilustración 303) y localmente < 500 años (Ilustración 304). En la Ilustración 305 a Ilustración 312 se pueden observar las direcciones de flujo locales para las zonas de descarga, intermedias y regionales.

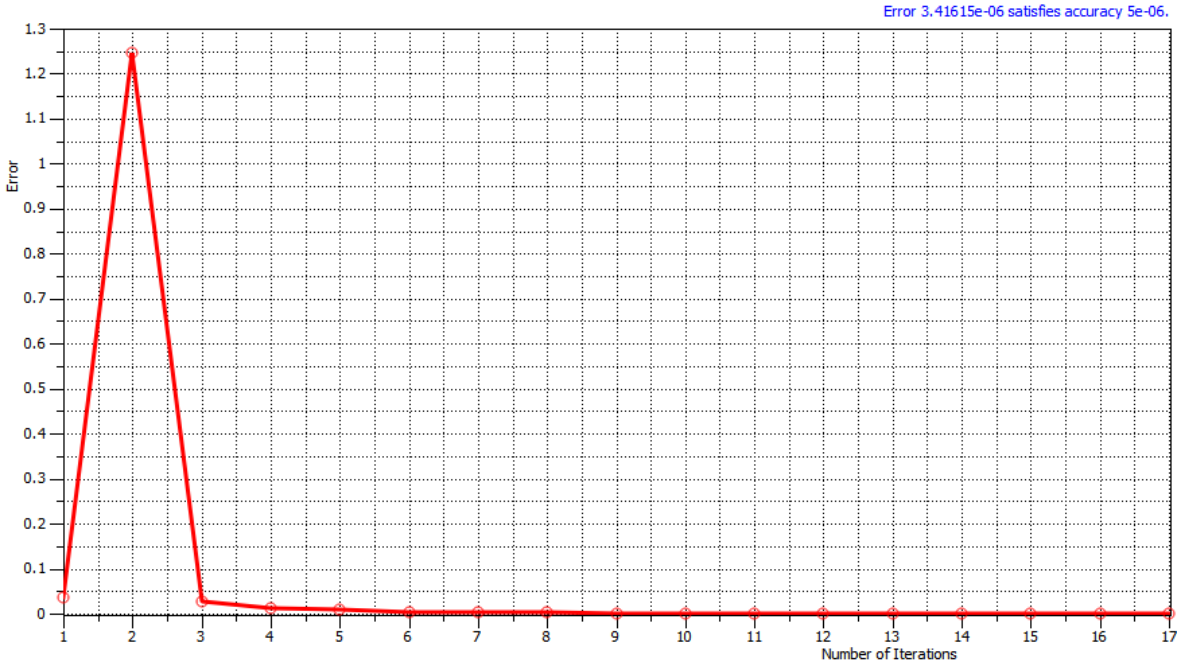


Ilustración 301. Error de convergencia en la sección A – A´.

Tabla 104 Balance hídrico en régimen permanente para la sección A-A'

Ítem	Entradas Hm³/año			Salidas Hm³/año			Imbalce
	Recarga Lateral	Recarga Superficial	Recarga Río	Descarga Lateral	Descarga Superficial	Descarga Río	
A - A´	7.86E-04	4.94E-01	1.33E+01	9.84E-02	0.00E+00	1.37E+01	0.0002%

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

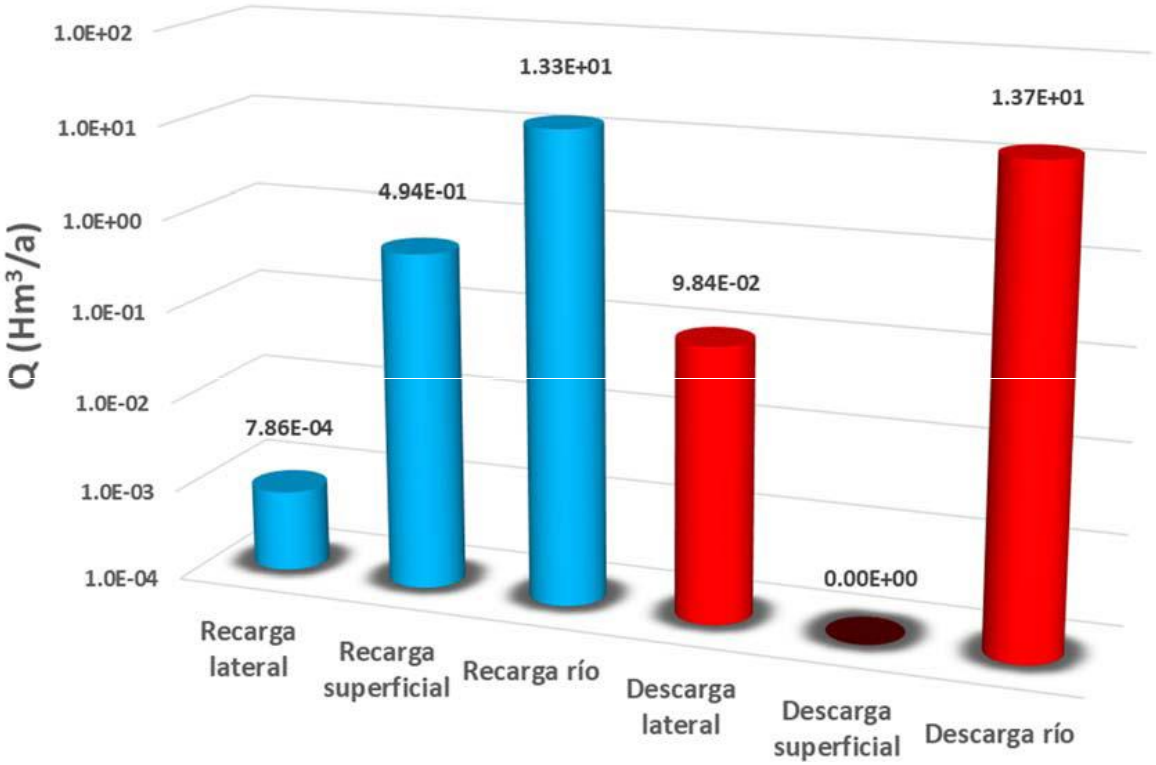


Ilustración 302. Balance hídrico en régimen permanente para la Sección A-A'

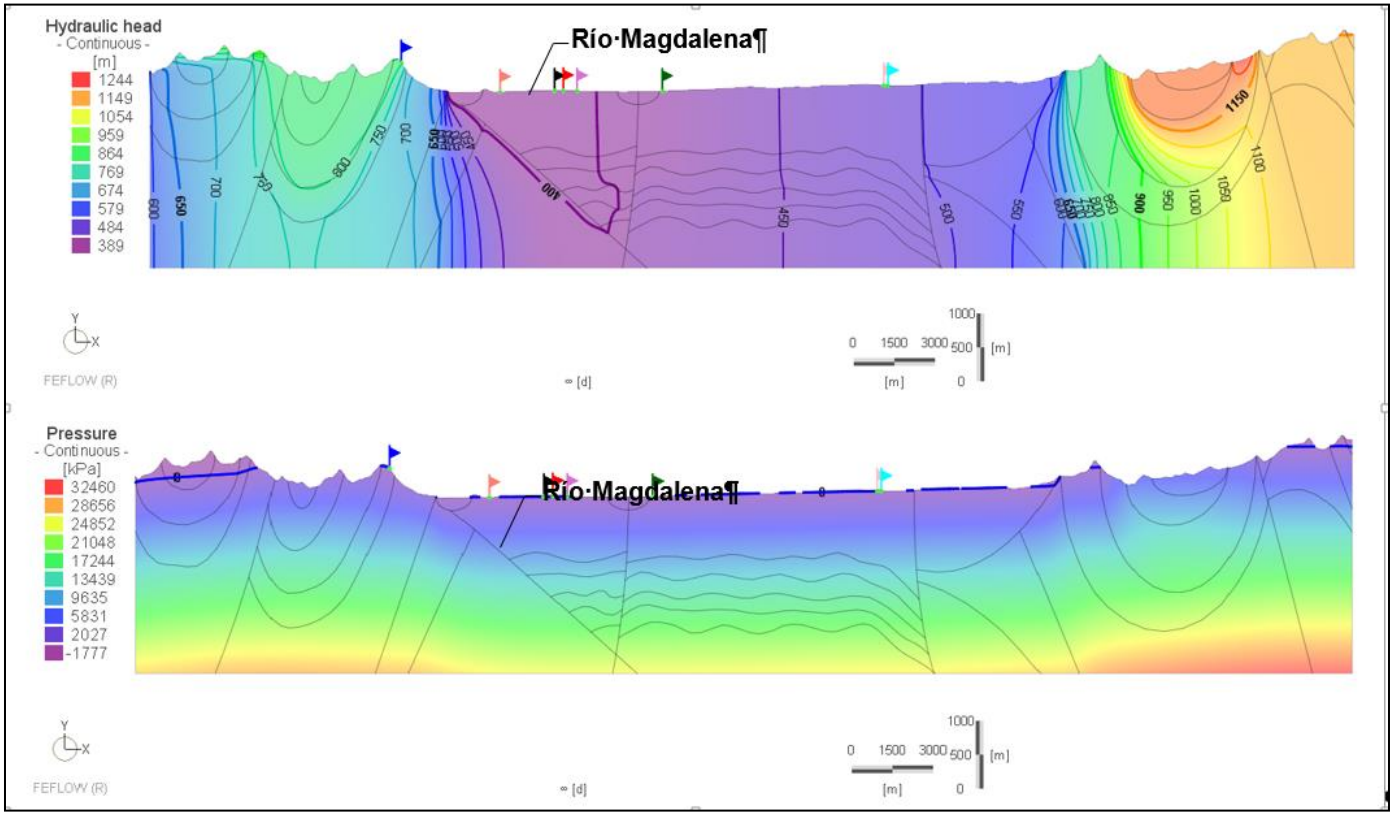


Ilustración 303 Distribución de la carga hidráulica y presión Sección A-A'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

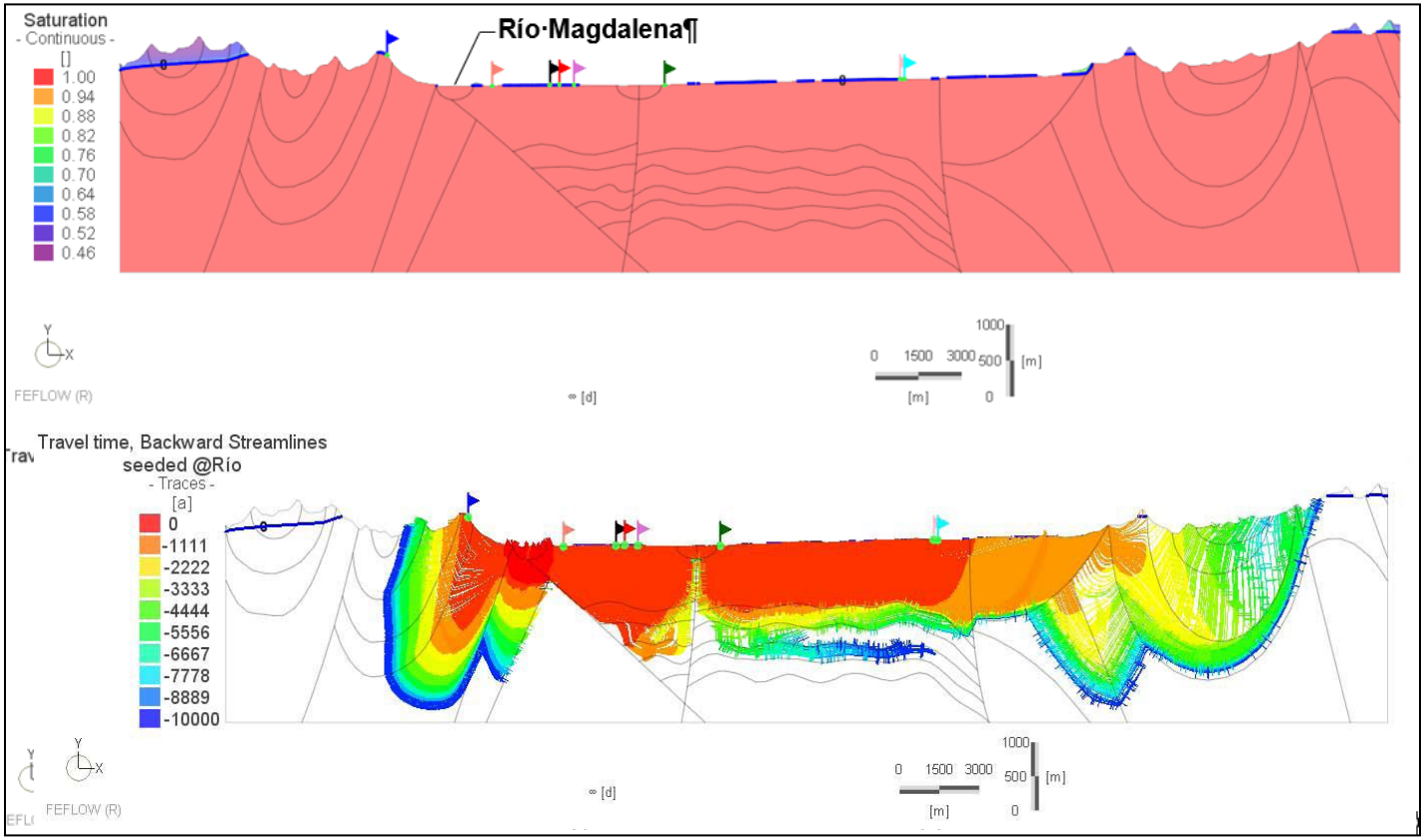


Ilustración 304 Distribución del nivel de saturación y tiempos de viaje al Río Magdalena Sección A-A'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

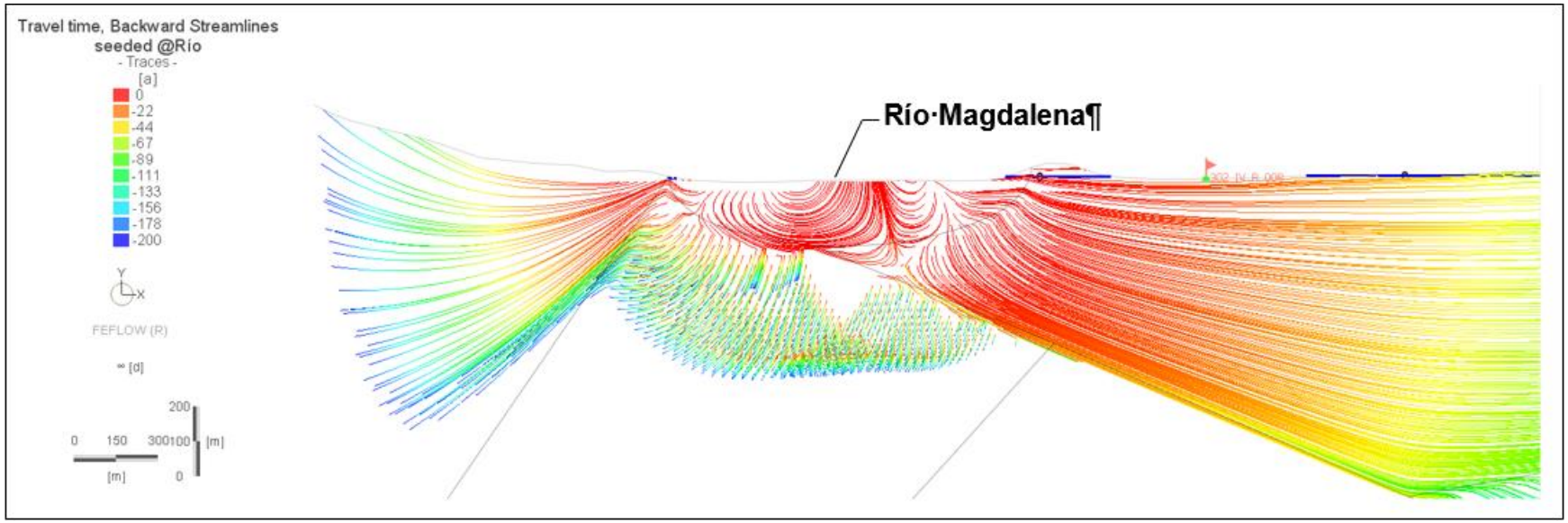


Ilustración 305 Tiempos de viaje al Río Magdalena Sección A-A'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

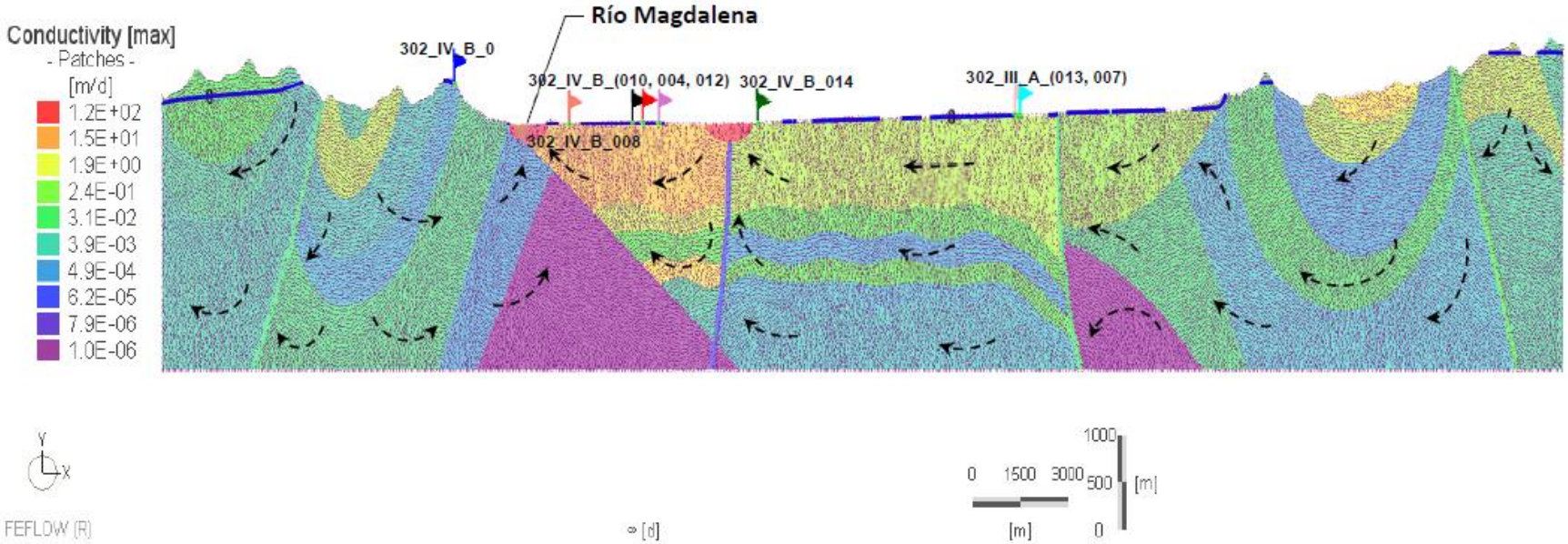
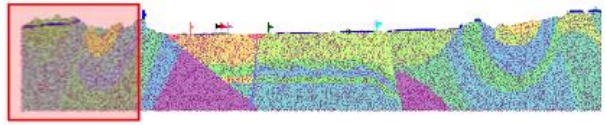


Ilustración 306 Dirección de flujo regional – Sección A-A'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016



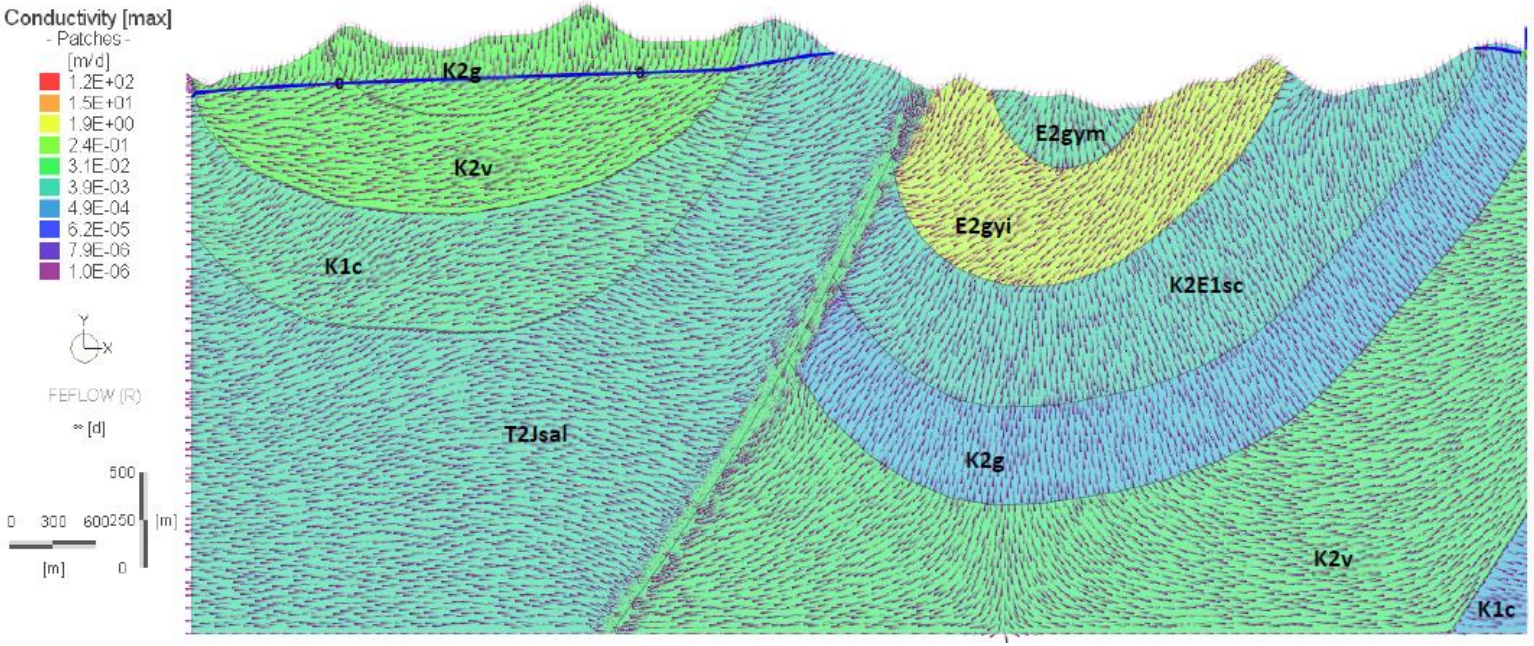


Ilustración 307 Zoom dirección de flujo regional – Sección A-A'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

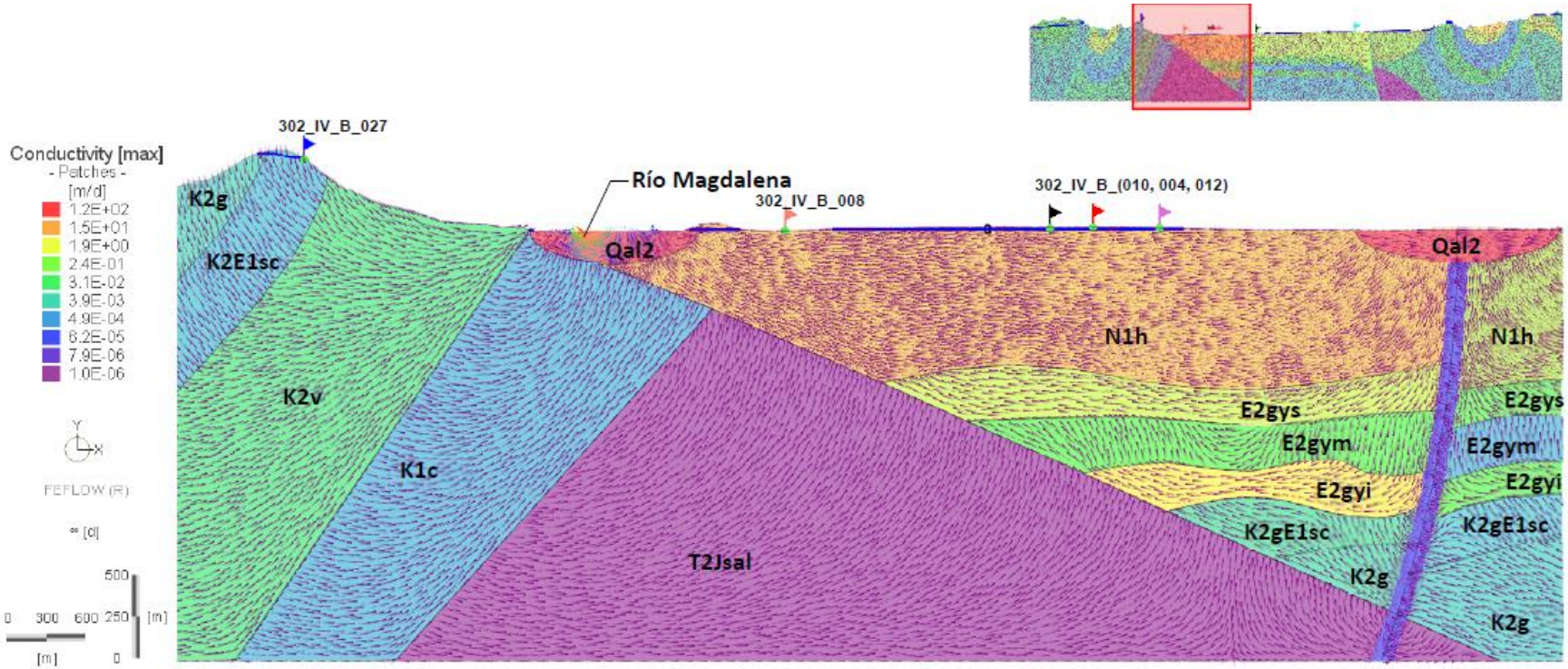


Ilustración 308 Zoom dirección de flujo regional – Sección A-A'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

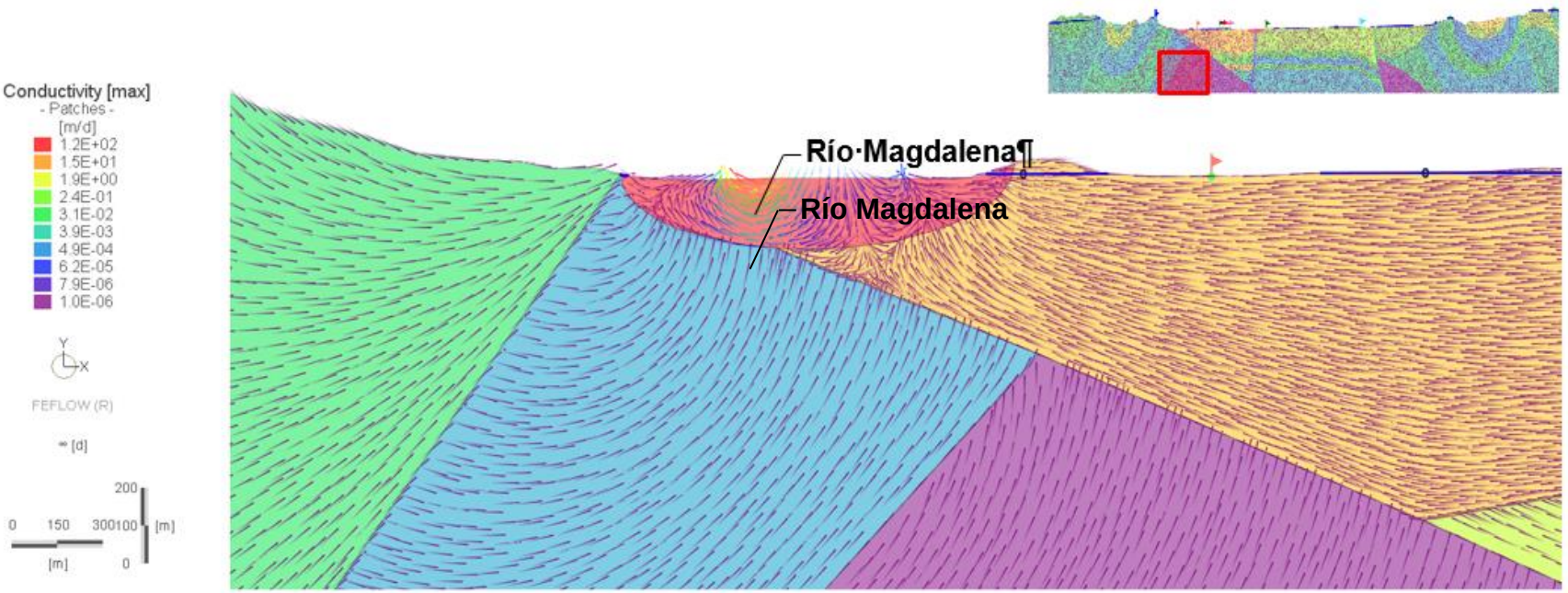


Ilustración 309 Dirección de flujo local Río Magdalena – Sección A-A'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

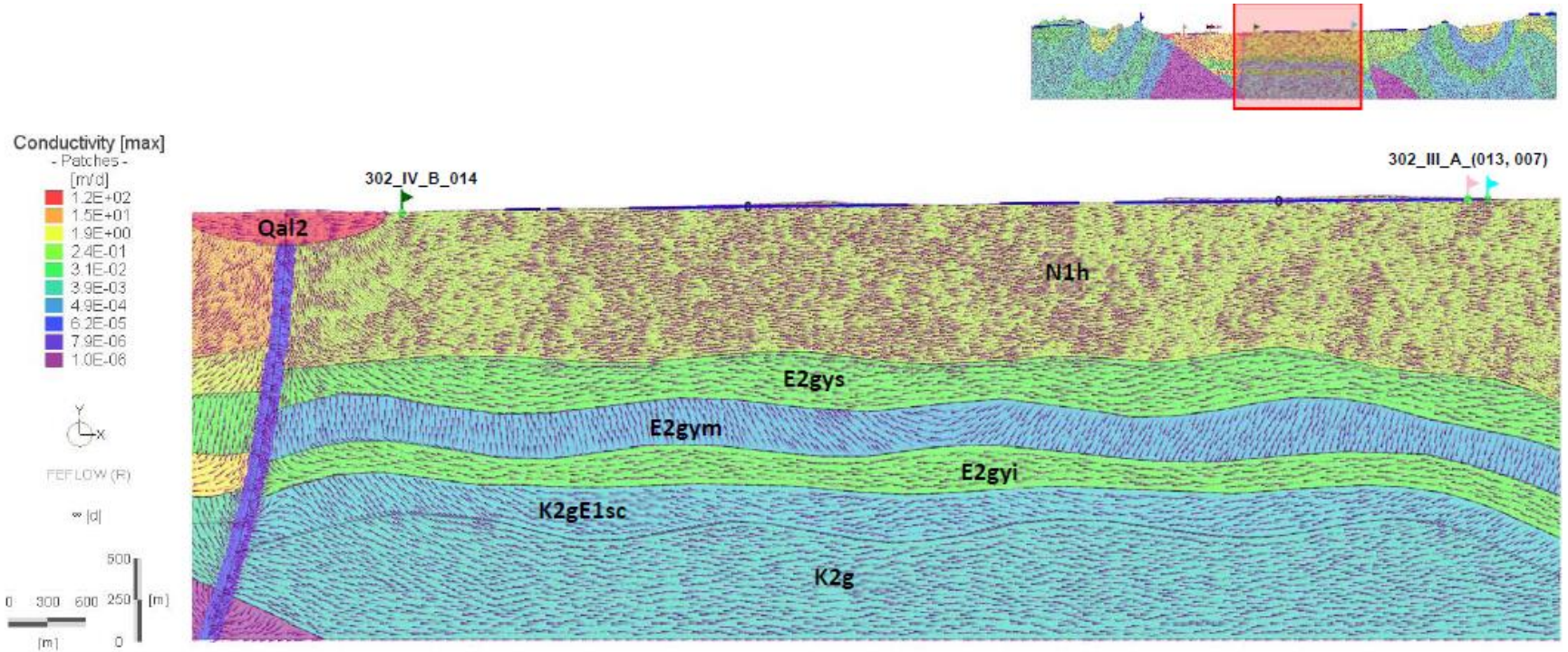


Ilustración 310 Zoom dirección de flujo regional – Sección A-A'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

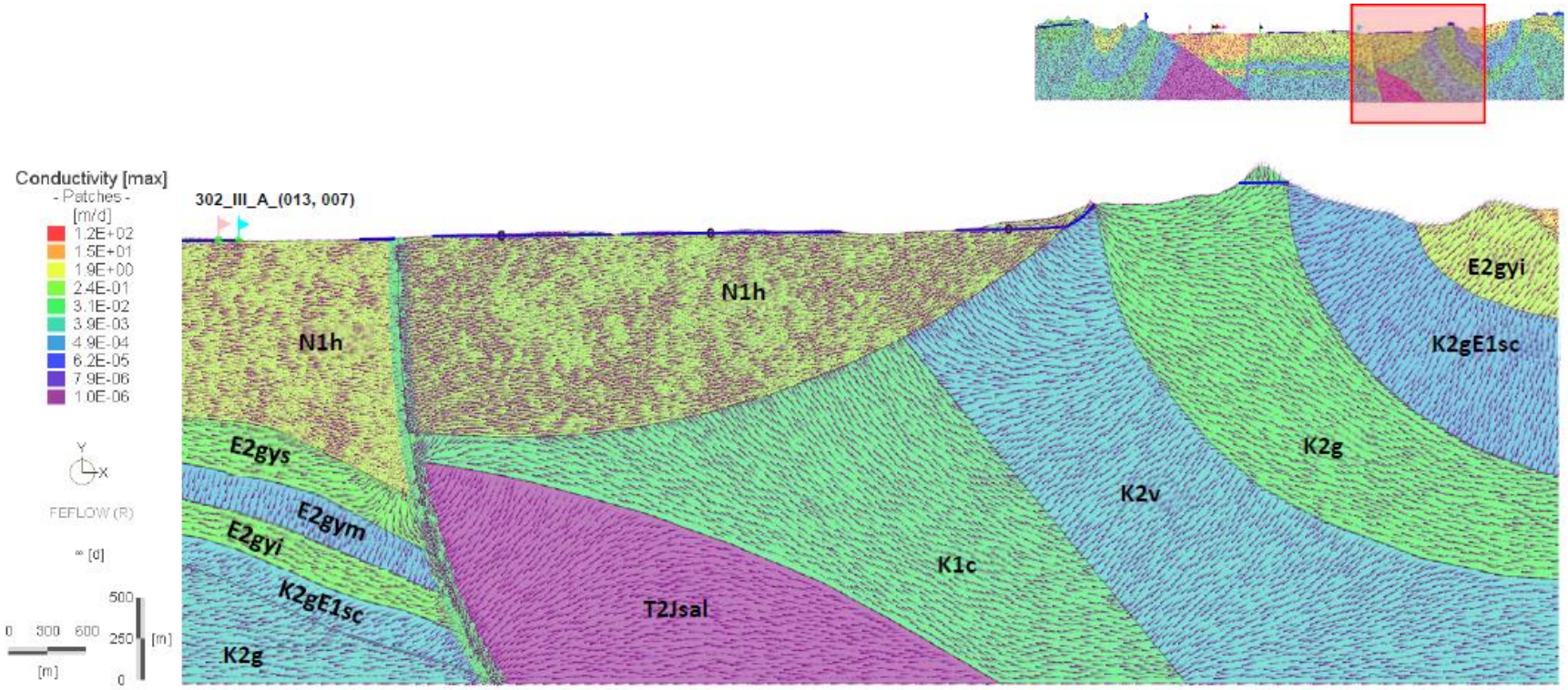


Ilustración 311 Zoom dirección de flujo regional – Sección A-A'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

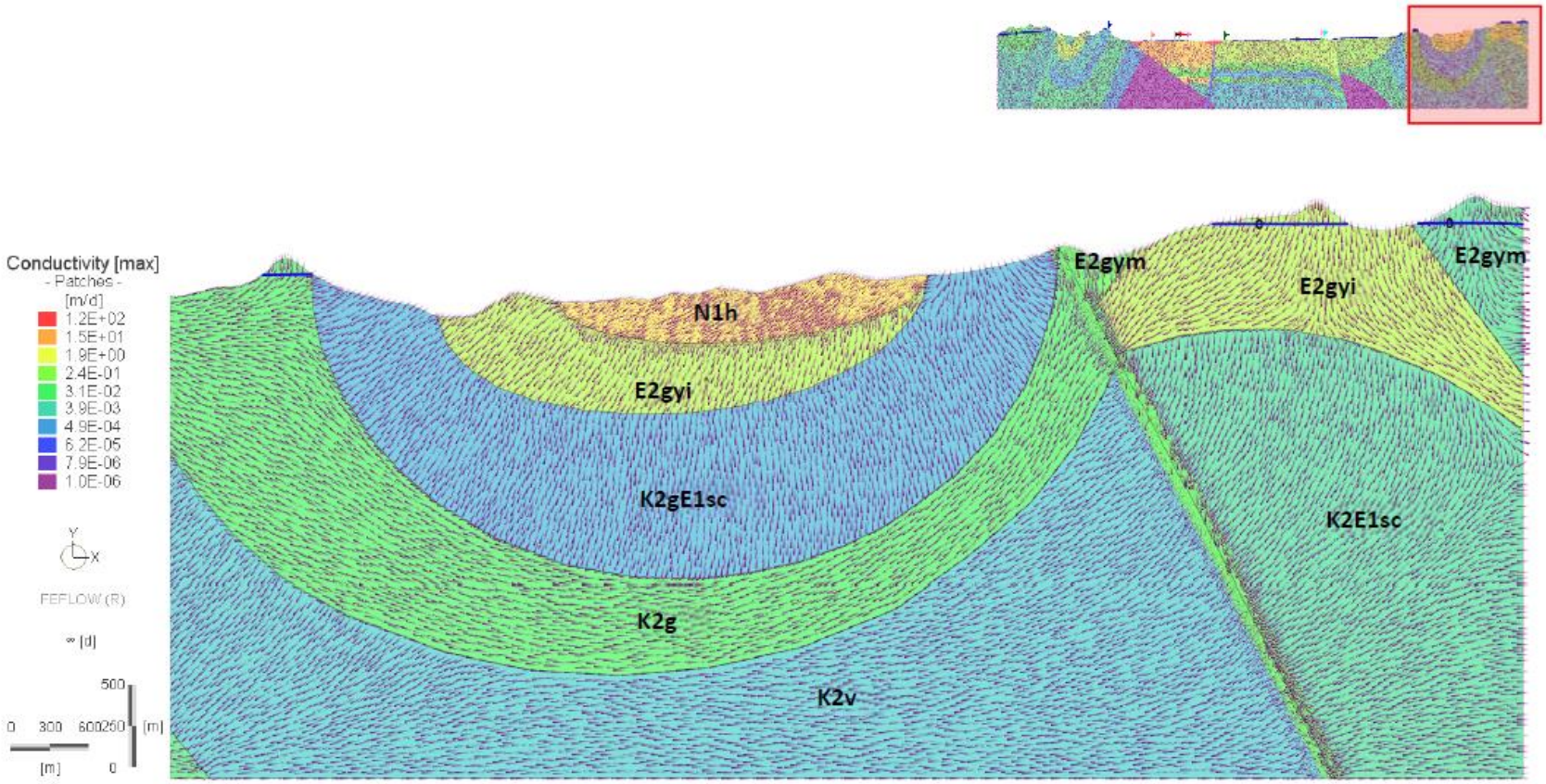


Ilustración 312 Zoom dirección de flujo regional – Sección A-A'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sección B-B':

Para la sección B-B', el modelo empleó 11 iteraciones para converger con un error de tolerancia de 1x10-6 (Ilustración 40), lo cual se traduce en una diferencia porcentual del -0.005% de error en el balance hídrico para esta sección7. Dado que es un modelo bidimensional con espesor unitario, el cálculo estimado para las entradas de flujo en estado permanente es de ~23.6 Hm3/año, siendo el potencial agente de recarga y descarga los Ríos Magdalena y Baché (i.e., > 95% del volumen anual) (**Ilustración 313** y Tabla 105).

Por otra parte, las zonas sin saturación se encuentran cercanas a los contornos laterales (W-E) y en las zonas de potencial hidrogeológico (centro), siendo para éstas >30 m. En vista de que no se cuenta con información piezométrica regional, el nivel potenciométrico simulado se encuentra influenciado por las mediciones someras de carga hidráulica de los aljibes y pozos presentes en N1h o Qal2 (Ilustración 314) e impuestas en los ríos. Sin embargo, el pozo A presente en la formación K2E1sc permite ajustar el comportamiento del flujo regional en el W, dando una mejor comprensión a los niveles de saturación del sistema (Ilustración 43). Por lo anterior, se deben caracterizar y registrar mediciones regionales de formaciones con potencial medio a bajo por porosidad secundaria para ajustar nuevamente la carga hidráulica.

Respecto a los tiempos de viaje en la zona de descarga (i.e., Río Magdalena y Baché), regionalmente el flujo tiene tiempos de transito mayores a los 10,000 años en las zonas de recarga lateral y aportes profundos. En zonas intermedias donde el flujo está gobernado por el cambio de dirección gravitacional del valle y la diagénesis de los materiales más porosos, oscila con un periodo menor a los 1,000 años (Ilustración 315) y localmente < 200 años (Ilustración 319 e Ilustración 317) En la Ilustración 320 a Ilustración 324 se pueden observar las direcciones de flujo locales para la zona de descarga, intermedias y regionales.

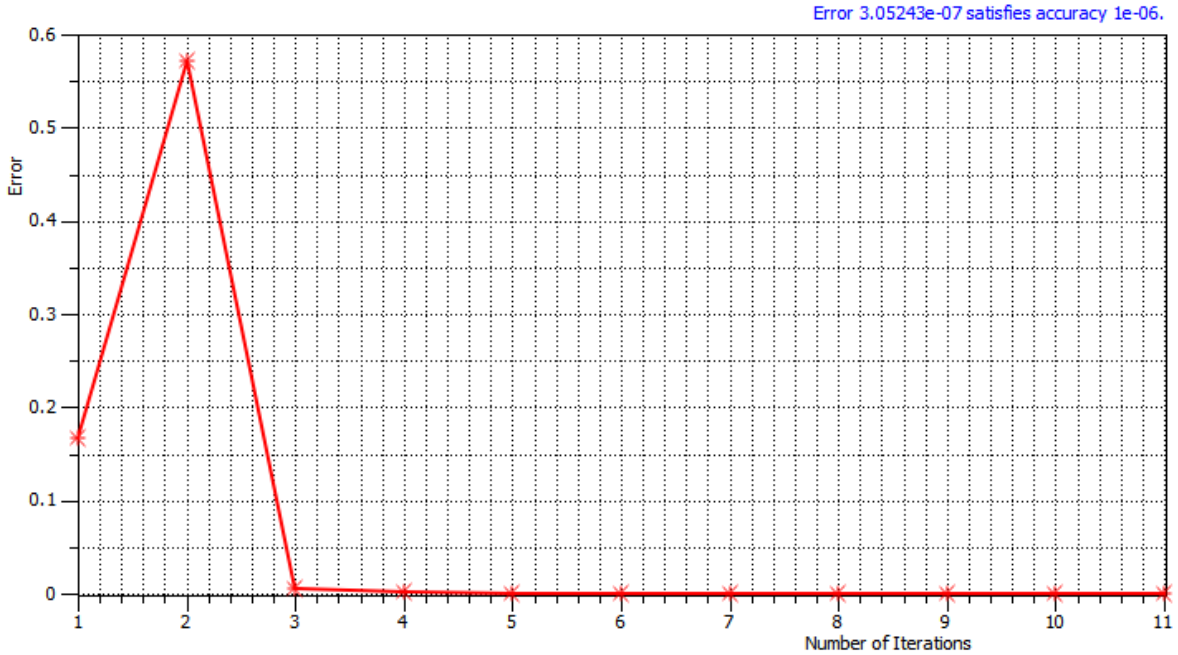


Ilustración 313 Error de convergencia en la Sección B-B´.

Tabla 105 Balance hídrico en régimen permanente para la sección B-B'

Ítem	Entradas Hm³/año			Salidas Hm³/año			Imbalce
	Recarga Lateral	Recarga Superficial	Recarga Río	Descarga Lateral	Descarga Superficial	Descarga Río	
B -B´	6.90E-02	7.49E-01	2.28E+01	2.31E-02	0.00E+00	2.35E+01	-0.005%

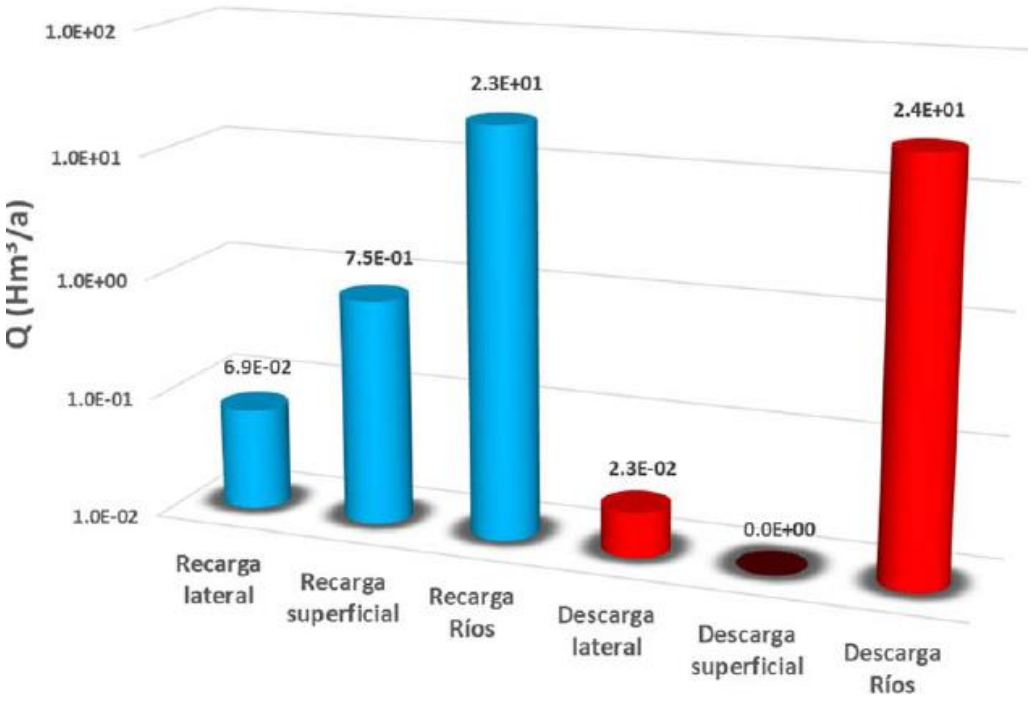


Ilustración 314 Balance hídrico en régimen permanente para la Sección B-B'

Sección B-B':

La sección B-B', representa la región norte

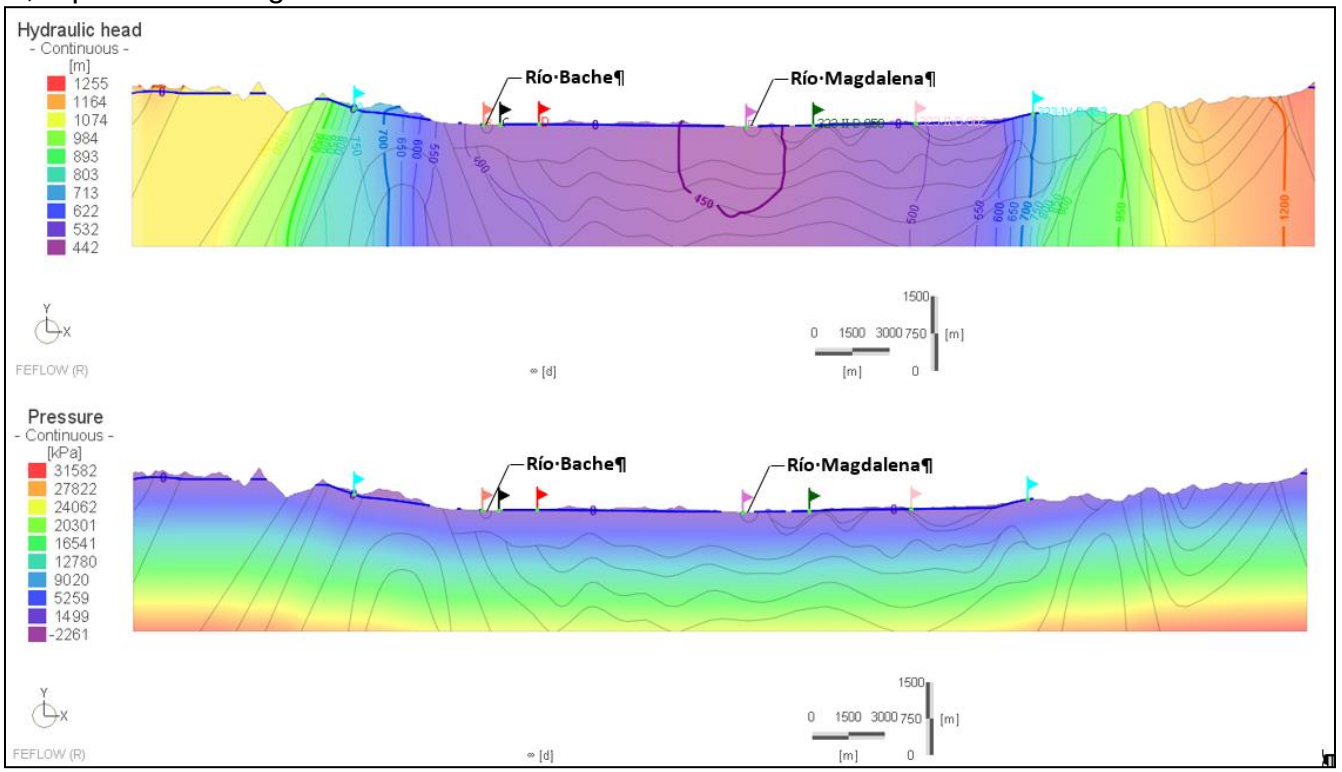


Ilustración 315 Distribución de la carga hidráulica y presión Sección B-B'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

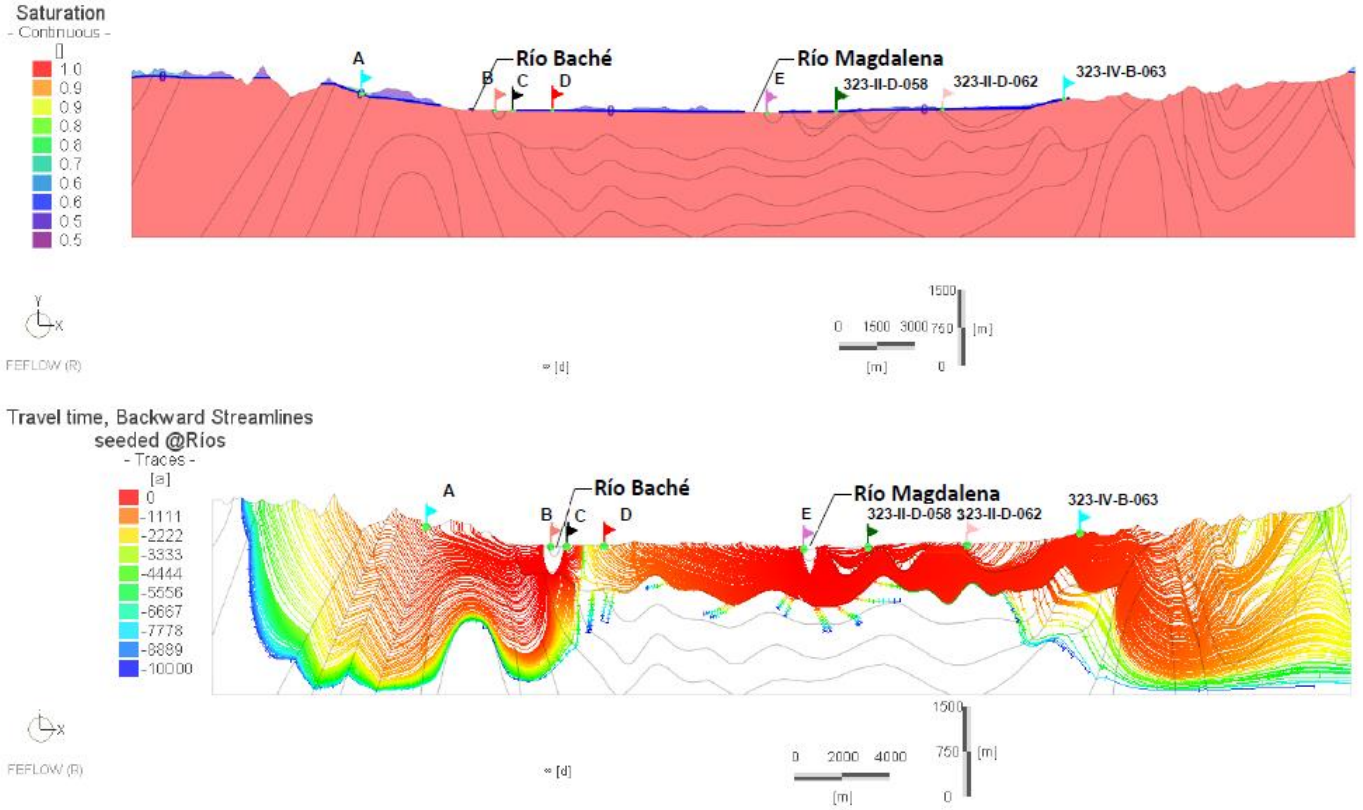


Ilustración 316 Distribución del nivel de saturación y tiempos de viaje al Río Magdalena y Baché Sección B-B'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

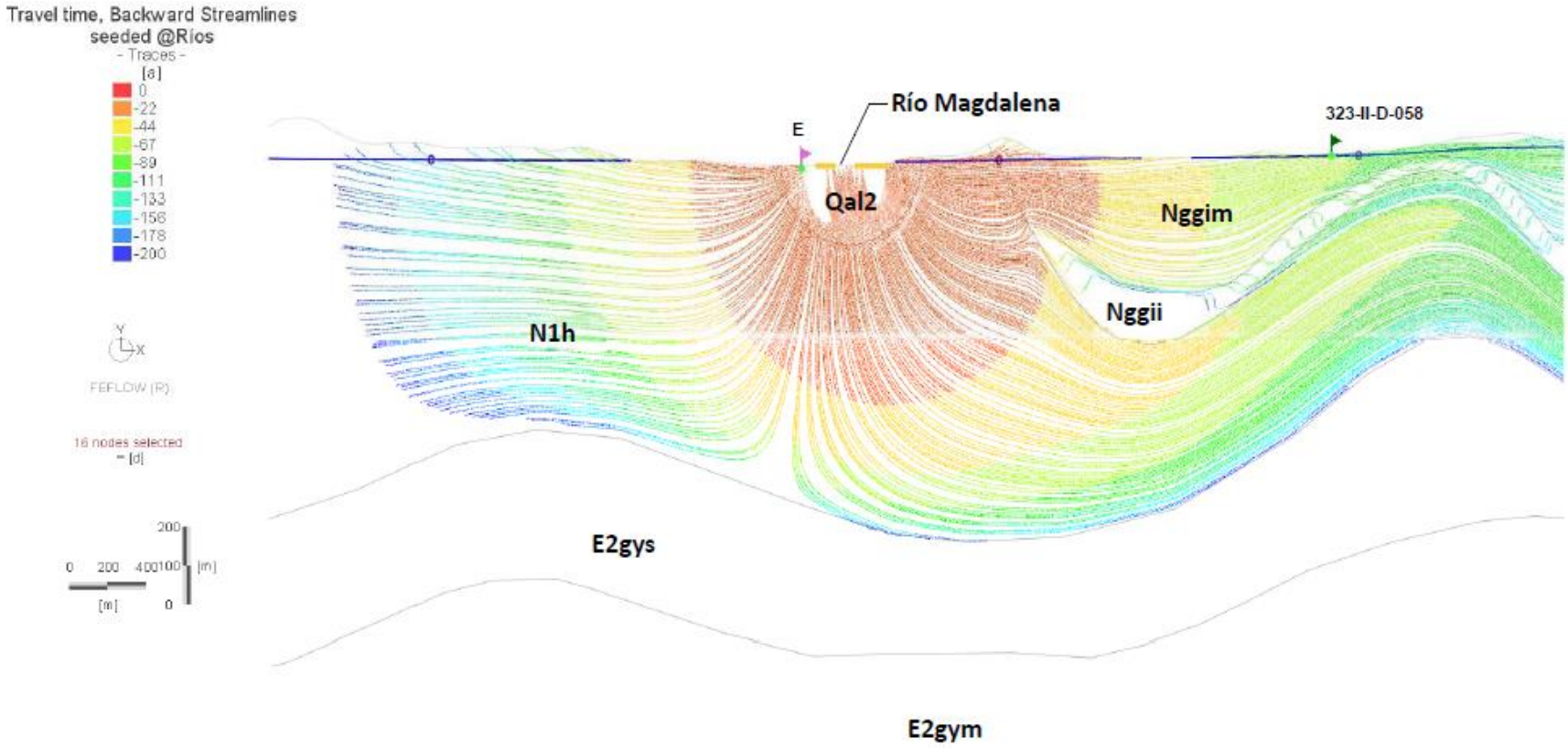


Ilustración 317 Tiempos de viaje al Río Magdalena Sección B-B'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

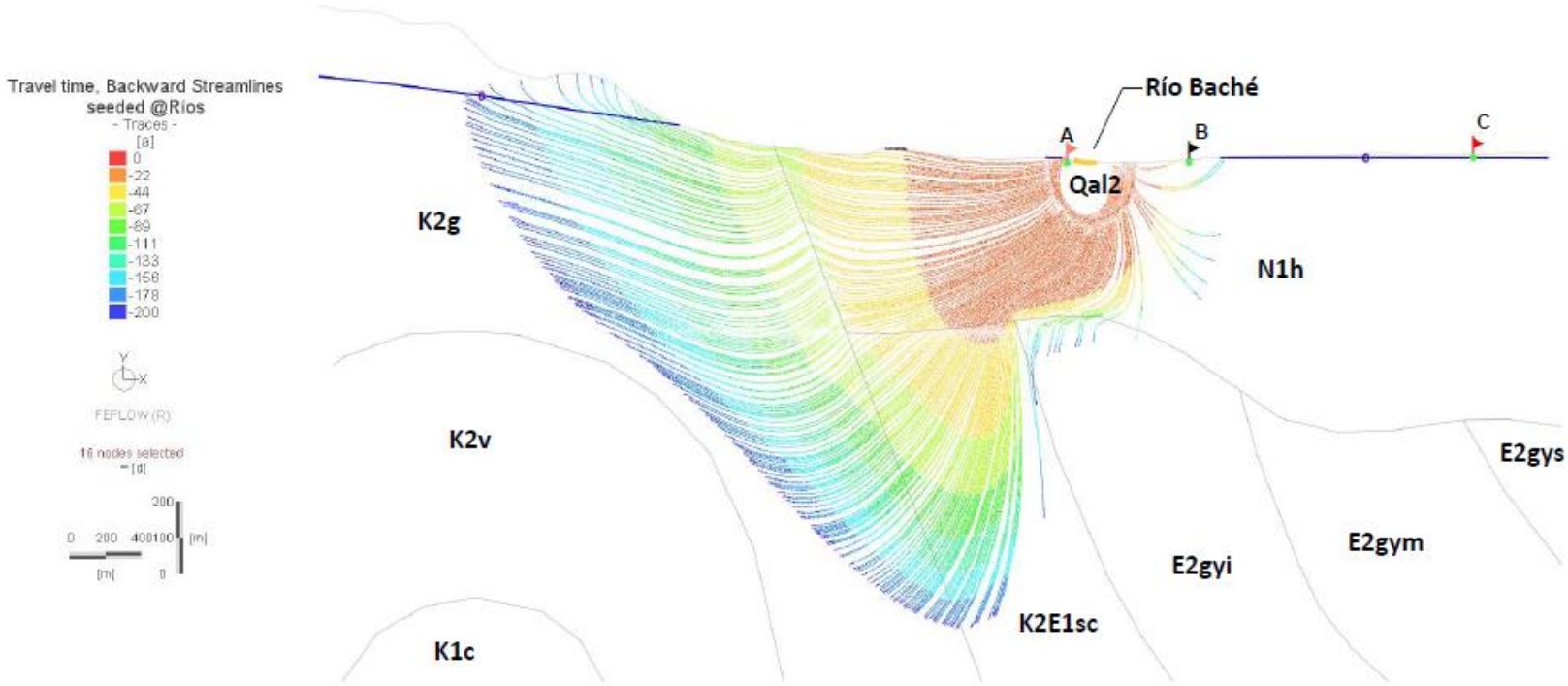


Ilustración 318 Tiempos de viaje al Río Baché Sección B-B'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Ilustración 48 Dirección de flujo regional – Sección B-B'

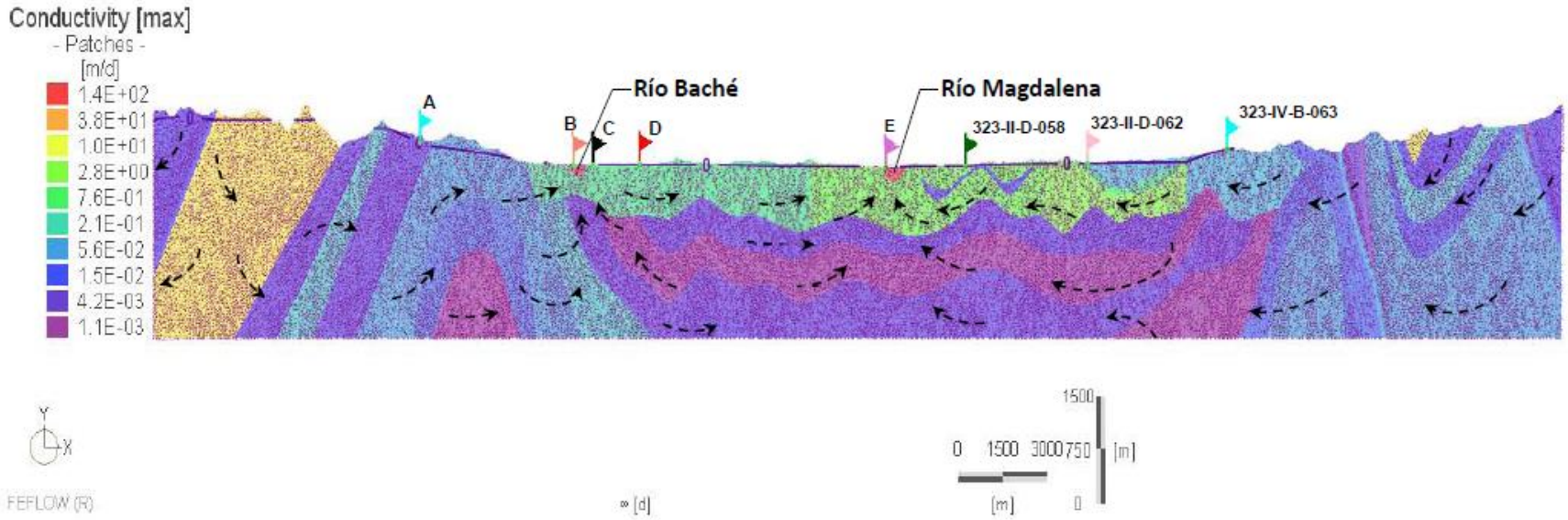


Ilustración 319 Dirección de flujo regional – Sección B-B'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

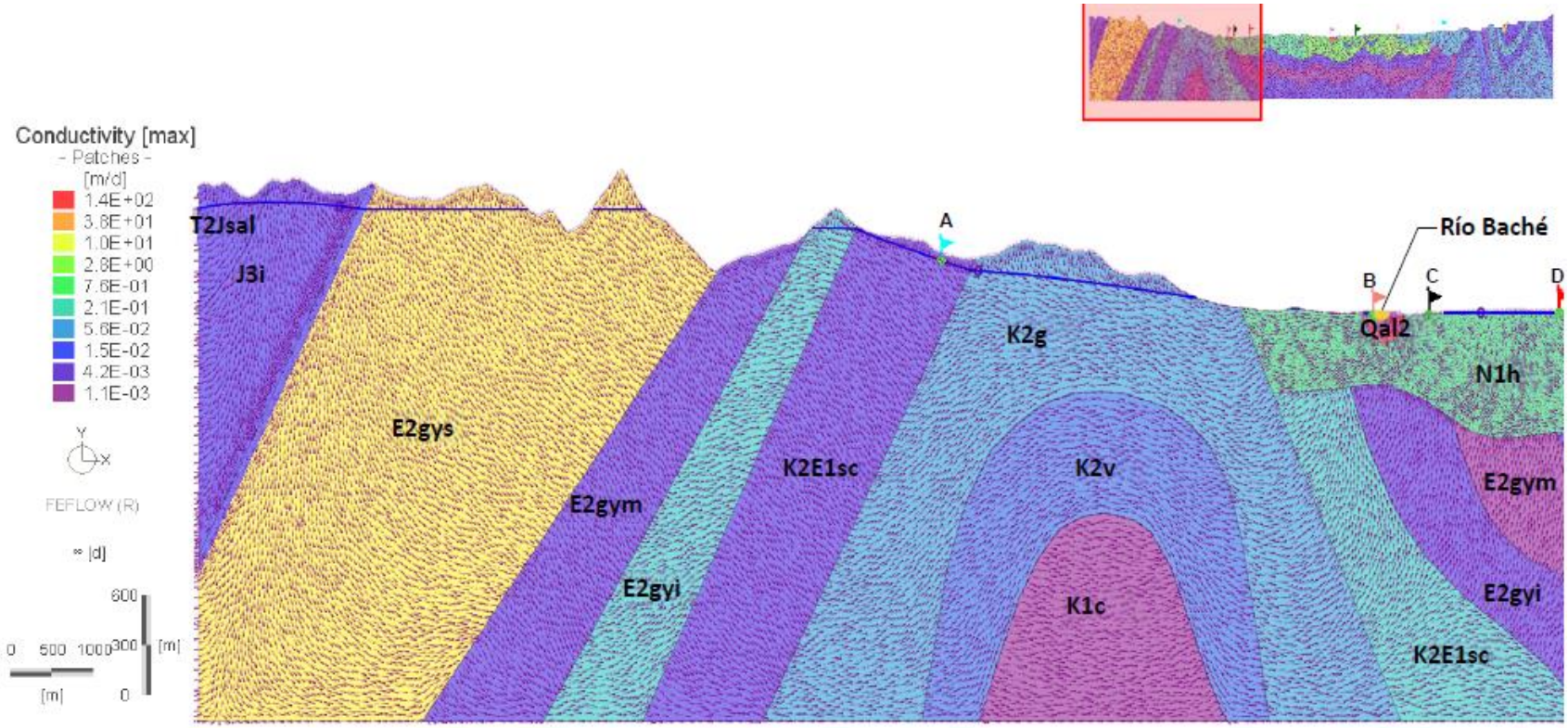


Ilustración 320 Zoom dirección de flujo regional – Sección B-B'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

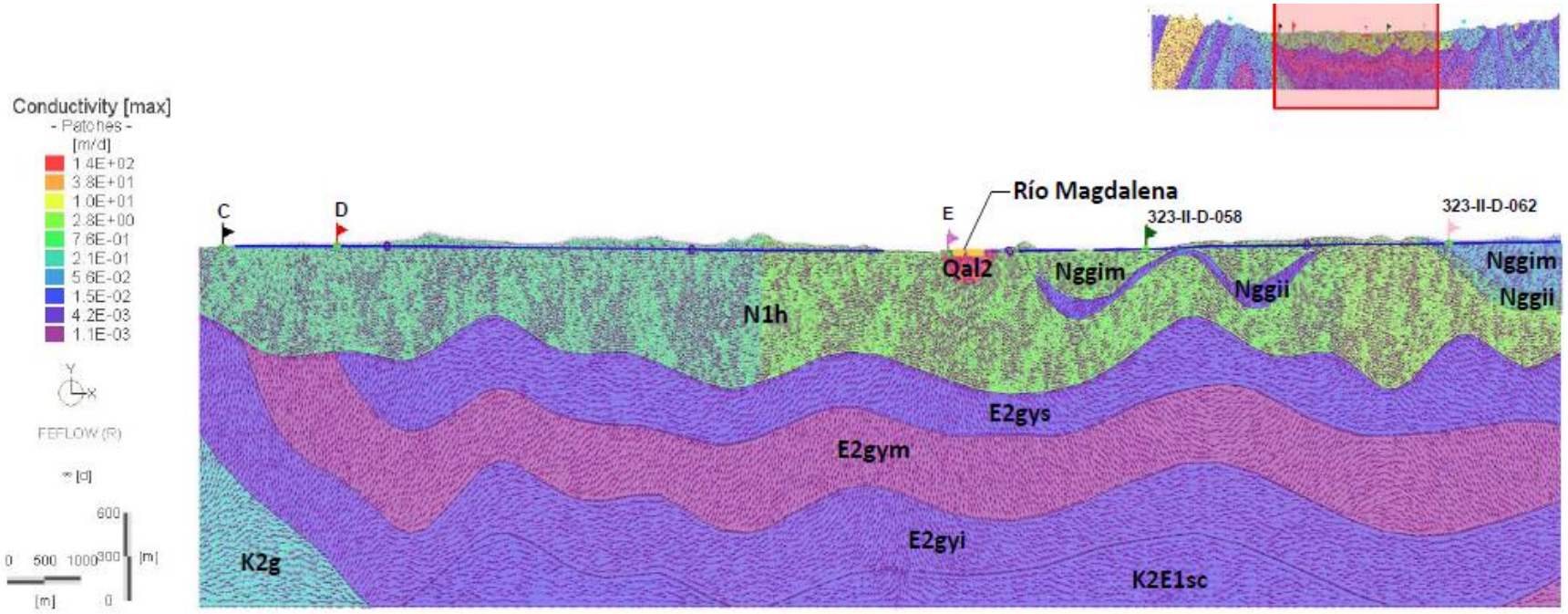


Ilustración 321 Zoom dirección de flujo regional – Sección B-B'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

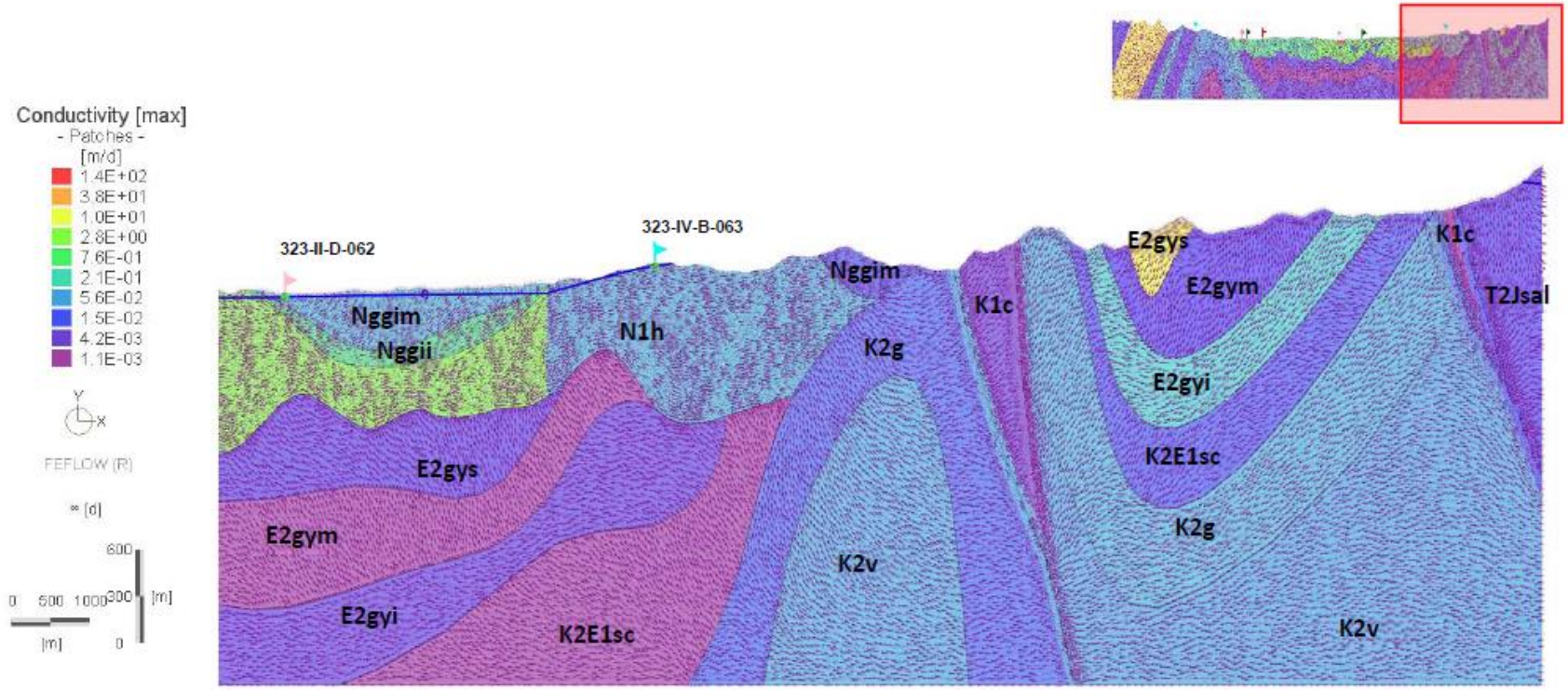


Ilustración 322 Zoom dirección de flujo regional – Sección B-B'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

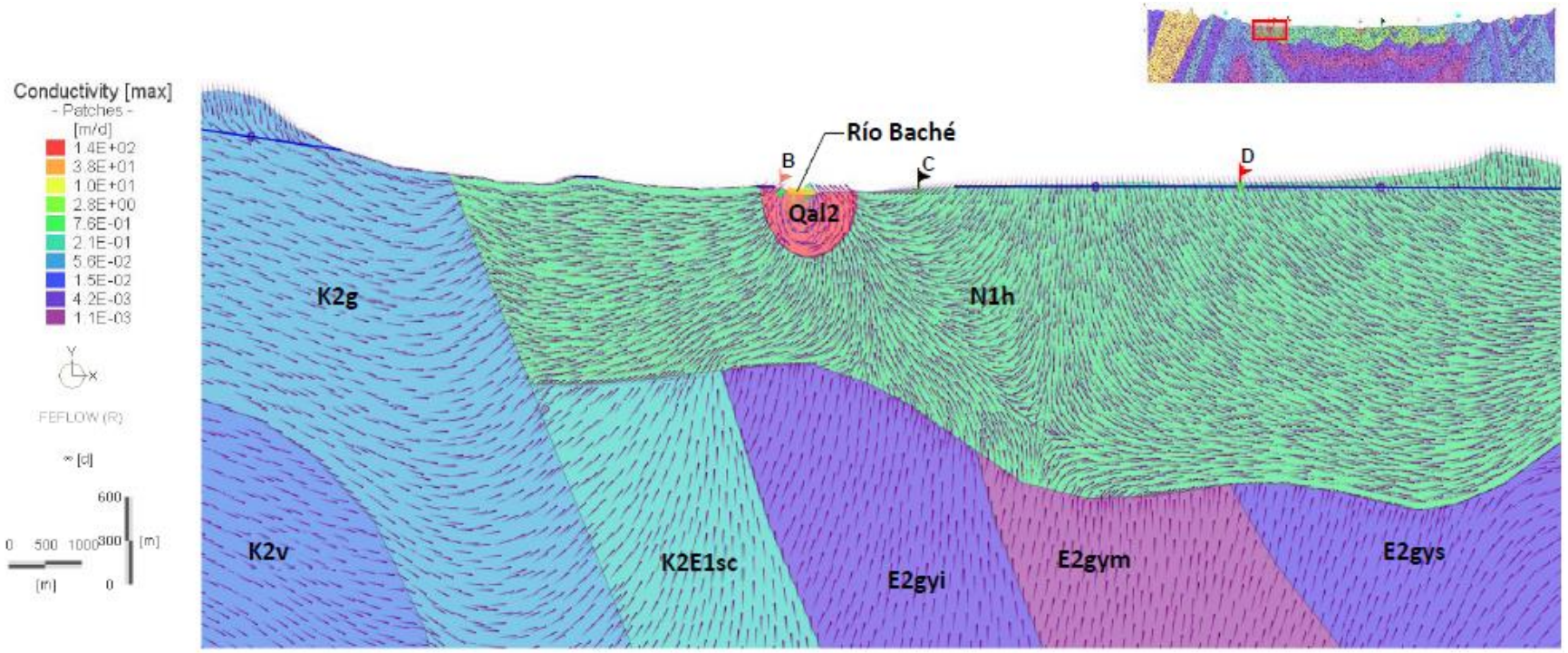


Ilustración 323 Dirección de Flujo local Río Baché – Sección B-B'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

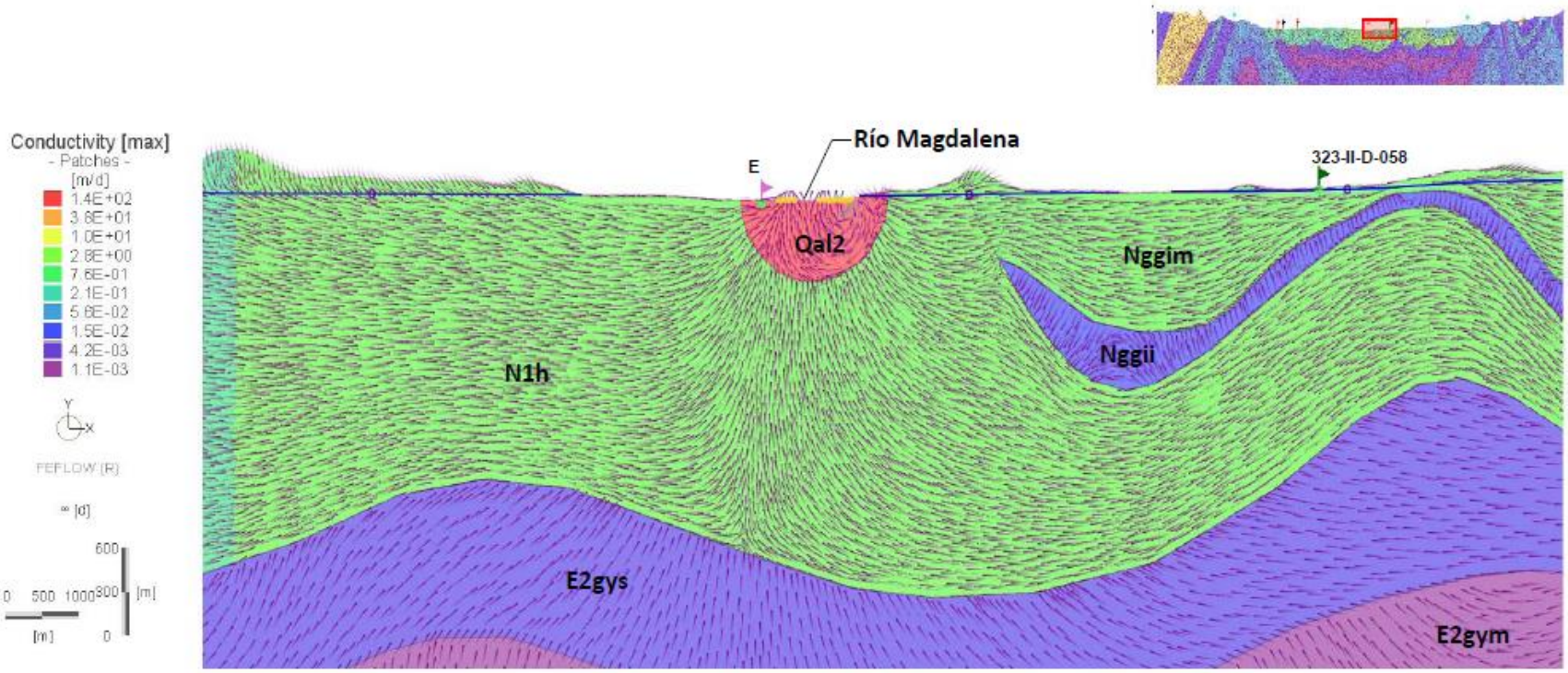


Ilustración 324 Dirección de Flujo local Río Magdalena – Sección B-B'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sección C-C’ :

Para la sección C-C’ , el modelo empleó 15 iteraciones para converger con un error de tolerancia de 2x10-4 (Ilustración 325), lo cual se traduce en una diferencia porcentual del 0.98% de error en el balance hídrico para esta sección8. Dado que es un modelo bidimensional con espesor unitario, el cálculo estimado para las entradas de flujo en estado permanente es de ~8.7 Hm3/año, siendo el potencial agente de recarga y descarga el Río Magdalena (i.e., > 90% del volumen anual) (**Ilustración 326** y **Tabla 106**).

Por otra parte, las zonas sin saturación se encuentran cercanas a los contornos laterales (W-E) y en las zonas de potencial hidrogeológico (centro), siendo para éstas >20 m. En vista de que no se cuenta con información piezométrica regional, el nivel potenciométrico simulado se encuentra influenciado por las mediciones someras de carga hidráulica de los aljibes en N1h o Qal2 (Ilustración 327) e impuestas en los ríos. Por lo anterior, se deben caracterizar y registrar mediciones de estas formaciones geológicas con potencial medio a bajo por porosidad secundaria para ajustar nuevamente la carga hidráulica.

Respecto a los tiempos de viaje en la zona de descarga (i.e., Río Magdalena), regionalmente el flujo tiene tiempos de transito mayores a los 1,000 años en las zonas de recarga lateral y aportes profundos > 10,000 años. En zonas intermedias donde el flujo está gobernado por el cambio de dirección gravitacional del valle y la diagénesis de los materiales más porosos, oscila con un periodo menor a los 500 años (Ilustración 56) y localmente < 100 años (Ilustración 326 e **Ilustración 327**). De la Ilustración 330 a Ilustración 334 se pueden observar las direcciones de flujo locales para las zonas de descarga, intermedias y regionales.

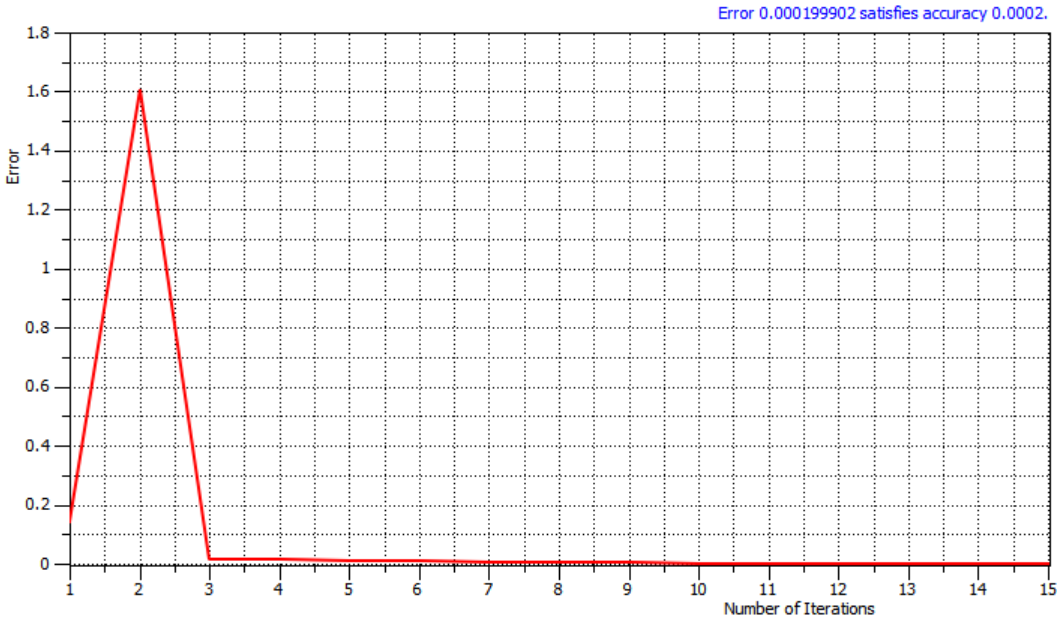


Ilustración 325 Error de convergencia en la Sección C-C'

Tabla 106 Balance hídrico en régimen permanente para la sección C-C'

Ítem	Entradas Hm³/año			Salidas Hm³/año			Imbalce
	Recarga Lateral	Recarga Superficial	Recarga Río	Descarga Lateral	Descarga Superficial	Descarga Río	
C-C´	1.18E-01	6.97E-01	7.93E+00	1.43E-02	0.00E+00	8.73E+00	0.98%

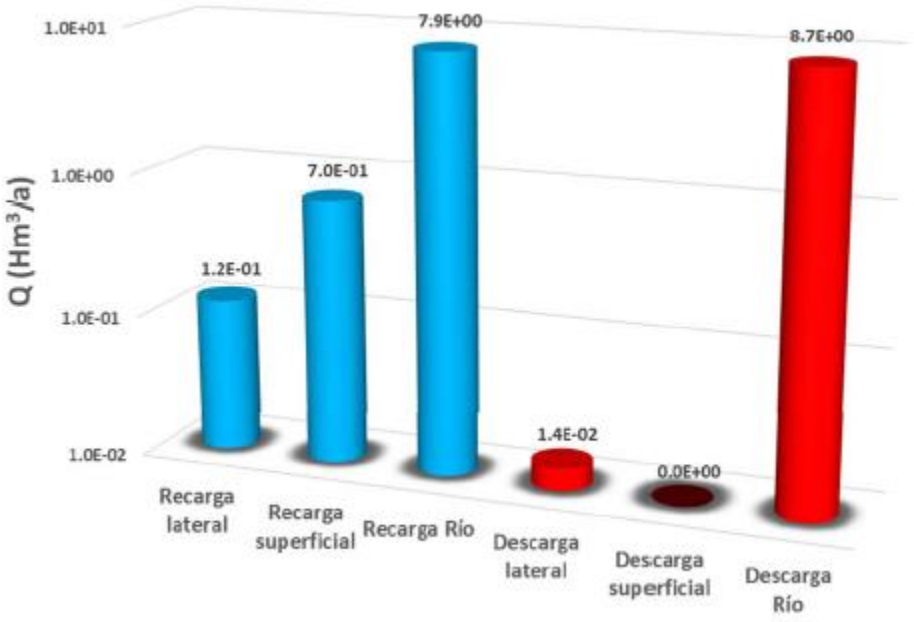


Ilustración 326. Balance hídrico en régimen permanente para la Sección C-C'

Sección C-C':

La sección C-C', representa la región norte:

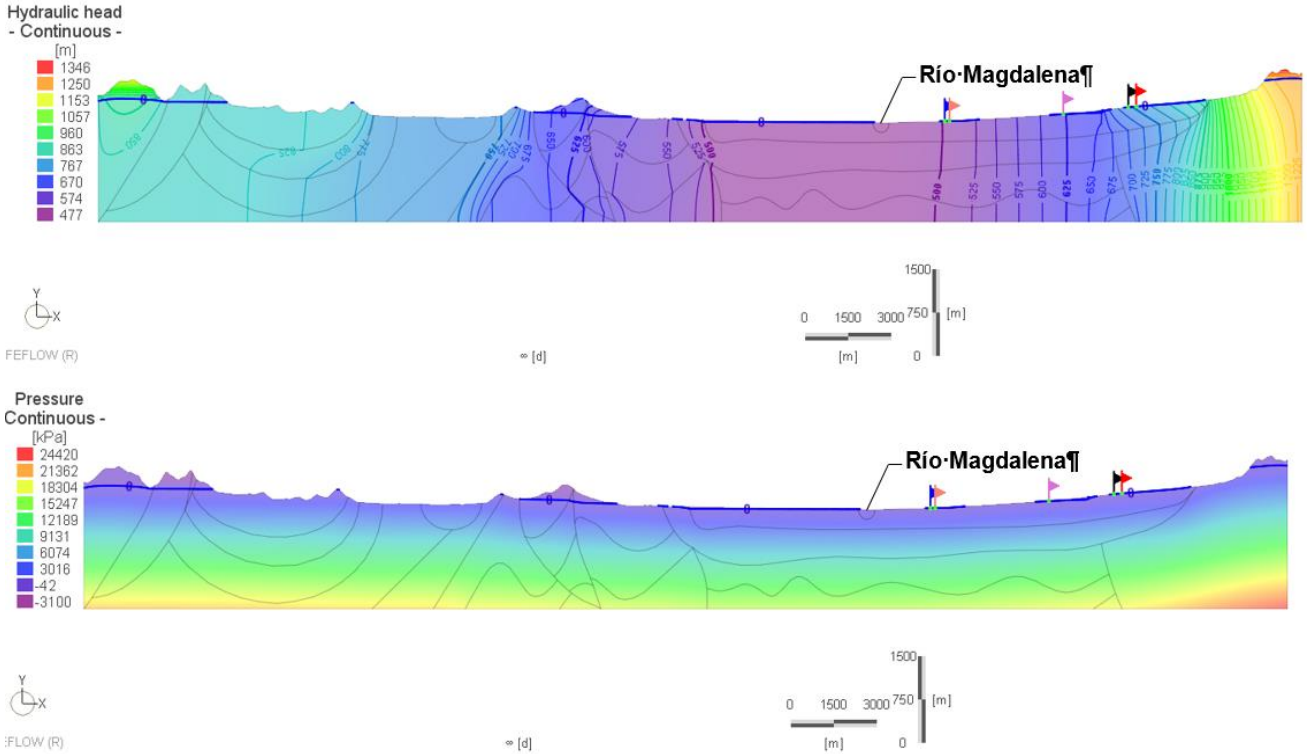


Ilustración 327 Distribución de la carga hidráulica y presión Sección C-C'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

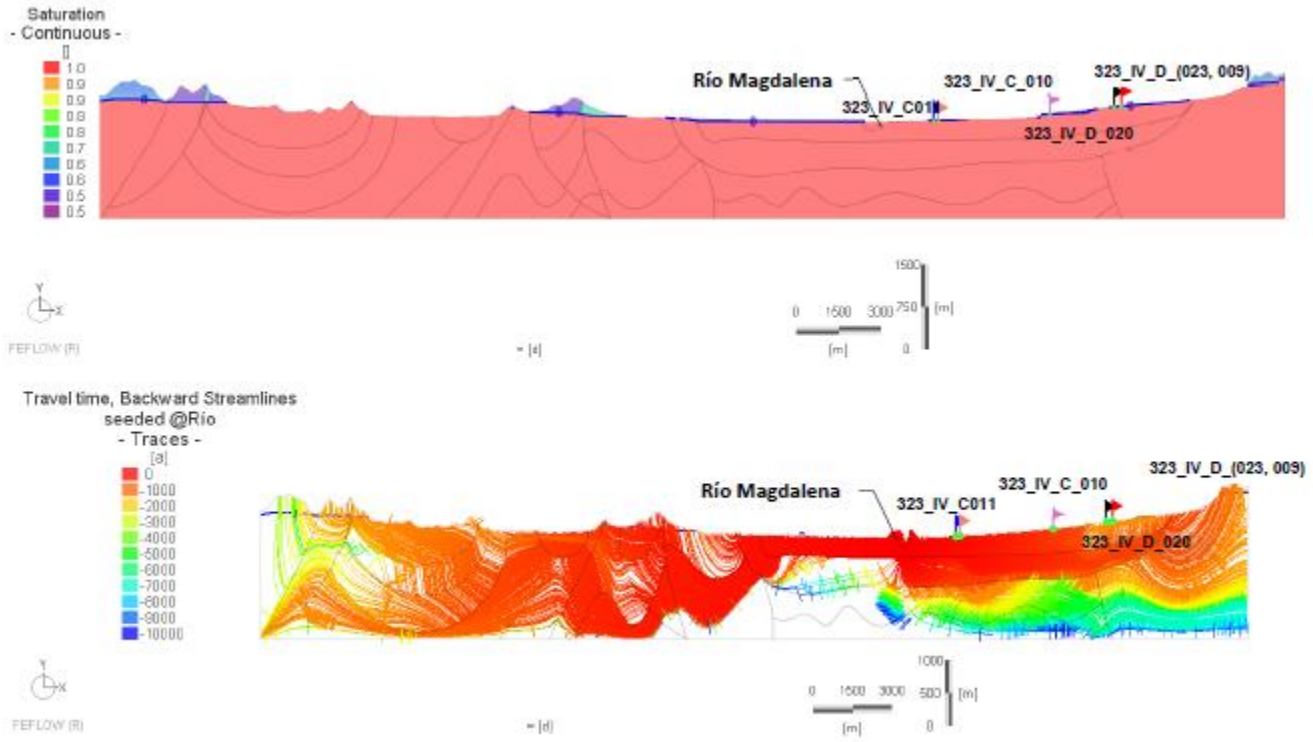


Ilustración 328 Distribución del nivel de saturación y tiempos de viaje al Río Magdalena Sección C-C'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

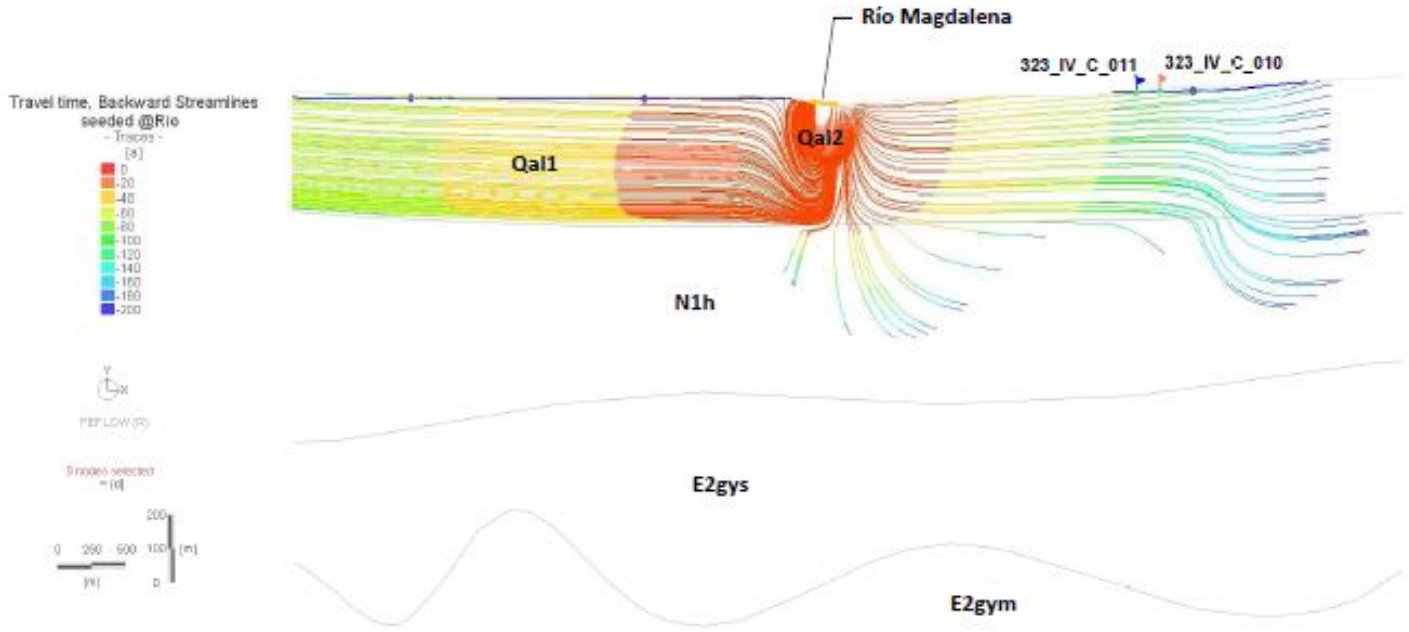


Ilustración 329 Tiempos de viaje al Río Magdalena Sección C-C'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

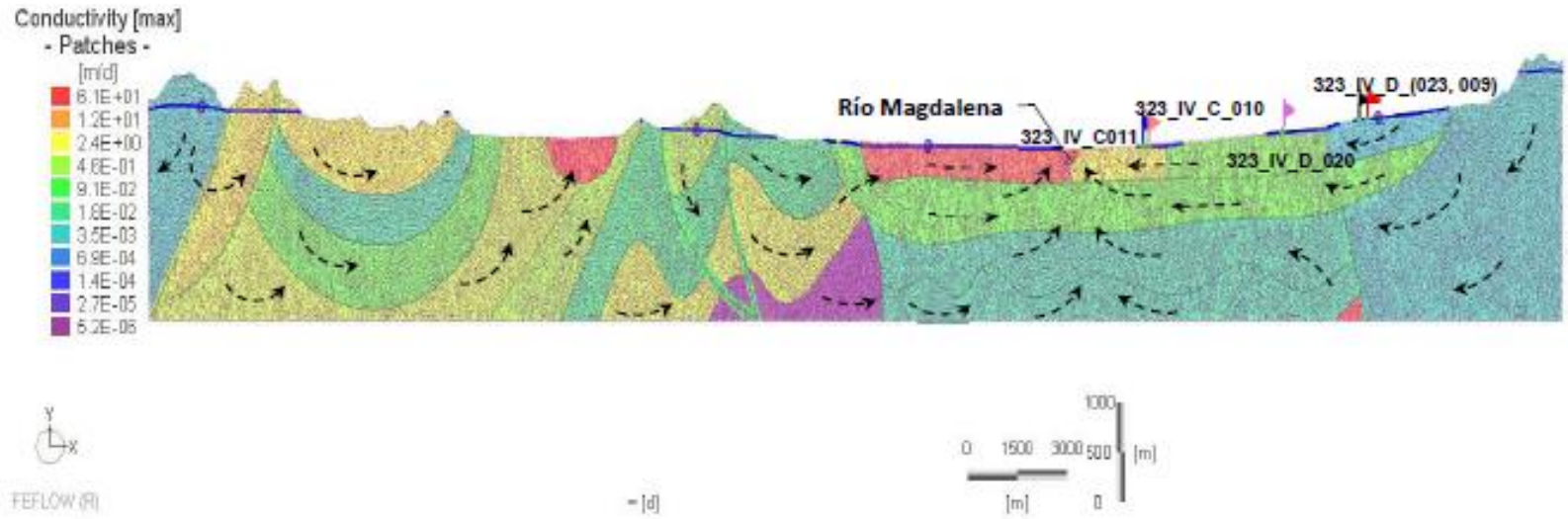


Ilustración 330 Dirección de flujo regional – Sección C-C'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

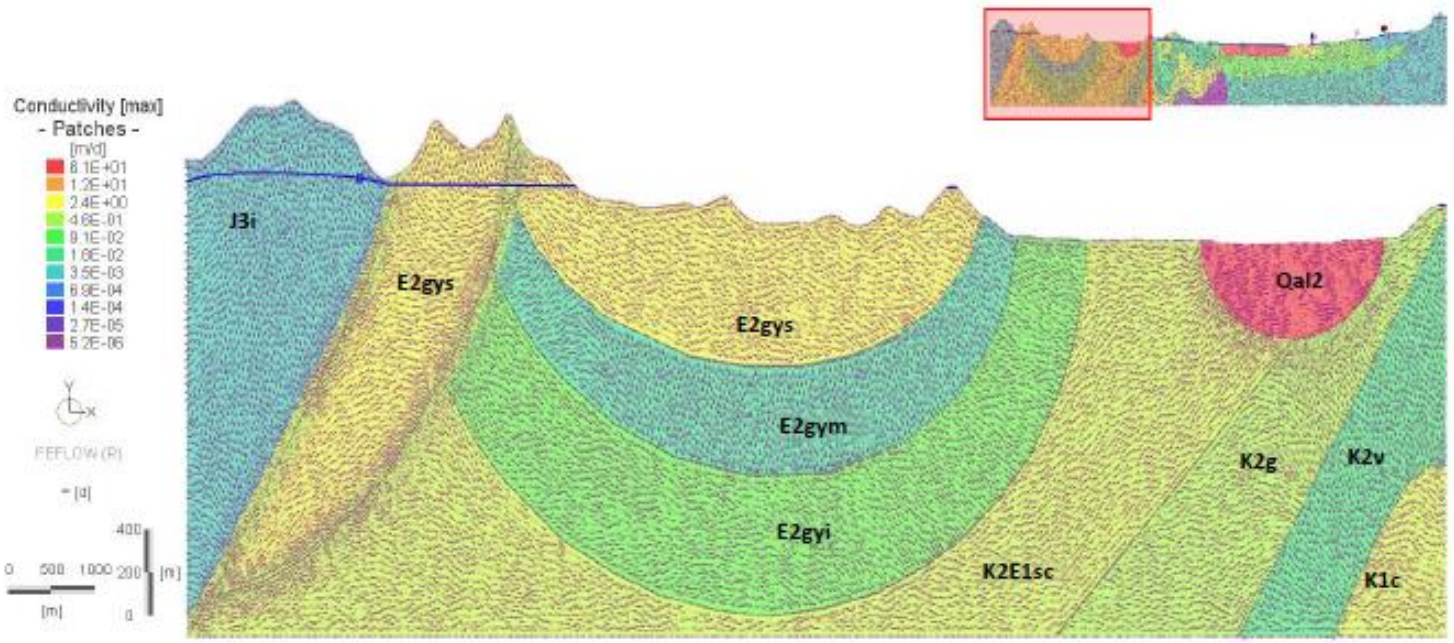


Ilustración 331 Zoom dirección de flujo regional – Sección C-C'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

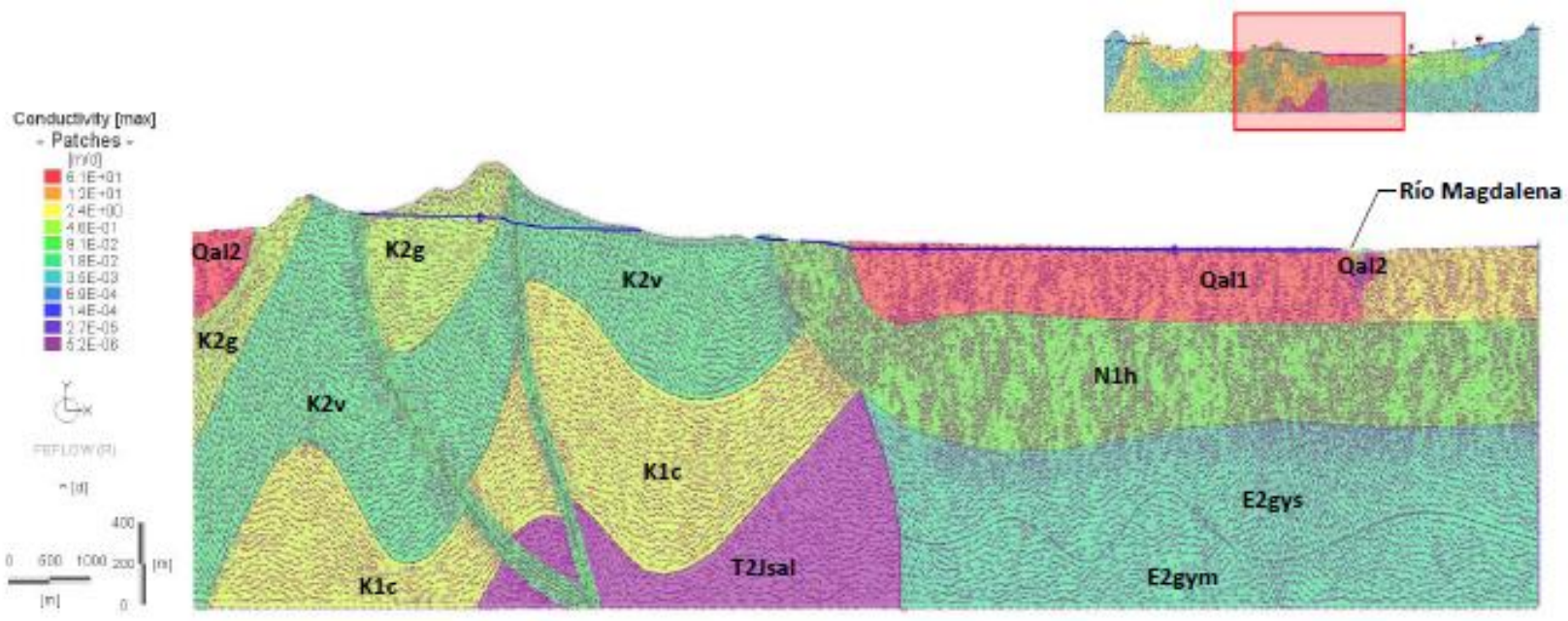


Ilustración 332 Zoom dirección de flujo regional – Sección C-C'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

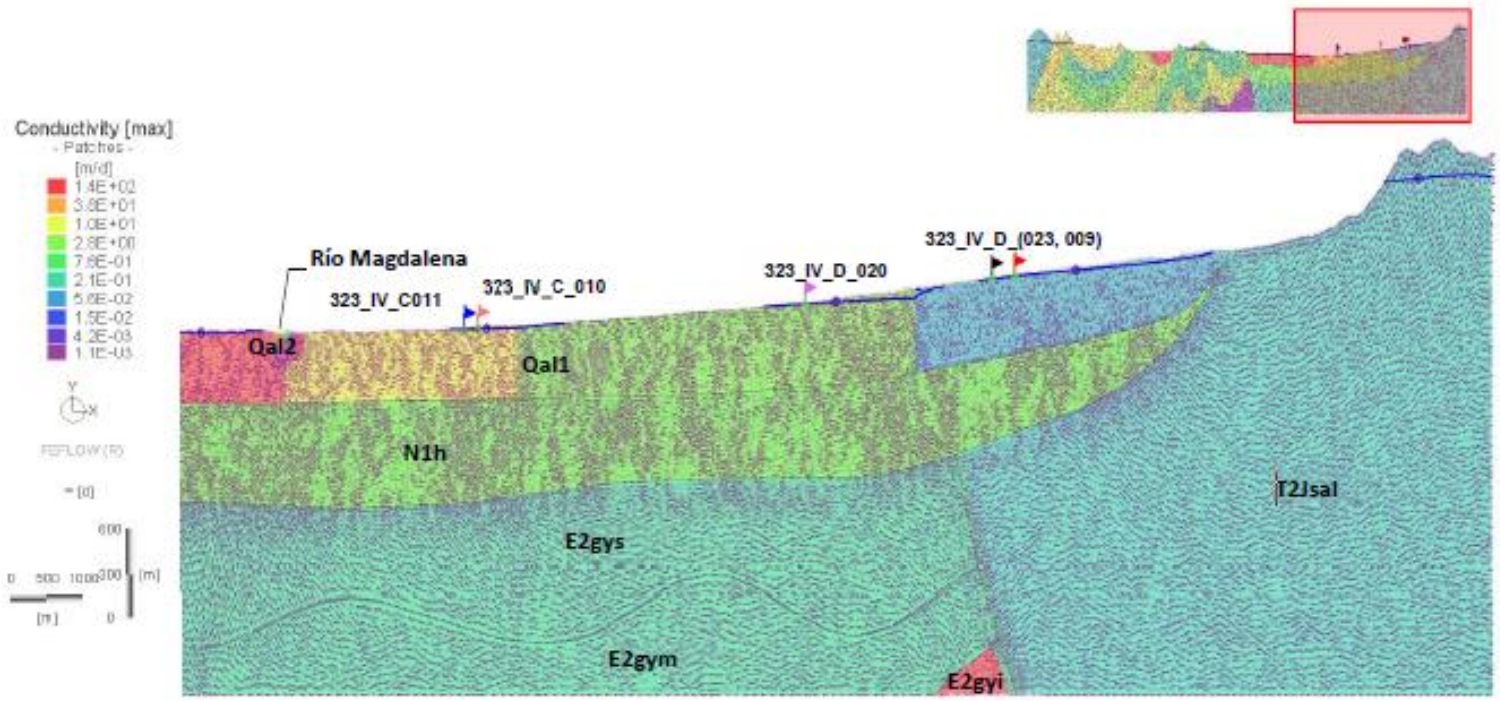


Ilustración 333 Zoom dirección de flujo regional – Sección C-C'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

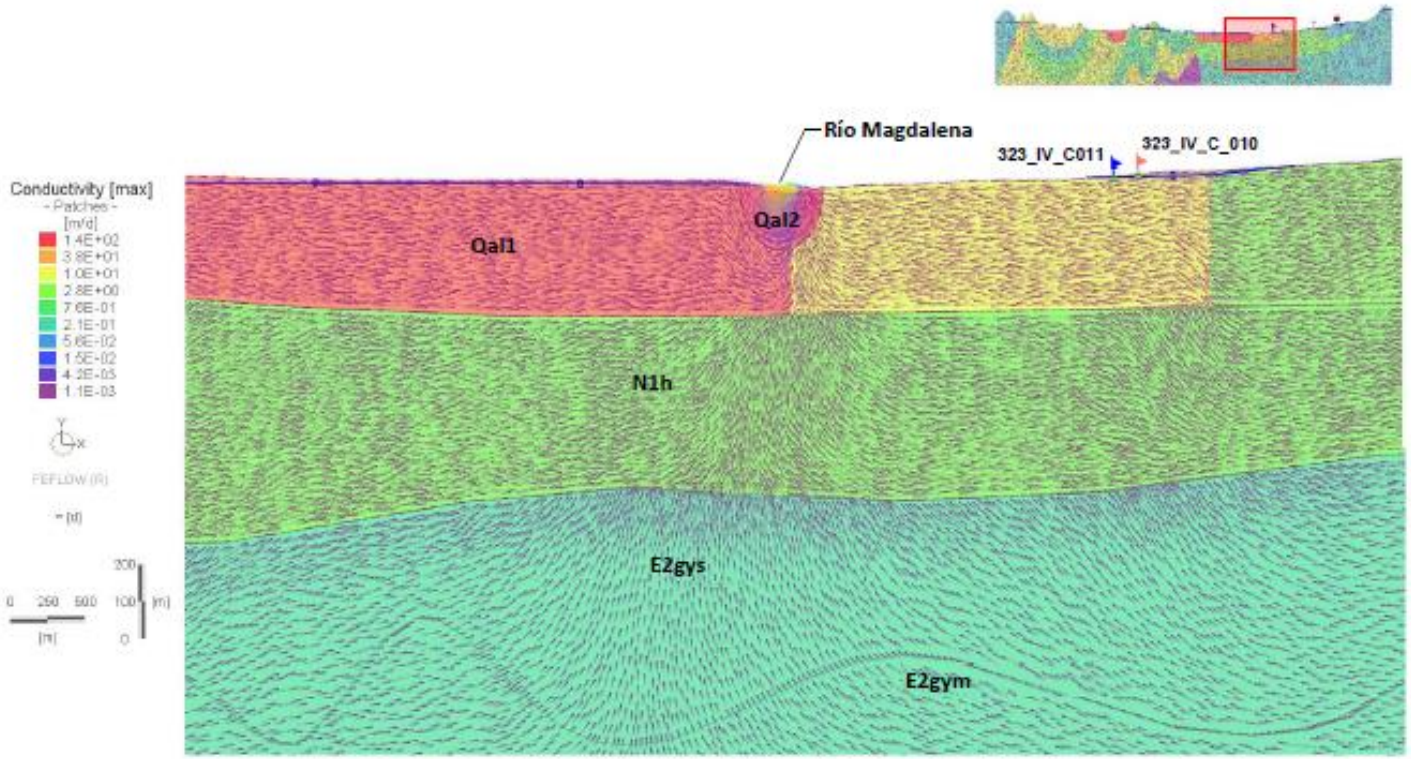


Ilustración 334 Dirección de flujo local Río Magdalena – Sección C-C'
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.10 VULNERABILIDAD INTRÍNSECA DE LOS ACUÍFEROS A LA CONTAMINACIÓN

La vulnerabilidad intrínseca es una propiedad cualitativa que indica el grado de protección natural que tiene un acuífero respecto a la contaminación, esta propiedad es principalmente cualitativa y se refiere a la vulnerabilidad derivada de las características propias del acuífero y su entorno, sin tener en cuenta la incidencia de sustancias contaminantes.

Para evaluar y mapear la vulnerabilidad se hace uso de distintos métodos dependiendo de la cantidad de parámetros conocidos del sistema acuífero, siendo utilizadas las siguientes: DRASTIC, GOD, EPIK, SINTACS y GALDIT. Teniendo en cuenta la escasez de información se concluye que el método más adecuado para evaluar la vulnerabilidad intrínseca es GOD explicada a continuación.

El método GOD propuesto por (Foster & Hirata, 1988) es el más aplicado en áreas de trabajo con escasa información, con irregular distribución de datos o con incertidumbre en la información, cada sigla indica un parámetro a evaluar (**Ilustración 335**).

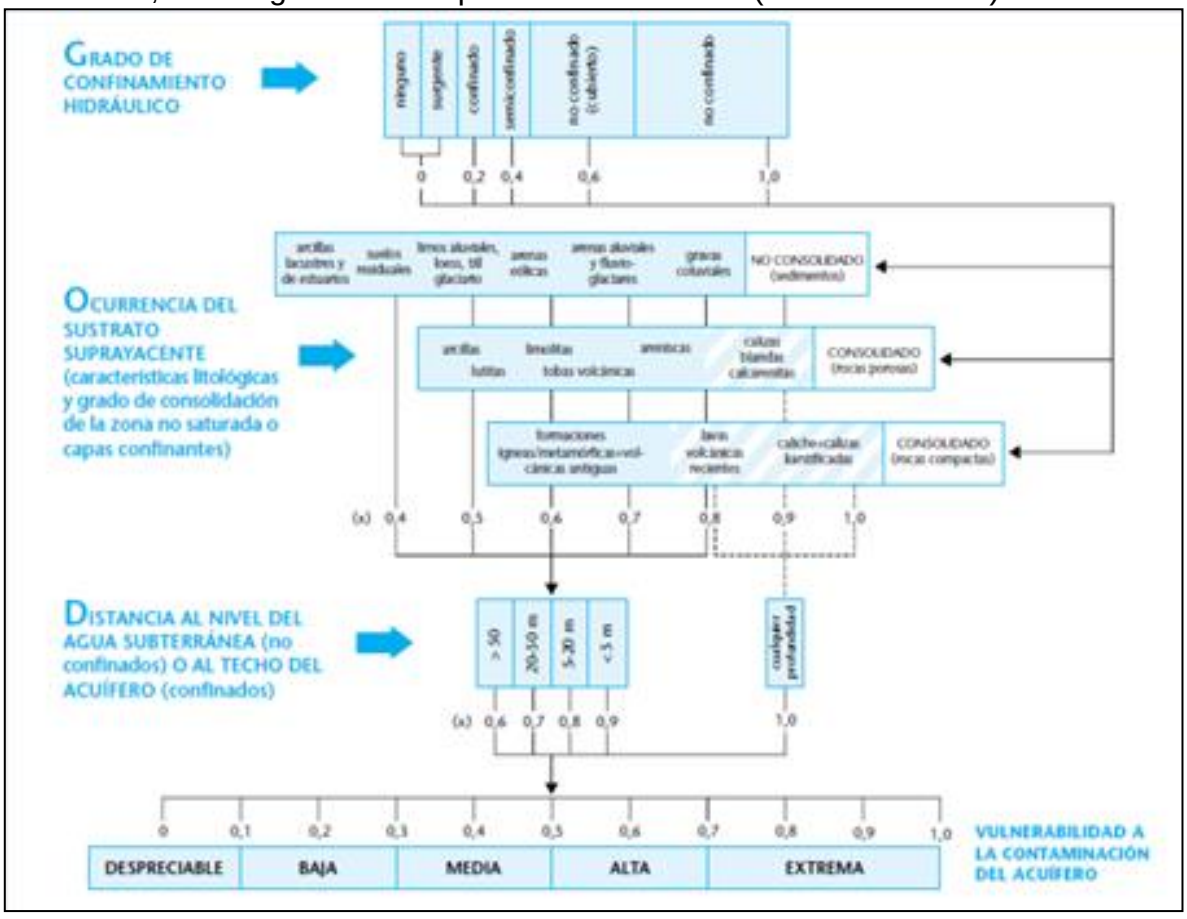


Ilustración 335 Método GOD para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca
Fuente: Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010

G (Groundwater Ocurrence): Tipo de acuífero, grado de confinamiento u ocurrencia del agua subterránea. Su índice puede variar entre 0 y 1 siendo la ausencia de acuíferos el índice 0, mientras que el índice 1 indica la presencia de un acuífero libre o freático.

O (Overall Aquifer Class): Litología de la zona no saturada. Se evalúa teniendo en cuenta el grado de consolidación y las características litológicas y como consecuencia, de forma indirecta y relativa, la porosidad, permeabilidad y contenido o retención específica de humedad de la zona no saturada. Los índices más bajos (0,4) corresponden a los materiales no consolidados, mientras que los más altos (0,9 – 1,0) corresponden a rocas compactas fracturadas o karstificadas.

D (Depht of Groundwater): Profundidad del agua subterránea o del acuífero, siendo la profundidad del nivel freático para los acuíferos libres y el techo del acuífero en el caso de los confinados. Los índices más bajos (0,6) corresponden a acuíferos libres con profundidad mayor a 50 m; mientras que los índices altos (1,0) corresponden a acuíferos que independientemente de la profundidad se encuentran en medios fracturados.
El esquema original GOD no incluye una consideración explícita acerca de los suelos en un sentido agrícola.

El índice de vulnerabilidad GOD se obtiene, entonces, de multiplicar los valores asignados a cada parámetro:

$$iV_{GOD} = G * O * D$$

El iVGOD puede variar entre 0,1 y 1,0, obteniendo las categorías de vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación, presentados en la **Tabla 107**

Tabla 107 Categorías de vulnerabilidad para el método GOD

iVGOD	Vulnerabilidad
0.7-1.0	Extrema
0.5-0.7	Alta
0.3-0.5	Moderada
0.1-0.3	Baja
<0.1	Muy Baja

Fuente: Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010

3.10.1 Ponderación de Datos

De acuerdo con el método GOD, se asignaron valores entre 0 y 1 para cada parámetro de tal forma que se pueda realizar un mapa de vulnerabilidad. La **Tabla 108** muestra los valores asignados para el parámetro "G", acorde con la **Ilustración 335** aquellos clasificados como acuicierres o basamentos hidrogeológicos son asignados al número 0, indicando la ausencia de acuíferos.

Tabla 108 Ponderación del parámetro "G"

Tipo de Acuífero	Ponderación
Acuicierre	0
Acuíferos Confinados	0,2
Acuíferos Libres	1
Acuíferos Semiconfinados a Confinados	1
Acuitardos	0,2
Basamentos Hidrogeológicos	0

Fuente: Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010

La **Tabla 109** Muestra la totalidad de las unidades geológicas con su respectiva descripción; con base en la cual se asignaron los valores que se observan en la columna de ponderación del parámetro "O".

Tabla 109 Ponderación del parámetro "O"

Unidad Geológica		Descripción	Ponderación
Qalr	Depósitos aluviales recientes	Depósitos recientes no consolidados de origen fluvial	0,7
Q2lh	Depósitos de Lahares	Conglomerados de rocas volcánicas, en una matriz areno-tobácea soldada	0,5
Q2c	Coluviales	Clastos angulosos con cantos de granodioritas, tobas y vulcanitas recientes	0,6
Q2al	Depósitos de terraza baja	Depósitos fluvio-volcánicos de bajo espesor no consolidados de gravas subredondeadas compuestas por fragmentos de cuarzo, chert, granitos, migmatitas y gneises biotíticos	0,7
Qdat	Deósitos aluvio - torrenciales	Depósitos semiconsolidados conformados por bloques heterometricos embebidos en una matriz de textura variable entre areno – limosa y limo – arcillosa.	0.7
Q1al	Depósitos de terraza alta	Depósitos parcialmente consolidados con intercalaciones de gravas polimícticas, arenas y limos.	0,8
N2gis	Formación Gigante Superior	Conglomerados inequigranulares, matriz soportados con clastos de granodioritas, granitos, granulitas, gneises migmatíticos, ignimbritas, pórfidos andesíticos a dacíticos, dacitas, tobas, chert y cuarzo.	0,8
N2gim	Formación Gigante Medio	Secuencia volcanoclástica de capas paralelas entre sí, poco consolidadas, constituidas de intercalaciones de tobas, pumitas y conglomerados polimícticos	0,7
N2gii	Formación Gigante Inferior	Conglomerados de clastos parcialmente seleccionados, subredondeados, inequigranulares de chert, cuarzo y fragmentos de rocas extrusivas	0,8
N1ac	Arcillolitas de Colombia	Arcillolitas verdosas y rojizas con intercalaciones de areniscas cuarzofeldespáticas de color gris verdoso, blanco y rojizo	0,5
N1h	Formación Honda	Areniscas y conglomerados de grano fino que presentan niveles calcáreos intercalados en forma de nódulos	0,7
E2gys	Formación Gualanday Superior	Conglomerados ricos en cuarzo, intercalados con niveles competentes de areniscas conglomeráticas y lodolitas rojas	0,7
E2gym	Formación Gualanday Medio	Arcillolitas y lodolitas fisibles grises y marrones intercaladas con algunas capas de areniscas y conglomerados	0,5
E2gyi	Formación Gualanday Inferior	Conglomerados inequigranulares con variaciones en la escala de tamaño guijo encuentran intercalados con capas de areniscas y lodolitas grises	0,7
K2E1sc	Formación Seca	Intercalación de arcillolitas varicoloreadas con capas de areniscas y conglomerados	0,5
K2g	Formación Guadalupe	Areniscas cuarzosas de grano fino a medio con intercalaciones de cherts y lutitas, hay ocurrencia de fósiles, bioturbación y nódulos silicio-calcáreos	0,7
K2v	Grupo Villeta	Lodolitas y arcillolitas de color gris y negro, físiles, con concreciones, se presentan intercalaciones de capas de calizas y areniscas	0,5

Unidad Geológica		Descripción	Ponderación
K1c	Formación Caballos	Areniscas cuarzosas porosas grises intercalados con shales carbonaceos	0,7
Jt	Cuarzomonzodiorita de Teruel	Cuarzomonzonitas, monzonitas y cuarzomonzodioritas	0,6
Jias	Monzodiorita de El Astillero	Monzodiorita de textura fanerítica, holocristalina con tamaño de grano entre medio y fino	0,6
J3i	Batolito de Ibagué	Cuerpo intrusivo de composición monzogranítica dominante, atravesado en múltiples instancias por diques dioríticos	0,6
Jmgalg	Monzogranito de Algeciras	Granitos, granodioritas, dioritas y monzogranitos de color gris claro a rosa	0,6
T2Jsal	Formación Saldaña	Riolitas, riodacitas, ignimbritas y aglomerados volcánicos. La textura de las riolitas y riodacitas varía de porfirítica a afanítica	0,6
Mp3mg	Macizo de Garzón	Rocas metamórficas de alto grado, migmatitas, granulitas y anfibolitas asociadas a un cuerpo intrusivo de composición granítica, cortado por diques de composición ácida	0,6

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

La **Tabla 110** muestra los valores asignados para el parámetro “D” que es aquel relacionado a la profundidad, la cual tiene alta incertidumbre. Sólo se tiene información de este parámetro para menos de la mitad de los puntos, por lo que se infiere la posible profundidad de los restantes teniendo en cuenta el entorno y unidades geológicas asociadas con nivel estático conocido.

Tabla 110 Ponderación del parámetro "D"

Profundidad de la Tabla de Agua (m)	Ponderación
0 - 2	0,9
2 - 5	0,8
5 - 10	0,8
10 - 20	0,8
20 - 50	0,7
50 - 100	0,6
>100	0,6
Sedimentos y rocas con limitados recursos de agua	0,6
Sin Información	0,6

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.10.2 Mapas de Vulnerabilidad

Se generaron mapas de vulnerabilidad de acuerdo al método GOD, Los Primeros 3 mapas representan los parámetros evaluados, mientras el 4to muestra el mapa general de vulnerabilidad intrínseca fusionando los valores obtenidos a partir de los 3 parámetros, los cuales corresponden como se mencionó anteriormente a: El grado de confinamiento (Tipo de acuífero), El tipo de material por encima de la tabla de agua, y la profundidad de la misma

Ya que el método GOD utiliza únicamente tres parámetros para evaluar la vulnerabilidad, es bastante sensible a los valores extremos, por lo tanto este método tiende a subestimar los valores totales calculados.

3.10.2.1 PARÁMETRO "G"

Se observa inicialmente un área de color celeste con un grado de confinamiento de 0, lo que indica ausencia de acuíferos, correspondiente con los basamentos hidrogeológicos observados, donde predomina el color azul. Valores intermedios se muestran en tonalidades más claras, correspondiendo a rocas de las rocas cretácicas y paleógenas. Finalmente, el área con mayor vulnerabilidad en este parámetro comprende todos los depósitos cuaternarios recientes y sub-recientes, así como también las rocas de la Formación Honda y la Formación Gigante (**Ilustración 336**) (**ANEXO K GE393-PMAA-PSIG-VIA-002-G VULNERABILIDAD DE CONTAMINACIÓN INTRÍNSECA DE ACUÍFEROS – GRADO DE CONFINAMIENTO (G**)).

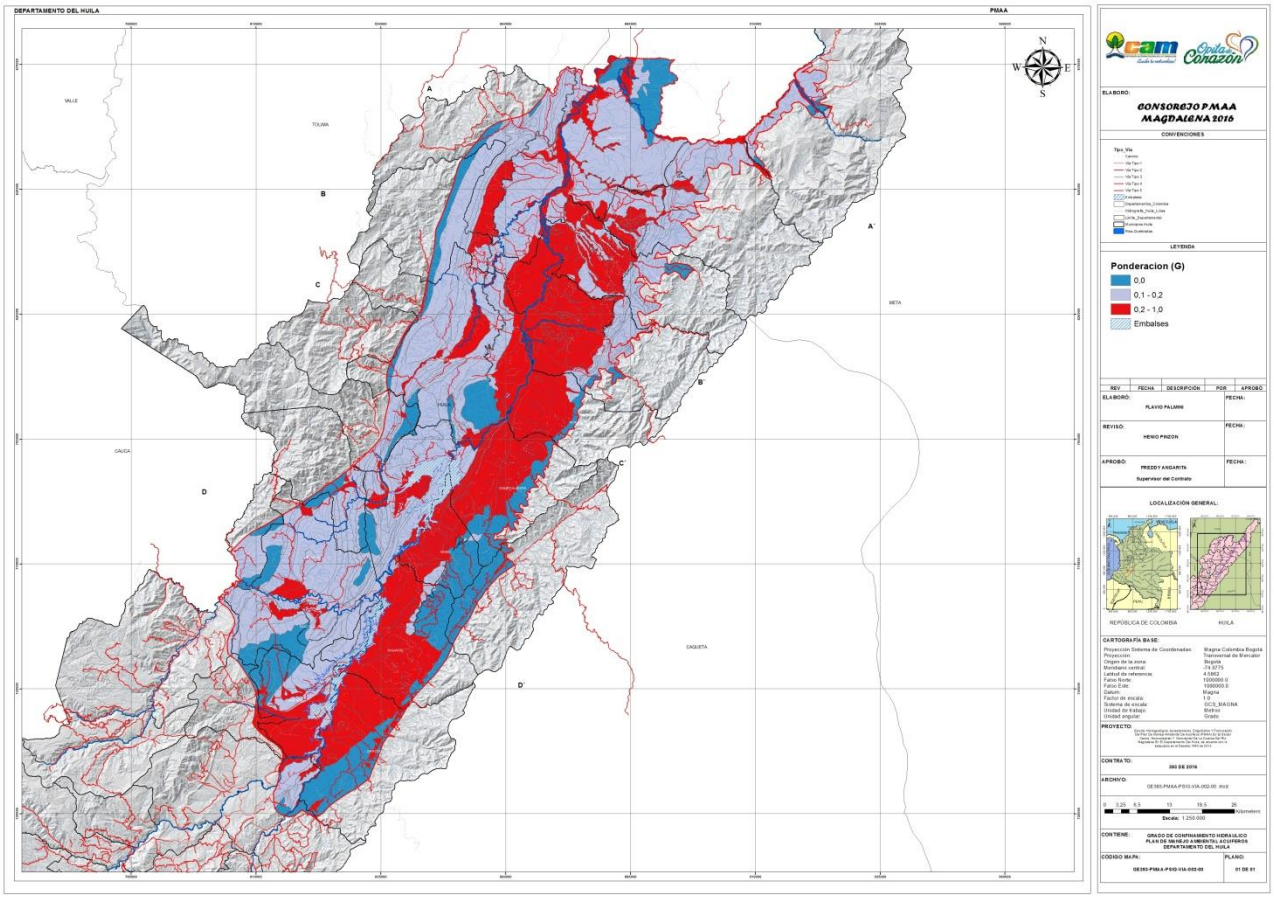


Ilustración 336 Mapa de vulnerabilidad parámetro "G"
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.10.2.2 PARÁMETRO "O"

Siguiendo el método observado en la **Ilustración 337**, se observa que las rocas de los basamentos hidrogeológicos, Formación Villeta, Gualanday medio, la Formación Seca y los depósitos coluviales muestran un número más bajo para este parámetro (café y naranja pálido), mientras que las formaciones Gigante medio, Honda y algunos depósitos cuaternarios aluviales presentan un mayor grado de vulnerabilidad intrínseca (verde claro). Finalmente se observa que la gran mayoría de los depósitos cuaternarios y la Formación Gigante inferior y superior muestran una mayor vulnerabilidad con valores de 0.7 y 0.8 (**Ilustración 337**) (**ANEXO K GE393-PMAA-PSIG-VIA-003-O VULNERABILIDAD DE CONTAMINACIÓN INTRÍNSECA DE ACUÍFEROS – OCURRENCIA DE GRADO SUPRAYACENTE (O)**).

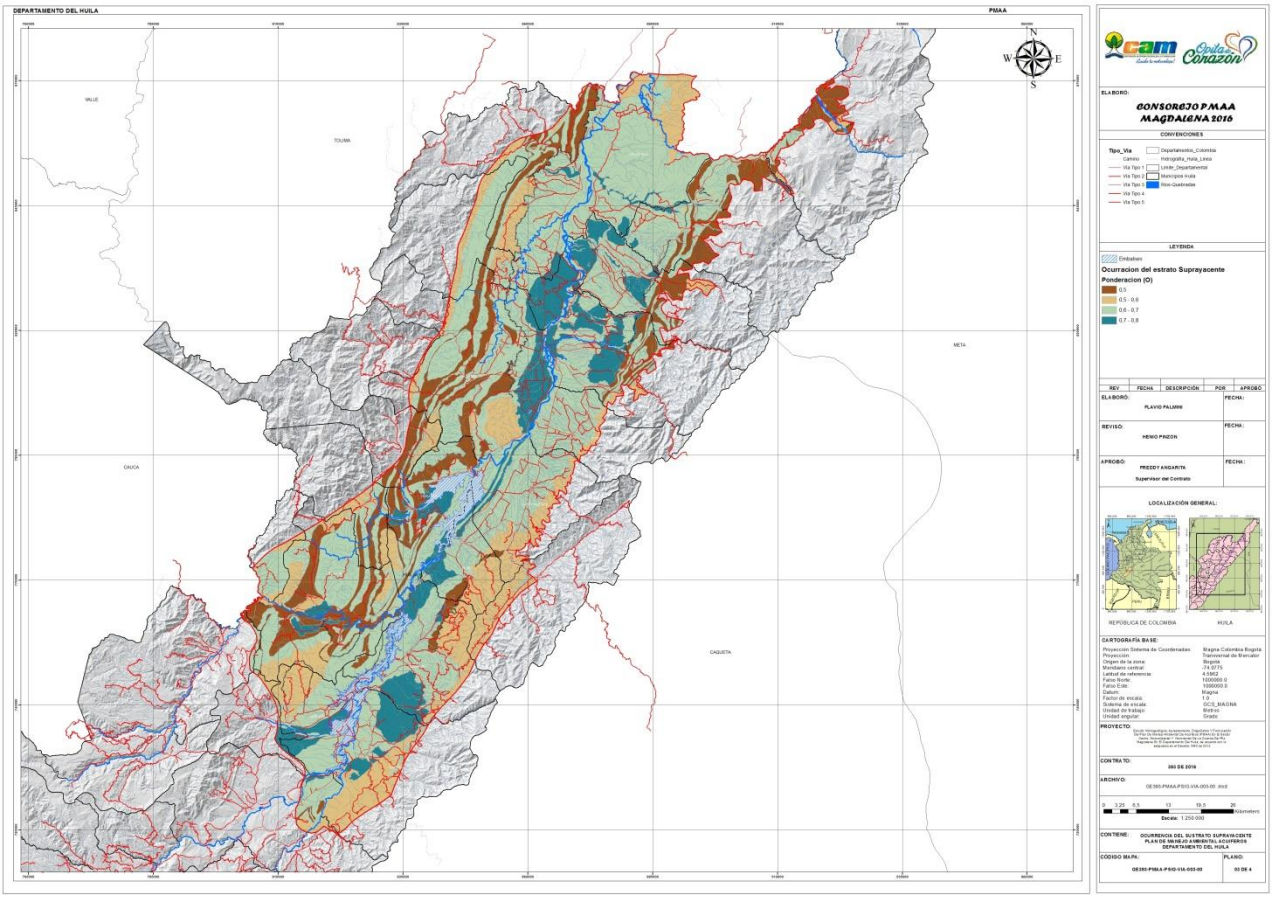


Ilustración 337 Mapa de vulnerabilidad parámetro "O"
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.10.2.3 PARÁMETRO “D”

Este parámetro es el que tiene el mayor grado de incertidumbre, donde cerca del 20% de puntos muestreados tienen un dato de nivel estático conocido, para los demás se infiere a partir de los datos muestreados e interpretación.

En general se tiene una tendencia a dividir el mapa en dos tonalidades, una más clara que muestra las zonas que contienen rocas más antiguas que presentan una menor vulnerabilidad. Debido a que las rocas más recientes y los depósitos cuaternarios muestran más somera la tabla de agua y los hace más vulnerables a la contaminación (**Ilustración 338**) (**ANEXO K GE393-PMAA-PSIG-VIA-004-D VULNERABILIDAD DE CONTAMINACIÓN INTRÍNSECA DE ACUÍFEROS – DISTANCIA DE LA TABLA DE AGUA (D**)).

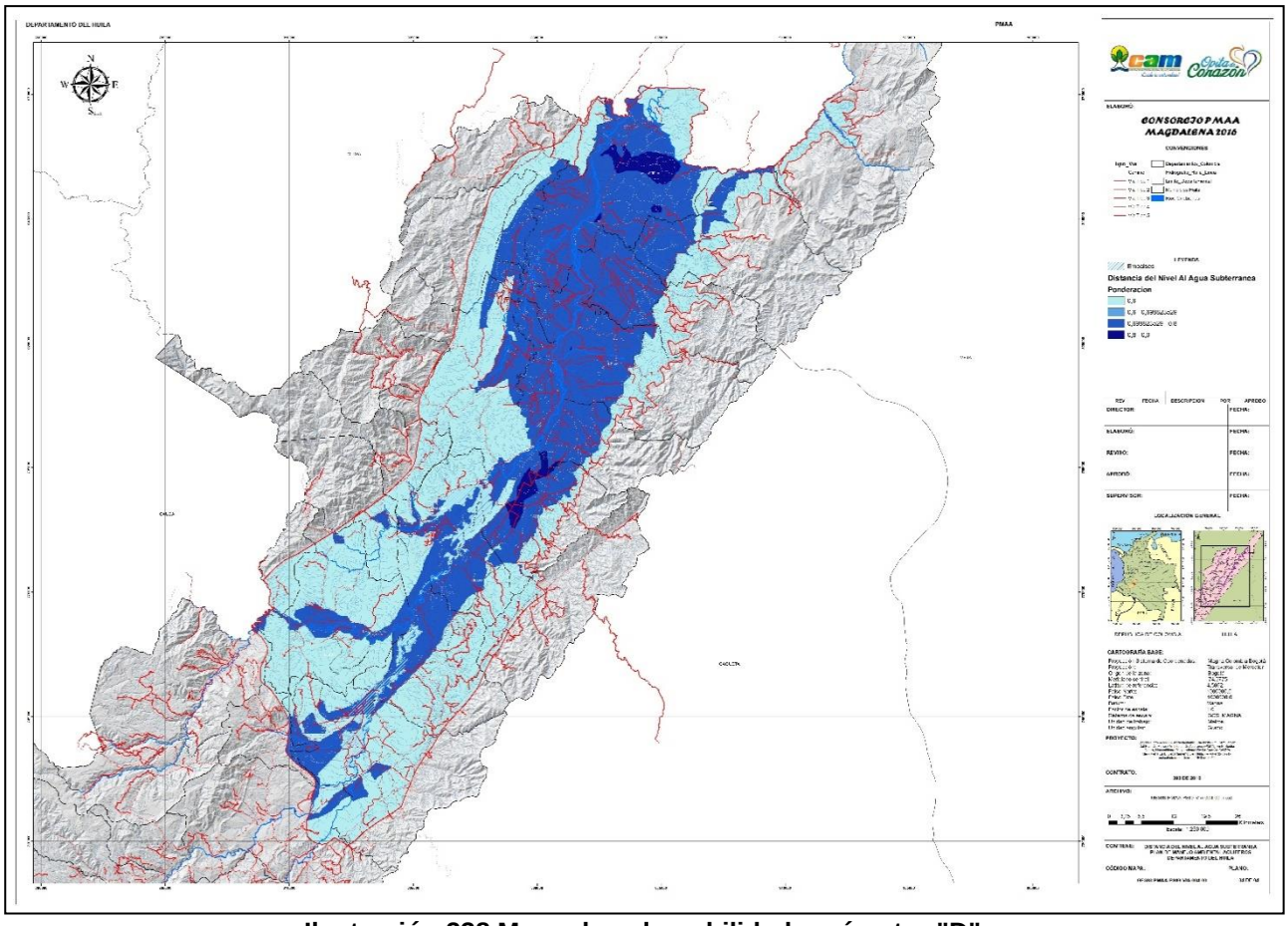


Ilustración 338 Mapa de vulnerabilidad parámetro "D"
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.10.2.4 VULNERABILIDAD GOD

Este mapa muestra la unificación de los 3 parámetros evaluados, para así mostrar las zonas de vulnerabilidad, siendo los valores de 0 a 0.1 los de más baja vulnerabilidad y los de 0.7 a 1 los de mayor vulnerabilidad. Los colores del mapa se tomaron de acuerdo a la Leyenda Estándar Internacional (INGEOMINAS, 1995).

En la **Ilustración 339** Se tiene que hay Muy baja vulnerabilidad para los basamentos hidrogeológicos (color marrón), Vulnerabilidad baja para los acuíferos confinados de la Formación Caballos (K1c), Gr. Guadalupe (K2g). Una Vulnerabilidad media (color amarillo) para los acuíferos confinado en multicapas del Gr. Honda (N1h) y los acuíferos semi-confinados de la Formación Gigante (N2g), una vulnerabilidad extrema (color naranja) a los Depósitos de Terraza alta (Q2al), Depósitos de Terraza baja (Q1al), Depósitos Aluvio – torrenciales (Qdat) y Depósitos aluviales recientes (Qalr). (**ANEXO K GE393-PMAA-PSIG-VIA-001-GOD VULNERABILIDAD DE CONTAMINACIÓN INTRÍNSECA DE ACUÍFEROS (GOD)**.

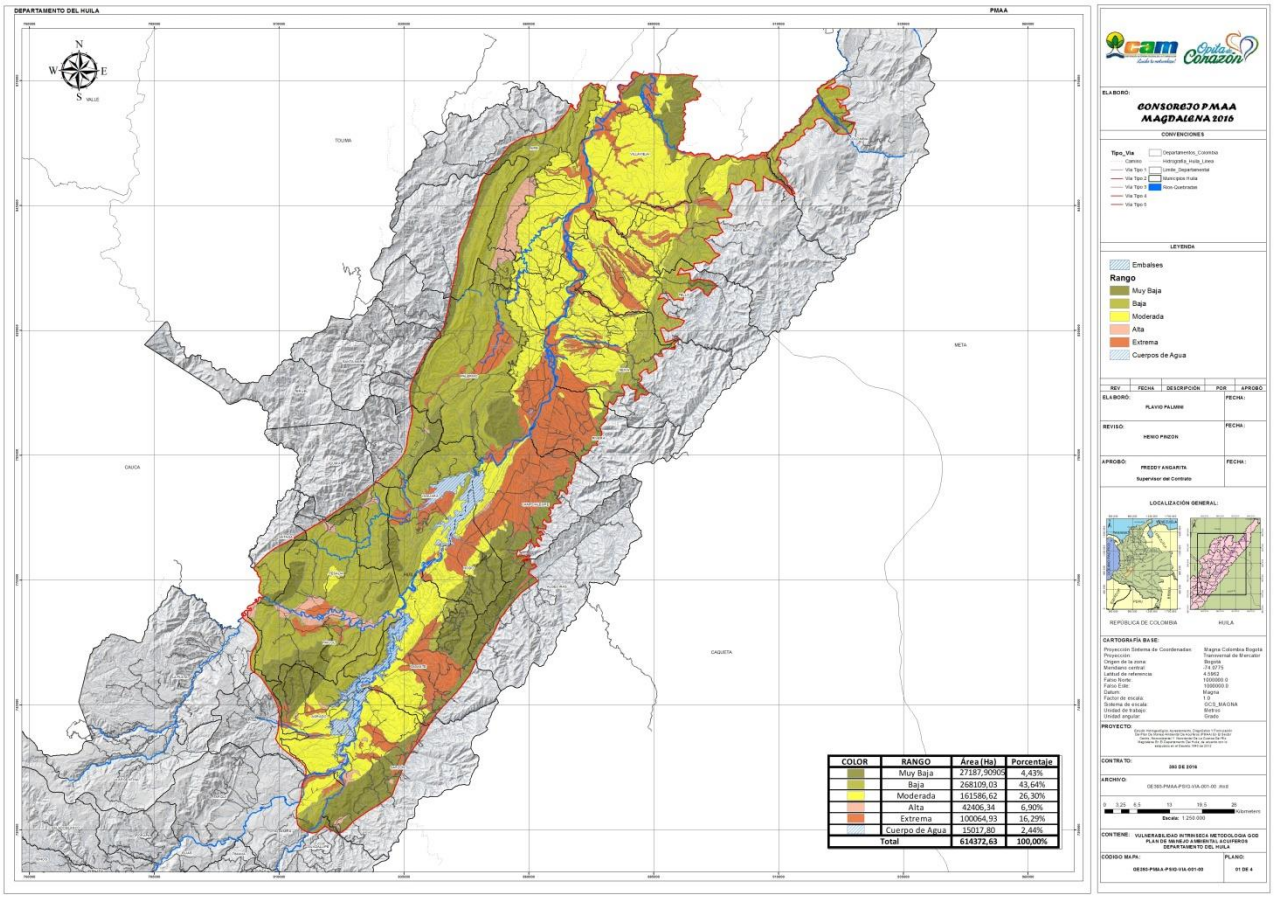


Ilustración 339 Mapa de vulnerabilidad intrínseca
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

En la **Ilustración 340** se muestra la comparativa de los tres parámetros con el mapa total de vulnerabilidad donde sobresale el comportamiento de los depósitos cuaternarios aluviales como los más vulnerables a nivel general y también en cada parámetro visto de manera individual.

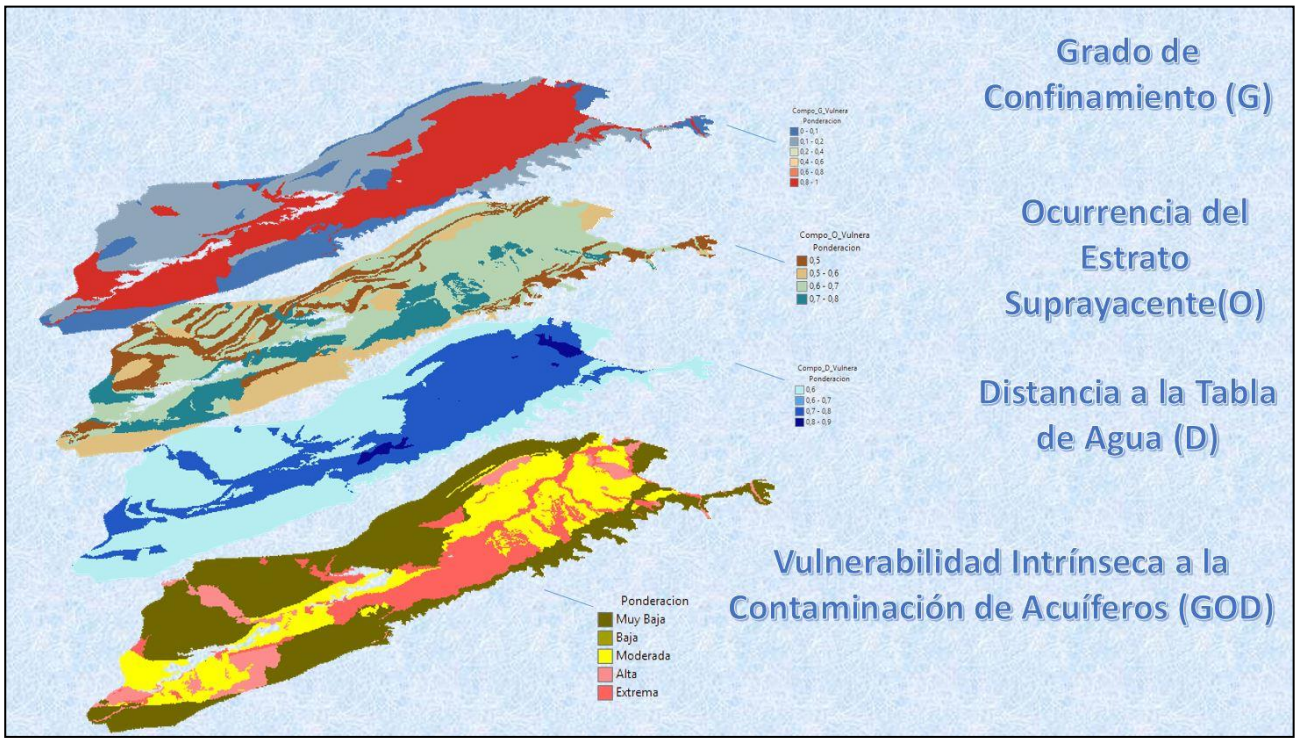


Ilustración 340 Mapa de vulnerabilidad método GOD
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.10.3 Inventario de fuentes potenciales de contaminación de las aguas Subterráneas

Para la delimitación de las áreas expuestas a las contaminaciones se realizó una identificación de las fuentes potenciales de contaminación a partir de la información secundaria disponible, el Mapa de usos del Suelo del departamento del Huila a escala 1:25.000 y de la información recopilada en los talleres de socialización con la comunidad, desarrollados en el marco de este estudio, así como de las encuestas y entrevistas realizadas en visitas a los distintos municipios pertenecientes al área objeto de estudio.

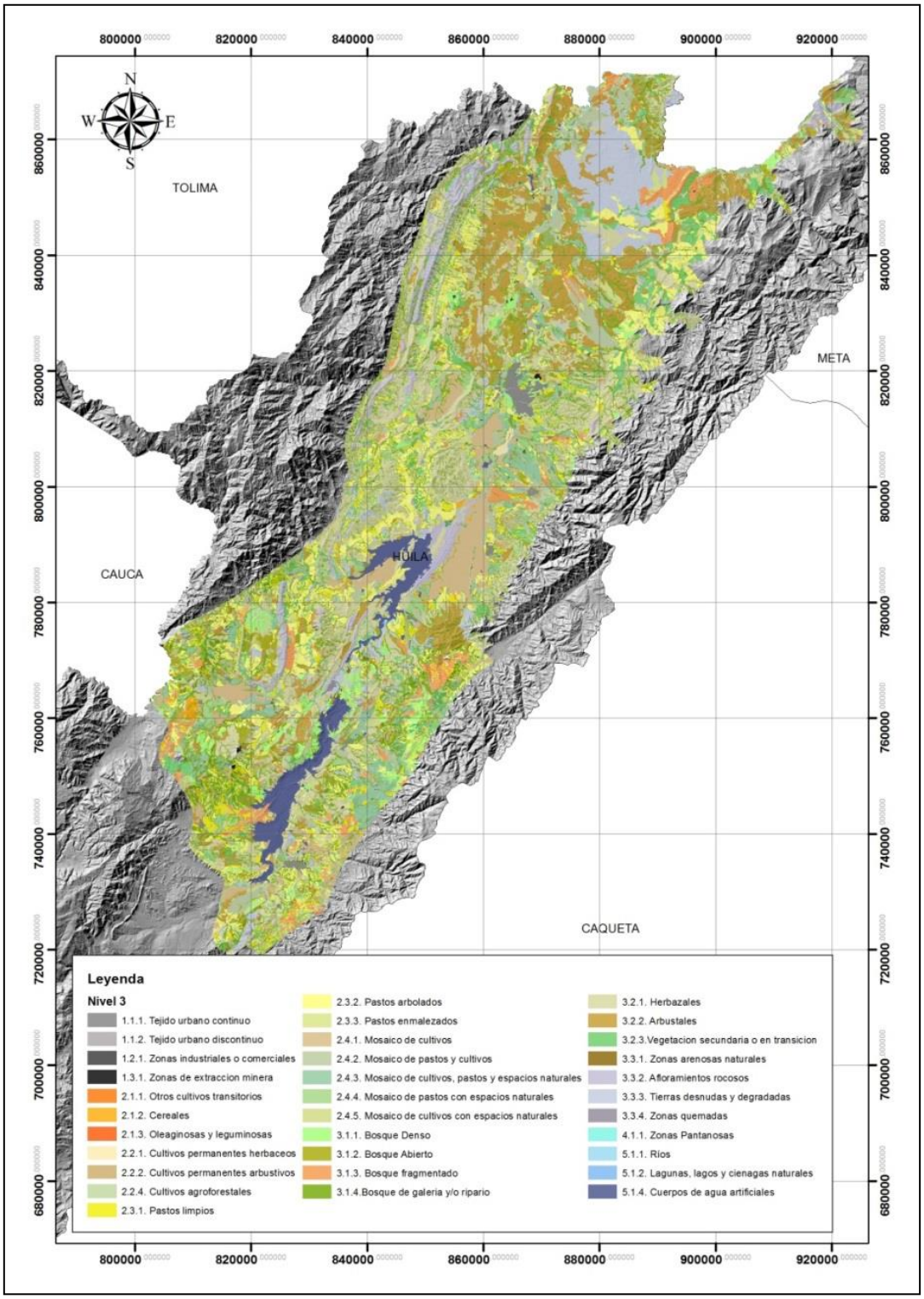


Ilustración 341. Mapa de Coberturas y Usos del Suelo
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Los acuíferos se contaminan desde la superficie debido a que el agua que se infiltra, lixivia los contaminantes que haya sobre el suelo, llevándolos hasta los acuíferos. El subsuelo por su parte tiene cierto poder de depuración del agua, tanto microbiológica (en la zona de aireación) como química (hidrólisis, oxidación, reducción...), pero sólo si el agua tiene una baja velocidad de infiltración de tal manera que tenga un mayor tiempo de residencia para facilitar dichos procesos. Finalmente, la probabilidad de que un contaminante pueda incorporarse al ciclo del agua depende de su solubilidad y de las características físico-químicas del suelo, tales como capacidad de intercambio iónico, pH, potencial redox, temperatura del agua, etc.

La contaminación de las aguas subterráneas puede provenir del vertimiento de residuos líquidos o por la disposición de los residuos sólidos. En el primer caso, las rutas de contaminación se pueden dar por el vertimiento de residuos líquidos sin tratamiento o con tratamiento parcial a las corrientes superficiales y a los suelos. En el segundo, por la disposición de residuos sólidos en rellenos sin la adecuada impermeabilización del suelo que puede generar infiltración de lixiviados, y por la disposición de los residuos a cielo abierto, que generan cargas contaminantes en épocas de lluvia por un efecto de lavado.

De otra parte, la contaminación de las aguas subterráneas puede ser localizada o difusa; la contaminación localizada corresponde a una carga puntual concentrada y se produce principalmente por el lavado de todas aquellas fuentes de contaminantes mal impermeabilizadas como los sitios de disposición de residuos urbanos o industriales, fosas sépticas, y materiales producidos durante las labores mineras (enriquecimiento mineral, escombreras de estériles, etc.). Por su parte, la contaminación difusa o dispersa, hace referencia a la contaminación que se genera en toda el área donde se desarrolla la actividad, por lo cual no es posible establecer un único punto de contaminación y procede normalmente de áreas con actividad agrícola (productos agrícolas tales ricos en nitratos y fosfatos, plaguicidas, pesticidas, insecticidas, etc.) y áreas residenciales urbanas transportados por la escorrentía superficial a los cuerpos de agua. Todos aquellos compuestos que no son absorbidos por las plantas u otros seres vivos o quede fijado/adsorbido por las partículas sólidas del suelo pasarán a formar parte del agua subterránea.

Para los sistemas acuíferos dentro dela área de estudio, se identifican los siguientes sectores y usos del suelo que representan una posible fuente de contaminación.

En la siguiente ilustración **Ilustración 342** Se presenta la ubicación de las principales áreas que están expuestas a la contaminación, las cuales están directamente relacionada con la actividad antrópica que se realiza en superficie.

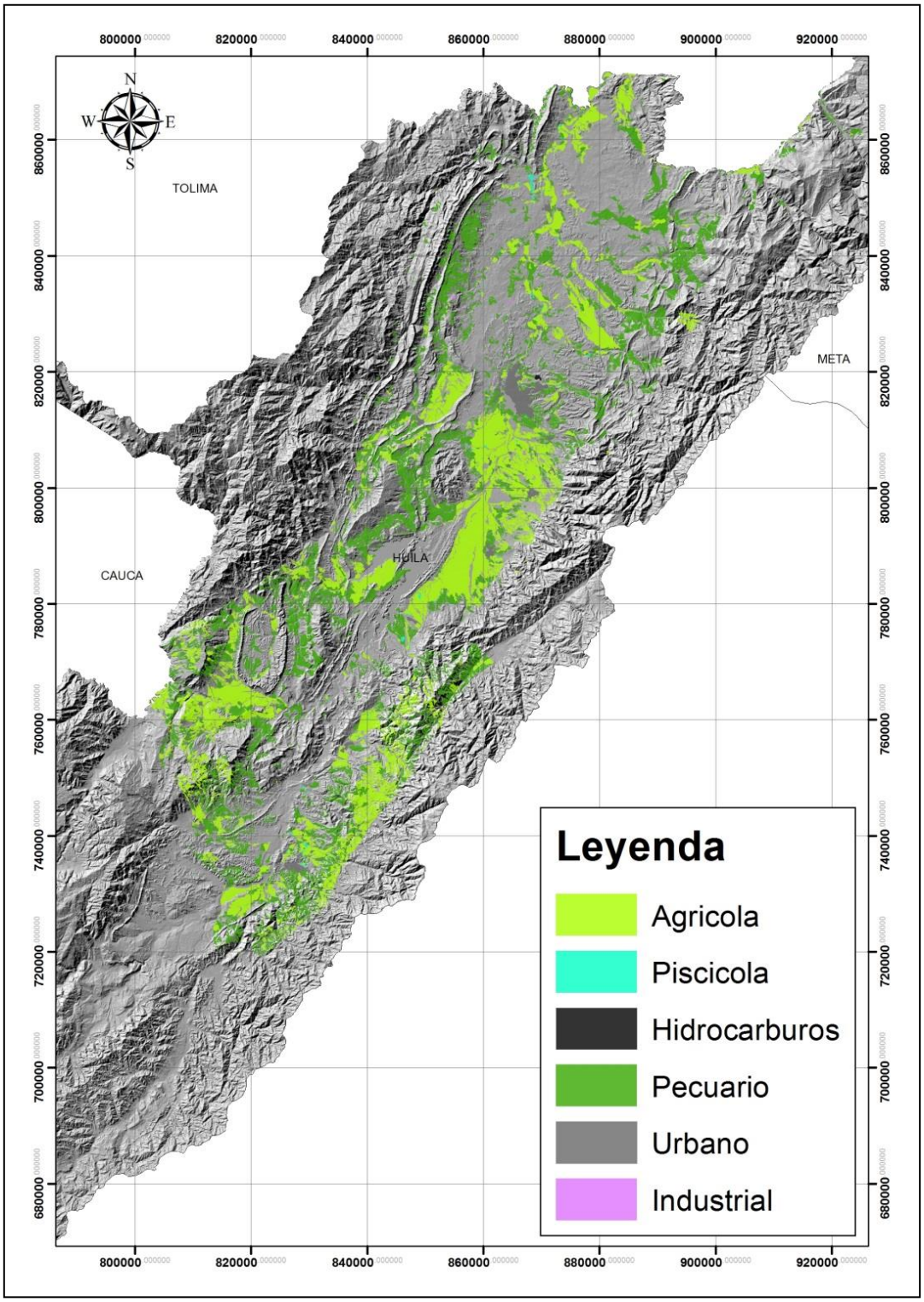


Ilustración 342. Mapa de Actividades potencialmente Contaminantes.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Tabla 111. Porcentaje de Área de las Actividades potencialmente contaminantes.

Actividades	Área (Ha)	Porcentaje
Agrícola	85128.53	13.86%
Hidrocarburos	106.92	0.02%
Industrial	271.78	0.04%
Pecuario	98598.65	16.05%
Piscícola	815.92	0.13%
Urbano	5894.99	0.96%
Total	**190816.79**	**31.06%**
Área PMAA		614372.51

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Desarrollo Urbano: la contaminación provendría de los centros urbanos que corresponden a la ciudad capital departamental, seguida por las principales cabeceras municipales, en los cuales los problemas de contaminación se darían entonces por el manejo, tratamiento y disposición inadecuados de los residuos sólidos y líquidos.

De manera general las zonas de desarrollo urbano ocupan un 0.96% del área de estudio, para un total de 5895 Ha.

Sector Agrícola: en lo que hace referencia a las actividades agrícolas, la contaminación de las aguas subterráneas se da por el uso de agroquímicos (pesticidas, fertilizantes, herbicidas y residuos animales) y por el almacenamiento de los mismos. Se desarrollan principalmente en las áreas rurales de los municipios como actividades que van desde agricultura tradicional hasta tecnificada.

Sector Ganadero: en las áreas rurales de los municipios se desarrolla en mayor proporción la actividad de ganado vacuno. Esta actividad contribuye a la eutrofización y degradación ambiental, por el vertimiento de agentes contaminantes como los desechos animales (estiércol y orines), antibióticos, hormonas, químicos para el teñido y curtido de los cueros, y los fertilizantes y pesticidas usados para pulverizar los campos de cereal y grano.

Sector Industrial: las actividades industriales pueden generar cargas contaminantes puntuales, entre las cuales se destacan las estaciones de almacenamiento y distribución de combustibles, así como la explotación de hidrocarburos. La magnitud de este tipo de contaminación generalmente no se conoce, a pesar de que se realizan estudios específicos por parte de las empresas.
De manera general se muestra la ubicación de los pozos de producción reportados hasta 2016 por la ANH, donde para dicha fecha se muestran un total de 1279 pozos.

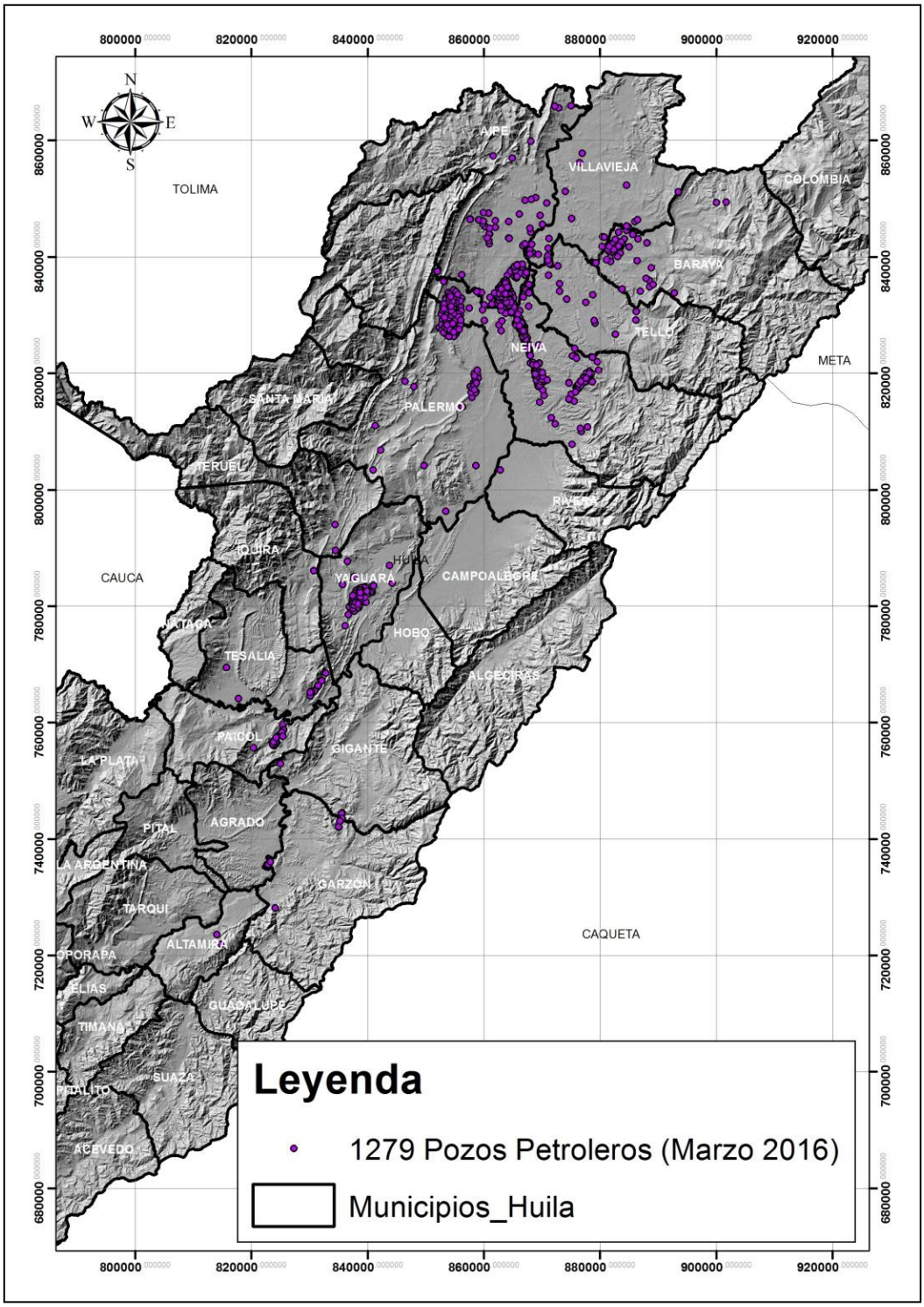


Ilustración 343. Ubicación de Pozos de Explotación de Petróleos.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

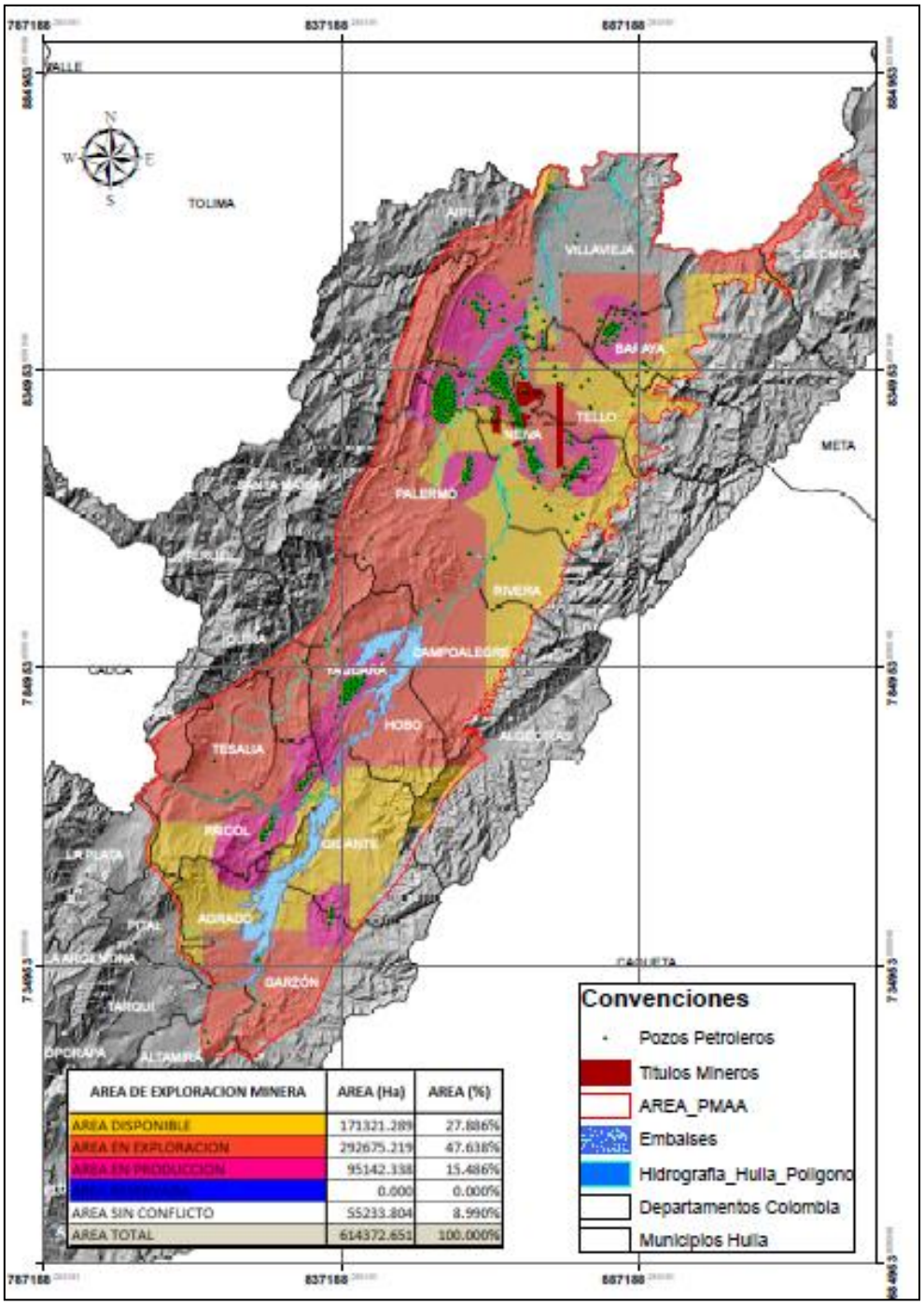


Ilustración 344. Ubicación de bloques adjuicados por ANH Mapa de Tierras 2017 para Explotación de Petróleos.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Sector Minero: Las actividades mineras pueden representar un serio problema para la calidad del agua de los acuíferos, principalmente por la mezcla con aguas industriales de mala calidad.

En las siguientes imágenes se puede observar como un aproximado del 6% del área de estudio presenta títulos mineros o en proceso de legalización, y como un 19% del área presentada solicitudes de títulos mineros, lo que demuestra el amplio crecimiento del sector.

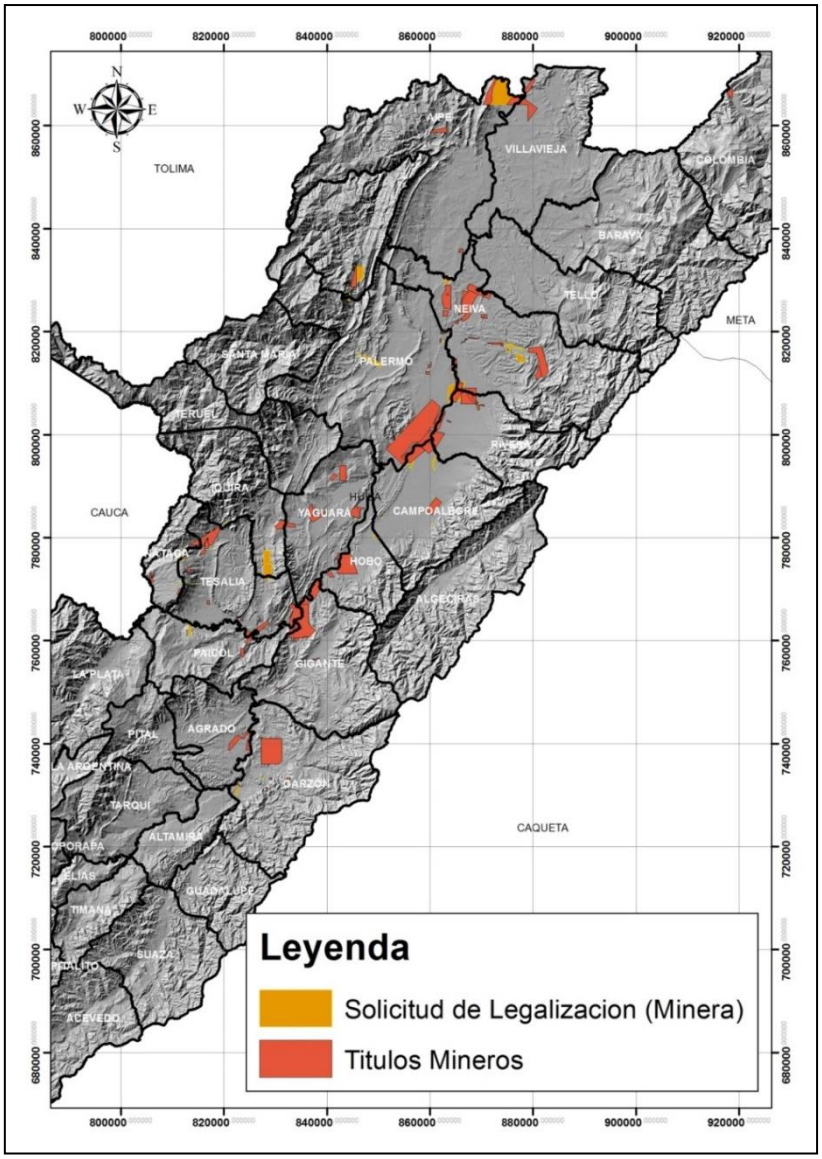


Ilustración 345. Mapa de Áreas con títulos mineros y solicitudes de Legalización. Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

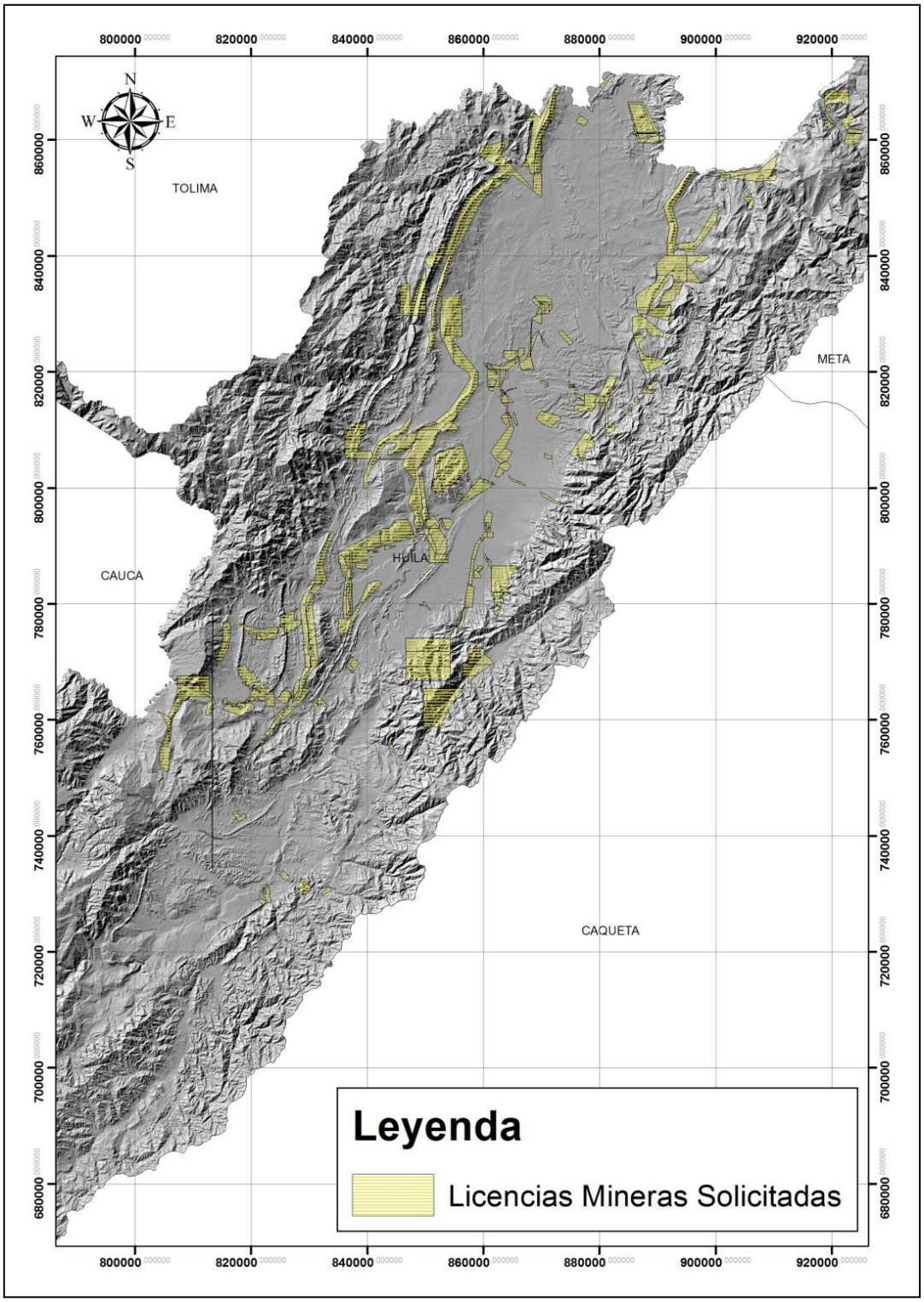


Ilustración 346. Mapa de áreas con solicitudes de Licencias Mineras.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Las principales fuentes potenciales de contaminación del acuífero, desagregadas de acuerdo con su origen urbano, industrial, agrícola o minero y las principales cargas contaminantes que podrían se generadas por las mismas según el Banco Mundial (2007), se ilustran en la siguiente tabla.

Tabla 112. Fuentes potenciales de contaminación de los acuíferos

Tipo de actividad	Categoría de distribución	Características de la carga contaminante		
		Principales tipos de contaminantes	Sobrecarga hidráulica	Aplicada debajo de la capa de suelo
Desarrollo Urbano				
Saneamiento sin red cloacal	u/r P-D	Nfot	+	+
Cloacas con fugas (pueden incluir componentes industriales)	U P-L	Nfot	+	
Lagunas de oxidación de aguas residuales (pueden incluir componentes industriales)	U P-L	Nfot	++	+
Descarga de aguas residuales en el suelo (pueden incluir componentes industriales)	u/r P-D	Nsfot	+	
Aguas residuales en ríos influentes (pueden incluir componentes industriales)	u/r P-D	Nfot	++	++
Lixiviación de rellenos y botaderos de basura	u/r P-L	Osht		+
Tanques de almacenamiento de combustibles	u/r P-L	T		
Sumideros de drenajes de las carreteras	u/r P-D	St	+	++
Sector industrial (incipiente en la región)				
Tanques/tuberías con fugas (puede ocurrir también en áreas no industriales)	U P-D	Th		
Derrames accidentales	U P-D	Th	+	
Aguas de procesos/Lagunas de afluentes	u P	Tohs	++	+
Descarga de efluentes en el suelo	u P-D	Tohs	+	
Descarga hacia los ríos influentes	u P-L	Tohs	++	++
Botaderos de residuos con lixiviación	u/r P	Oshst		
Sumideros de drenaje	u/r P	Th	++	++
Precipitación aérea de sustancias	u/r D	St		
Sector agrícola tradicional y tecnificada (desarrollada en más del 30% del área de estudio)				
a) Cultivos		Nt		
Con agroquímicos	r D	Not		
Con irrigación	r D	Ntso	+	
Con lodo / lodos proveniente de agua residual	r D			
Bajo riego con aguas residuales	r D	ntsof	+	
Cría de ganado / procesos de cosecha – porcicultura y avículturas				
Lagunas de efluentes	r P	font	++	+
Descarga de efluentes en suelo	r P-D	nsoft		

Tipo de actividad	Categoría de distribución	Características de la carga contaminante		
		Principales tipos de contaminantes	Sobrecarga hidráulica	Aplicada debajo de la capa de suelo
Descarga hacia ríos	r P-L	onft	+	++
Sector minero				
Alteración del régimen hidráulico	r/u P-D			
Descarga de aguas de drenaje	r/u P-D		++	++
Aguas de procesos / lagunas de lodos	r/u P-D		+	+
Volcaderos de residuos de lixiviación	r/u P			
u/r Urbano / rural P/L/D Puntual/lineal/difusa	n Compuestos de nutrientes o Carga orgánica general h Metales pesados + Incrementa la importancia		f Patógenos fecales s Salinidad t Microorganismo tóxicos	

Fuente: Adaptada de Banco Mundial (2007) por Consorcio PMAA MAGDALENA 2016 (2017).

3.10.4 Caracterización de la carga de contaminantes

De acuerdo con la metodología de Foster e Hirata, 1988, mencionada en el documento de Protección de la Calidad del Agua Subterránea: guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales (Foster, Hirata, Gomes, D'Elia, & Paris, 2003), se caracteriza la carga contaminante por actividad para el área. Para la citada identificación, se evaluaron las cuatro características fundamentales y semi-independientes de la siguiente manera:

<u>Clase de contaminante involucrado</u>: Definido por su presencia probable en el ambiente subterráneo y su coeficiente de retardo en el flujo de agua subterránea.

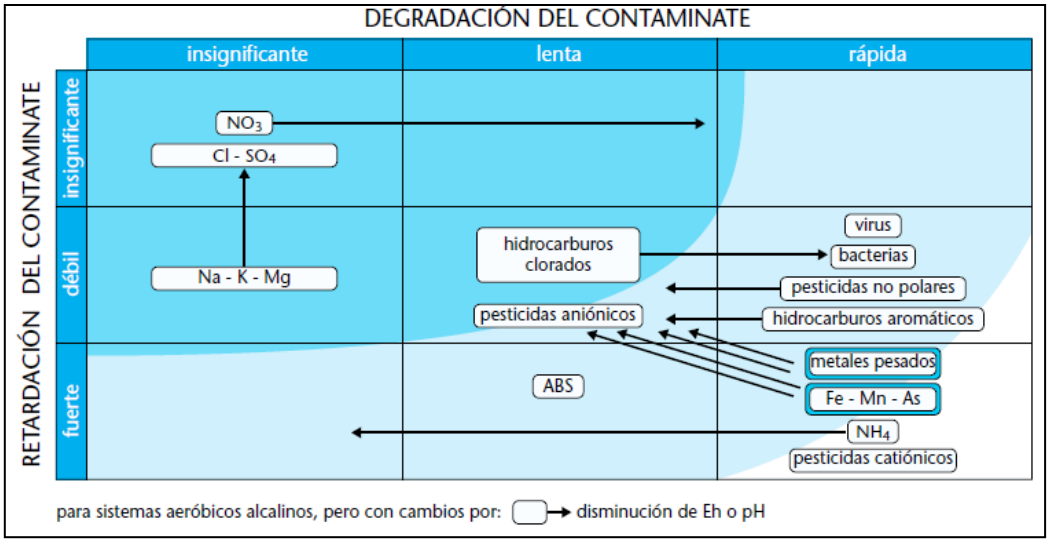


Ilustración 347 Caracterización de los componentes de la carga – clase de contaminante
La escala creciente del impacto potencial se indica con el oscurecimiento del sombreado.
Fuente: Banco Mundial "Protección de la Calidad del Agua Subterránea" (2002)

Con relación a los sistemas acuíferos, de acuerdo con la clase de contaminantes generados por las diferentes actividades que puedan afectar el recurso hídrico subterráneo, se determinó que el impacto potencial es **bajo a medio**, teniendo presente las siguientes consideraciones por cada uno de los sectores existentes en el área de estudio:

Desarrollo Urbano (cabeceras municipales y centros poblados rurales): según la sus principales contaminantes generados son los nutrientes, patógenos fecales, carga orgánica general, salinidad y microorganismos tóxicos.

Sector industrial: sus principales contaminantes son los microrganismos tóxicos, salinidad, metales pesados y la carga orgánica general los cuales se consideran principalmente de bajo impacto por su retardación y degradación.

La explotación de hidrocarburos, donde grandes volúmenes de agua salina de formación y otros fluidos se extraen durante la perforación y operación del pozo y dependiendo de su manejo y disposición, pueden representar un importante peligro para los acuíferos poco profundos en las áreas involucradas, calcificándose con un nivel de impacto medio.

Es importante resaltar que los resultados de los monitores realizados en pozos dentro de CAMPO DINAS y CAMPO SAN FRANCISCO pertenecientes a ECOPETROL no arrojaron valores que indiquen altas concentraciones de contaminante, sin embargo las muestras fueron puntuales y se recomienda un monitoreo constante que permita confirmar esta condición.

Sector agrícola tradicional y tecnificada: los principales contaminantes generados por las actividades asociadas con este sector, al igual que para el desarrollo urbano, son nutrientes, patógenos fecales, carga orgánica general, salinidad y microorganismos tóxicos los cuales son considerados de medio impacto por su retardación y degradación. Es importante resaltar que este sector es uno de los principales en el área de estudio.

De igual forma, no se cuenta con un monitoreo de caracterización de aguas de estas fuentes, el cual permitiría confirmar los principales contaminantes y sus concentraciones aportadas.

Sector minero: se considera que su impacto es bajo teniendo en cuenta que esta actividad ya que el Banco Mundial no identifica un aporte de contaminantes por el desarrollo de estas actividades; así mismo de existir, es importante realizar un monitoreo de caracterización de aguas de estas fuentes, el cual permitiría confirmar los principales contaminantes y sus concentraciones aportadas.

Sector ganadero y avícola los principales contaminantes generados por las actividades asociadas a la cría de animales, son nutrientes, patógenos fecales, carga orgánica general, salinidad y microorganismos tóxicos los cuales son considerados de bajo impacto por provenir de fuentes difusas y degradación en el medio.

Intensidad de la contaminación: Definida por la concentración probable del contaminante en el efluente o lixiviado, en relación con los valores guía recomendados por la OMS para la calidad de agua potable y por la proporción de la recarga del acuífero involucrada en el proceso de contaminación. La escala creciente del impacto potencial se indica con el oscurecimiento del sombreado.

Para el área de estudio, la intensidad de la contaminación es media, pues aunque no se cuenta con un monitoreo detallado de caracterización de aguas para las fuentes generadoras, se identificó claramente los sectores que pueden generar afectación del recurso hídrico subterráneo y su proporción de recarga afectada, sintetizada en la siguiente

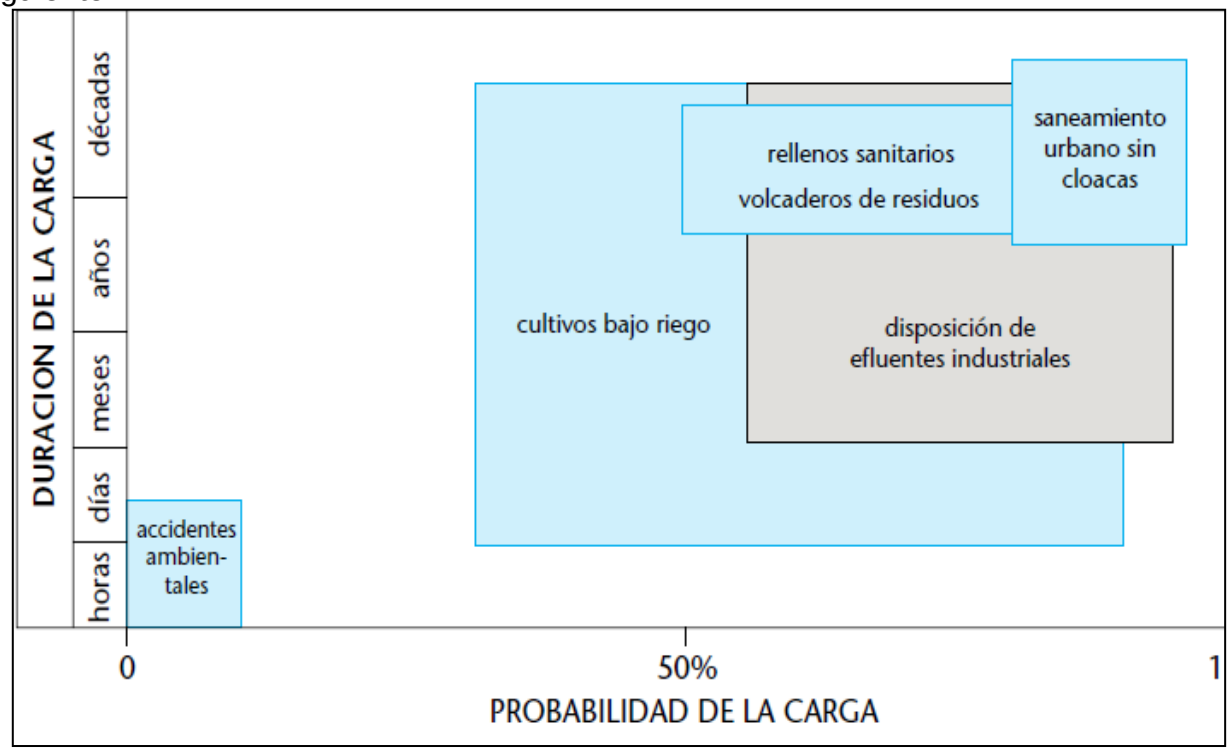


Ilustración 348. Caracterización de los componentes de la carga – duración de la carga contaminante.
La escala creciente del impacto potencial se indica con el oscurecimiento del sombreado.
Fuente: Banco Mundial "Protección de la Calidad del Agua Subterránea" (2002)

Tabla 113. Proporción de la recarga afectada.

Sector	Proporción de recarga afectada
Desarrollo Urbano	Puntual
Sector industrial	Puntual
Sector agrícola tradicional y tecnificada	Difusa
Sector minera	Puntual
Sector ganadero	Difusa
Sector avícola	Difusa

Modo en el que el contaminante es descargado al suelo: definido por la carga hidráulica (incremento sobre la tasa de recarga natural o sobrecarga hidráulica) asociada con la descarga del contaminante y la profundidad debajo de la superficie del terreno en la cual el efluente o lixiviado contaminado que ingresa es descargado o generado.

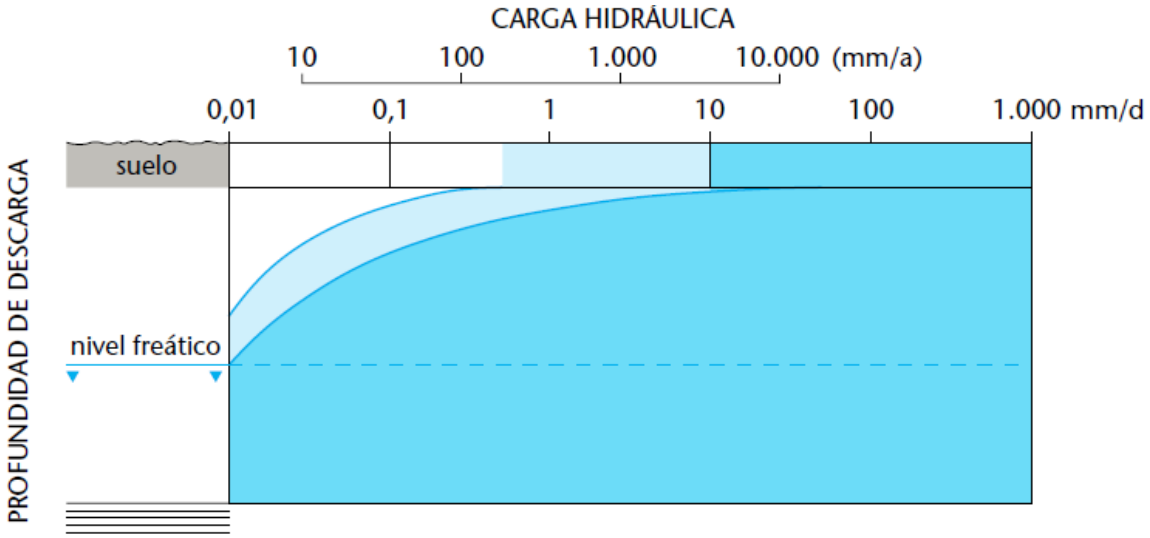


Ilustración 349. Caracterización de los componentes de la carga – modo de descarga del contaminante.
La escala creciente del impacto potencial se indica con el oscurecimiento del sombreado.
Fuente: Banco Mundial "Protección de la Calidad del Agua Subterránea" (2002)

Para la valoración de este impacto no se cuenta con información de caudales de descarga de las diferentes fuentes generadoras de afectación del recurso hídrico subterráneo en la región.

Duración de aplicabilidad de la carga contaminante: Definida por la probabilidad de descarga del contaminante al subsuelo (ya sea intencional, incidental o accidentalmente) y por el período durante el cual la carga contaminante será aplicada

Partiendo de la identificación de las fuentes generadoras, las cuales corresponden al desarrollo urbano, la producción industrial (Explotación de Hidrocarburos), la producción agrícola tradicional y tecnificada, así como la exploración minera, se estimó un impacto medio por la duración de la carga contaminante, ya que la probabilidad de la concentración en el vertido se encuentra entre un 50% - 80% y su duración (del vertimiento) va desde por horas hasta por días, pero de manera permanente en el tiempo y en el área del impacto.

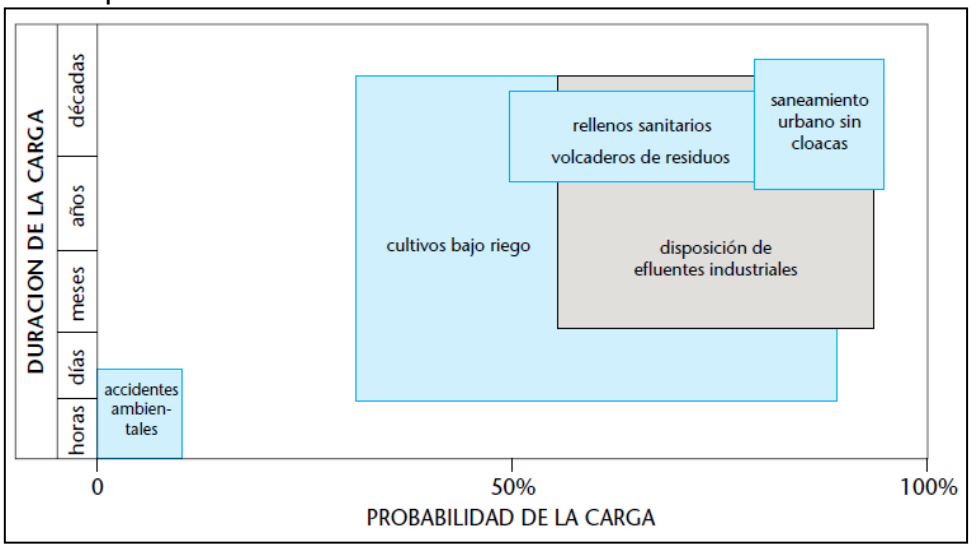


Ilustración 350. Caracterización de los componentes de la carga – duración de la carga contaminante.
La escala creciente del impacto potencial se indica con el oscurecimiento del sombreado.
Fuente: Banco Mundial "Protección de la Calidad del Agua Subterránea" (2002)

En la siguiente tabla se sintetiza de forma preliminar el impacto para los sistemas acuíferos en el área de estudio, de cada una de las características fundamentales y semi – independientes evaluadas para la caracterización de la carga contaminante por actividad de acuerdo con la metodología de Foster e Hirata (1988). Esta información junto con la información recopilada y la validación de la misma, serán la base para el desarrollo sistemático y por etapas del inventario de las fuentes potenciales de carga contaminante del acuífero, de acuerdo con las etapas definidas por el Banco Mundial, que se plantea en la Fase de Formulación.

A partir de los sectores analizados se puede concluir que el desarrollo urbano y el Sector agrícola (tradicional y tecnificado) y pecuario presentarían la mayor incidencia de contaminación sobre los sistemas acuíferos del sector Centro, Nororiental y Noroccidental de la cuenca del Río Magdalena en el Departamento del Huila.

Tabla 114 Impacto de las características fundamentales y semi – independientes evaluadas

Sector	Clase de contaminante	Intensidad de la contaminación	Modo en el que el contaminante es descargado al suelo	Duración de la carga contaminante
Desarrollo Urbano	*Medio*	*Medio*	*Bajo*	*Medio*
Sector industrial	*Bajo*	*Medio*	*Bajo*	*Medio*
Sector agrícola tradicional y tecnificada	*Medio*	*Medio*	*Bajo*	*Medio*
Sector minero	*Bajo*	*Medio*	*Bajo*	*Medio*
Sector Pecuario	*Medio*	*Medio*	*Bajo*	*Medio*

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.10.5 Perímetros de protección de captaciones

Una fuente de agua superficial siempre está expuesta a amenazas por contaminación, en el caso de las aguas subterráneas también se está expuesta a diferentes peligros por el desarrollo de actividades en superficie. Una forma de proteger una fuente de abastecimiento de agua subterránea, sea un pozo, aljibe o manantial es mediante la delimitación de las áreas superficiales en las cuales se puede afectar la fuente por el desarrollo de una actividad específica.

Las áreas de protección deben dar protección contra, contaminantes que decaen con el tiempo, y contaminantes no degradables. Uno de los factores importantes que controlan los procesos de contaminación es el tiempo que tarda en ir a través de la zona saturada, desde el lugar donde se desarrolla la actividad hasta el punto de extracción de la fuente de abastecimiento (Foster S., Hirata, Gomes, & Paris, 2003).

Se definen diferentes áreas de protección alrededor de un pozo con el fin de establecer el tipo de actividades permisibles en cada una. El esquema de las áreas de protección para un acuífero libre se muestra en la **Ilustración 351**.

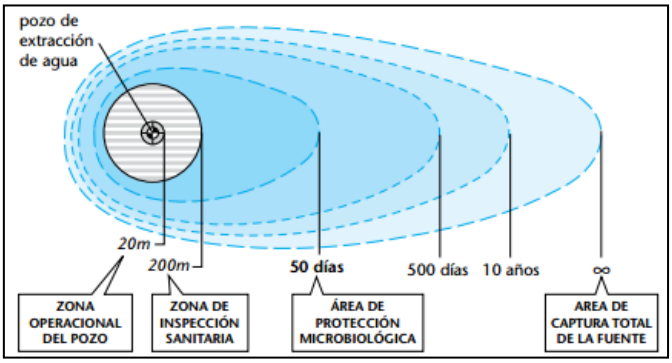


Ilustración 351. Esquema de las áreas de captura ideales alrededor de un pozo
Fuente: (Foster S., Hirata, Gomes, & Paris, 2003)

Para eliminar completamente el riesgo de una contaminación inaceptable de una fuente de agua potable, todas las actividades potencialmente contaminantes deberían ser prohibidas (o completamente controladas) dentro de toda el área de captura de la recarga a esa fuente. Sin embargo, esto será frecuentemente imposible o antieconómico fundamentalmente por las presiones socio-económicas para lograr mayor desarrollo. Por lo tanto se requiere contar con alguna división de la zona de captura de la recarga, de modo que las restricciones más estrictas al uso del territorio sean solamente aplicadas en aquellas áreas más próximas a la fuente.

La subdivisión se puede basar en diferentes criterios: Distancia horizontal, tiempo de flujo horizontal, porcentaje del área de recarga, capacidad de dilución y/o atenuación de la zona saturada. Para proteger la fuente de abastecimiento se establecen niveles de control que varían de acuerdo a las condiciones y necesidades locales como se muestra en la **Ilustración 351**.

Área total de captura de la fuente

Es la zona de protección más exterior definida para una fuente individual, siendo el perímetro en el cual la recarga del acuífero es captada por la fuente de abastecimiento de agua.

La zona total de captura se determina a realmente considerando el balance de agua y geométricamente por medio de las trayectorias de flujo subterráneo. Esta es la zona que provee un caudal de explotación protegido a largo plazo. Así, si se asume que el sistema de agua subterránea está en régimen estacionario (como normalmente ocurre) el área de esta zona estará determinada por la tasa de recarga de agua subterránea promedio a largo plazo (Foster S. , Hirata, Gomes, & Paris, 2003).

Área de protección microbiológica

Prevenir la ingestión de agua subterránea contaminada con bacterias, virus y parásitos patógenos, es de fundamental importancia. Estos patógenos ingresan a los acuíferos someros desde tanques sépticos, letrinas, drenajes o cursos superficiales con aguas contaminadas, etc.

La distancia de viaje horizontal de los patógenos en la zona saturada está dominada principalmente por la velocidad de escurrimiento del agua subterránea. En términos generales la separación horizontal entre la fuente de abastecimiento de agua subterránea y la fuente de contaminación patogénica comprobada fue (como máximo) la distancia recorrida por el agua subterránea en 20 días en el correspondiente régimen de flujo del acuífero, a pesar que se conoce que los patógenos resistentes son capaces de sobrevivir en el subsuelo por 400 días o más. Coincidiendo con la práctica usual de muchos países se establece un área de protección microbiológica de 50 días; sin embargo, para

determinar la distancia de protección sería necesario realizar una modelación numérica a detalle para cada punto de agua.

De manera general por experiencias llevadas a cabo en diversos medios se considera prudente establecer un criterio límite de 50 metros de radio para acuíferos cubiertos o confinados. (Foster S. , Hirata, Gomes, & Paris, 2003).

Zona operacional del pozo

Es el perímetro de protección más interior, comprendiendo una pequeña área alrededor que se espera sea propiedad y esté bajo control de la persona o ente que realiza la explotación. La totalidad de la zona es usada para actividad de mantenimiento del pozo y debe estar protegida para prevenir la infiltración de aceites y sustancias químicas, también evitando la invasión de animales.

Aunque la dimensión del área es normalmente arbitraria y depende de las condiciones locales se recomienda un radio mínimo de 20 metros, Sin embargo, se deberían llevar a cabo inspecciones detalladas de la condición sanitaria en un área mayor de radio de 200 metros o más. (Foster S. , Hirata, Gomes, & Paris, 2003).

3.10.6 Zonas con interferencia de pozos

Cuando se tiene un pozo y se extrae un determinado caudal, se produce una superficie de abatimiento o descensos del nivel que tiene forma de cono invertido. La distancia del pozo a la cual los abatimientos son despreciables con respecto al nivel estático se llama radio de influencia (R). Si hay varios pozos que estén en funcionamiento al mismo tiempo, se producirá una disminución del caudal que puede ser extraído de cada uno de ellos debido al cruce de las superficies de abatimiento, produciéndose el fenómeno llamado interferencia de pozos (MinAmbiente, 2014) (**Ilustración 352**).

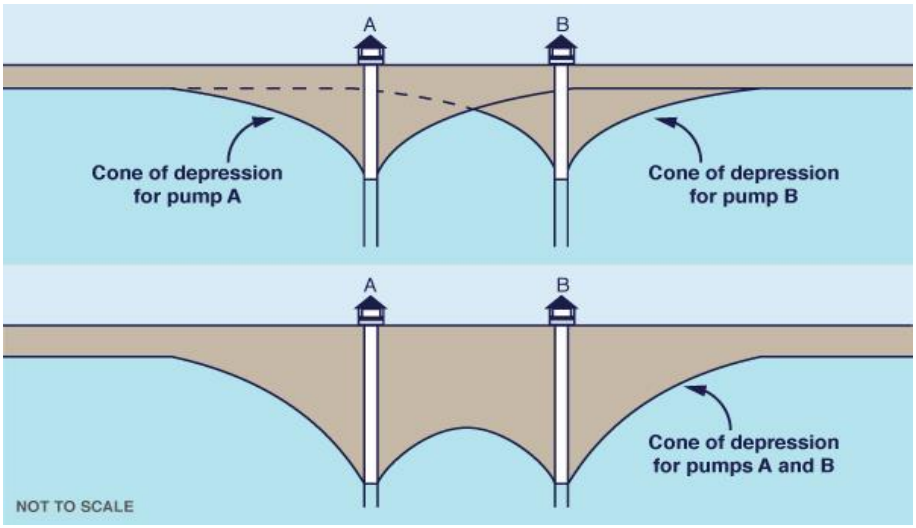


Ilustración 352 Interferencia de pozos
Fuente: news - soldeosa

Para el cálculo de los radios de influencia se utilizaron los resultados de las pruebas de bombeo que se encontraron dentro de los expedientes de concesión y explotación de agua subterránea de la CAM, debido que solo se contaba con datos completos de 21 pruebas de bombeo. El radio de influencia para estos pozos se calculó, a partir de la expresión.

$$s_{pozo} = \frac{Q}{2\pi T} \ln \frac{R}{r_{pozo}}$$

Dónde: S_{pozo}: Abatimiento en el pozo (m), Q: Caudal de la prueba (m^3/d), T: Transmisividad (m/d), r_{pozo}: Radio en el pozo (m), R: Radio de influencia (m)

En la **Tabla 115** se presentan los valores de los radios de influencia estimados para 21 puntos de agua que poseían pruebas de bombeo con reporte de los parámetros necesarios para el cálculo del mismo. Así mismo en la tabla 94 se presentan las siguientes convenciones: Prof_m (profundidad en metros), N_E (Nivel estático en metros), N_D (Nivel dinámico en metros), Q (caudal en litros por segundo), T (Transmisividad en metros por día), K (conductividad Hidráulica en metros al cuadrado por día), D (diámetro del punto de captación en metros), SS (coeficiente de almacenamiento), R_influ (Radio de influencia).

En la **Ilustración 353** se observan de manera gráfica y a escala los radios de influencia estimados para los 21 puntos de agua que dentro del inventario cuentan con esta característica estimada a partir de los datos obtenidos en cada una de las pruebas de bombeo. Sin embargo, aunque el número de puntos con esta estimación es insuficiente para evaluar zonas de interferencia de puntos a lo largo de toda la área de estudio del

PMAA, se identificaron 2 zonas donde se donde puedan existir interferencia de pozos, de acuerdo a los caudales de explotación allí reportados. En las **Ilustración 354** e **Ilustración 355** se presentan las ventanas de ampliación de dichas zonas.

La zona 1 se ubica en la parte central del área del PMAA específicamente en la jurisdicción administrativa de los municipios de Neiva, Palermo y rivera, entre los ríos Ceibas, Loro y Magdalena. La zona 2 se ubica al sur-este del área administrativa de Campoalegre influenciada principalmente por el Río Magdalena, lo anterior se muestra en las **Ilustración 354** e **Ilustración 355**.

Identificación	Año	Tipo	Municipio	Coord X	Coord Y	Cota	Prof_m	N_E	N_D	Q	T	K_	Abatimiento	D	SS	R- influ	USO ACTUAL
	2016	Pozo	Palermo	861620	815740	452	140	0					0		0,03	18,37	Doméstico y consumo humano
RCA_3_002_2014	2014	Aljibe	Campoalegre	849570	789857		11	6,91	8,56	5	63,1	13,7	1,65	0,9	1,8	31,7	Doméstico y consumo humano
RCA_3_028_2013	2013	Aljibe	Neiva	864662	815576	428	8,28	3,9	7,2	0,86	10,87	4,56	3,3	0,87	0,09	84,19	Industrial
RCA_3_022	2015	Pozo	Rivera	868600	799075	708	25	15	16,5	0,35	9,51		1,5		0,03	100	Comercial
RCA_3_029_2013	2013	Pozo	Neiva	868478	817002		26,5	21,3	25,15	1,5	13,16	4,38	3,85	0,72	0,09	104,9	Industrial
RCA_3_17_2013	2013	Aljibe	Neiva	865952	813642		6,9	2,8	6	1,7	16,79	4,09	3,2	0,92	0,09	130,54	Industrial
RCA_3_018_2015	2015	Aljibe	Neiva	864714	816188		5,8	3,1	4,4	1,8	36,48	19,2	1,3			174,55	Industrial
RCA_3_007_2014	2014	Pozo	Palermo	859475	811459		22	3,64	5,86	0,55	12,78	2,84	2,22	0,1	0,09	185,15	Industrial
RCA_3_004_2016	2016	Pozo	Palermo	852672,81	807104,27		102	0		1,75	1,97		0			186	Agrícola
RCA_3_003	2015	Pozo	Palermo	861006	813863	478	24,33	21,19	22,11	1,38	54,55	20,88	0,92		0,09	214,19	Doméstico y consumo humano
RCA_3_025	2015	Aljibe	Neiva	864910	815188		11,4	9,21	10,63	0,7	14,19	10,02	1,42		0,09	235,7	Industrial
	2016	Aljibe	Neiva	866197	812636	474	14,39	10,4	10,56	0,3	74,11	18,97	0,16		0,09	257,06	Doméstico y consumo humano
RCA_3_37_2013	2013	Aljibe	Neiva	865793	813002	450	15	9,32	11,6	4,5	60,29	15,46	2,28	0,92	0,09	295,58	Industrial
RCA_3_026_2013	2013	Aljibe	Campoalegre	849275	789017		7	2,92	6,15	1,5	43,1	9,7	3,23	1,3	1,4	296,88	Agrícola
RCA_3_024_2013	2013	Aljibe	Campoalegre	849754	789726		12	5,53	7,46	1,5	33,1	9,3	1,93	0,9	1,1	296,88	Agrícola
RCA_3_30_2013	2013	Pozo	Neiva	865448	817887		20,02	6,5	8,95	1,93	28,78	1,85	2,45	2,2	0,09	335	Industrial
RCA_3_31_2016	2016	Aljibe	Neiva	864843	816234	439	4,86	2,88	3,83	1,1	58,17	27,05	0,95	0,75	0,09	355,7	Industrial
RCA_3_032_2010	2010	Pozo	Rivera	865231	800096		54	15,52	17,17	5	6,32		1,65			400	Doméstico y consumo humano
RCA_3_18_2013	2013	Aljibe	Neiva	865360	816996	450	9,4	6,17	7,59	4,5	79,05	24,78	1,42	0,9		428,04	Industrial
RCA_3_006_2012	2012	Pozo	Palermo	860845,87	812943,78		226	16		3,97	33		0	0,44		900	Industrial
RCA_3_004_2013	2013	Pozo	Palermo	863021	815918	464	162	6,2	30,14	12,04	153,52	6,39	23,94	0,32	1	1030	Agrícola

Tabla 115 Radios de influencia puntos de captación de agua subterránea
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

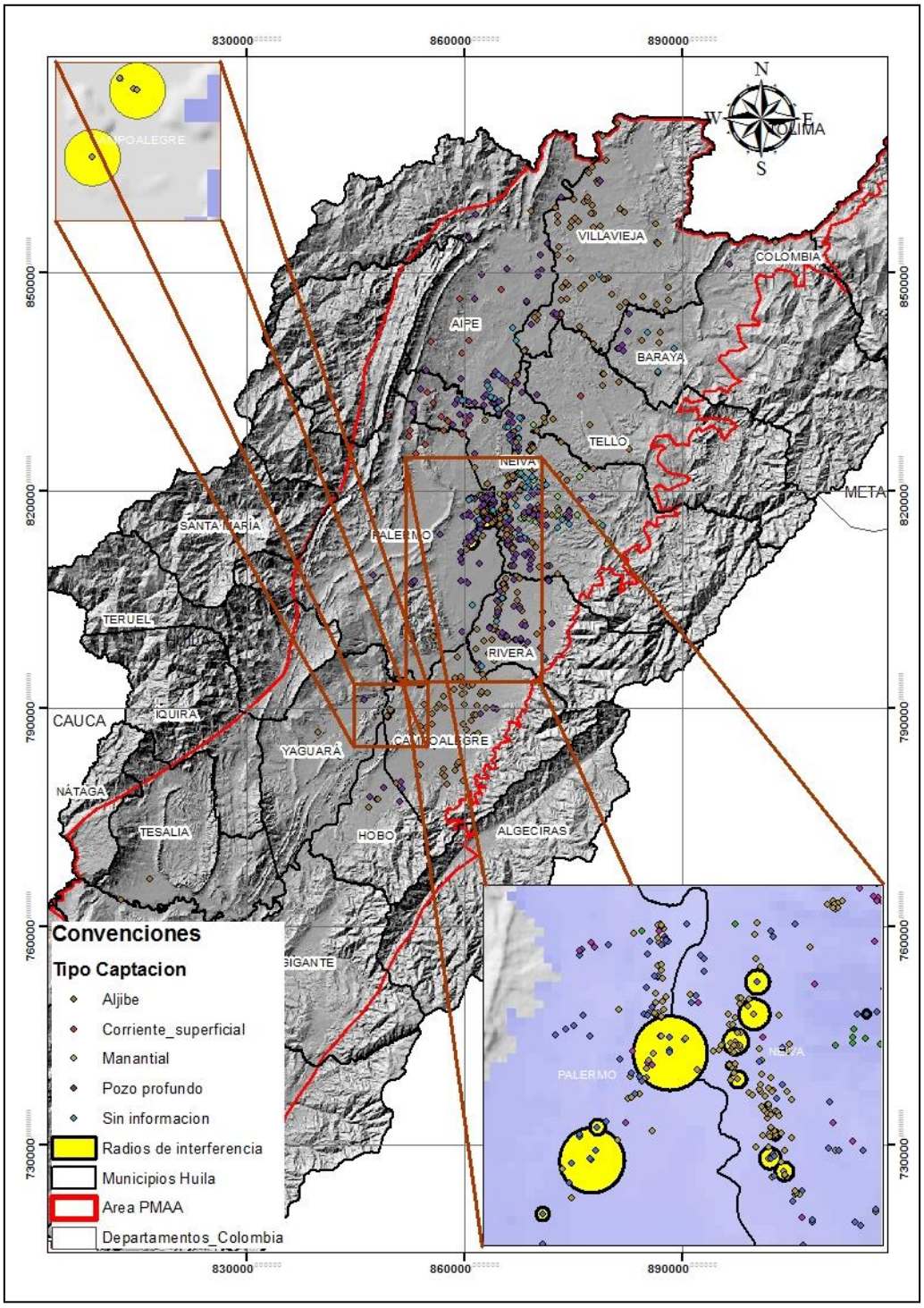


Ilustración 353 Mapa de radios de influencia dentro del área del PMAA
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

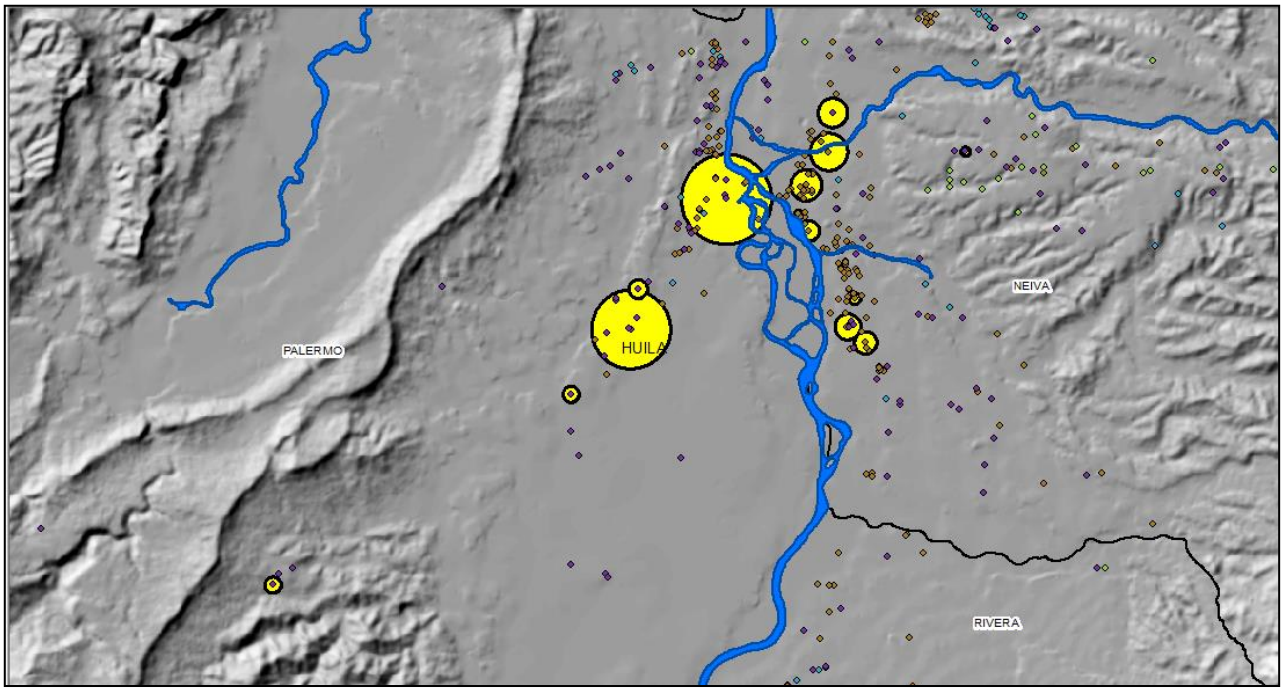


Ilustración 354 Zona 1 con posible interferencia de pozos
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

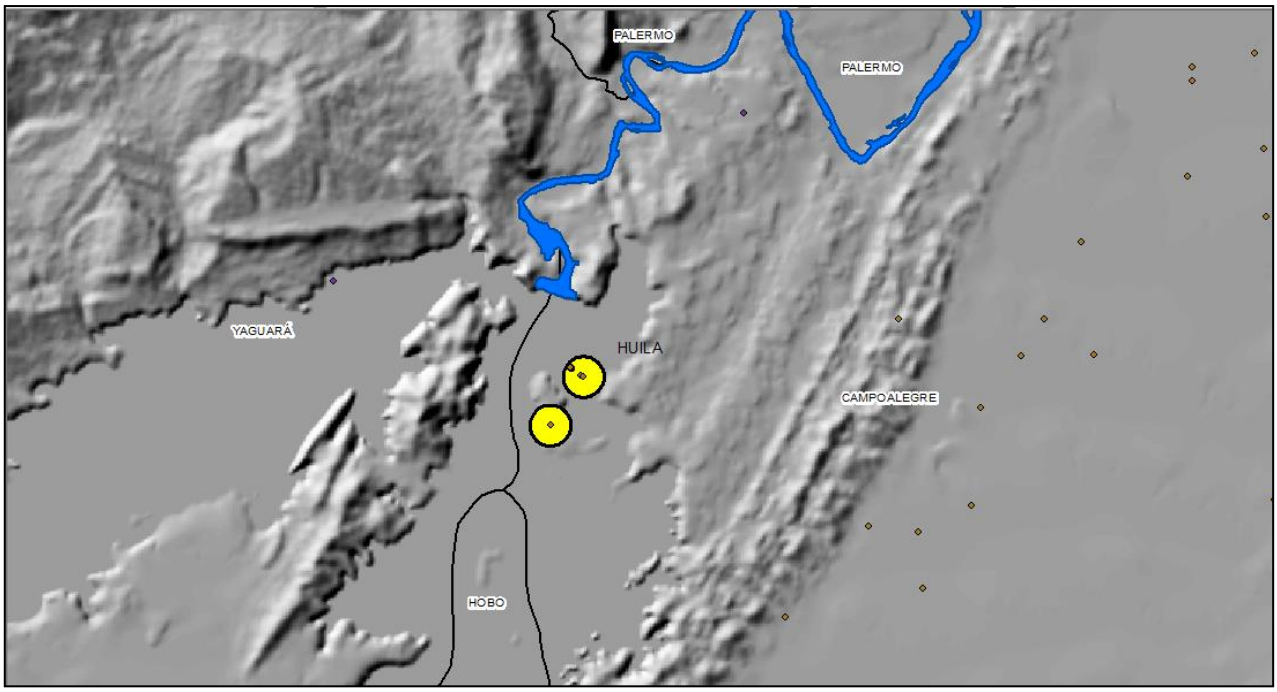


Ilustración 355 Zona 2 con posible interferencia de pozos
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.11 DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO

3.11.1 Caracterización De Las Condiciones Socioeconómicas Y Culturales

Debido a que el área de estudio se encuentra compuesta por 24 municipios, a continuación se presenta una reseña de las características de la población asociada teniendo en cuenta el aspecto físico, social, económico y cultural para cada caso; de esta manera se tuvo en cuenta las cuatro (4) direcciones territoriales que establece la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena -CAM- en el departamento del Huila, aunque por el objeto del contrato solo se tiene influencia en tres de éstas divisiones: norte, centro y occidente.

Norte:

- Neiva
- Aipe
- Algeciras
- Baraya
- Colombia
- Hobo
- Íquira
- Rivera
- Santa María
- Tello
- Campoalegre
- Villavieja
- Palermo
- Yaguará

- Teruel

Centro:

- Garzón
- Altamira
- El Pital
- El Agrado
- Gigante

Occidente

- La Plata
- Paicol
- Tesalia
- Nátaga

3.10.6.1 Neiva

Aspecto físico

El municipio de Neiva, se ubica a orillas de la margen derecha del río Magdalena, entre los picos de las cordilleras oriental y central, capital del departamento del Huila desde 1905.

El municipio de Neiva limita al Norte con los municipios de Aipe y Tello, al Noroeste con el departamento del Tolima, al Suroccidente con el municipio de Palermo, al Sur con el municipio de Rivera, al Oriente con el departamento del Caquetá.

La división política y administrativa del Municipio de Neiva, se ha estructurado a partir de 10 comunas con 117 barrios y 377 sectores en la zona urbana, y 8 corregimientos conformados por 73 veredas en la zona rural. Cada corregimiento está asociado a un centro poblado rural que se constituye en el epicentro de las actividades económicas, culturales, sociales y políticas de la población circundante.

Según la ficha municipal DDTS el municipio de Neiva tiene una población total de 345.806 habitantes, distribuidos en porciones de 94.32% en la cabecera urbana y 5.67% en la zona rural. Actualmente, la densidad poblacional es de aproximadamente de 233.05 habitantes por Km2.

Según la Secretaria de Planeación, del total de la población del municipio de Palermo 180.390 son hombres con un 52,16% y 165.416 son mujeres con un 47,83%.

Tabla 116 División político administrativa Neiva

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de Comunas	**10 (117 barrios)**	**No. de veredas**	**73**
377 sectores		**No. Corregimientos**	**8**
• COMUNA No 1: La vorágine, La inmaculada, Minuto de Dios III etapa, Colmenar, Colmenar iii etapa, Portales de varanta, Balcones de la Riviera III etapa, Chicala, Riviera norte II etapa, Mira rio III etapa, Las 597ivoli597597, Ciudadela comfamiliar, José martí, Mansiones del norte (e/c), San 597ivoli597597e, Acrópolis, Santa Inés, Conjunto multi familiar el portal de san Felipe, Los elisios, Camilo torres, California, Triangulo, Villa del rio, Rodrigo Lara Bonilla, Conarvar, Pigoanza, Cándido Leguizamo, Madrigal, Minuto De Dios V Etapa, La Fortaleza, Mira Rio II Etapa, Mira Rio I Etapa, Las Ferias, Villa María, Villa Magdalena Norte, Mira Rio Iv Etapa, Los Andaquies, Conjunto Cerrado San Nicolás, Conjunto Cerrado La Magdalena, Torres De La Camila, Media Luna, Carlos Pizarro León Gómez, Falla Bernal, Los Dujos, Clínica Saludcoop. • COMUNA No 2: El Cortijo, Villa Urbe, Villa Esmeralda, Villa Aurora, Villa Cecilia, Venecia, Versalles, Villa Carolina, Los Pinos, Álamos Norte, El Prado, Ciudadelas De Santa Ana, Conjunto Camino Real, Bosques de tamarindo, Gualanday, Villa Milena, Cambulos, Conjunto cerrado Santa Clara, los Andes, las Granjas, Carpí, Conjunto Residencial Santa Mónica, Municipal, Torres de Varegal, Conjunto Residencial los Molinos, Álvaro Sánchez Silva, Conjunto Multifamiliar Málaga, Santa Lucia, Aeropuerto, Santa Sofía, los Cipreses, Conjunto res. Yajaira, el Rosal. • COMUNA No 3: Tenerife, Las Delicias, Campo Núñez, Efraín Rojas Trujillo, los Profesionales, Quirinal, La Cordialidad, San Vicente De Paul, el Lago, Reynaldo Matiz, Los Samanes, Brisas Del Magdalena, La Estrella, Las Ceibas, Sevilla, José Eustacio Rivera, Villa Patricia, Chapinero, La Toma, Caracolí, Parque La Rebeca, Guillermo Plazas Alcid, Santa Librada, Asentamiento Las Ceibitas, Asentamiento Brisas Del Magdalena. • COMUNA No 4: Altico, Bonilla, El Centro, Los Mártires, Modelo, San José, El Estadio, San Pedro, Diego De Ospina, Los Almendros.		1. AIPECITO: La Florida, Aipecito, El Triunfo, Pradera, La Cristalina, La Unión. 2. CHAPINERO: Chapinero, El Jardín, La Cabaña, El Líbano, Altamira, Diamante, Horizonte, Cachichi. 3. SAN LUIS: Palmar, San Luis, Alto Cocal, Bajo Cocal, El Ávila, Centro, Quebradón, Corozal, Libertad, Piñuelo, La Julia, Los Alpes, Órganos, Omega. 4. GUACIRCO: San Jorge, Guacirco, San Andrés Busiraco, Tamarindo, San Francisco, Peñas Blancas. 5. FORTALECILLAS: La Mata, Fortalecillas, La Mojarra, La Jagua, Venado. 6. CAGUÁN: El Triunfo, Caguán, San Bartolo, Chapuro. 7. VEGA LARGA: Cedral, Ahuyamales, Piedramarcada, Vegalarga, Colegio San Antonio, Santa Lucia, Santa Librada, Palacios, San José. 8. RIO LAS CEIBAS: Motilón, La Plata, Pueblo Nuevo, San Miguel, Santa Helena, Ceibas Afuera, Palestina, Platanillal.	

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de Comunas	10 (117 barrios)	No. de veredas	73
377 sectores		No. Corregimientos	8

- COMUNA No 5: villa rosa, Conjunto Residencial. Los 598ivoli598, Miraflores, la orquídea, villa café (e/c), alto llano, la libertad, Jordán, el vergel, la colina, primero de mayo, loma de la cruz, Monserrate, el faro veinte de 598ivol, veinte de 598ivol, jardín, siete de agosto, san Antonio, baja independencia, Kennedy, sector la colina, brisas de avichente, la independencia, el canelo, altos de 598ivoli, villa Regina, la arboleda, las catleyas, los buganviles los guaduales, conjunto. Res. Altos de Mayorga.

- COMUNA No 6: Miramar, Timanco Iv Etapa, Sinaí, Buenos Aires, San Francisco De Asís, Conjunto Los Arrayanes, Andalucía II Etapa, Bella Vista, Timanco III Etapa, Timanco I Y II Etapa, Limonar, Los Caobos, Tierra De Promisión, Tuquilla, Minuto De Dios, Jesús Nazareno, Pozo Azul, Las Lajas, Loma Linda, Arismendi Mora Perdomo, Manzanares, Canaima, Santa Isabel, Bogotá, Sector Bogotá, Sector Santa Isabel, José Antonio Galán, Sector Galán, Torres De Alejandría, La Esperanza Emaya, San Jorge, El Oasis, Manzanares Proyecto, Puertas Del Sol, El Tejar, Altos de Limonar.

- COMUNA No 7: La Floresta, Ipanema (E/C), Buena Vista, Prado Alto, Altos De Manzanillalta, Alta María, Casa Blanca, Ventilador, La Gaitana, Obrero, Calixto Leiva, Gaitán, Casa De Campo, Conjunto Villa Milena, Casa Loma, Las Brisas, San Martin De Porres, Gaitana (’’’), La Juventud, La Gaitana II.

- COMUNA No 8: La Paz, Alfonso López Pumarejo, Perdón Redondo, Escuela De Carabineros, La Isla, Nueva Granada, Sector Las Acacias I “Villa Amarilla”, Sector Acacias “Los Comuneros”, Sector Las Acacias I “Villa Amarilla”, Sur Oriental, San Carlos, Simón Bolívar, Rafael Azuero Manchola, La Cristalina, El Perdón, Villa Osorio, Siglo Veintiuno Sur Oriente, Rafael Uribe, El Dorado I, Las Américas, Bajo Pedregal, Los Parques, Conjunto Residencial Santa Paula, La Florida, El Caracol, Guillermo Liévano Rodríguez, Arrayanes, Panorama, Los Alpes.

- COMUNA No 9: Villa Magdalena, La Riviera, Luis Ignacio Andrade, Eduardo Santos, Santa Rosa, Luis Carlos Galán I Etapa, Luis Eduardo Vanegas, Luis Carlos Galán II Etapa, El Progreso, Virgilio Barco Vargas, José Maria Carbonell, Villa Del Prado, Villa Soledad, Combeima, Álvaro Leyva Liévano, Tercer Milenio, Sector Carbonell, Sector Galindo, Villa Colombia, Alberto Galindo, El Dorado II Minuto De Dios IV, Etapa Villa Diego, Darío Echandia, Los Libertadores, Villa Marcela I Y II Etapa, Villa Nazaret, Vicente Araujo,

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de Comunas	10 (117 barrios)	No. de veredas	73
377 sectores		No. Corregimientos	8
Campos De Venecia, Calamari. • COMUNA No 10: La Palma II Etapa, Los Rosales, Santander, Villa Nadia, Pablo VI, Once De Noviembre, Santa Bárbara, Alberto Yepes, El Pedregal, Katakandru, Los Comuneros, Misael Pastrana, La Pradera, El Triunfo, Víctor Félix Díaz, Las Camelias, Campo Real La Rioja, Nuevo Horizonte, Ciudadela Antonio Baraya, Oro Negro, Oro Negro II, La Amistad, Enrique Olaya Herrera , La Victoria, La Victoria, Neivaya, Antonio Narido, Ciudad Salitre, Villa Aránzazu, Los Naranjos, Oasis Oriente, Camino Real, Las Palmas, Miraflores, Palmas III, Granja San Bernardo, San Bernardo, Sector Barreiro, San Bernardo Del Viento Villa Teresa Caminos De Oriente Portales De Yalconia Ciudadela La Voragine-Combeima Los Colores			

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016 a partir de POT 2009 y Plan de desarrollo Municipal 2016-2019

De acuerdo a la información presentada en el documento “Diagnostico de Plan de Ordenamiento Territorial” definitivo, y la “Revisión y ajuste del plan de ordenamiento territorial”, se obtiene que el componente de servicios domiciliarios se presta de la siguiente manera:

En el municipio de Neiva la captación se realiza del río Ceibas, esta viene siendo utilizada como abastecimiento desde la construcción del sistema más antiguo, el municipio de Neiva cuenta con 61 veredas de las cuales 40 cuentan con el sistema de acueducto y 21 no lo tienen; éste tiene una cobertura del 69.12%. Existen 32 acueductos veredales y 4 regionales de los cuales 8 cuentan con tratamiento de agua, que equivale a una cobertura de agua tratada de un 19.51%.

El municipio presta el servicio de alcantarillado por medio de las Empresas Públicas de Neiva (EPN) y las juntas administradoras locales, en la zona rural hay un 62.12% de las veredas que cuentan con el servicio de alcantarillado, también se cuenta con dos plantas de tratamiento residual inactivas ubicadas en los centros poblados de San Antonio y San Luis.

La disposición final de los residuos sólidos se lleva a cabo en el botadero Los Ángeles localizado en la vereda La Jagua, éste es operado por la empresa Ciudad Limpia S.A E.S.P. donde se realiza no solo la disposición de Neiva, sino de 18 municipios aledaños del departamento del Huila.

El servicio de *energía eléctrica* del municipio de Neiva es prestado por la empresa Electro Huila S.A E.P.S, contando con una cobertura del 94% a nivel municipal por lo cual se

observa una buena cobertura, no obstante en algunas ocasiones se presentan interrupciones de energía por cuestiones de mantenimiento.

El servicio de telefonía pública de acuerdo a la información oficial del Ministerio de las TIC el cual es el ente competente, indica que a pesar de la evolución con la telefonía móvil, en el municipio de Neiva esta permanece intacta. En donde Colombiana de Telecomunicaciones S.A. E.P.S y Telmex Colombia S.A. son las empresas más representativas con un 61.94% y 36.2% respectivamente.

El servicio domiciliario de gas es suministrado por la empresa Alcanos de Colombia, este presta una cobertura de 97.4%, no obstante no en todos los centros poblados se encuentra este servicio, el cual es reemplazado con diferentes alternativas como carbón, leña, GLP (Gas licuado de petróleo) para la cocción de los alimentos.

Aspecto social

Según la información suministrada por el documento Plan de Desarrollo 2016-2019, en el proceso educativo Neiva tiene 167 instituciones oficiales, 75 brindan los servicios en la zona rural, teniendo estos una participación del 45% con respecto al total en de colegios públicos de Neiva.

A 2014, Neiva tenía una población en edad escolar de 86.487 niños y niñas con edades entre 3 y 17 años según proyección DANE 2014, mientras que la matrícula total de Neiva para el mismo rango de edad muestra que hubo 56.994 estudiantes en el sector oficial y 18.117 en el sector privado para un gran total de 75.111 es decir 11.376 estudiantes (13%) fueron atraídos por el sistema educativo de otro municipio o fueron matriculados irregularmente por instituciones educativas no oficiales o estuvieron por fuera del sistema educativo. Neiva por ser ciudad capital y tener municipios con centros poblados tan cerca como: Frontera Norte, Santa Bárbara, Amborco y Ulloa, hace que los estudiantes opten por elegir esta oferta educativa.

El histórico de cobertura neta en el municipio de Neiva muestra que el indicador general ha tenido un comportamiento con tendencia estable muy influenciado por el crecimiento de matrícula privada. Sin embargo, se evidencia una debilidad en la cobertura de la matrícula para estudiantes de los grados 10 y 11 (48.34%), que al contrastarse con la cobertura de secundaria (84,80%), evidencia un notorio abandono de los estudiantes después de cursar el grado noveno.

Como consecuencia del decrecimiento paulatino de los estudiantes en los niveles de básica secundaria y media, el municipio pierde financiación de la política educativa, debido a que los estudiantes efectivamente matriculados, son la base de liquidación de los recursos Sistema General de Participaciones- SGP.

Los problemas que limitan la calidad en la prestación del servicio educativo radican en que la mayoría de las 1.150 aulas de clase, 260 baterías sanitarias, 148 comedores escolares, 114 talleres y laboratorios y otros espacios pedagógicos presentan una antigüedad superior a 60 años con serios problemas y riesgos en alcantarillados, redes eléctricas, cubiertas y redes de datos. (Documento Plan de Desarrollo 2016-2019).

En cuanto al sector salud, de acuerdo al análisis de las bases de datos consolidadas en el maestro subsidiado y contributivo fuente Sistema de administración y Pagos (SAYP) y régimen de excepción (magisterio) con corte a 31 de diciembre de 2015, reflejan una población de 386.680 habitantes para una cobertura del 99%; de los cuales 43% corresponde al régimen subsidiado; el 52% al régimen contributivo; el 3% al régimen de excepción y 1% corresponde a la población pobre no asegurada.

La red hospitalaria del municipio, se encuentra definida por una red de servicios en salud que integra los niveles básicos de atención, como son I, II, III y IV. En relación a los servicios que ofrece la red pública en la ciudad, se tiene la E.S.E. CARMEN EMLIA OSPINA, la cual ofrece servicios básicos de primer nivel de complejidad, adicionalmente a este servicio por parte de la red pública, se encuentra la E.S.E. HOSPITAL UNIVERSITARIO HERNANDO MONCALEANO PERDOMO, el cual pone a disposición los servicios de II, III y IV nivel de complejidad, para toda la población del departamento del Huila y a los departamentos de Caquetá, Putumayo, Cauca y Tolima principalmente.

En la actualidad la E.S.E. Carmen Emilia Ospina de Neiva, viene prestando los servicios de bajo nivel, en una red que presenta deficiencias en infraestructura y no permite la atención integral, eficaz, eficiente y de calidad a la población usuaria. Por consiguiente, se ha venido fortaleciendo la Red a través de las construcciones y Dotaciones de equipos médicos de los centros de Salud de la comuna 6 (CANAIMA) y comuna 9 (CAIMI), con el fin de mejorar las condiciones de accesibilidad y calidad en la prestación de servicios de salud del municipio de Neiva. (Documento Plan de Desarrollo 2016-2019)

Aspecto económico

El documento técnico de caracterización permite evidenciar que el municipio de Neiva, por su posición geográfica privilegiada es una importante referencia vial y comercial del sur colombiano, característica que se encuentra en proceso de consolidación, pero presenta visos importantes por la oferta de bienes y servicios que desde la capital huilense se hace a todo el territorio departamental, sur del Tolima, Caquetá, Putumayo y algunos sectores del Cauca. La dinámica actual se soporta sobre este mercado y las posibilidades de expansión y crecimiento económico son en teoría altas.

El Comercio es el sector que concentra el 51.6% de la actividad económica de la ciudad, le sigue en su orden los servicios con el 36.1%, dentro del cual sobresalen las actividades financieras, servicios públicos y seguros, después está con el 11% las actividades industriales donde resaltan las dedicadas a la producción de alimentos y bebidas; y en el último lugar, los establecimientos que se dedican a otras actividades con el 1.3%.

Por otra parte, la economía agrícola en el municipio de Neiva, depende del café contando con 2.865 Ha y 1.410 productores; el algodón, el arroz, y el plátano con un área de 1.251 Ha. Neiva es el primer productor ganadero del departamento del Huila, con 34.057 cabezas, segundo productor de leche con 16.900 Litros /día; primero en sacrificio de ganado para carne 11.300 animales, con 6.200 toneladas/año. Se cuenta con 40.450 Has en pastos (pasto de corte 450 Ha, praderas mejoradas 10.000 Ha y pasto tradicionales 30.000 Ha).

De igual manera, la actividad extractiva sortea dificultades técnicas, ambientales, de legalidad, de orden social, y localmente de orden público en el territorio municipal, no obstante como sector productivo constituye un espectro de posibilidades de aprovechamiento de recursos, beneficios económicos y sociales, que hoy ofrece el desarrollo de nuevas tecnologías.

Aspecto cultural

De acuerdo al documento de Plan de Desarrollo 2016-2019, Neiva cuenta con un acervo cultural rico y variado, representado en sus tradiciones folclóricas y en las expresiones artísticas que desde diferentes vertientes y fuentes de generación consolidan un exquisito patrimonio cultural en el que danzas representativas, autenticidades organológicas, tradiciones, expresiones folclóricas, gastronomía y referentes festivos que hacen parte de la identidad cultural, se han convertido en un producto de turismo cultural que contribuye al desarrollo del Municipio.

El municipio de Neiva en la actualidad cuenta en materia de infraestructura cultural con:

- Una casa de la cultura ubicada en la comuna 9
- Biblioteca, Huellas en la comuna 6
- Cuatro (4) parques biblioteca en las comunas 6, 8, 9, 10.

En cuanto al patrimonio arquitectónico cultural, el Municipio de Neiva cuenta en la actualidad con el siguiente inventario:

- Capilla de la inmaculada concepción.
- Estación del ferrocarril de Neiva.
- Estación del ferrocarril de Fortalecillas.
- Institución Educativa Santa Librada.
- Casa Hacienda Matamundo.
- Edificio Nacional.
- Iglesia del corregimiento el Cagua.
- Catedral de Neiva.
- Teatro cincuentenario.
- Iglesia de San Luis.

3.10.6.2 Aipe

Aspecto Físico

El municipio de Aipe se encuentra ubicado en el Valle del Alto Magdalena que está enmarcado por las cordilleras central y oriental que se bifurcan en el macizo colombiano, cerca al desierto de la Tatacoa, por lo que sus tierras son áridas y algunas zonas estériles y muy erosionadas, localizado a la margen izquierda del río Magdalena y ubicado al noroccidente del departamento del Huila. (Alcaldía de Aipe, 2016).

Aipe está limitado al norte y occidente con el departamento del Tolima (Municipios de Natagaima, Ataco y Planadas) al oriente con el río Magdalena (Municipio de Villavieja y Tello), y al sur con el Municipio de Neiva. Tiene una superficie de 862 km2 la cual corresponde al 3.8% del total del área del departamento.

El municipio está ubicado a una distancia de 36 kilómetros de la ciudad capital de Neiva, sus vías de acceso están pavimentadas y es parte de la carretera principal vía Neiva – Bogotá.

Según la Ficha de Caracterización Territorial del DNP de 2017, la población proyectada para el municipio de Aipe en el año 2017 es de 27.669 habitantes, de los cuales 15.529 (62,5%) residen en la cabecera municipal y 9.318 (37.5%) en el área rural. El 49.5 % son mujeres, el 50.5 % hombres.

Tabla 117 División político administrativa Aipe

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	**27**	**No. de veredas**	**29**
		No. Centros poblados	**8**
Ángel María Perdomo, Avelino Arias, Chicalá Etapa I, Chicalá Etapa II, El Centro, El Jardín, La Palmita, Las Brisas, Los Alpes, Los Clavellinos, Los Fundadores, Los Sauces, Manuel Cabrera, María Auxiliadora, Pablo Sexto, Pueblo Nuevo, Rodrigo Lara, San Isidro, San José, Francisco Cabrera, Kennedy, Pradera de Lourdes, San Martín, Altos de Piedra Pintada I, Altos de Piedra Pintada II y Altos de la Floresta.		Centros poblados: Praga, Patá, La Ceja Mesitas, Potreritos, Ventanas, San Miguel, Cruce de Guacirco y Santa Rita. Veredas: Dina, Arrayan, Dindal, Ventanas, Potreritos, El Tesoro, Casco Urbano, La Unión, Guayabero, Santa Rita, Calle Real, El Castel, La Manga, San Antonio, Praga, Primavera, Santa Helena, Rio Aipe, El Olimpo, La Esmeralda, Los Cauchos, Agua Fría , Mesitas, Santa Bárbara, Pavas y Buenos Aires.	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016 a partir de EOT

Teniendo en cuenta la información suministrada en el Plan de Salud Territorial 2016-2019, se observa que la población del municipio de Aipe toma el agua para el consumo del acueducto en un 77% y 13% la toma de los ríos y las quebradas. Según las Empresas Públicas de Aipe (EPA S.A. E.S.P.), en el sector urbano se les presta el servicio del *acueducto* al 87.90% de la población quedando pendientes por atender 1.777 personas representadas en aproximadamente 355 viviendas que se encuentran ubicadas principalmente en asentamientos de los diferentes barrios del casco urbano, lo anterior debido a las tres invasiones (Porvenir, Avelino Arias y El Hueco) y la falta de gestión administrativa para la reubicación de las personas que se encuentran en dichos asentamientos. En el sector rural se presta el servicio aproximadamente al 50% de la población por falta de decisión administrativa para gestionar la construcción de los acueductos en las diferentes veredas.

De las personas ubicadas en la zona urbana, se le presta el servicio del *alcantarillado* al 85.16% aproximadamente, en la zona rural la falencia de este servicio es mayor ya que falta dar cobertura principalmente en las zonas dispersas. Falta la construcción o mejoramiento de alcantarillado en centros poblados Santa Rita, Ventana y Cruce de Guacirco, así mismo existen zonas muy dispersas que impiden que se construyan sistemas de alcantarillados comunales.

La mayor parte de los habitantes del sector rural del municipio de Aipe no cuenta con el servicio de *gas natural*, ya que ha faltado gestión administrativa para la formulación de proyectos que permitan llevar este servicio a toda la zona rural.

En cuanto al servicio de *energía eléctrica*, tanto la zona urbana como la rural, cuenta con una cobertura del 96%

Aspecto social

Según la información planteada en el Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019, la infraestructura con la que cuenta el municipio de Aipe para atender su población estudiantil es de 4 instituciones y centros educativos oficiales, con 32 sedes adicionales de las cuales 6 son urbanas y 26 son rurales.

La cobertura bruta de educación en el municipio de Aipe es menor en comparación al departamento del Huila. La tasa bruta de educación categoría primaria tiene una tendencia a disminuir, la tasa bruta de educación categoría secundaria y media a pesar de ser muy inferior a la del departamento, tiene tendencia a mejorar.

En el municipio la población en edad escolar para el 2014 se encontraba en 6.440 con una matrícula oficial de 3.583 estudiantes, de los cuales 298 se encontraban matriculados en transición, 1.630 en primaria, 1.300 en secundaria y 355 en educación media, con una tasa de cobertura bruta en educación básica del 65.6 para el 2014.

En cuanto al régimen de afiliación en salud, según el diagnóstico del Plan de Salud Territorial 2016-2019, la cobertura de afiliación según la caracterización en el municipio es del 97.3%, donde el municipio de Aipe ha alcanzado un porcentaje de afiliación que se puede definir como una cobertura universal. En la distribución de esta afiliación es 70.4% para el régimen subsidiado; para el régimen contributivo el 25.3% y régimen especial (policía, ejército, docentes) 1.5%

Aspecto económico

El Municipio de Aipe está ocupado principalmente por viviendas rurales que se basan en el desarrollo de actividades agropecuarias, en las cuales los cultivos que se tienen generalmente son transitorios y permanentes con un dueño, ya que el porcentaje de asociatividad es bajo, actualmente la fuente principal de recursos económicos del territorio constituye a las transferencias que por concepto de regalías petroleras le son trasladadas por la Nación. En el caso de los establecimientos de comercio casi el 17% de ellos se dedican a la industria, el 46,7% al comercio, el 42,0% a servicios y solo el 4,7% a otra actividad. (Alcaldía de Aipe, 2013).

El municipio es un gran productor de Petróleo, donde son explotados más de 120 pozos, dando el beneficio de recibir recursos por el concepto de regalías. Las actividades Agropecuarias, Industriales y Mineras son líneas de producción desarrolladas por los habitantes de esta zona, resaltando la cría de mojarra roja, cachama y carpa; producción de pollos y huevos; la cría de ganado con doble propósito (ceba y cría); en la explotación

minera se resaltan minerales como: roca fosfórica, carbón, barita y arcilla; la actividad turística está en desarrollo, la visión es promover este sector utilizando la existencia de grandes riquezas naturales.

Aspecto cultural

El componente cultural en el municipio de Aipe es adelantado por la Secretaría de Servicios Sociales, éste sector no ha sido explotado con énfasis, aunque tiene un potencial importante cuando se considera el inventario de espacios, sitios, lugares o edificaciones con atributos históricos, culturales y/o turísticos con los que cuenta el municipio.

Dentro de los lugares y sitos representativos culturalmente en el municipio de Aipe en el área urbana, se encuentra la Casa María Inés Perdomo de Charry, Casa de Ernesto Sánchez, Plaza de Toros, Plaza de Ferias, Las Moyas de Lourdes, Puerto La Capilla, Puerto Palomito, Loma Pan de Azúcar, Parque de la Virgen. Para el área rural se referencia el Filo de las Mercedes, Vega del Muerto, Pesebrera del Baché, Charco Largo de Río Aipe, El Arrayán, Peña Alta del Río Patá, Divino Niño Jesús de Praga, Cueva De Leonardo, La Quebrada Bambucá, Moya del Guacharaco y Petroglifo San Cayetano. (Plan de Desarrollo Municipal 2016).

3.10.6.3 Algeciras

Aspecto físico

El municipio de Algeciras se encuentra ubicado al oriente del departamento, sobre la parte media del valle del Magdalena, enmarcado entre la cordillera oriental y un ramal de la misma, que nace en esta misma cordillera en el valle de Miraflores al sur del municipio y muere en el cerro de San Juan al norte del municipio.

Limita la norte con los municipios de Rivera y Campoalegre, por el sur con el municipio de Gigante y el departamento del Caquetá, por el oriente con el departamento del Caquetá y por el oriente con los municipios de Hobo, Gigante y Campoalegre.

Tiene una extensión de 589.39 Km2 y una población total de 24.611 habitantes, lo que corresponde al 2.1 % del total departamental. En el área urbana se encuentran residiendo 15.637 personas, mientras que en el área rural 8.974. Los habitantes pertenecientes al sexo masculino corresponden a un número de 12.000 y las mujeres a un número de 12.611.

En cuanto a la distribución político administrativa del municipio, se encuentra que en la zona rural hay 68 veredas, mientras que en la zona urbana hay 28 barrios.

Tabla 118 División político administrativa Algeciras

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	**28**	**No. de veredas**	**68**
7º de agosto, La Esperanza, Porvenir, Abraham Palacios, La Floresta, San Juanito, Altos De Satias, La Florida, San Pedro, Cabrera, La Gaitana, Simón Bolívar, Ciudad De Barranquilla, La Libertad, Timanco, Ciudad Jardín, La Orquídea, Villa Café, Colinas De Casa Blanca, Las Villas, Villa Del Prado, El Centro, Las Mercedes, Voluntariado Social, Jorge Eliecer Gaitán, Los Rosales, Juan XXIII, Plazas Alcid.		Alto Cielo, La Arcadia, Naranjos Altos, Alto Roble, La Arenosa, Naranjos Bajos, Altos de la Lejía, La Argelia, Palomono, Altos Del Rio Neiva, La Cascajosa, Pando Roble, Andes Altos, La Danta, Paraíso Nuevo, Andes Bajos, La Ensillada, Pinares, Andes Medios, La Esperanza, Pueblo Viejo, Bajo Roble, La Gruta, Quebradon Norte, Bella Vista, La Guadualeja, Quebradon Sur, Buena Vista, La Huecana, San Antonio, Colon, La Laguna, San José Alto, El Bosque, La Perdicita, San José Bajo, El Espejo, La Perdiz, San Pablo, El Kiosco, La Primavera, Santa Clara Alta, El Pedregal, Lagunilla, Santa Clara Baja, El Pomo, Las Morras, Santa Lucia, El Puente, Las Brisas, Santuario, El Reflejo, Las Damitas, Satias, El Silencio, Las Palmas, Termopilas, El Toro, Las Perlas, Tierra Y Libertad, El Vergel, Líbano Occidente, Villa Hermosa, Ensillada, Sector la Torre, Líbano Oriente, Villa Nueva, Ipiales, Manzanares.	

De acuerdo al documento de diagnóstico de “Reformulación y ajuste del esquema y ordenamiento territorial”, en lo referente a la situación de los servicios públicos en el municipio de Algeciras, el *servicio de acueducto* en la zona urbana es prestado por las Empresas Públicas de Algeciras EMSERAL S.A. E.S.P. con una cobertura del 97% del casco urbano del municipio.

La fuente abastecedora es la quebrada La Perdiz, la cual está ubicada sobre las faldas de la cordillera oriental. Se cuenta con 32.046,06 metros aproximadamente de tubería, la cual está instalada en su totalidad en PVC. Su red de distribución es alimentada por tres conducciones de agua tratada. La planta de tratamiento de agua potable se encuentra ubicada a 1,8 Kms del casco urbano sobre la carretera que conduce a Santa Ana y su sistema es convencional por gravedad. Dentro del casco urbano en la actualidad se encuentran dos sistemas de acueducto locales independientes: los del barrio Juan XXIII y Plazas Alcid.

En la zona rural, se presta el servicio por medio de cuatro acueductos regionales y cuatro acueductos rurales con una cobertura del 37.44%.

El servicio de *alcantarillado* en la zona urbana también es prestado por EMSERAL S.A. E.S.P. con una cobertura del 98%. Se realiza su descarga en la quebrada El Mosca, con aguas combinadas sin previo tratamiento, generando problemas de contaminación a la fuente hídrica. El municipio no cuenta con planta de tratamiento de aguas residuales.

En la zona rural se realiza la deposición de agua residual por medio de dos sistemas: en redes de alcantarillado y sistemas individuales.

El servicio de *aseo* en la zona urbana tiene una cobertura de aseo del 100%. En el área rural, la disposición final de residuos sólidos se realiza de manera rudimentaria, utilizando mecanismos como la quema, enterramiento y botadero a cielo abierto.

El servicio de *energía eléctrica* está interconectado a un sistema nacional por medio de la empresa Electrohuila S.A. E.S.P. que tiene como origen la represa de Betania y la represa de Prado conectadas por un sistema de redes de alta tensión.

En la zona urbana se cuenta con el 93.3% de cobertura y en la zona rural con una cobertura del 81.8%.

El servicio de *gas* es prestado por la empresa de Alcanos de Colombia S.A., con una cobertura del 100% de los usuarios potenciales en el casco urbano de los cuales 99.39% de los suscriptores son residenciales y el 0.61% son no residenciales. En los sectores donde no se presta el servicio de gas domiciliario de la zona urbana y rural, está a cargo de las empresas de distribución de cilindros.

La cobertura de *telefonía fija* es del 21.2%, aunque hoy en día las personas prefieren cubrir este servicio con la telefonía celular.

Aspecto social

La educación en el Municipio de Algeciras de acuerdo al documento del Plan de desarrollo municipal 2016-2019, está organizada mediante instituciones educativas en las cuales se agrupan los centros educativos de la zona urbana y rural, donde se cuenta con seis (6) instituciones educativas distribuidas en 60 sedes en el sector oficial y una sede educativa no oficial.

Referente a la cobertura en educación, se puede registrar que de los 6.068 Algecireños que están en edad escolar, actualmente se matriculan 5.826, equivalente al 96%, entre los cuales contamos a 36 estudiantes con alguna situación de discapacidad, 560 víctimas del conflicto y 4 de grupo étnicos minoritarios-indígenas.

Con relación a la deserción escolar, esta registra que un 4.39%de los estudiantes matriculados no culmina el año escolar, esto como efecto de los escasos ingresos familiares, la debilidad en la cobertura del transporte escolar, la insuficiente alimentación escolar especialmente en el sector rural y el hacinamiento en algunas instituciones educativas.

Actualmente en el municipio de Algeciras la prestación de los servicios de salud es realizada por un grupo interdisciplinario de profesionales que funcionan en la denominada ESE Hospital Municipal De Algeciras, en la cual se encuentran cuatro (4) consultorios de medicina general, cuatro (4) consultorios de consulta externa, dos (2) consultorios de P y P, un (1) consultorio de urgencias y un (1) consultorio de odontología; en donde se

prestan servicios de primer nivel de atención, mediante convenios con las diferentes EPS y ARS que operan en el Municipio.

Algeciras cuenta con diferentes instituciones públicas y privadas prestadoras de servicios de salud, sin embargo se hace necesario ampliar y mejorar la infraestructura pública como centros y puestos de salud, dotación de los mismos, el aumento del recurso humano, especialmente el referido a profesionales en salud para mejorar la accesibilidad de la población a los servicios.

Tasa de Crecimiento Natural: La tasa de crecimiento natural o vegetativo es moderada es decir que el Municipio de Algeciras se encuentra en un rango de crecimiento entre el 1% al 2% en los últimos diez años. Lo cual refleja una dinámica entre nacimientos y defunciones de manera estable.

Tasa Bruta de Natalidad: Para el 2015 por cada 1000 habitantes de Algeciras, se presentaban 12 nacidos vivos. La tasa bruta de natalidad se mantenido estable en los últimos años posiblemente porque la estructura familiar ha pasado de familia numerosa (4 a 6 hijos) a núcleos familiares integrados por 1 o máximo 2 hijos, por otra parte la oferta de servicios de planificación familiar ha generado conductas de natalidad bajas y las condiciones económicas cada vez son más difíciles para sostener familia numerosa.

Tasa Bruta de Mortalidad: Para el 2015 por cada 1000 habitantes de Algeciras, morían 2.9 personas. La tasa bruta de mortalidad ha variado desde el 2005 con un 6.24 a un 4.87 en el 2011, lo cual refleja una ligera disminución de eventos de mortalidad acorde a la población general, posiblemente a la disminución de muertes violentas y a un mejor diagnóstico y tratamiento oportuno de las patologías de alto costo.

Durante el periodo entre 2005 a 2013, en la población general, las enfermedades del sistema circulatorio fueron la principal razón de la mortalidad prematura (establecida con el indicador de AVPP) en el municipio; En los hombres las causas externas fueron la razón de la mayor cantidad de años perdidos, tanto que la mayor cantidad de años de vida perdidos en las mujeres correspondió a las enfermedades circulatorias.
El grupo denominado de las enfermedades del sistema circulatorio es el que tiene mayor participación en la mortalidad en el municipio correspondiendo a las enfermedades isquémicas del corazón y las enfermedades cerebro vascular.

En relación a la mortalidad infantil durante el período 2005 a 2013, la principal causa de defunciones fueron las enfermedades del sistema respiratorio. En niños menores de 1 año la primera causa fue por ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal; en el grupo de 1 a 4 años la principal causa fue por las enfermedades infecciosas y parasitarias; en niños menores de 5 años la primera causa de defunción fue por enfermedades del sistema respiratorio.

En el periodo entre 2005 a 2013, en el municipio, la razón de mortalidad materna y la tasa de mortalidad neonatal se observa una tendencia al incremento. Tanto que la tasa de mortalidad por IRA en menores de cinco años se ha reducido.
La cobertura de aseguramiento alcanza el 86.2% lo cual alcanza a ser una cobertura inferior a la universal la cual debe estar sobre el 95%. Este porcentaje se distribuye en 69% de población afiliada al régimen subsidiado; 29% de población afiliada al régimen contributivo; y 2% de población afiliada al régimen de excepción.

Aspecto económico

El vínculo económico más importante es el agropecuario porque incluye el mayor número de población y genera uno de los más grandes movimientos.

El municipio de Algeciras es catalogado como la despensa del departamento del Huila, lo cual explica las 1.789 unidades agropecuarias que son el centro de la actividad económica municipal, representada en el 69%. De esta forma, la mayor generación de empleo de la localidad se produce en la zona rural con mano de obra no calificada, donde la familia campesina se emplea en la misma finca o parcela. Se estima que la tasa de desempleo se encuentra cercana al 13%, es decir que hay aproximadamente 3.000 desempleados.

El 22% de la totalidad del suelo municipal está dedicado al cultivo de productos como café, caña panelera, cacao, hortalizas, frutales y, en menor medida, arroz.

En el caso el café, el mayor aumento de la producción se presentó entre 1925 y 1980, ampliándose durante este periodo el número de hectáreas cultivadas de 2.285 a 5.296. El cultivo de hortalizas también ha venido en aumento, hasta concentrar el 61% de las mismas a nivel departamental.

La ganadería, por el contrario, ha venido perdiendo importancia y ha cedido espacio a la cría de bovinos, ovinos, caprinos, equinos y mulares. La producción piscícola si es significativa.

La piscicultura se ha establecido con un importante grado de crecimiento en infraestructura dentro del municipio de Algeciras, con 30 unidades productivas, con un total de 332 estanques, lo que representa un área de 56.400 m2 en espejo de agua. En cuanto producción piscícola se tiene en primer lugar la tilapia roja con 15.750 Kg, seguido del Sábalo con 5.720 Kg, la Trucha con 2.350 Kg, Carpa con 1.130 Kg y en último renglón la Cachama con 1.030 Kg; para una producción total de 26.205 Kg en el año 2013.

A nivel industrial, el municipio cuenta con panaderías, carpinterías, curtiembres, zapaterías, talabarterías, sastrerías, prefabricados para la construcción, fábricas de colchones, entre otras. El común denominador entre estas industrias es el precario nivel

tecnológico de las mismas. Por último, el comercio y el sector de servicios también cuentan con alguna participación dentro de la economía local.

La actividad económica del municipio de Algeciras está comprendida por los distintos renglones productivos como agricultura, actividad forestal, ganadería y minería, industria, comercio, turismo y servicios, entre otros, generando una dinámica sobre la cual se soporta el crecimiento y desarrollo de la población.

La población económicamente activa está integrada por el 45% de sus habitantes. Las principales fuentes de empleo están centradas en las actividades agropecuarias, especialmente las relacionadas con la caficultura y la ganadería.

Aspecto cultural

El municipio de Algeciras no cuenta con una política clara en torno a la cultura municipal, que permita desarrollar proyectos estratégicos y que se articulen al plan decenal de cultura. No se tienen datos exactos del número de artistas y gestores culturales del municipio, dentro de los cuales se encuentran danceros, rajaleñeros, bailarines, solistas, poetas y músicos.

Dentro delos eventos y festividades se encuentran la fiesta patronal a la virgen de Lourdes (11 de febrero), San Pedro (junio), virgen del Carmen (16 de julio), festival de retorno (20 de julio).

Se encuentra a nivel de equipamiento, la Casa Cultural Satías, que es el centro cultural del municipio en donde se realizan periódicamente diversos actos culturales. Esta construcción colonial se ubica a la entrada de Algeciras y está catalogado como bien de interés municipal.

3.10.6.4 Baraya

Aspecto Físico

El municipio de Baraya está localizado en la parte noreste del Departamento del Huila sobre la vertiente oriental del valle alto del Rio Magdalena hacia las estribaciones del planco de la cordillera oriental, este municipio limita con el Departamento del Tolima por el Norte, con los Departamentos de Meta y Caquetá y el Municipio de Tello por el Sur con los Municipios de Tello y Villavieja por el Occidente y con el Municipio de Colombia por el Oriente, cuenta con una extensión total de 737 Km2 de superficie.

El Municipio de Baraya se encuentra bañado por numerosas fuentes hídricas como lo son la Cuenca del Rio Cabrera, la fuente del Rio Venado, el Rio Guaroco y la Quebrada las lajas.

Como lo indica la ficha municipal DDTS-DNP el municipio de Baraya cuenta con un total de 9.682 Habitantes, de los cuales 5.132 habs pertenecen a la zona urbana y 4.550 habs a la zona rural, de la totalidad de personas en el municipio 4.767 son hombres y 4.915 son mujeres.

Tabla 119. División político administrativa Baraya

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	**14**	**No. de veredas**	**33**
Álvaro Silva, Antonio Baraya, Centro, Estadio, Gaitán, Guarroco, Inmaculada, La Cruz, Proyecto de Vivienda Abecar, Pueblo Nuevo, San Martin I, San Martin II, Turbay, Villa Carmen.		V. Begonia, V. Bejucal, V. Cañón, V. Cerro negro, V. El Vaticano, V. Espinaloza, V. Filoseco, V. Honda, V. Hotel, V. La Batalla, V. La Libertad, V. La Troja, V. La Unión, V. Las Perlas, V. Los Laureles, V. Manzanares, V. Miramar, V. Montellano, V. Naranjales, V. Nueva Reforma, V. Parada, V. Patía, V. Progreso, V. Rio Blanco, V. Rio Negro, V. Salero, V. San Pablo, V. Siria, V. Soto, V. Venadito, V. San Juan, V Tutumito, V. Turquestán.	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016 a Partir de Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019

Según el EOT del municipio Baraya la entidad encargada del abastecimiento del *agua* es la Empresa Municipal de Servicios Públicos del Municipio de Baraya E.S.P, esta abastece a 16 veredas con un 43.1% de la cobertura, 2 acueductos regionales y 9 sistemas de acueducto rurales. Entre los acueductos veredales se encuentran el acueducto rural Bejucal, Acueducto rural El Progreso, acueducto rural Filoseco, acueducto Rural la parada, Acueducto rural la Unión, Acueducto rural Manzanares, Acueducto Rural Miramar, Acueducto Rural la Troja y Acueducto rural Tutumito.

. S.A E.S.P, su infraestructura está constituida por la planta de distribución, la red de distribución y el sistema de micro medición, como parte del plan de ordenamiento se deben realizar las actividades de terminación de la red de servicio de gas y fortalecimiento institucional.

La infraestructura de *energía y alumbrado público* está constituida por las red conducción y distribución, los transformadores y luminarias, que son administradas por la Electrificadora del Huila ELECTROHUILA. La gestión para la energía y alumbrado según el esquema de ordenamiento es realizar la ampliación de redes, reposición de luminarias, ampliación de cobertura del alumbrado público.

Aspecto social

El Esquema de Ordenamiento Territorial indica que en el municipio de Baraya en cuanto a los componentes de educación y salud se encuentra lo siguiente.

En educación, el municipio cuenta con 3 instituciones educativas, una en la zona urbana y dos en el área rural, cuenta también con 2 centros educativos ubicados de igual manera en el área rural.

En la zona urbana hay una sola institución educativa (La Antonio Baraya) que acoge al 59.14% del total de los estudiantes, mientras que en el centro educativo Las Perlas solo alcanza el 5.34%.

En cuanto al sector salud el municipio cuenta con el Hospital de Tulia con una cobertura del 98% de la población, también dispone de un centro de salud de primer nivel de 1224 m2 con obras de expansión, con el fin de que se puedan prestar los servicios de urgencias, consulta externa, sala de partos y enfermería. Actualmente se está proyectando a mediano y largo plazo tener una cobertura del 100% de la población y de esa manera llegar a prestar servicios médicos y sociales (nutrición, oftalmología, terapia, psicología, entre otros), realizar el mantenimiento y suministro de los equipos necesarios para la toma de rayos x, ecografías, oftalmología y procedimientos de cirugías ambulatorias, así como contar con el respectivo personal necesario para brindar un servicio óptimo.

Aspecto económico

De acuerdo a la información del documento de Técnico de Soporte-Diagnostico el sector primario es el que representa la producción principal en la actividad económica del Municipio, sobresaliendo el café como principal sistema de producción agrícola, seguido de la ganadería y cultivos semestrales, la deficiente infraestructura física en el sector urbano, poca demanda de productos procesados, baja oferta de materia prima para la industrialización hacen que el sector secundario de la economía no sea representativo. El sector terciario de la producción sigue en importancia después del agropecuario debido a que su dinámica es integral interviniendo la oferta y la demanda agropecuaria, comercialización de productos, transporte, prestación de servicios, oferta y demanda de capitales entre otros, interrelacionando el sector rural, el urbano, el Departamento y la Nación.

Aspecto cultural

Según la Alcaldía Municipal de Baraya la infraestructura cultural que posee el municipio se sujeta a la Casa de la cultura, Casa del café y Casa campesina. Algunas casas del municipio están construidas en estilo semicolonial que aún conservan su estructura arquitectónica antigua y hacen de esta localidad un espacio cultural único en el departamento del Huila.

En el sector rural y urbano se encuentran algunas haciendas que son representativas del municipio: Hacienda Manila, El Olivo, Santa Helena, El Levante, Hacienda Barayita, Hacienda Casona Interlagos, Casa calle 3 con carrera 4, Casa de las Brisas, carrera 5 No. 4-41, Parque Central.

Con respecto al Sector Ecoturístico, también se puede encontrar los lugares más visitados del municipio: Salto de Guarocó, Salto de Tequendama, Laguna de las Nubes, Cueva las Lajas, Cueva de los Guacharos, Baños Azúfrales de Patía.

Los habitantes del municipio de Baraya continúan conservando las raíces indígenas y el producto más usual en el menú diario es el maíz (en arepas y bizcochos), almuerzo con cuchuco, mazamorra, colada de choclo, masas, sopa de masa extendida, fritas para la cena y envueltos, entre las bebidas, la chicha, el guarrús, masato, salpicón, ponche de huevos, guarapo de caña, tinto y candil, y entre los platos típicos contamos con el sancocho, los tamales y la nochebuena.

Las fiestas patronales se celebran el 16 de julio de cada año, en honor a la virgen del Carmen, el San Pedro es la fiesta popular donde cada municipio del Huila vive el festival del folclor y reinado popular los días 27, 28, 29 y 30 de Junio con el objetivo de hacer conocer la cultura del Departamento en sus diferentes aspectos. Y durante los días 09, 10, 11 y 12 de octubre se desarrolla el “Festival del Retorno” en donde se incluyen desfiles, carrozas, murga, danzas, cabalgatas, comparsas y otras expresiones.

3.10.6.5 Colombia

Aspecto físico

Colombia Huila está localizado al Norte del Departamento del Huila, sobre la cordillera oriental. El municipio limita: al norte, con los departamentos de Tolima y Cundinamarca; al sur, con el municipio de Baraya y el departamento del Meta; al oriente, con el departamento del Meta; y al occidente, con el departamento del Tolima y el municipio de Baraya.

Esta ubicación estratégica ha permitido que el municipio de Colombia esté conectado a través de una red de carreteras, trayendo consigo la generación de una serie de vínculos con los siguientes municipios y departamentos, estas son: la carretera Colombia–Neiva,

con los municipios de Baraya, Tello y Neiva con una distancia de 87 Kms, de los cuales 55 Kms corresponden a la carretera Neiva–Baraya, los cuales están pavimentados; 32 Kms, del tramo entre Baraya-Colombia que están en afirmado y en mal estado de conservación. La carretera la Gutiérrez–Baraya, con una longitud de 35 Kms. (Alcaldía de Colombia 2016).

El Municipio de Colombia - Huila cuenta con una población, según las fichas de caracterización territorial del DANE, de 12.655 habitantes, de los cuales 2.582 se ubican en el área urbana y 10.073 en el área rural, con corte a junio de 2017.

El municipio según la información suministrada por la Alcaldía municipal se encuentra dividido de la siguiente manera:

Tabla 120 División político administrativa Colombia

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	**6**	**No. de veredas**	**59**
		No. Centros Poblados	**7**
Unicentro, Ventilador, Santander, Almendros, Carmelitano y San Francisco		**Centros Poblados:** Santa Ana, San Marcos, San Antonio Alto, Las Lajas, Monguí, Potrero grande y Los Ríos. **Veredas:** Santa Elena, San Emilio, Palacios, Nueva Granada, San Rafael, Buenos Aires, La Florida, la Cabaña, Lucitania, San Isidro, El Líbano, El Amparo, El Rubí, La Unión, La Esperanza, San Joaquín, la Sonora, La Granja, los Alpes, San Antonio Bajo, Horizonte, San Jerónimo, Boquerón, Ariari, Quebrada Negra, Bella vista, San José, San Isidro, Higuerón, el Darién, la Libertad, Altamira, Azucaral, Las Mercedes, Boca de la Zanja, Carrasposo, Versalles, San Ambrosio, Ucrania, Belén, San Ezequiel, la Hondita, Armenia, Bernaza, Zaragoza, Holanda, El Diamante, la Legiosa, el Dorado, San Pedro, el Playón, Antillas, Santa Bárbara, Alcaparrosal, El Valle, El Paraíso, El Silencio, Galilea y Nazaret.	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016 a Partir de Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019

Según el censo elaborado por el DANE en el año 2005, la cobertura en *acueducto* era de 52.6%, dato que no concuerda con los del SISBEN que reporta una cobertura de apenas 47.99%; Sin embargo es importante destacar que según el SISBEN, la cobertura en el sector rural tan solo alcanza un 31.66%.(Alcaldía de Colombia 2016).

Al censo realizado por el DANE al año 2005, el municipio presenta una cobertura en *alcantarillado* del 28.0%. De acuerdo a los datos reportados por el SISBEN, dicha cobertura solo alcanza el 26.23%, de los cuales en el sector rural existe una cobertura del 87.41% y el sector rural tan solo alcanza una cobertura del 6.39%.

El servicio de *aseo* es prestado en un 100% a la población urbana, que representa una cobertura del 25.50% del total de la población doblemente colombiana, pero lamentablemente no se cuenta con un relleno sanitario para el respectivo tratamiento de estos residuos sólidos. La población rural no cuenta con el servicio de recolección de

basuras por tal motivo la disposición final de estas depende de la comunidad que en su mayoría arroja las basuras cerca de las viviendas o las queman. (Alcaldía de Colombia 2016).

En cuanto al servicio de *gas* en el Municipio no hay una red de servicio domiciliario, el servicio es prestado por empresas particulares de la ciudad de Neiva las cuales se encargan de transportarlo en cilindros y distribuirlo en el sector urbano como en el sector rural. (Alcaldía de Colombia 2016).

Según datos suministrados por el DANE, correspondiente al censo realizado en el año 2005, la cobertura en *energía eléctrica* en el municipio era de 75.2%; los datos suministrados por el SISBEN reflejan que tan solo el 70.3% de la población goza del servicio.

En lo referente al transporte, solo la empresa Coomotor cubre diariamente la ruta intermunicipal, Neiva–Colombia, con líneas diarias de ingreso y salida; la zona poblada de Santa Ana, cuenta con 2 líneas diarias directas desde Neiva, una que llega y pasa por zona urbana de la localidad, las cabeceras pobladas de San Antonio y San Marcos; que entra al departamento del Tolima, por los municipios de Alpujarra y Dolores.

Aspecto Social

En el municipio actualmente existen 72 juntas de acción comunal, legalmente constituidas y funcionando, al igual que existe una entidad que se hace cargo de la acción comunitaria y la cultura. (Alcaldía de Colombia 2016).

En el municipio el aspecto educativo es ofrecido únicamente por el Estado, con base en las prerrogativas y las ayudas paternalistas que se vienen gestando y desarrollando desde hace poco más de 15 años y bajo el amparo de las leyes con los gobiernos centrales de turno, en los órdenes nacional, departamental y municipal.

En este municipio, la baja tasa de escolaridad según las estadísticas de oferta y demanda del servicio, aún con los buenos resultados de la eficiencia interna de las instituciones educativas y centros educativos, no han sido suficientes para cambiar la concepción e importancia que este servicio público y esencial merece de sus pobladores.

La institución Educativa Paulo VI está ubicada en la cabecera municipal, es la más grande, no sólo por su infraestructura, sino por los índices de oferta y demanda que presenta. Está constituida por el colegio Paulo VI como sede central; las sedes González y Cifuentes en la zona urbana, con dos estructuras físicas; las sedes Carrasposo, Alfonso Velásquez, Las Mercedes, Monguí Alto, María Auxiliadora, El Paraíso, Azucaral, El Valle, Nazareth y Los Ríos, están ubicadas en la parte rural.

Colombia cuenta con La Empresa Social del Estado Ana Silvia Maldonado Jiménez, la cual presta servicios primarios en consulta externa, pequeñas cirugías, partos, odontología, primeros auxilios, laboratorios, control de enfermedades contagiosas, citologías, Fisioterapia, Tele Medicina Modalidad de Electrocardiografía, vacunación y Farmacia, Servicios que se encuentran debidamente Habilitados. De forma complementaria actúan los puestos de salud de Santa Ana, San Marcos, San Antonio Alto, Potrero Grande, Mongui, El Higuerón, San Ambrosio, Zaragoza, Paraíso, La Legioza, Boquerón, San Antonio Bajo y San Emilio; donde los moradores del área rural pueden recibir atención básica y primeros auxilios y participar de las actividades de promoción y prevención en salud. (Alcaldía de Colombia 2016).

Aspecto económico

Colombia es un municipio agropecuario por excelencia. Su dinámica económica gira alrededor del sector primario, en donde los aspectos agrícola, forestal y ganadera son los más representativos, estos generan el 90% de la producción local. Es importante anotar que estas actividades, son desarrolladas aun de manera artesanal, con un aporte mínimo de aplicación tecnológica, trayendo consigo un estancamiento y subutilización de la fuerza laboral. Adicionalmente, esta ha llevado a los colombianos a sufrir las consecuencias de otros factores que de igual forma han impedido el avance integral de la población, como son, la consecución de recursos para inversión, el establecimiento de monocultivos, la en la baja producción y las débiles oportunidades que existen para conseguir mayores ingresos y mejorar la calidad de vida de los dobles colombianos. (Alcaldía de Colombia 2016).

Este sector primario de la economía se desarrolla básicamente en la zona rural. Con la explotación de cultivos perecederos como: el fríjol tradicional con 550 hectáreas sembradas y una producción de 385 toneladas; fríjol tecnificado, con 40 hectáreas y 60 toneladas; el maíz tradicional, con 900 hectáreas y 1260 toneladas; hortalizas varias, con 25 hectáreas y 125 toneladas; y la arveja con 130 hectáreas sembradas con una producción de 595 toneladas, los cuales se producen semestralmente.

Con un mínimo, casi nulo, grado de tecnificación y una producción a baja escala, las actividades industriales y agroindustriales no tienen mayor representatividad en la economía de esta localidad. Esto se debe entre otros aspectos, a la ausencia de las condiciones y los estímulos necesarios para el avance de este reglón productivo. No obstante, aún luchan por mantenerse las pocas microempresas que han logrado ser constituidas. (Alcaldía de Colombia 2016).

Aspecto cultural

En el municipio de Colombia ha sido tradicional que se desarrollen actividades culturales que, sin ser de carácter estrictamente autóctono, sí involucran a buena parte de la población. Dentro de algunas de esas actividades culturales que se desarrollan en el municipio se pueden mencionar las fiestas patronales o fiesta de la Virgen de Las Mercedes, que se lleva a cabo en el mes de septiembre de cada año. Así mismo, es notable la celebración del San Pedro en el mes de Junio, donde se lleva a cabo el concurso del sanjuanero en el Colegio, interbarrios y con las colonias que vienen de muchas partes; las fiestas de Navidad y Año Nuevo donde se involucra a toda la población en la realización de los pesebres y la novena de aguinaldos; de igual forma, es notable el fervor religioso con que los habitantes de Colombia – Huila conmemoran la Semana Santa. (Alcaldía de Colombia 2016).

En la institución educativa Pablo VI y la de Santana se realizan actividades culturales anuales, llevadas a cabo en el mes de septiembre, previo a las patronales, con la participación de la comunidad educativa. Algunos espacios culturales, como un concurso folklórico que se realizaba a nivel regional, han venido desapareciendo, limitando de esta forma la expresión de los talentos de los Doblemente – Colombianos y mermando las posibilidades de consolidar valores como el sentido de pertenencia y compromiso con el pueblo.

No se tiene una línea base defina que permita tener un dato exacto del número de artistas y gestores culturales del municipio; se estima que son alrededor de cien entre danceros, rajaleñeros, bailarines, solistas, poetas y músicos, entre otros. (Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019).

3.10.6.6 Hobo

Aspecto Físico

El municipio de Hobo cuenta con una extensión geográfica total de 217 Km2, en la que habitan 6986 personas, según las fichas de caracterización territorial del DNP actualizadas a junio de 2017; esto corresponde al 0.6% del total departamental. De esa generalidad, la extensión urbana está compuesta por 45.6 Km2 y la rural por 170.5 Km2.

Hobo limita por el norte con el municipio de Campoalegre, por el sur con Gigante, por el oriente con Campoalegre y Algeciras y por el occidente con el municipio de Yaguará.

En el área rural se encuentran residiendo 1589 personas y en el área urbana 5397; mientras que del total de la población, 3371 son hombres y 3615 son mujeres.

Tabla 121 División político administrativo Hobo

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	**9**	**No. de veredas**	**8**
Las Mercedes, San Pedro, San Juan , San Fernando , La Amapolita , El Triunfo Kennedy, El Obrero , La Esperanza		Agua Fría , Batan , Centro, Bajo Estoracal , Estoracal , El Porvenir , Las Vueltas , Vilaco	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016 a Partir de Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019

Según el documento del Plan de desarrollo municipal 2016-2019, en cuanto a servicios públicos se refiere, la red del *acueducto urbano* posee actualmente una cobertura de servicio del 98.8%, es decir unas 954 viviendas pertenecen actualmente al sistema, la mayor cobertura se presenta sobre el barrio San Pedro, y en demanda de red domiciliaria se encuentran más del 70% del barrio la Esperanza, que se encuentra en proceso de consolidación. Sobre el sector de “el Chochito” que pertenece al barrio San Fernando se registran consumo por subredes y derivaciones compartidas, con un alto nivel de desperdicio.

A nivel urbano, un 98% de viviendas tienen el *sistema eléctrico domiciliario.* La red de alumbrado público es regular, su cobertura presenta mayor demanda sobre los sectores actuales de expansión urbana, la calidad es regular debido a la falta de mantenimiento de algunos sectores y está sujeta por las políticas nacionales al cambio del sistema de mercurio por luz de sodio como mecanismo de ahorro de energía en el siglo entrante. La disposición del servicio depende directamente de la Electrificadora del Huila. A nivel rural el municipio posee una cobertura del 90%, gracias a la intervención de entidades como la CHB-Central Hidroeléctrica de Betania, la Gobernación Departamental y la Electrificadora del Huila. Durante los últimos años el manejo de los proyectos de ampliación de cobertura ha estado en manos de las Juntas de Acción Comunal.

El 100% del casco urbano cuenta con redes domiciliarias del *gas natural* para una cobertura del servicio del 90% de la población ya que en el caso del servicio en la zona rural es del 0%.

La cobertura del servicio *aseo urbano* corresponde al 90%, la mayor demanda de cobertura se presenta sobre el barrio San Pedro, debido a los mercados comerciales del lugar en especial el entorno de la plaza principal. Actualmente funcionan algunos contenedores para la disposición basuras, este mecanismo podría ser utilizable en sectores con mayor disposición insalubre sobre solares o patios como Kennedy, Amapolita, el mismo San Pedro y en la zona rural.

El servicio de *telefonía* tiene una cobertura entre 250 y 280 líneas dentro del área urbana, lo cual representa un déficit del 70% comparado con la cantidad de vivienda urbana actualmente consolidada y que demanda cobertura domiciliaria. A nivel rural no se dispone de red de comunicaciones. La disposición del servicio depende de los programas y de las acciones directas de la compañía telefónica del Huila- TELEHUILA y TELECOM.

Aspecto social

En el municipio se encuentra un colegio de carácter oficial, la Institución Educativa Roberto Suaza que funciona con varias sedes que dan cubrimiento al área rural y urbana de Hobo. Estas sedes son Jacinto Ramos García, La Esperanza, Aguafría, El Batán, El Estoracal, Las Vueltas.

En el Municipio de Hobo, solamente el 62% de la población en edad escolar es atendida. Se atienden 50 niños entre los 4-5 años, que representan el 18% de ese rango de población, lo que indica que en el sector rural existe un alto porcentaje de población sin servicio de jardín escolar. En primaria y hasta grado 11º se registra una cobertura de 789 alumnos en primaria y 392 en bachillerato, lo que indica que solamente el 60% de ese rango de población tiene cobertura en educación, y de los alumnos registrados en el nivel primario, solamente el 50% continúa su formación en el nivel de bachillerato.

Se observa en general el desinterés cultural, un regular nivel de escolaridad y discontinuidad educativa de la juventud local. El espacio de ocupación escolar urbano señala que el principal problema de los planteles educativos está en la mala utilización de las áreas actuales y la deficiencia de las mismas. Actualmente la demanda se presenta sobre las áreas recreativas de los planteles.

En cuanto al tema de salud, al 31 de diciembre de 2015 se reflejaba una población adscrita de 6819 habitantes para una cobertura del 98%; de los cuales 85% corresponde al régimen subsidiado; el 4.9% al régimen contributivo; el 1.4% al régimen de excepción y 6.5% corresponde a la población pobre no asegurada.

Los servicios de seguridad social se complementan además con un (1) ancianito con 25 cupos, (1) consultorio particular, (2) droguerías y (1) botica comunitaria. A nivel regional es apoyado por el Hospital de Campoalegre de Nivel 1 (10 minutos) y el Hospital General de Neiva de Nivel 3 (40 minutos).

Los servicios que ofrece el Centro de Salud actualmente corresponden a actividades como urgencias- con (2) dos ambulancias, pediatría, cirugía, sala de partos, odontología y consulta externa que son atendidos por (1) un médico director, (1) un médico de servicio social obligatorio, (1) una Bacterióloga, (1) un auxiliar de bacteriología, (1) un auxiliar de odontología, (1) una odontóloga, (1) una enfermera de salud social obligatoria, (1) una asistente administrativa, (1) una droguería, (3) tres auxiliares de enfermería, (1) un auxiliar de información y (2) dos conductores.

Aspecto económico

Dentro de las actividades económicas de incidencia territorial urbana se encuentra el comercio, el cual para el Municipio está agrupado en actividades de ventas de bienes y servicios. En particular se destaca la venta de servicios alimenticios que para el efecto de la reglamentación futura deberá definir el sector de localización, tipo especializado de producción y la demanda más frecuente.

Hoy en día, la actividad informal de venta de bienes es la condición tradicional que identifica el paso por el Municipio. Su porcentaje a nivel participativo está en un 25%. El sector de venta de servicios - bancarios, alimenticios, personales y de bienes - artículos generales que se ha localizado históricamente sobre el entorno de la plaza central, presenta un promedio del 30%.

El comercio general en especial de bienes - alimentos al detal para consumo diario, distribuidos por los principales sectores y ejes de articulación urbana representan el 35% y por último se registra que individualmente están los servicios alimenticios localizados sobre la vía Hobo- Gigante, que ubican un 10% de producción, aportando significativamente a la construcción de la imagen de prestadora de bienes y servicios que actualmente tiene la población.

Dentro del análisis de la estructura social, el turismo también se presenta como un aspecto relevante que además de poder direccionar las posibilidades económicas del Municipio, tienen una estrecha relación con la comunidad y el derecho a la recreación. Actualmente el territorio físico destinado para la explotación turística corresponde al borde occidental suburbano que baña la Represa de Betania con un total de más de 7.400 hectáreas de tierras inundadas.

Hoy en día, la visión turística regional corresponde a un macro-sistema o circuito que integra varios Municipios en función de la explotación de los recursos hídricos, que durante los últimos años ha buscado la consolidación de escenarios para actividades alternativas como la pesca, la recreación pasiva y los paseos acuáticos que se han visto fortalecidos por la aparición de modelos urbanísticos campestres que operan dentro de un mercado alternativo de territorios físicos que van desde condominios privados hasta parques ecoturísticos públicos. El desarrollo en este campo ha sido muy pobre dado que su crecimiento está sujeto al equilibrio general de la economía, en especial de las fuentes potenciales del mercado que actualmente se ubican como su principal polo a la ciudad de Neiva.

Dentro del sector agropecuario, el área *piscícola* pertenece al “brazo” del embalse de Betania frente urbano nor-occidental, se identifica como un sector de pequeña producción artesanal.

Sobre las áreas identificadas de vocación turística y recreativa, su delimitación corresponde por el occidente a toda la extensión del suelo que parte de vía nacional que conduce al Municipio de Gigante hacia los suelos que pertenece actualmente al Condominio la Regata y por el oriente se extiende como límite hasta el costado de la vía que conduce hacia el sector de Momico. Sobre esta superficie se presentan el entorno del denominado brazo del embalse y la margen longitudinal que inunda la represa que tiene como margen de seguridad la Cota -564-, este sector contempla hacia el occidente un modelo urbanístico campestre de carácter privado, y hacia el norte sobre la vía del circuito turístico la presencia del muelle de embarcación y el parque bosque ecológico del Municipio.

Dentro del uso agroforestal se contempla la combinación de cultivos agrícolas menores, arboles, pastos sin uso continuado, se identifica en pequeñas extensiones sobre la margen izquierda de la quebrada el Hobo a su paso por el casco urbano, este sector es de alto riesgo por inundaciones y se considera un área de protección. La característica de manejo y función más común es la de Agrosilvo - pastoril a menor escala.

En el entorno del casco urbano se consideran diferentes áreas de manejo y uso pecuario dedicadas al pastoreo y la ganadería, las cuales se localizan sobre los costados sur-occidentales con una extensión aproximada de 25 hectáreas y se caracterizan por lo general en ganadería tradicional es decir pastoreo libre sobre pastos naturales de baja tecnología y algunos eriales.

El uso agrícola se presenta a menor escala como de agricultura tradicional común y se caracteriza por su baja capacidad productiva, su localización esta fraccionada sobre el entorno inmediato occidental urbano. Dentro de este sector no existe presión de ocupación urbana actual.

Aspecto cultural

Dentro de las características que soportan la estimación del patrimonio municipal, el casco urbano presenta un modelo urbanístico de orden reticular colonial que se considera como un valor patrimonial, ya que éste ha determinado el desarrollo urbano y corresponde al momento histórico y el lugar de fundación y nacimiento de la sociedad local. La valoración del patrimonio registró antecedentes en la catalogación del patrimonio arquitectónico o de bien inmueble dentro de la categoría civil del orden local ya que tiene como antecedentes la declaración de un (1) inmueble a través del Acuerdo Municipal No 020 del 10 de junio de 1997, el cual se soporta sobre la Ley 136 de 1994 y el artículo 313 de la Constitución Nacional, este inmueble se localiza sobre el marco de la plaza central sobre la carrera 9 No 5-49-53-61. Denominado Casa Municipal De La Cultura y destinado para la sede de la Biblioteca y el Museo local o demás que tengan relación con la actividad cultural e histórica del Municipio.

3.10.6.7 Íquira

Aspecto Físico

El Municipio de Íquira está localizado en la parte occidental de departamento del Huila sobre las estribaciones del Volcán Nevado del Huila. Su cabecera Municipal se encuentra a 2°39´ latitud norte y 75°38´ de longitud oeste, a una distancia de 75 Kilómetros de Neiva, capital del departamento del Huila. Limita al Norte con el Municipio de Teruel, al sur con el Municipio Tesalia, al oriente con los Municipios de Teruel y Yaguará; y al occidente con el Municipio de Nátaga y el Departamento del Cauca.

Según las fichas de caracterización territorial del DNP actualizadas a junio de 2017, Íquira posee una extensión de 516 Km2 en los cuales habita un total de 13.178 pobladores que corresponden al 1.1% del general del departamento del Huila; en al área urbana se presenta un total de 2398 pobladores y en el área rural 10.780. Dentro de todo el municipio, existen 6460 hombres y 6718 mujeres. En el municipio se encuentra un resguardo indígena.

En la división político administrativa se observa que el área rural es bastante poblada, algo que es muy particular con respecto a los otros municipios del departamento, ya que por lo general se presenta una migración hacia la cabecera municipal, mientras que Íquira muestra un proceso contrario.

Tabla 122. División político administrativa Íquira

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	**8**	**No. de veredas**	**40**
San Francisco, Centro, Jardín, Maria Auxiliadora, Veinte De Julio, Las Colinas, Los Amigos, Aranzasu		Alto Damitas, Buenos Aires, Cedro Damitas, El Cachimbo, El Condor, El Chaparro, El Jhao, El Jardín, El Quebradon, El Pato, El Recreo, El Tote, El Grabanzal, Ibirco, Jaime Caquimbo, Rio Negro, La Hocha, Las Brisas, Lejanias, Los Alpes, Los Andes, Narvaes, Nazareth, Potrerito, Rio Íquira, San Francisco, San Isidro, San Luis, Santa Barbara, Santa Lucia, Zaragoza, Villa Maria, El Limonar, Santa Rosa, Cucuana , El Rosario, Porvenir, San José De Occidente, La Copa, El Carmen. Inspecciones de policía: Rio Negro y Valencia de la Paz	

El municipio de Íquira no cuenta con información actualiza a 2017 entorno a la prestación de servicios públicos, por consiguiente se toma como referencia la información suministrada por el Plan de desarrollo Municipal 2012-2015 y los centros poblados del Municipio cuentan con servicio de *agua potable* prestado a través de sistemas colectivos por gravedad cuya estructura básica está conformada por Bocatoma, Desarenado, Tanques de Almacenamiento y Redes de Distribución. El componente de tratamiento solo se ha construido para el acueducto municipal de Íquira.

Los habitantes de la cabecera municipal reciben el servicio de agua potable a través de dos (2) sistemas similares en cuanto a sus características de funcionamiento pero diferenciados por los esquemas de gestión. El Acueducto Municipal beneficia a 532 suscriptores urbanos y es administrado directamente por la Alcaldía a través de los funcionarios adscritos a la Tesorería Municipal, con grandes deficiencias técnicas en los sistemas de facturación y cobro pues hace más de un año no se producen cuentas de cobro ni se perciben ingresos por ese concepto. Al igual que el anterior funciona por gravedad y capta sus aguas de la Quebrada Ibirco mediante una bocatoma de fondo construida en concreto, desde donde arranca el sistema de aducción en PVC con una longitud de 30 metros, encargado de llevar el agua hasta el desarenado. Desde este punto parte un tramo de tubería en asbesto cemento que comunica directamente con la planta de tratamiento de tipo convencional con una capacidad de 25 LPS., fuera de funcionamiento por no estar totalmente terminada y equipada.

El acueducto se surte del caudal de la Quebrada La Perdiz y cuenta con un total de 123 suscriptores ubicados en la zona urbana. Consta de una bocatoma, desarenado, tanque de almacenamiento y redes de distribución; como en los casos anteriores el sistema no cuenta con la infraestructura y equipos requeridos para el tratamiento de agua, carece de elementos para la medición de consumos y tiene problemas de erosión, sedimentación y contaminación en la zona de recarga de su fuente abastecedora.

Los centros poblados tienen sistemas colectivos para la captación y disposición final de las aguas servidas diferenciados únicamente por el número de usuarios vinculados a cada uno de ellos pues las demás características de funcionamiento son similares. Estos alcantarillados son de tipo sanitario con tuberías en diferentes diámetros y materiales (que cumplen la doble función de conducir los vertimientos domésticos y captar las aguas lluvias para transportarlas hasta un lugar común; situación que ocasiona sobrecarga de las tuberías y rebosamientos en la temporada invernal. Existe una cobertura global del servicio estimada en 98.2% con 968 suscriptores conectados. La administración y mantenimiento está a cargo de la administración municipal que garantiza su funcionamiento mediante la aplicación de recursos provenientes de las transferencias recibidas de la nación, pues al igual que el servicio de acueducto, el sistema de facturación es deficiente y hace más de un año se suspendió el cobro periódico por lo que el servicio está operando a pérdida. (PDM 2012-2015).

El servicio de *recolección y disposición de basuras* es asumido por la Administración Municipal de Íquira mediante la utilización de volquetas que aunque no son los vehículos idóneos para este tipo de actividad, efectúan dos (2) recorridos semanales con una capacidad promedio de 1,5 toneladas por vehículo en cada recorrido, absorbiendo la totalidad de basura producida en los centros urbanos.

Las zonas urbanas localizadas dentro del territorio de Íquira tienen buena cobertura del servicio de *energía eléctrica* alcanzando una cifra global del 89.5% de las viviendas conectadas. La administración del servicio está a cargo de la Electrificadora del Huila

como única empresa oferente que además es dueña de las redes y elementos constitutivos del sistema de suministro. (PDM 2012-2015)

Aspecto social

La educación en el Municipio de Íquira, se encuentra a cargo del Núcleo de Desarrollo Educativo Institución María Auxiliadora. En este aspecto, la situación del Municipio es óptima, existiendo la oferta educativa en casi todas las comunidades urbanas y rurales del municipio para el nivel de primaria, afirmándose a luz de las cifras estadísticas, que la totalidad de los niños en edad escolar que desean estudiar cuentan con su correspondiente cupo. En el área urbana del Municipio, se matriculan por año entre 900 y 950 estudiantes; existe un (1) establecimiento docente que imparte la educación básica preescolar (Sede Camilo Torres), el cual cuenta con dos (2) niveles, con un total de entre 70 y 80 alumnos. La educación básica primaria (1 a 5 grado), es impartida por Dos (2) establecimientos educativos localizados en la zona urbana (Sede Camilo Torres y Daniel Castro), con un total de alumnos entre 420 y 450 matriculados. En la cabecera Municipal, funciona el “Institución Educativa María Auxiliadora” de vocación clásica con un total de entre 400 y 450 estudiantes matriculados, con un número de veinte (20) profesores de tiempo completo, de los cuales hay un (1) rector, un (1) coordinador y dieciocho (18) docentes con carga académica; así mismo, labora un (1) Sicólogo temporal, una (1) bibliotecaria un (1) secretario pagador-almacenista y una (1) persona de vigilancia. En el área rural del Municipio hay treinta y nueve (39) centros educativos con un total de entre 1.300 y 1.400 estudiantes matriculados, de los cuales treinta y tres (33) establecimientos imparten Educación básica primaria completa con aproximadamente 920 alumnos; tres (3) colegios básicos, de los cuales Dos (2) atiende la primaria y la educación básica completa (1 a 9 grado) ubicado en la Centro Poblado Valencia de la Paz (Institución educativa Valencia de la Paz) con una cobertura den entre 135 a 150 estudiantes, y Centro Poblado de San Luis (Institución Educativa de San Luis) con una cobertura den entre 80 a 100 estudiantes. (PDM 2012-2015)

En lo referente a la salud, el Municipio de Íquira cuenta con la Empresa Social del Estado ESE Hospital María Auxiliadora, encargada de prestar los servicios de salud a la comunidad Iquireña a través de sus instalaciones ubicadas en el Barrio el Jardín y a su vez de un equipo de personas profesionales y técnicos que buscan el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad. El nivel de atención de la E.S.E es de primer nivel, y maneja un enfoque preventivo y curativo; cuenta con una planta de personal distribuida así: 4 médicos, 1 odontóloga, 1 bacterióloga, 2 enfermeros jefes, 4 promotores de salud, 6 auxiliares de enfermería, 1 auxiliar de odontología, 1 auxiliar de atención al usuario, 1 regente de farmacia, 1 auxiliar de farmacia, 3 conductores, personal de archivo y servicios generales. En la parte estructural, la E.S.E tiene distribuidos sus servicios de la siguiente manera cuenta: en la primera planta, una zona para urgencias, consulta externa, hospitalización (hombres, mujeres, niños), laboratorio, odontología, sala de partos y farmacia. En la segunda planta se ubica la Dirección, Oficina del Plan Municipal de Salud de Intervenciones colectivas (antiguo PAB), presupuesto. También se cuenta con puesto

de salud en el centro poblado de Rio Negro, que fue inaugurado en el mes de noviembre de 2.010, y cuenta con dotación completa, ofreciendo servicio médico, y control con Enfermería. (PDM 2012-2015)

Aspecto económico

Su economía se fundamenta en la actividad agropecuaria con predominio del cultivo de café en la parte agrícola con plantaciones ubicadas en las zonas oriente y occidente del Municipio cerca de los centros poblados rurales de Valencia de Paz y Río Negro respectivamente; y la ganadería extensiva de bovinos en la parte pecuaria ubicada al sur sobre los 800 m.s.n.m. en el valle de los ríos Macurí, Callejón y Yaguarasito y en el norte a los 1.800 m.s.n.m. en las veredas Zaragoza y Quebradón principalmente. Se registra la presencia de cultivos ilícitos de amapola en la parte más alta junto al límite con el Municipio de Teruel, aunque genera ingresos a las familias campesinas, su impacto sobre la economía local aún no ha sido cuantificado.

El movimiento económico del territorio está determinado por un sistema de producción agropecuaria fundamentado en la producción de café y Frutales como principales renglones agrícolas y la Ganadería extensiva de bovinos como actividad pecuaria predominante. En este orden de ideas, la salida de la producción hacia mercados localizados fuera del territorio y el ingreso de insumos y productos de primera necesidad desde algunos de esos centros, constituyen el eje central de los vínculos económicos (actuales y potenciales) en el ámbito subregional y nacional.

La posibilidad de conexión rápida con el puerto de Buenaventura se constituye en una ventaja competitiva del territorio, pues permite la colocación de productos en los mercados internacionales; condición que aún no ha sido explotada por los productores y comercializadores locales. La ganadería respalda vínculos comerciales con las poblaciones vecinas, adquiriendo especial importancia el Municipio de Yaguará por su comunicación directa con la zona del Chaparro y Santa Lucía donde se concentran las actividades del sector.

Aspecto cultural

Sin lugar a dudas la tradición religiosa ha marcado el itinerario festivo del folclor iquireño; anualmente desfilan por el calendario celebraciones de típico asiento eclesiástico entre las que se cuentan principalmente las fiestas patronales en honor a San Francisco de Asís que se realiza el 4 de octubre de cada año conmemoración que se acompaña de una diversidad de manifestaciones que le dan una característica especial, que permite convivencia e integración familiar propicia para unir lasos. Generalmente la festividad se abre con la quema y exhibición pintoresca de juegos pirotécnicos que demuestran la más creativa y cuidadosa de las actividades. (PDM 2012-2015)

La música siempre ha estado presente en la cultura de los Iquireños en los diferentes escenarios, vale señalar que la “música” como arte se ha fomentado con mucho ardor y entusiasmo por lo que se encuentran hombres como: Alcibíades Cedeño, Hernando peña, José Alfredo Cedeño (Rey Cedeño) Rubén Darío, Octavio Amezquita, entre otros. Frutos de estas semillas y trabajo son la aventura y creación de grupos como Barroco mix.

El municipio de Íquira cuenta con hermosos sitios de índole natural que le permiten ofrecerlos como verdaderos atractivos turísticos, entre ellos: Piamonte, Puente Natural, Camino Real, Cerro Negro, Rio Callejón, Las Cuevas del Chaparro, La Loma de La Cruz, Tarpeya. (PDM 2012-2015)

3.10.6.8 Rivera

Aspecto Físico

Rivera es un municipio famoso por sus aguas termales y su microclima con bellos rincones de exuberante vegetación. Se le conoce popularmente como el "Municipio verde de Colombia", como lo describe el plan de desarrollo del municipio (2016-2019) Rivera con la gente).
Limita al Norte con el municipio de Neiva; Sur: el municipio de Campo Alegre; Oriente: el departamento del Meta y el municipio de Algeciras; Occidente: el municipio de Palermo. Por su formación presentan los pisos térmicos cálidos, medio y frío, regado por las aguas de los ríos Arrayanal, Blanco, Frío, Negro y Magdalena, además de varias corrientes menores.

En Rivera, en el 2017 habitan 19.186 habitantes, con un porcentaje población municipal del total Departamental de 1.6%, total población en cabeceras 10.967 y población rural 8.219, la población hombres 9.524 y mujeres 9.662, población entre los 15 años y los 59 años potencialmente activa 11.657, población entre los 15 años y los 59 años potencialmente inactiva 7.529.

Se tiene identificado 1 resguardo indígena con 116 pobladores, total población negro, mulato o afrocolombiana 57, según el DANE proyección a 2015. En cuanto a la distribución por zonas, el 15,1% está localizado en las cabeceras municipales y el 84,9% en el área rural, con una densidad aproximada de 34 habitantes por kilómetro cuadrado.

El municipio de Rivera cuenta con una división territorial que consta de con 37 barrios, 28 veredas, 5 centros poblados que son: Rivera, La Ulloa, Riverita, El Guadual, Rio frio.

Tabla 123 División político administrativa Rivera

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	37	No. de veredas	28
		No de Centros Poblados	5
- Villa del prado -Las Orquídeas – Cincuentenario - Cond. San mateó - Cond. Orense -Cond. Santa Catalina - Los Libertadores- Julián Fierro- La Gruta- José Ignacio Dussan - Humberto Santana- Chapinero-Centro arriba-Centro-Modelo -Obrero -Los fundadores- Casablanca - Rodrigo Lara Bonilla - José Eustacio Rivera - Canadá -Los Cafeteros- Los Comuneros -Nueva Colombia - Con. Bosque Riveriano - Oasis -Santa Clara-Villa Elisa-Las Brisas- La Floresta-Los Pinos -La Libertad- Milciades Pastrana -Luis Carlos Galán i y ii etapa - Condominio Parrot`s - La Vorágine- Tierra de promisión.		- Honda alta - Agua caliente - La honda - Agua Fría- Las Juntas- Albadan - Llanitos - Alto guadual- Loma Larga - Alto Pedregal - Los Medios – Arenoso - Monserrate - Arrayanal - Rio Blanco - La Medina - Rio Frio - Bajo Pedregal - Rio Negro - Buena Vista - Riverita - El Dinde – Tambillo - El Guadual 7.41 2.00 Termopilas - El Pindo - Viso y Mesitas - El Salado.	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016 a Partir de Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019

En la zona urbana y los centros poblados del municipio de Rivera se prestan los servicios públicos de acueducto, alcantarillado, energía eléctrica y recolección de residuos sólidos.

En la zona rural se cuenta con *energía eléctrica y acueducto colectivo* en algunas veredas El municipio soporta su disponibilidad de recurso hídrico en la proximidad e influencia de la hoya hidrográfica de la Siberia donde se originan una gran cantidad de fuentes de agua que son de vital importancia para los sistemas productivos y el abastecimiento de acueductos. Hacia la parte montañosa el patrón de drenaje se caracteriza por ser paralelo y subparalelo, con arroyos secundarios rectilíneos, de longitud media y moderadamente profundos. En la parte baja, la dinámica fluvial se manifiesta en la variedad de abanicos. En ésta zona se detectan condiciones de trenzamiento de los ríos, evidenciando la gran carga de sedimentos transportados. Esta situación determina las condiciones de riesgo por la posibilidad de eventos de reactivación de abanicos, lo cual puede acelerarse y potencializarse por la acción antrópica ejercida en las zonas cordilleranas, posibles avalanchas y degradación de los suelos.

La gran mayoría de las veredas y los centros poblados del municipio de Rivera cuenta con acueductos colectivos, que se abastecen de las fuentes hídricas que irrigan el territorio municipal. Actualmente en el municipio hay 23 acueductos colectivos.

El municipio de Rivera cuenta con un sistema vial el cual permite la comunicación del municipio hacia el entorno regional y de la cabecera municipal con la zona rural, información suministrada por el EOT.

En el plan de desarrollo 2016-2019 se establece la siguiente cobertura por parte de los servicios públicos:

Cobertura de servicios de *electricidad:* En cuanto a cobertura de electricidad el municipio de Rivera presenta una cobertura de 99,3%, en comparación con el departamento del Huila que muestra un 96.3%.

Cobertura de *acueducto*: En cuanto a cobertura de acueducto el municipio de Rivera presenta una cobertura de 99,06% en comparación con el departamento del Huila que muestra un 70,03%.

Cobertura de *alcantarillado*: En cuanto a cobertura de alcantarillado el municipio de Rivera presenta una cobertura de 99,06% en comparación con el departamento del Huila que muestra un 61,3%.

Cobertura de servicios de *telefonía*: En cuanto a cobertura de servicios de telefonía el municipio de Rivera presenta una cobertura de 32,22% en comparación con el departamento del Huila que muestra un 19,5657%.

Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA:) En cuanto a cobertura de índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano, el municipio de Rivera presenta una cobertura de 47,7% en comparación con el departamento del Huila que muestra un 38,5%.

Porcentaje de hogares sin acceso a fuentes de agua mejorada: En cuanto a cobertura de porcentaje de hogares sin acceso a fuentes de agua mejorada, el municipio de Rivera presenta una cobertura de 0,117% en comparación con el departamento del Huila que muestra un 0,21587%.

Porcentaje de hogares con inadecuada eliminación de excretas: En cuanto a porcentaje de hogares con inadecuada eliminación de excretas, el municipio de Rivera presenta una cobertura de 0,071% en comparación con el departamento del Huila que muestra un 0,17863%.

Aspecto social

Los mejores rendimientos en pruebas saber de 3º, 5º y 9º del municipio de Rivera evidencian que el municipio se encuentra levemente por encima de los promedios departamentales, principalmente en las áreas de lenguaje y matemática, y por debajo de este promedio en el área de ciencias naturales. En las pruebas saber del grado 3º, el Misael Pastrana es quién tiene los mejores resultados, mientras que en las pruebas saber de los grados 5º y 9º es la IE Núcleo el Guadual es quién ha tenido los mejores rendimientos. Llama la atención los resultados obtenidos por la IE la Ulloa, quien ha obtenido resultados por debajo del promedio nacional y departamental.

Las tasas de cobertura del municipio de Rivera son bastante buenas. Sin embargo, cabe resaltar que existen dos problemáticas relacionadas con este tipo de mediciones:

- La cobertura se mide con respecto a las proyecciones del censo nacional realizado en el 2005.
- Rivera acoge a gran cantidad de estudiantes de Neiva, quienes son matriculados en colegios privados del municipio Verde.

Actualmente existen 587 estudiantes matriculados en las IE privadas ubicadas en el municipio de Rivera, se estima que alrededor del 75% de estos estudiantes provienen de la ciudad de Neiva, lo que terminan incrementando las tasas de cobertura del municipio. El porcentaje de hombres que están matriculados en las IE de Rivera es levemente superior al de mujeres. No se tiene aún registro de los estudiantes reprobados. Se evidencia que hubo tan solo una deserción. Deben cobrar vida los comités técnicos municipales como espacios de concertación y toma de decisiones para afrontar las problemáticas tanto de temas relacionados con calidad y con cobertura educativa en el marco del proceso de instauración de la jornada única y de un potencial escenario de post conflicto.

En salud, la información se tomó de la plataforma habilitada por el Ministerio de Salud y Protección Social; teniendo en cuenta la notificación emitida por el Área de Epidemiología y Demografía del Ministerio con fecha de 9 de octubre de 2015 y asunto: “Lineamientos metodológicos para el proceso de acuerdo entre entidades territoriales y EAPB en el marco del Plan Territorial de Salud”; se dieron a conocer a la IPS pública de primer nivel de atención y a las EAPB los resultados de la información validada por el nivel nacional con los reportes de los indicadores de la Resolución 4505 de 2012. Vale la pena mencionar que en el reporte de la resolución enunciada, se han presentado errores en la calidad del dato y a la IPS de primer nivel de atención le corresponde realizar un proceso detallado de verificación e implementar estrategias de mejoramiento en el procesamiento de la información de seguimiento de indicadores realizada en los diferentes programas de PYP. Se presentó incumplimiento generalizado en los indicadores de Detección temprana y Protección específica reportados para el 2014 según los lineamientos de la Resolución 45054 de 2012. El indicador con mayor porcentaje de cumplimiento es la Proporción de gestantes con suministro de micronutrientes, con un 70.78% y la proporción de gestantes con captación temprana al control prenatal es de 0.65% siendo el indicador con menor porcentaje de cumplimiento.

Aspecto económico

La economía del departamento del Huila se basa principalmente en la Producción agrícola y ganadera, la minería donde hace protagonismo la explotación petrolera, la hidroenergía y el comercio. En Rivera, está soportada por dos puntales primordiales: el agropecuario y el turístico, en su orden. La producción agropecuaria, está representada por cultivos como: cacao, tomate, tabaco , arroz y algunos de climas medio y fío frío como: Café, uva,

guayaba, banano, aguacate, lulo, granadilla, tomate de árbol, lulo, papaya, mora de castilla y piña, en asocio con la ganadería de doble propósito; adicionalmente se encuentran otras especies de pan coger, como plátano, yuca, frijol, maíz, arveja, tomate de mesa y algunas verduras y hortalizas, naturalmente en pequeñas cantidades que permiten obtener pequeños excedentes que se comercializan en la plaza de mercado local.

Al referirse a los cultivos permanentes, se tiene como primer producto el cacao, que ocupando un área de siembra de 1.231,5 Ha, aporta una producción de 591,03 Ton anuales.

Aspecto cultural

Rivera cuenta con una arraigada tradición cultural, principalmente en los campos de la danza y la música sin desmeritar otras manifestaciones artísticas (teatro, artes plásticas, literatura, manualidades y artesanía), contando con un personal humano excelente para este tipo de actividades. La carencia de políticas culturales con un acertado enfoque en los planes curriculares de preescolar, primaria y secundaria, ha iniciado notablemente en la deficiente preparación y formación del niño y del adolescente, debido a la carencia de docentes que elaboren, desarrollen y dinamicen programas de orientación.

Existen tranquilos senderos, imponentes cascadas y lugares llenos de historia. Lo primero que se encuentra es el parque principal y el templo de Nuestra Señora del Perpetuo Socorro, el primero, es un claro símbolo del municipio verde de Colombia, teniendo en el centro el busto del escritor y poeta José Eustasio Rivera Salas; la segunda, el templo, es una estructura imponente con clara influencia barroca, pero su torre fue modificada después de las afectaciones estructurales.

Las fuentes de agua termal sin duda son uno de los principales destinos turísticos, contando con cuatro establecimientos que le ofrecerán la mejor experiencia en torno al descanso y la relación del termalismo.

3.10.6.9 Santa María

Aspecto Físico

El Municipio de Santa María está ubicado al noroccidente del departamento del Huila sobre las estribaciones de la cordillera Central, a una distancia de 54 km de Neiva, capital del departamento. El Municipio tiene una extensión de 313.74 Km2.

Comprende la cuenca alta del río Baché y un sector de la cuenca alta del río Saldaña; el río Baché baña aguas abajo grandes zonas productivas de los municipios huilenses de Palermo, Neiva y Aipe; drenando sus aguas al río Magdalena. Los límites del municipio son por el Norte con el Municipio de Palermo, y el Departamento del Tolima (Planadas); al

Sur con Palermo y Teruel; al Oriente con Palermo y al Occidente con Teruel y el Departamento del Tolima (Planadas).

El municipio de Santa María tiene una población total de 11.556 habitantes, distribuidos en porciones de 28.41% en la cabecera urbana y 71.58% en la zona rural. Actualmente, la densidad poblacional es de aproximadamente de 30.2 habitantes por Km^2.

Según la Secretaria de Planeación, del total de la población del municipio de Santa María 5.363 son hombres con un 46.40% y 6.193 son mujeres con un 53.59%.

Tabla 124 División político administrativa Santa María

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	**13**	**No. de veredas**	**41**
		No. de centros poblados:	**2**
Acrópolis , El Altico, El Briceño, El Centro, El Diamante , El Jardín , La Avenida, La Planta , Las Mercedes , Luís Guillermo Sarmiento , Santa María, La Nueva , Sebastián Vargas , Villa del Río		**Veredas** Buenos Aires, Canaán San Miguel, Mirador, Bélgica, Bache, Los Pinos, El Encanto, Santa Lucia, EL Vergel, Santa Helena, Miraflores, Las Mercedes, Buena Vista, La Pradera, EL Socorro, Mesitas, Sinaí, La Esperanza, La Primavera, La Neira **Centro poblado** San Joaquín, La Maria	La Cabaña, Santa Teresa, San José, Divino Niño, El Censo, La María, La María Alta, El Cedral, El Cedral Alto, El Placer, San Joaquín la Palma, El Cisne, Los Andes, Santa Librada, La Vega, Carmen de Bolívar, Bachecito, San Francisco, Jerusalén, La Esmeralda

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016 a Partir de Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019

El *acueducto* del municipio se abastece de dos fuentes hídricas: La quebrada San Benito y Guamal. La CAM, mediante Resolución N° 3.431 de 2.009 otorgó la concesión de agua superficial por un término de 20 años. La captación de aguas, se hace mediante bocatomas de fondo, se conduce hasta los desarenadores, luego hasta la planta de tratamiento de agua potable construida en la vereda La Neira. En la zona urbana el servicio se presta a 808 suscriptores. Hay 52 viviendas que cuentan Con suministro de agua particular, ya que tienen sistemas propios para el abastecimiento. La red de distribución local tiene una longitud de 9,78 Km, cubriendo la totalidad de la Zona urbana. En la zona rural hay 25 sistemas de acueductos que abastecen a 27 veredas y los dos centros poblados, tal como se muestra en el cuadro siguiente.

El *Alcantarillado* en el municipio, en el casco urbano, se cuenta con un sistema de alcantarillado combinado, está conformado por una serie de tramos de tubería en gres, pvc y hierro galvanizado, en diámetros que van desde 8 hasta 20 pulgadas. El agua recolectada es transportada hasta la planta de tratamiento PTAR ubicada en el Barrio Luis Guillermo Sarmiento, encontrándose sin operar desde los años 2012. El servicio es prestado por la empresa Aguas del Huila, cubriendo a 859 suscriptores de la zona urbana,

con una cobertura del 95%. Las aguas tratadas son vertidas al Rio Baché, sin ningún tratamiento. La red del sistema de alcantarillado tiene una longitud de 9,33 Km, distribuida por una red de diferente diámetro. En la zona rural, se presta el servicio en el centro poblado de San Joaquín, se cuenta con una red colectora construida en tubería de gres, transportando el agua hasta una planta de tratamiento que no opera desde hace aproximadamente 10 años.

La encargada de prestar el servicio de *recolección y disposición de residuos sólidos* es la empresa Orquídea de Oro, en el casco urbano se produce aproximadamente 45,8 toneladas al mes, equivalente a una producción percápita de 0,32Kg/hab/día de residuos sólidos domiciliarios. La cobertura del servicio es del 88% con 1056 suscriptores en el caco urbano y 176 en el sector rural. La disposición final de residuos sólidos se hace en el relleno Sanitario Los Ángeles el cual está ubicado en la ciudad de Neiva. También se hace recolección en el centro poblado de San Joaquín, La María y en el sector Las Juntas. (Documento Plan de Desarrollo 2016-2019).

Aspecto social

La educación del municipio de Santa María está organizada mediante Instituciones Educativas en las cuales se organizan los centros educativos de la zona urbana y rural.

El Municipio posee la infraestructura necesaria para atender la educación de la población desde preescolar hasta el último grado de Básica Secundaria y los dos niveles de Media Vocacional.

En el municipio de Santa María, se cuenta con cuatro (4) Instituciones educativas:

Institución Educativa Santa Juana de Arco: Cinco (5) Urbanas y Catorce (14) Rurales, para el año 2016 se encuentran matriculados en básica secundaria, media y programa SER, un total de 777 estudiantes.

Institución Educativa el Cisne: Cuatro (4) Rurales, para el 2016 se cuenta con 416 estudiantes matriculados.

Institución Educativa las Juntas: Nueve (9) Rurales, para el 2016 se cuenta con 416 estudiantes matriculados

Institución Educativa San Joaquín: Seis (6) rurales y Dos (2) Centros Poblados, cuenta con un total de 389 estudiantes matriculados para el año 2016. (Documento Plan de Desarrollo 2016-2019).

Según la información suministrada por el documento de plan de desarrollo de 2016-2019 en el municipio de Santa María en la actualidad funcionan tres EPS-S: Asmetsalud, Comfamiliar y Ecoopsos.

A 31 de diciembre de 2015, en el municipio había 9408 personas afiliadas al régimen subsidiado, distribuidos así: Comfamiliar: 4.410 personas afiliadas, Ecoopsos: 595 personas afiliadas, Asmetsalud: 4403 personas afiliadas.

Aspecto económico

El sector primario de la economía la producción agrícola en la municipio de Santa María, la producción agrícola dadas las condiciones climáticas y la fertilidad de la mayoría de las tierras, pese a su constitución montañosa en este municipio se cultiva una gran variedad de productos agrícolas, destacándose la producción del café, asociado con plátano y frutales (especialmente el aguacate), seguido de la producción de frijol y otros cultivos poco representativos como la yuca, caña panelera, arracacha, alverja, maíz, cacao, mora, Tomate de árbol, tomate de mesa, entre otros.

El cultivo de café es predominante en el municipio con una superficie de 2116.5 hectáreas cultivadas con diferentes variedades, con una producción de 3969.68 toneladas, las principales veredas productoras del mismo son: San Joaquín, El Cisne, El Encanto y San Miguel, entre otras. El frijol ocupa el segundo lugar en extensión de cultivo con 420 hectáreas, con una producción de 840 toneladas. Cosecha y en mitaca (segundo semestre) se siembran 350 hectáreas y su producción es de 630 Toneladas.

En cambio en la producción pecuaria como lo es la ganadería se destaca por un manejo inadecuado de pastos y forrajes, la no suplementación del ganado con subproductos de cosecha e industriales, la no fertilización de los pastos, rotaciones poco o nada funcionales de potreros, no establecimiento de bancos de proteína y/o energía, conllevando a la existencia de una ganadería semi-extensiva, ocasionando un mal aprovechamiento de los recursos existentes.

El sector Secundario en el municipio de Santa María, posee el 56,6% de la población económicamente activa, sin embargo la actividad industrial es incipiente, con un bajo nivel de desarrollo, la mayoría de su producción es de tipo artesanal y familiar, contándose entre esas actividades: panaderías, sastrerías, ladrilleras, prefabricados.

La actividad manufacturera ocupa un lugar importante dentro del sector secundario. Está representada por dos fábricas artesanales de ladrillos, tubos y calados; la primera está representada por una fábrica de ladrillos con arcilla en el barrio el Briceño. La fábrica cuenta con un horno y un patio de secado donde se producen 24000 ladrillos al mes. Esta fábrica destina su producción al consumo local. Los empleos permanentes generados son tres (3); la segunda fábrica está ubicada en el Barrio La Avenida, dedicada a la producción de tubos y calados en cemento y arena de peña. Los empleos permanentes generados son 2 que son absorbidos por la familia.

En cuanto a la producción minera los estudios realizados sobre las riquezas mineras del Municipio de Santa María nos muestran la importancia que tuvo en el pasado la explotación de oro en la mina la maría, situada en las veredas La María y El Cedral,

El Municipio de Santa María en el sector terciario cuenta en la actualidad con 112 establecimientos comerciales y de servicios. La actividad más importante de este sector en el comercio, que se desarrolla principalmente en el casco urbano y los centros poblados rurales. (Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Santa María 2000-2009)

Aspecto cultural

Santa María, está culturalmente emparentada con las creencias, usos y costumbres de las poblaciones del Valle, Tolima y Cundinamarca, (descendientes de colonos que llegaron a la región como desplazados por la violencia Liberal - Conservadora). Estas conexiones culturales se aprecian con mayor énfasis en el área rural y en los asentamientos populares urbanos de fuerte origen campesino. La presencia de numerosas colonias, hace que el municipio se desarrolle en un contexto pluriétnico, dando origen a diversas manifestaciones culturales que a su vez se convierten en elementos básicos de la identidad cultural municipal. El patrimonio del municipio Santa María, data de la década del cuarenta, por ser uno de los más recientes del Huila, no cuenta con una tendencia arquitectónica definida.

Los materiales de construcción y estilos arquitectónicos, son contemporáneos, mostrando predominio de la mampostería y los tejados de zinc, congruentes con la austeridad de una economía forjada por colonos. Santa María, cuenta con algunos bienes muebles e inmuebles, que son reconocidos como patrimonio histórico, arquitectónico, artístico y cultural. (Documento Plan de Desarrollo 2016-2019).

3.10.6.10 Tello

Aspecto Físico

El municipio de Tello se encuentra ubicado al noreste de Neiva, a 28 kilómetros de esta capital, sobre territorios en los que se distinguen dos regiones diferentes: la primera al occidente, la extensa llanura comprendida entre el río magdalena y el pie de la cordillera oriental y la segunda al oriente, que abarca desde el pie de la cordillera oriental hasta sus cimas, con más de 3000 m.s.n.m, regados por las aguas de los ríos Fortalecillas, Magdalena y Villavieja. Ubicado sobre la vertiente occidental de la cordillera oriental, con una extensión de 589 Km2, de acuerdo a la ficha municipal del departamento nacional de planeación, su cabecera municipal se halla a 575 metros sobre el nivel del mar y su temperatura promedio es de 26º. (PDM de Tello, 2016)

Sus límites son: Norte: el municipio de Villavieja y el municipio de Baraya; Sur: el municipio de Neiva; Oriente: el departamento del Meta; Occidente: el municipio de Neiva y el municipio de Aipe.

La población proyectada para el municipio de Tello en el año 2016 es de 14.273 habitantes, según el último censo DANE 2005. El 48.45% son mujeres (6.915), el 51.55% hombres (7.358). En comparación al año 2005, la población era de 13.565 habitantes y de acuerdo a la proyección aumentó en 5.22% para el año 2016.

La composición política administrativa del municipio está representada de la siguiente manera:

Tabla 125 División político administrativa Tello

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	**8**	**No. de veredas**	**44**
		No Centros Poblados	**8**
El Centro, La Portada, Brisas del Villa vieja, La Victoria, Buenos Aires, Julio Bayamón y la Libertad		**Veredas:** Alto Oriente, Alto Roblal, Alto Urraca, Bajo Oriente, Bajo Roblal, Barranquilla, Bolivia, Buena Vista, Cerro Castañal, Cucharito, Cucuana, El Bosque, El Cadillo, El Candado, el Cedral, El Espejo, El Jordán, El Líbano, El Vergel, Guaimaral, La Amistad, La Brasilia, La Cabaña, La Esperanza, La Urraca, Las Mercedes, La Cascada, La Estrella, La Reforma, Las Juntas, Los Planes, Medio Roblal, Medio Oriente, Mesa del Trapiche, Mesa Redonda, Puerta del Sol, Rio Negro, Romero, San Andrés, San Isidro Alto, San Isidro Bajo, San Joaquín, Sierra de la Cañada, Sierra del Gramal. **Centros poblados:** San Andrés, Anacleto García, Sierra del Gramal, Sierra de la Cañada, El Cedral y la inclusión de la Urraca, La Vega y Mesa Redonda	

El acceso a servicios de *agua potable* en la zona urbana son los 365 días del año durante las 24 horas y la cobertura alcanza el 99.2%, considerada como muy bueno; sin embargo en la zona rural alcanza el 51%. En la actualidad el servicio de agua potable está siendo manejado por Empresas Públicas de Tello. (Alcaldía de Tello, 2016)

En el servicio de *alcantarillado* el 98,4% de la población de la zona urbana cuenta con el servicio; pero no ocurre igual con la zona rural que solo llega al 16,1%; en promedio solo el 44,6% de la población tiene acceso al servicio de alcantarillado. En el casco urbano se carece de planta de tratamiento de aguas residuales, por lo tanto el 100% de los vertimientos se hace sobre las fuentes hídricas que atraviesan el caso urbano del Municipio. (PDM de Tello, 2016)

El servicio de *recolección de residuos sólidos* se presta a través de la empresa de servicios públicos municipal y solo se ofrece en la zona urbana del municipio y éstos son depositados en el relleno sanitario los ángeles de la ciudad de Neiva con una cobertura del 100%. (PDM de Tello, 2016)

Aspecto Social

El municipio de acuerdo con la proyección del DANE, cuenta con una población en el rango de 5 a 16 años de edad 3.771 niños y adolescentes y según el SIMAT de la Secretaría Departamental al 30/06/2015; están matriculados 2.722, luego existe 1.049 niños que están por fuera del sistema educativo, agravado por la presencia activa de los actores del conflicto que aqueja a Colombia y el alto índice de pobreza. (Alcaldía de Tello, 2016).

Para la atención de la salud de sus habitantes dispone de 4 instituciones que ofrecen servicios en el nivel de atención bajo, de ellas 2 son públicas y 2 privadas. El número total de camas en centros públicos es de 9. Las Distribución porcentual de las principales causas de morbilidad en el municipio son dengue, leishmaniasis y hepatitis B. El Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) presta sus servicios en el municipio con 94 centros de atención; brindando ayuda a sus habitantes. Para el año 2012 registró 3.725 beneficiarios y fueron atendidos 1.661 niños y 2.064 adolescentes. (PDM de Tello, 2016).

Aspecto Económico

Dentro de los principales productos agrícolas permanentes y semipermanentes se destacan: El café, el cacao, el plátano solo, la caña panelera y el aguacate, que tienen una buena participación dentro de la producción departamental, como es el caso del cacao (10,97% de la producción departamental), el plátano intercalado (8.34% de la producción departamental) y el plátano solo, cuya producción en Tello corresponde al 15,32% de la producción departamental.

La producción pecuaria es otra de las bases de la economía de Tello, especialmente en lo que se refiere a bovinos donde existen un total de 17,594 cabezas, cuya explotación es del 18% para ceba, 5% para leche y 77% de doble propósito (leche y carne); en equinos, la población tiene un inventario de 3000 ejemplares a finales del año 2011, y en asnales, un inventario total de 800 y 1000 mulares, siendo Tello uno de los municipios del Huila con mayor número de asnales.

La producción piscícola es relativamente baja, solo alcanza el 0,1% de participación frente a la producción del Departamento, con las 6,8 toneladas que produce de mojarra roja en 46 estanques de los cuales solo 16 se encuentran uso con un espejo de agua de 6612 metros cuadrados. Se hace necesario articular acciones tendientes a aumentar la producción ya que Tello tiene las condiciones ambientales y geográficas para hacerlo, potenciando así una actividad que tiene gran valor dentro de la agenda de productividad y competitividad del Huila. (Alcaldía de Tello, 2016)

Aspecto cultural

De acuerdo al Plan de Desarrollo Municipal de 2016-2019, en el municipio se ha presentado un desconocimiento de la importancia de documentar la memoria histórica del municipio está enmarcada en aspectos como la no existencia de un enlace en el municipio responsable, por lo que no se cuenta con la documentación del proceso, el desconocimiento de la ley de archivo N° 594/2000, se carece de un sistema de información estadística que permita inventariar lo relacionado con el sector cultura, se desconoce los indicadores y su documentación, La baja participación de los gestores culturales en escenarios propios del sector, que no están organizados, y la carencia de un espacio físico y ayudas, conlleva a la pérdida de la información histórica y la limitación de fuentes secundarias de cultura en el municipio.

3.10.6.11 Campoalegre

Aspecto Físico

El municipio de Campoalegre, dista 22 Km del perímetro urbano la ciudad de Neiva, la capital del Huila. Se encuentra localizado en la Subregión Norte, al oriente del Departamento, el cual a su vez, hace parte de la Región Centro Oriente del país. La localidad está asentada sobre el valle del Rio Magdalena y las estribaciones de la Cordillera Oriental. Por consiguiente, hace parte de la región Andina, concretamente situado el valle del alto Magdalena, en el flanco occidental de la Cordillera Oriental. El municipio de Campoalegre tiene una extensión geográfica total de 485 km2; por el norte limita con el municipio de Rivera, por el sur con Hobo y Algeciras, por el oriente con Algeciras, y por el occidente con Yaguará y Palermo.

La principal fuente hídrica es el Rio Magdalena al cual tributan sus aguas El Rio Neiva, que a su vez está conformado por las microcuencas de las quebradas La Rivera, La Sardinata, El Volcán, Rio Frío, La Caraguaja, San Isidro, Tapias, Otras, La Ciénaga.

De acuerdo a las Fichas de Caracterización Territorial del DNP, actualizadas a junio de 2017, el municipio de Campoalegre cuenta con un total de población de 34.627 habitantes, lo que corresponde a un 2.9% del total de la población a nivel del departamento del Huila.

En cuanto a la distribución de la población en el área rural y el área urbana, según la misma fuente citada, se encuentra que el número de personas residiendo en la cabecera es de 26.284, y en el resto 8.343. La distribución entre hombres y mujeres en el municipio se encuentra en una proporción de uno a uno, ya que 17.365 personas pertenecen al sexo masculino, y 17.262 al sexo femenino.

Tal como se presenta en la siguiente tabla, la zona urbana se encuentra compuesta por 49 barrios y la zona rural por 37 veredas.

Tabla 126. División político administrativa Campoalegre

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	**49**	**No. de veredas**	**37**
Acrópolis, Álamos Norte, Alfonso López Michelsen, Candelaria, Doce De Octubre, Eduardo Santos, El Centro, El Divino, Niño, El Jardín, El Viso, Eugenio Ferro Falla I, Eugenio Ferro Falla II, Jorge Eliecer Gaitán, José Hilario López, Kennedy, La Caraguaja, La Clementina, La Colina, La Floresta, La Libertad, La Orquídea, Las Mercedes, Los Almendros, Las Palmitas, Los Molinos I, Los Molinos II, Los Pinos, Luciano, Perdomo, Nueva Sevilla, Nuevo Horizonte, Panamá, Rodrigo Lara Bonilla, San Francisco, San Carlos, San Isidro, San Martin, Sincelejo, Villa Clarita I, Villa Clarita II, Villa Gloria , Villa María, Vivienda Obrera.		Alto Piravante, Alto Villa Hermosa, Bejucal Alto, Bejucal Bajo, Buena Vista, Chía, Chonto, El Esmero, El Guayabo, El Peñón, El Rincón, El Roble, El Viso, Guamal - Buenos Aires, Horizonte, La Esperanza, La Sardinata, La Vuelta, Las Pavas, Llano Norte, Llano Sur, Los Planes, Los Rosales, Otas, Palmar Alto, Palmar Bajo, Piravante, Potosí, Rio Neiva, Rio Neiva Sector Bajo, San Isidro, San Isidro Bajo, San Miguel, Vega del Oriente, Venecia, Vilaco, Vilaco Alto	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016 a Partir de Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019

En cuanto a los servicios públicos, se encuentra que al año 2016 el *gas natural* contaba con una cobertura del 91.8%; al año 2015 la cobertura total de energía era del 99.5%; en cuanto a la penetración de internet, ésta llegaba en el año 2016 al 6.6%.

El sistema de *acueducto* en la zona urbana tenía para el año 2014 una cobertura del 96%; éste es un sistema por gravedad que se alimenta de la quebrada Río Frio por medio de una captación de fondo. El sistema cuenta con un desarenador convencional, tuberías de aducción de PVC de 12” y 8” de diámetro, una planta de tratamiento de agua potable de tipo convencional, dos tanques de almacenamiento y conducciones de agua tratada que alimentan la red de distribución del casco urbano. Por medio de la Resolución 2993 de diciembre 28 de 2006, la CAM le otorgó al acueducto del municipio una concesión de la fuente Rio Frio de 108.5 l/s.

En la zona rural para el abastecimiento de agua, se han construido acueductos colectivos que cubren 30 veredas, llegando al 57,03 % de las viviendas de la zona rural. No se dispone de sistema de acueducto en las veredas Buena Vista, Villa Esther, Horizonte, Sardinata, Llano Norte, Llano Sur, Los Planes, La Ensillada sector Guamo, Chonto, El Rincón y La Vuelta.

El *alcantarillado* en la zona urbana de Campoalegre tiene un sistema combinado por gravedad. Cuenta con 6.259 conexiones domiciliarias con una cobertura del 92% (Fuente EMAC - Julio de 2014); las conexiones están construidas en tuberías de diámetro 4” y 6” en gres o PVC, dependiendo de la época de su construcción; constan de una caja de inspección localizada al frente de la vivienda y un tramo de tubería que la conecta con el colector.

En la zona urbana del municipio de Campoalegre, la empresa de servicios públicos de Campoalegre EMAC, presta el servicio *de recolección de residuos sólidos* para lo cual ha dividido la zona en tres. En la zona norte, limitada por el Rio Frío se hace recolección de residuos sólidos los días miércoles y sábados, en la zona sur limitada por la Quebrada La Caraguaja se hace recolección de residuos sólidos los días martes y viernes, y en la zona centro comprendida entre La Quebrada La Caraguaja y el Rio Frío los días lunes y jueves. En la zona rural se hace recolección en el centro poblado Tinajitas y en los Barrios Luis Carlos Galán y Rodrigo Lara del Centro Poblado La Vega, el día viernes.

Los residuos sólidos son recogidos en vehículos de la EMAC, y transportados hasta el relleno sanitario Los Ángeles ubicado en el municipio de Neiva en donde se hace la disposición final de residuos sólidos, acorde a lo establecido en el plan de gestión integral de Residuos sólidos PGIRS.

En la zona urbana se presta el servicio en su totalidad, contando con 6489 suscriptores (julio de 2014) con una cobertura de 96%, de acuerdo a información suministrada por el prestador del servicio (EMAC).

Aspecto social

Según el plan de desarrollo 2016-2019, el municipio de Campoalegre cuenta con siete (7) instituciones educativas que agrupan 47 sedes, de las cuales 16 están ubicadas en la zona urbana y 21 en la zona rural, en las que se brinda el servicio público de educación a la población en edad escolar, en los niveles de preescolar, primaria y secundaria hasta el grado 11. En la zona urbana además de las instituciones públicas se cuenta con 6 particulares. En las veredas El Roble y Llano Sur hay escuela, pero en el año 2014 no hubo matrículas. Las Veredas La Ensillada Sector La Torre y La Ensillada Sector Guamo tienen escuela, pero no aparecen en el registro de matrículas de Campoalegre.

Con la infraestructura existente se cubre la totalidad de la población estudiantil del Municipio. Solamente existen siete veredas en las cuales no hay sedes educativas (San Isidro Bajo, El Viso, La Esperanza, Palmar Bajo, Potosi, Rio Neiva Bajo y Villa Ester), en las cuales por su cercanía a la zona urbana o por la poca demanda no se ha requerido construcción.

Todas las instituciones educativas de la zona urbana y sus sedes tienen unas aceptables condiciones de infraestructura. La mayor necesidad en cuanto a locaciones está en la zona rural en donde además existe la mayor dificultad porque aún falta la legalización de varios predios. En su gran mayoría requieren de pintura y de una iluminación exterior (alumbrado público en la zona urbana) y de una inversión en dotaciones y equipamientos.

Existe la presencia de las siguientes instituciones de educación superior:

- Universidad del Tolima, la cual está sacando adelante finalizando tres cohortes del programa de Salud Ocupacional. Ha venido funcionando en las instalaciones del colegio municipal Eugenio Ferro Falla.

- La Corporación Universitaria Minuto de Dios (Uniminuto), con su primera cohorte con los programas de administración de empresas, psicología, administración en salud ocupacional y licenciatura en pedagogía infantil. Empezó funcionando en las instalaciones del colegio municipal Eugenio Ferro Falla.

- El SENA con el Centro de Formación Agroindustrial (CEFA) de la Angostura, que aunque no ofrece carreras profesionales, sí ofrece programas técnicos y tecnológicos, principalmente de programas del sector agropecuario y también en análisis y desarrollo de software. Algunos programas del SENA no cuentan con El Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES). A excepción del SENA que funciona en su propia sede, las demás instituciones de educación superior funcionan en la Sede del Colegio Municipal Eugenio Ferro Falla.

Según el documento del Análisis situacional de salud de Campoalegre, desarrollado por la Secretaría de Salud (ASIS 2012) la tasa bruta de natalidad viene en descenso debido quizás a que la estructura familiar ha pasado de familia numerosa a núcleos familiares integrados por 1 o máximo 2 hijos, por otra parte la oferta de servicios de planificación familiar ha generado conductas de natalidad bajas. La tasa bruta de mortalidad no presenta una varianza significativa en su proyección ya que desde el 2000 presenta un 4.9 x 1000 hab. A un 6.1 x 1000 hab. En el 2011 lo cual refleja datos de mortalidad estacionarios. Aunque el indicador de la tasa general de fecundidad es de 21.3 por 1000 nacidos vivos para el 2012, es reducido debido quizás a las políticas existentes frente a programas de planificación familiar y estilos de vida saludable, además del cambio de roles de la mujer la cual pasó de ser ama de casa a generadora de ingresos afectando las conductas reproductivas.

Aspecto económico

En el municipio de Campoalegre en la actualidad no se explota de manera formal e intensiva ningún mineral, no obstante que en épocas pasadas fue un gran productor de oro, especialmente en la región de Seborucos. En las orillas del Río Neiva se registran hallazgos de cristal de roca en vetas, al igual que uranio en la cordillera Oriental.

La actividad minera, de tipo artesanal, no ocupa un área representativa en el municipio. Está dedicada a la explotación de arenas en las quebradas La Sardinata y La Caraguaja; extracción de material de recebo en canteras próximas a la vía a Chía y al alto El Roble y arcilla para uso en las artesanías en la Vega de Oriente y Barrio Gaitán. Operan en la actualidad 17 ladrilleras que explotan arcillas misceláneas, de las cuales solo una cumple con todos los requerimientos, como el título minero y la cocción en horno ecológico (Hoffman) que reduce las emisiones de material particulado, que afectan la salud del ser humano y del ambiente.

De acuerdo a los estudios realizados por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM, considerando las características físicas y químicas de la roca que aflora en su territorio, el Municipio de Campoalegre cuenta también con minas de mármol; material apto para la producción de cal agrícola y rajón de mármol entre otros.

De otra parte, la reciente crisis arrocera y agropecuaria ha generado que propietarios de tierras y campesinos comiencen a mirar otras alternativas de explotación de sus tierras, conllevando a que comunidades campesinas de ese municipio, como la del Distrito de Riego ASOSEBASTOPOL, en la zona conocida como El Rincón, Vereda Llano Norte, alternen su tradicional actividad de cultivar de algodón, cacao, café, sorgo, maíz y arroz, con otra actividad que si bien es igualmente muy tradicional por esas tierras, es abiertamente ilegal e insostenible: la minería de oro de aluvión.

De acuerdo al catastro minero de Colombia, en el municipio de Campoalegre existen 6 títulos mineros otorgados y han sido solicitados 37 títulos. Las solicitudes se han efectuado sobre los cauces del Rio Magdalena y del Rio Neiva, áreas con importancia para la extracción de materiales de construcción (arenas, gravas) y oro. También se observan áreas de interés en la zona aledaña al casco urbano especialmente la explotación de arcillas para la industria ladrillera.

En cuanto a hidrocarburos la gran mayoría del territorio municipal de Campoalegre tiene áreas de interés para la explotación de hidrocarburos.

Dentro del sector primario o agropecuario, la actividad económica más influyente del municipio es la agrícola. Su geomorfología y pluralidad de suelos y pisos térmicos le facilita la diversidad en la producción agropecuaria. Sin embargo, su mayor riqueza de suelos son los valles calientes de los ríos Magdalena y Rio Neiva en donde se cultiva arroz, algodón, sorgo, tabaco, maíz, cacao y frutales de clima caliente. En la vertiente de

la cordillera oriental se cultiva café, fríjol, arveja y algunos frutales de clima frío moderado. La importante producción agropecuaria del municipio ha generado el desarrollo de la agroindustria, especialmente la molinería del arroz.

En lo pertinente al sector pecuario, Campoalegre posee un hato ganadero que asciende a 13.576 ejemplares bovinos (2,92% del total departamental), en el cual predomina el doble propósito, representado por animales procedentes de los cruces entre ganados Cebuinos y Pardo Suizo, los cuales aseguran mediante el vigor hibrido, la rusticidad necesaria para adaptarse a las difíciles condiciones climáticas y de sanidad que presenta el territorio municipal.

En la piscicultura, para el año 2012, Campoalegre contaba con 741 estanques en tierra (17.12% del Huila), equivalentes a un área espejo de agua de 87.966 m2, empleados en la explotación piscícola. Las especies sembradas en el municipio son: la mojarra roja, tilapia, carpa, cachama, bocachico y sábalo.

En Campoalegre, la industria molinera es lo más sobresaliente dentro del sector secundario, seguida por algunas fábricas de ladrillos, jabón, tubos de cemento, carpinterías, algunas unidades económicas manufactureras. Aunque se ha reducido significativamente el número de molinos y trilladoras de arroz, aun se cuenta con una buena producción de este cereal. Los actuales molinos de arroz en el municipio son conocidos por contar con la tecnología de punta y el gran reconocimiento y prestigio a nivel nacional; entre ellos se encuentran los molinos Flor Huila, Caribe y San Isidro. Estas plantas procesan toda la producción local y parte de los municipios de Hobo, Garzón, Tesalia y Rivera. En las últimas décadas fueron cerrados los molinos Sociedad Arrocera, El Selección, Fortuna, Las Mercedes y Perla del Huila, al igual que seis trilladoras. Estas empresas generan más de 300 empleos, el 75.5% de los cuales, en ocupación permanente y 26.5% temporal.

En el municipio también se destacan las fábricas de ladrillo, bloques, tejas y los talleres de maquinaría agrícola y de fundición. A nivel de pequeña industria, existen las panaderías y bizcocherías, sombreros de pindo, despulpadoras de guanábana, fábricas de derivados lácteos, y artesanías de arcilla en la Vega de Oriente, como tiestos, ollas, materas y filtros.

Dentro de este sector también se tiene en cuenta el proyecto hidroeléctrico TAMA, el cual generará 15 megavatios de energía eléctrica, para lo cual captará agua del Rio Neiva, 350 metros abajo del sitio conocido como “Juntas” en donde confluyen las vertientes de “Río Blanco” procedente de Algeciras y “Río Neiva” en jurisdicción del Municipio de Campoalegre, en la vereda Vilaco Bajo.

En este proyecto no será necesario la utilización de “embalse o presa”, se tomará agua del rio que será conducida por un túnel de cuatro kilómetros lineales que estarán a diez (10) metros bajo tierra con 3.05 metros de diámetro y que culminará en proximidades del predio “San Andrés” en donde descargará nuevamente sus aguas al Rio Neiva.

La actividad más importante en el municipio de Campoalegre, en cuanto al sector terciario o de servicios se refiere, es el comercio, el cual se desarrolla principalmente en la zona urbana. Esta actividad está representada por tiendas de granos, ferreterías, cacharrerías y almacenes, quienes surten las necesidades de consumo de la población; dichas actividades se extienden a puestos de comida, frutas y verduras, también restaurantes y residencias. Existe un amplio predominio de las tiendas y los almacenes; en efecto, éstas constituyen la cuarta parte de los establecimientos; son 129 de los 501 establecimientos urbanos que funcionan en el municipio. En casi igual proporción funcionan los almacenes; estos son 94. Entre tiendas y almacenes alcanzan a ser el 45% de todos los establecimientos.

Aspecto cultural

En Campoalegre se viven profundamente las festividades del San Juan y San Pedro, pero sobre todo el festival y reinado municipal y departamental del arroz. En el mes de agosto se realizan los encuentros culturales de danza y la conmemoración del cumpleaños de Campoalegre. El lugar donde se celebra el Festival Folclórico y Reinado Departamental el Arroz, es el mismo “Llano Grande tierra bonita donde todo es libertad”.

La iglesia católica, celebra también la Fiesta Patronal. Es así como el 2 de febrero se celebran las fiestas patronales siendo la virgen de La Candelaria la homenajeada. La Semana Santa igualmente tiene gran significación lo mismo que la exaltación del día de la virgen del Carmen, el 16 de julio. Tomado estudio.

En el municipio se ha invertido importantes recursos en escuelas de formación artística y cultural situación que debería mostrar estadísticamente un crecimiento en cuanto a personas debidamente preparadas en alguna rama cultural o artística, pero contrariamente no existe datos que permita identificar con claridad cuantas personas hoy en día puede decirse que están poniendo en práctica la formación recibida, bien porque usufructúan la actividad aprendida o porque se convirtieron en actores multiplicadores del arte.

La religión es un componente fundamental de la cultura de Campoalegre y se manifiesta en la asistencia masiva de los fieles a las celebraciones, la convivencia social, y la organización de grupos de oración. Pese a que un alto porcentaje de la población está enmarcada dentro de la doctrina de la Iglesia Católica, existen otras iglesias cristianas como la Iglesia Adventista del séptimo día, Pentecostal unida de Colombia, Iglesia de Dios Ministerial de Jesucristo Internacional, Misionera Cristina Mundial, Cruzada Cristiana, Testigos de Jehová, Alianza Cristiana, Misionera de Colombia, Misión Carismática Internacional, Gnóstica, Asamblea de Dios. Es importante destacar que dentro de la población se observa respeto a la libertad de cultos.

3.10.6.12 Villavieja

Aspecto físico

El Municipio de Villavieja tiene 670 Km Cuadrados, correspondiente a 57.800 hectáreas de terreno plano con ligeras ondulaciones en gran parte de su extensión, que corresponde al 2.9% del territorio departamental. La altitud sobre el nivel del mar es de 430 metros. El total de la extensión del área urbana es de 47 km2 y del área rural de 623 km2.

Villavieja limita al norte con el Departamento del Tolima, al sur con los municipios de Tello y Baraya, al oriente con el municipio de Baraya y al occidente con el municipio de Aipe.

Se encuentra localizado en la parte norte del Departamento del Huila, región que se caracteriza por sufrir acelerados procesos de degradación del ecosistema, y un incremento acelerado en el proceso de desertificación, situación alarmante pues quiere decir que la mayoría del territorio está en deterioro permanente lo cual obliga a otorgar al tema ambiental la máxima prioridad. (Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019)

El ministerio de ambiente define por desertificación “la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultantes de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y por una mala o excesiva utilización de éstas por parte del hombre”. Este proceso, en Villavieja, es de alto impacto, en razón a que las tierras que se degradan corresponden a las zonas productivas, lo que genera reducción de la productividad, pérdida del suelo y de la biodiversidad, y disminución de la calidad de vida de los habitantes.

La caracterización más importante del territorio de Villavieja está en el *Desierto de la Tatacoa*, localizado entre el Río Magdalena y la Cordillera Oriental, corresponde a una zona de bosque seco tropical, muy erosionada cruzada por cañones secos labrados por las riadas violentas que se forman transitoriamente en el invierno. Esta zona desértica y de yacimiento fosilíferos tiene una extensión total de 330 kilómetros cuadrados. La zona de La Tatacoa es Considerada un ecosistema de importancia regional, en términos de biodiversidad, singularidad y como zona árida con procesos acelerados de desertificación, con áreas naturales de interés científico y cultural, propicias para el ecoturismo y la investigación. Ante La importancia de este ecosistema, el Gobierno Departamental, y la Corporación Autónoma regional del Alto Magdalena CAM, firmaron el Convenio Interadministrativo No 1071-200 de 2005, Gobernación del Huila- CAM-USCO, para la “Formulación del plan de manejo y declaratoria como área natural protegida del desierto de la Tatacoa”, Estudio que permitió la creación del *Parque natural Regional Eco región de la Tatacoa* – Acuerdo 017 de 2008 - CAM

Este Parque, comprende una extensión de 56.676 Has, localizadas en los municipios de Villavieja y Baraya. Mediante Acuerdo No. 016 de 2010 y tomando como referencia la sentencia de la corte constitucional 598 de 2010 y el decreto 2372 de 2010, fue declarado Parque Natural Regional la Tatacoa, que cobija en el municipio de Villavieja a 11 veredas y se enmarca dentro de los principios culturales y ecológicos de conservación y restauración de fauna, flora e hidrología. Incluye un área total de 35.140,10 hectáreas y alberga a un resguardo indígena de la cultura Pijao Tatacoa.

En cuanto al número total de la población, según las fichas de caracterización territorial del DNP actualizadas al 2107, el municipio de Villavieja cuenta con 7308 habitantes que corresponde al 0.6% del total departamental. De este total, 2460 personas habitan en la zona urbana y 4848 personas en la zona rural; mientras que 3620 son hombres y 3688 son mujeres. La división política administrativa se encuentra organizada de la siguiente manera:

Tabla 127 División político administrativa Villavieja

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	**15**	**No. de veredas**	**13**
		No. de centros poblados:	**5**
El Centro, Gaitán, La Estación, La Portada, Las Brisas, Buenavista, Alberto Galindo, 1° de Mayo, Campoalegre, Rodrigo Lara, El Jardín, Cacica, Tocayá, La estrella y Totoyó.		**Veredas:** El Cuzco, El Líbano, Las Golondrinas, El Cabuyal, El Kilómetro 121, La Manguita, La Palmira, San Juanito, San Nicolás, Las Gaviotas, La Chivera, Doche, La Calera, Resguardo indígena la Tatacoa **Centros poblados:** Hato Nuevo, La Victoria, Polonia, Potosí, San Alfonso.	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016 a Partir de Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019

Según el Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019, en el caso de la *energía eléctrica*, la cabecera municipal de Villavieja, los cinco (5) centros poblados (San Alfonso, Potosí, La Victoria, Polonia, Hato Nuevo) y las veredas dispersas de Golondrinas, Doche, La Calera, La Manguita,San Nicolás – Gaviota, San Juanito, Kilometro 121, El Resguardo Indígena de la Tatacoa, poseen servicio de energía eléctrica el cual es suministrado de manera regular por la empresa distribuidora y comercializadora de energía eléctrica, Electrificadora del Huila E.S.P.

Las veredas por electrificar son: Cabuyal, El Líbano, La chivera, Palmira y El cusco localizadas dispersamente en el Desierto de La Tatacoa; así como ampliar la cobertura del servicio en la localidad de Doche. En la mayoría de veredas y localidades se requiere el servicio de ampliación de cobertura de redes de baja tensión, domiciliarias, transformadores de mayor KVA, reposición y cambio de postas en madera a concreto.

En el norte de Villavieja se presenta el problema de la interrupción discontinua y permanente del fluido eléctrico; debido a la dependencia de redes con el municipio de Aipe y la carencia de una subestación eléctrica, perjudicando a hogares, comerciantes y la iniciativa empresarial de sus habitantes; en las localidades de La Calera, San Juanito, San Alfonso, Golondrinas, Potosí, La Victoria, Kilometro 121 y El Resguardo Indígena Tatacoa; por lo cual sus usuarios reclaman la separación de redes de Aipe y la construcción de una subestación o la integración de redes del municipio de Villavieja y de paso beneficiar a veredas dispersas que no poseen el servicio y porque en la actualidad el sistema eléctrico municipal se halla aislado en tres (3) ramales (Villavieja, Norte y Doche).

La problemática general con respeto al *alumbrado público* es que en la mayor parte del territorio el servicio es muy deficiente ya que las lámparas se encuentran en mal estado y existen veredas que no cuentan con este vital servicio como lo son Libano, Cabuyal y la Chivera.

La comunidad ve la necesidad de que se realice la instalación de luminarias nuevas en lugares oscuros los cuales pueden ser foco de delincuencia y lugares propicios para el consumo de sustancias psicoactivas.

Actualmente el municipio cuenta con el servicio *gas natural* domiciliario, mediante gasoducto, con una cobertura en los cinco centros Poblados con una cobertura del 70% y en la cabecera urbana con un 90% de cobertura, donde la supervisión y mantenimiento de la red y el servicio es realizado por un operario de la Empresa ALCANOS DEL HUILA E.S.P., mediante la contratación de sus servicios permanentes.

En la zona rural y algunas regiones de los centros poblados donde no se cuenta con el servicio, este es prestado mediante la venta de pipetas de gas comprimido ofrecido por vehículos provenientes de empresas del Huila y Tolima. La ampliación de la cobertura de la red de gasoducto al resto del territorio municipal, aún es incierta por la falta de gestión del municipio de Villavieja y la ciudadanía en general.

Con el *acueducto*, han sido mínimas las construcciones de nuevas redes en el casco urbano, y debido a la expansión gradual del municipio de Villavieja, el número de conexiones intradomiciliarias instaladas son mínimas a causa de la falta de programas por parte de las EPV de acuerdo a las necesidades de los usuarios.

Por otro lado, hay una deficiencia en cuanto al tema de construcción de nuevos acueductos rurales para algunas veredas que lo están necesitando con prontitud, es importante implementar proyectos para la construcción de los mismos. Así mismo no se han construido nuevos tramos de acueductos, por falta de proyección y presupuesto para avanzar con estas soluciones a los habitantes.

En el caso del *alcantarillado*, el tener un porcentaje aparentemente grande de cobertura en la red en el casco urbano ayuda a tener un mejor control de las aguas negras dentro del mismo, sin embargo, es importante llevar estos porcentajes por encima del 91,9%, y así garantizar la cobertura a nuevas zonas y usuarios debido a la expansión que está presentando el municipio. La cobertura del servicio de red de alcantarillado en la zona rural nucleada, es de apenas 80% debido a que por razones de nivel del terreno no se han podido conectar a la red principal, por ello se debe suplir esta necesidad.

También se presentan falencias en la construcción de baterías sanitarias en área dispersa, para suplir la necesidad de este servicio en el sector rural, además solo algunas veredas cuentan con alcantarillado, en donde vierten sus aguas servidas a un pozo séptico común, el resto de veredas depositan a campo abierto sus desechos.

La recolección de las basuras está bajo la responsabilidad de la Administración Municipal y la disposición final de los residuos sólidos que son recolectados en el casco urbano, son depositados en el relleno sanitario los ángeles. En el sector rural, el manejo de los residuos sólidos normalmente se realiza a través de quemas o enterramientos bajo tierra.

Por otra parte, es importante resaltar que actualmente el municipio cuenta con una estación de policía con 14 agentes y una subestación en San Adolfo con 12 agentes y todas estas dependen del distrito de policía de Baraya, además se cuenta con 2 policías de turismo.

Así mismo existe un juzgado promiscuo municipal y no se cuenta con una fiscalía ni notaria, ya que éstas dependen del Municipio de Aipe y Baraya respectivamente. La comisaria de familia tiene las funciones de director de justicia ya que no hay recursos para separar estas funciones.

Aspecto social

En el Municipio funciona La Institución Educativa Gabriel Plazas, la cual cuenta con las siguientes sedes:

Sede Principal ubicada en el casco urbano del municipio de Villavieja

Sede urbana Alberto Galindo del Colegio Gabriel Plazas

Sede rural de la vereda Potosí

Sede rural de la vereda Golondrinas ubicada cerca a la Vereda Potosí

Sede rural de la vereda San Alfonso

Sede rural San Juanito, ubicada cerca a la vereda San Alfonso

La tasa de cobertura bruta en básica primaria y secundaria es bastante buena, la tasa de cobertura bruta en preescolar está disminuyendo. La tasa de cobertura neta en educación media se ha estancado.

De acuerdo a las conclusiones encontradas en el documento del plan de desarrollo actual para el municipio, se debe capacitar a los docentes y la comunidad educativa en aspectos relacionados con el mejoramiento de la calidad de la educación, al igual que revisar los contenidos y los currículos de los diferentes colegios. Se debe buscar mecanismos de apoyo a educación no formal complementaria, como secundaria y técnica a población en condición de discapacidad.

Para disminuir los altos índices de deserción estudiantil en la población de Villavieja, se busca desarrollar un estudio con el objeto de definir y priorizar las causas que den origen a estos altos índices de deserción, planteando alternativas de solución teniendo como base los resultados de la investigación.

En el tema de la salud, no existe una secretaría de salud y tampoco una dirección local de salud; las funciones están en cabeza de la secretaria de gobierno, se vincula una profesional como enlace en el área de la salud con el apoyo de un técnico en salud de planta (carrera).

En este sector se buscar garantizar el aseguramiento, la aplicación de las normas en materia de salud pública, la mejor y mayor prestación de los servicios, los programas de P y P, la salud ocupacional concerniente a la salud mental de los ciudadanos y ciudadanas.

Aspecto económico

Dentro del sector agropecuario se reconoce que el sector agrícola se hace presente por medio de cultivos agrícolas permanentes, como el plátano, cítricos, papaya, cacao, uva, piña, flor de Jamaica, mango, cholupa, guanábana y maracuyá; siendo el plátano el que mayor área sembrada ocupa dentro de estos cultivos, con un rendimiento de 6,5 t/ha, estando por debajo del promedio departamental que es de 6.94 t/ha. Seguido por los cítricos, la papaya y el cacao en su orden.

En lo que respecta al sector bovino se tiene una producción pecuaria, dedicada a la reproducción y cría de ganado destinada en un 100% al doble propósito, para el año 2014.

El total de cabezas del departamento para el 2014 fue de 417.864 cabezas de ganado, dejando a Villavieja solo con el 7,15% del total del departamento, que corresponde a 11.174. Villavieja se ubica en el puesto número once (11) en cantidad de cabezas de ganado entre los Municipios de la zona Norte del Departamento para el año 2014

En el sector porcino en los factores de cría, Villavieja tiene un buen nivel en el manejo, las camadas son de 10 lechones y se logra que los diez lleguen al destete. Para el Municipio se evidencia que solamente el 10% de la explotación se realiza técnicamente/ o con implementación de tecnología; siendo la raza Landrance la que predomina en todo el municipio. El 90% se explota de manera tradicional y se utiliza un cruce entre Landrance y Criollo (LxCr).

Aspecto cultural

El municipio de Villavieja viene sufriendo una pérdida de su identidad cultural debido al deterioro social y a una falta de políticas concretas en cuanto a la creación de escuela de formación artística y la promoción de un mayor número de eventos y actividades culturales. Los pocos eventos y actividades de este tipo se ven limitados a las festividades San Pedrinas y al Reinado Departamental de Mas Familias en Acción donde la danza, la música y las manifestaciones folclóricas se hacen espontaneas para estas fechas.

El municipio cuenta con una banda municipal cuyo director orienta una escuela de formación musical donde están involucrados cerca de 83 estudiantes entre los 8 a 16 años de edad.

En la cabecera municipal existe como sitio de esparcimiento El Parque Principal, Los Polideportivos, La Casa de la Cultura, La Biblioteca Pública y El Museo Paleontológico y el campo de fútbol en la periferia del perímetro urbano.

La banda sinfónica infantil municipal está conformada por 38 niños y 45 estudiantes vinculados al grupo semilla. Pensando en el crecimiento de la Escuela de Música se debe tener en cuenta la cantidad de instrumentos que se necesitan y el estado real de deterioro de los instrumentos actuales. En estos momentos se puede decir que el 80% delos instrumentos se encuentran para reposición, siendo de carácter urgente la de clarinetes y trompetas.

Una de las necesidades de este sector es apoyar la formación de escuelas de música y dotación en los centros poblados de la Victoria y San Alfonso con un catedrático de experiencia. El municipio carece de un lugar fijo y exclusivo para la escuela de formación musical ya que esta actividad se desarrolla en la casa de la cultura y a la intemperie, además del suministro de accesorios para el buen funcionamiento de los instrumentos.

3.10.6.13 Palermo

El municipio de Palermo se encuentra ubicado en la zona centro-oriental de Colombia, sobre el margen izquierdo del río Magdalena, y al noroccidente del departamento del Huila, a 25 km de distancia de Neiva (capital). Posee una extensión total de 917 km2, la cual está distribuida por sus cinco zonas urbanas, incluyendo la cabecera municipal y sus cincuenta y cinco veredas.

Al norte, limita con el municipio de Neiva; al sur, con los municipios de Campoalegre, Yaguará y Teruel; al occidente, con los municipios de Santa María y Teruel, y, al oriente, con los municipios de Neiva, Rivera y Campoalegre.

El municipio de Palermo tiene una población total de 33.825 habitantes, distribuidos en porciones de 48.42% en la cabecera urbana y 51.57% en la zona rural. Actualmente, la densidad poblacional es de aproximadamente de 35.6 habitantes por Km^2. Según la Secretaría de Planeación, del total de la población del municipio de Palermo 16.514 son hombres con un 48.82% y 17.311 son mujeres con un 51.17%.

Tabla 128 División político administrativa Palermo

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	**20**	**No. de veredas**	**56**
		No. de centros poblados:	**4**
Urbanización Julián Polania, Santo Domingo, Fátima, La Guagua, La Libertad, La Floresta, Eduardo Santos, Panamá, Centro, Loma Linda, Altico, El Mirador, Las Camelias, Los Comuneros, Las Pirámides, Santa Rosalía, Villa Bache, El Mirador, Pirámide, Villa Alejandra, Oasis		**Veredas** Aleluya, Alto Paraguay, Alto San Pedro, Amborco, Betania, Bombona, Brisas del Carmen, Brisas de Nilo, Buenos Aires, Buenos Aires del Carmen, Corozal, Cuisinde, El Carmen, El Diamante, El Dorado, El Jordán, El Juncal, El Quebradón, EL Roble, El Tablón, El Vergel, El Viso, El Mirador, San Miguel, San Pedro, Santo domingo, Sardinata, Tambillo **Centro poblado** Betania, Ospina Pérez, El Juncal, Amborco	Farfán, Fátima, Guadualito, Guácimos, Horizonte, La Florida, La Lindosa, La Lupa, La Urriaga, Las Ceibas, Las Juntas, Líbano, Los Pinos, Moral, Moyitas, Nazareth, Nilo, Orquídea, Pijao, Pinares, Piravante, Porvenir, San Francisco, San Gerardo, San José, San Juan, Versalles, Oriente

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016 a Partir de Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019

El abastecimiento de *agua potable* sobre el casco urbano del municipio de Palermo está a cargo de las Empresas Públicas de Palermo E.S.P. (EPP ESP) a través de un sistema de acueducto convencional, en donde actualmente administra y opera los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo bajo los principios de eficiencia, eficacia, calidad, continuidad, cantidad de los mismos. El acueducto de Palermo cuenta con una con una cobertura aproximada del 99.9%. La captación del recurso hídrico para el sistema de acueducto del casco urbano se realiza a través de una bocatoma lateral localizada en la

quebrada La Guagua, la cual posee una contención de fluido construido en concreto de 25 más de longitud para elevar el nivel del mismo y a su vez un desarenador.

En la zona rural del municipio de Palermo 40 veredas cuentan con un sistema de acueducto comunitario ya sea del orden veredal o regional integrando varias veredas, con una cobertura del 61,8% del total de las 3.594 viviendas existentes.

El Municipio cuenta con un sistema de *alcantarillado* el cual presenta una longitud de 19 Km y una cobertura de aproximadamente 98% evacuando las aguas por medio de dos (2) sistemas de recolección de aguas residuales, un alcantarillado separado para aguas lluvias y aguas negras, y seis (6) descoles que descargan un total de 30Lt/s hasta las tres (3) plantas de tratamiento (Julián Polaina I y II, y Matadero) para luego ser depositadas al Rio Tune.

La *recolección de basuras* en el municipio de Palermo está a cargo de Empresas Públicas de Palermo E.S.P. (EPP ESP), con una disponibilidad del 100%, el manejo de los residuos sólidos lo realiza un contratista que realiza la recolección por medio de una volqueta que cuenta con una capacidad de 12 toneladas, durante los días Lunes, Martes Jueves y Viernes, la disposición de estos residuos es llevado directamente al relleno sanitario los Ángeles este propiedad de Empresas Publicas de Neiva.

La energía generada por la Central Hidroeléctrica de Betania es transmitida a la estación el Bote a 115.000 Kv, de esta es suministrado a la subestación ubicada en el casco urbano por cableado de alta tensión a 34.5 Kv, y de allí distribuida en 13.8 Kw de baja tensión a la zona urbana del municipio de Palermo. Según la empresa Electrificadora del Huila S.A., el número de suscriptores al servicio de energía correspondientes sobre el casco urbano es de 2.400 usuarios.

Al municipio de Palermo el servicio de *gas* es suministrado por la Empresa Alcanos del Huila, el gas es natural (metano) producido en Campo Dina y conducido en gasoducto hasta Neivana de Gas en donde es comprimido a 3000 PSI y es transportado mediante carros grúa en sistemas de módulos, llegando a sus respectivas reguladoras desde donde se descomprime carencialmente con sistemas de válvulas de alivio de presión entregándose a sus domiciliarios en los contadores aproximadamente a 50 PSI y aquí es suministrada a 1.5 PSI. Se distribuye en tuberías de polietileno.

Los colegios y escuelas urbanos (centros poblados y cabecera municipal) ocupan una extensión de 52.751,45 m², de los cuales aproximadamente el 26% de esta área se encuentran construidos y el área restante está dedicada a escenarios deportivos, áreas recreativas y espacios vacíos. (Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Palermo 2011)

Aspecto social

Las Instituciones Educativas cuentan con los servicios básicos de energía eléctrica, acueducto y alcantarillado; solo se hace necesario la separación de algunos acueductos, y la dotación de baterías sanitarias (inodoros, duchas, orinales).

En el municipio de Palermo existen a la fecha 57 instituciones educativas con sus respectivas sedes, de los cuales 8 son urbanos y 49 son rurales. En la zona urbana, 6 de ellos prestan el servicio de preescolar, 6 de educación básica primaria, y 2 de educación básica secundaria y media. Mientras que en la zona rural, 32 instituciones prestan el servicio de preescolar, 51 de básica primaria, y 7 de básica secundaria y media.

En el municipio de Palermo actualmente el área de la salud tiene un área permanente en este tipo de equipamiento de 4.364,7 m2 representados en el Hospital “San Francisco de Asís”, lo que lleva a la conclusión de que no existe déficit de equipamiento en salud.

Esta estructura en materia de salud es la que da cobertura a los casos epidemiológicos que se presentan, específicamente parásitos intestinales, enfermedades de los tejidos dentarios duros, infección intestinal mal definida, resfriado común H.T.I, trastornos de uretra y aparato urinario, amigdalitis aguda, infecciones víricas, enfermedad de la pulpa y tejidos periapicales, infecciones agudas de las vías respiratorias; las anteriores enfermedades son de morbilidad en general.

El sistema Municipal de salud y seguridad social tienen los siguientes componentes:

- ✓ La dirección Municipal de salud y seguridad social.
- ✓ Las EPS y ARS presentes en el municipio.
- ✓ El Hospital.
- ✓ Los consultorios privados.
- ✓ Los afiliados y beneficiarios de la seguridad social.
- ✓ Los usuarios vinculados al sistema.
- ✓ Los empleadores.
- ✓ Las organizaciones comunitarias

El sistema de seguridad social tiene afiliados a los habitantes del municipio de la siguiente manera: en el régimen subsidiado CAPRECOM, UNIMED, COMFAMILIAR,

SALUD BOLÍVAR. En el régimen contributivo EMCOSALUD, CAJANAL, ISS. En este aspecto preocupa el alto porcentaje de habitantes sin seguridad social. (Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Palermo 2011).

Aspecto económico

El sector primario de la economía el más importante es el agropecuario porque incluye el mayor número de población y genera uno de los más grandes movimientos. Este recibe productos agropecuarios del municipio de Santa María, y suministra productos agrícolas a las ciudades de Neiva y Bogotá, entre otras, los productos a nivel agrícola que se vinculan al Municipio son el Arroz y el Café.

El municipio también es un gran explotador de yacimientos de mármol de varios colores y dolomita que son procesados en las zonas industriales de Palermo y Neiva, se realiza la explotación de pozos de petroleros ubicados en las veredas de San Francisco y Amborco

En el sector secundario se encuentran platas procesadoras de dolomita, calizas, mármol como empresas explotadoras de hidrocarburos

El sector terciario en el municipio se identifica porque pertenecen las tiendas, galleras, billares, restaurantes y canchas de tejo en la zona rural. En la zona urbana del Juncal, Ospina, Betania y casco urbano se encuentran cafeterías, billares, panaderías, cantinas, entre otras. En la zona de Amborco se destaca la presencia de Moteles, Hoteles, Fábricas de carrocerías, Restaurantes, estación de servicios, clubes privados e instituciones prestadoras de servicios. (Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Palermo 2011).

Aspecto cultural

En cuanto al aspecto cultural el municipio cuenta con platos y comidas rápidas como: El plato típico por excelencia es el Asado Huilense; el sancocho de tres carnes (gallina, costilla de cerdo y de res); en algunas ocasiones se utilizan las parrilladas combinadas de carne y vísceras tanto de res como de cerdo, aderezadas con plátano verde asado, arepa delgadita y maduro melado; el desayuno se atiende con tamales. Otro producto de gran consumo es el caldo de cucha, pues la comunidad tiene la creencia que al consumirlo los niños nacerán con ojos azules. En Palermo son famosos los bizcochos de achira, los cuales se exportan; igualmente, los quesos asados en piedras calentadas al sol y la sevillana bien fría; esta es una bebida que se obtiene de mezclar leche con huevo, harina y un toque mágico que es todo un secreto. La población local le atribuye propiedad afrodisíacas, razón por la cual los fines de semana son comunes que lleguen visitantes en demanda de esta vital bebida.

Sus fiestas patronales son las de San juan y San pedro, ellas van acompañadas del famosos paseo de ollas que lo conforman las familias y amigos que se reúnen con la

intención de disfrutar un día de esparcimiento en el río de su predilección. (Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Palermo 2011)

El municipio de Palermo cuenta con bienes culturales incluidos en el Esquema de Ordenamiento Territorial – EOT y Acuerdos Municipales, entre los que se encuentran:

- ✓ Casa Cural
- ✓ Templo San Isidro Labrador y Casa Cural (Ospina Pérez)
- ✓ Hacienda Palma Sola (a 10 Km. al oriente del casco urbano)
- ✓ Camino Real (que va desde el casco urbano hasta la vereda Buenos Aires)
- ✓ Capilla de Betania marco de la plaza del centro poblado de Betania

3.10.6.14 Yaguará

Aspecto Físico

El municipio de Yaguará está a una distancia de 350 kilómetros al sur de la capital del país, se comunica con la capital del departamento del Huila a una distancia de 49 Km. Por vía pavimentada en regular estado, la cual se bifurca en el kilómetro 29.5 en el circuito turístico alterno: Yaguará –Rivera- Neiva.

Cuenta con una superficie de 33.198,70 Has, equivalente al 1.6% del área del departamento y presenta una temperatura promedio de 28ºC y una precipitación promedia multianual de 1.642 mm; ubicándose en un clima cálido seco, en un 96.28% de superficie y un clima medio en un 3.91% del total de su extensión con una altitud en la cabecera Municipal de 650 metros sobre el nivel del mar. (Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Yaguará, 2016.)

Limita al norte con los municipios de Teruel y Palermo; al sur con los municipios de Gigante, Hobo y Tesalia; al oriente con los municipios de Campoalegre y Hobo; y al occidente con Tesalia e Íquira. El municipio de Yaguará según la Ficha de Caracterización Territorial del DNP 2017, tiene una población estimada para el año 2017 de 9.176 habitantes.

En su división política el municipio de Yaguará se encuentra conformado de la siguiente manera:

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	**20**	**No. de veredas**	**10**
Las Acacias, Los Lagos, Las Mercedes, La Trinidad, Santa Ana, San Vicente, La Mochila, Francisco Gómez Quintero, Santa Bárbara, Los Pinos y Ciudadela San Pedro.		Letrán, Upar, Viso, Jagual, La Paz, Flandes, La Floresta, Arenoso, Vilú y Bajo Mirador	

Fuente: Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Yaguará, 2016.

Actualmente la captación o bocatoma del *acueducto* municipal se encuentra localizada en la vereda San Francisco del afluente del mismo nombre del Municipio de Íquira, con una red de aducción de una tubería inicial de 12 pulgadas con reducción a 10, 8 y 6 pulgadas, y con una capacidad promedio de 55 litros por segundo. La cobertura del servicio de acueducto en la actualidad alcanza un 100% en el área urbana y un 70% en el área rural.

Respecto al servicio de *agua* en el área rural existen acueductos veredales administrados por las Juntas de cada vereda entre ellos Letrán, la Floresta y el Jagual. La vereda Bajo Mirador se abastece de la planta de tratamiento del acueducto urbano; en las demás veredas, los propietarios de las fincas se abastecen del suministro de agua por acueductos individuales.

El sistema de *alcantarillado* tiene una cobertura del 99% área urbana del Municipio y en la zona rural del 60%, y se cuenta actualmente con tres plantas de tratamiento de aguas residuales.

En cuanto al servicio de *aseo* es importante destacar que el municipio de Yaguará cuenta con una planta de manejo de residuos sólidos, ubicada aproximadamente a un (1) km del casco urbano; alcanzando una cobertura del 100% en la zona urbana y del 18% en la zona rural. En el área rural, tan sólo se presta este servicio en la vereda Bajo Mirador y en los condominios Santa Helena y Arrecifes (Vereda Jagual), debido a que en el resto de zona rural no existen centros poblados y las viviendas se encuentran muy dispersas; lo que dificulta la recolección de los residuos sólidos. (Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Yaguará, 2016).

Aspecto social

Las formas de participación y organización comunitaria de la población municipal están representadas en: juntas de acción comunal, empresas comunitarias, asociaciones, asociaciones de vivienda, asociaciones de padres de familias, empresas asociativas de trabajo y otras asociaciones (comités, consejos municipales).

Existe poca participación de las diferentes organizaciones, en cuanto a los procesos comunitarios y democráticos, y sobre todo en el trabajo interinstitucional con la Administración Municipal; a pesar de que las administraciones municipales han promovido

los mecanismos de participación comunitaria y control social, a través de capacitaciones en gestión pública, juntas de acción comunal, entre otras. (Alcaldía de Yaguará, 2016).

El municipio cuenta con dos (2) instituciones Educativas Públicas (Ana Elisa Cuenca Lara y Amelia Perdomo de García), las cuales se encuentran en buenas condiciones de infraestructura física.

La institución educativa ANA ELISA CUENCA LARA, con 3 sedes en el área urbana y 6 en el área rural, reúnen 1.053 alumnos y 66 profesores, tiene desde el grado 1º hasta el grado 11º.

La segunda institución educativa es Amelia Perdomo de García cuenta con una subsede llamada ÁNGEL MARÍA PAREDES, atienden 558 alumnos en tres niveles preescolar, básica Primaria y básica secundaria con dos plantas físicas, y un centro para educación de adultos. Además el municipio de Yaguará cuenta con tres colegios privados, Colegio el Rosario que reúne 74 alumnos , el Colegio Santo Domingo que reúne 83 alumnos en básica primaria, el colegio Liceo Empresarial Americano que reúne 22 alumnos en educación para adultos. (Alcaldía de Yaguará, 2016).

Con respecto a la cobertura del Régimen Subsidiado, el municipio para el año 2012 alcanzaba una cobertura del 98% del total de la población. Las empresas que administran los recursos del régimen subsidiado en el municipio son: Ecoopsos, Solsalud, Asmet Salud y Comfamiliar del Huila.

La ESE Hospital Laura Perdomo de García es la única Empresa Social del estado de primer nivel de complejidad, la cual cuenta con una infraestructura técnica, científica y de servicios acreditado y habilitado para la prestación de los procedimientos de este nivel de complejidad; actualmente tiene habilitado los servicios de urgencias 24 horas, laboratorio clínico básico, farmacia, hospitalización, consulta médica general, servicio odontológico, servicio de ambulancia; además presta los servicios de promoción y prevención, vigilancia en salud pública entre otros. Atiende a toda la población mediante contratos con las EPSs y convenios con el municipio. Su infraestructura física en general se encuentra en buen estado. En cuanto a la calidad del servicio, se hace necesario promover la cultura de atención al cliente en todos los funcionarios, pues hay que ofrecer servicios de salud integrales con calidad, donde se haga énfasis en el factor humano como elemento primordial del sistema de seguridad social en salud. Por otra parte los servicios del segundo, tercer y cuarto nivel se prestan principalmente en las ciudades de Neiva y Bogotá. (Planeación de Yaguará, 2017).

Aspecto Económico

Referente a la actividad económica urbana, se ha determinado que el 19% se dedican a la industria, el 52.8% al comercio, el 28.1% a servicios y el 0.1% a otra actividad. De igual manera, se determinó que el 81% de las viviendas rurales ocupadas tenían actividad agropecuaria y que el 78.7% de ellas se dedican a la actividad agrícola, 89.3% a actividad pecuaria y el 16.5% a actividad piscícola. (Alcaldía de Yaguará, 2016).

Es importante destacar que del total de los cultivos asociados a la vivienda rural, el 57% corresponde a transitorios solos, el 3.9% a transitorios asociados, el 24.2% a permanentes solos y el 14.8% a permanentes asociados. (Alcaldía de Yaguará, 2016).

Dentro del sector de los cultivos transitorios el reglón sobresaliente es el cultivo de arroz básicamente, el cual ha logrado cierto grado de desarrollo tecnológico, gracias a la existencia de dos distritos de riego (Vilú y Floresta) y al uso de semillas mejoradas lo que permite que se ubique entre los municipios del país con mejor rendimiento promedio por hectárea (6.8 Toneladas/ha). Este se cultiva en las zonas planas de los ríos Yaguará y Callejón, presentándose en los últimos años un desplazamiento del cultivo por el valle del río Pedernal. (Planeación Yaguará, 2016).

Aspectos culturales

El aspecto cultural en el municipio de Yaguará se encuentra relativamente poco desarrollado. Existe una institución o Casa de la Cultura, limitadas para promover y difundir valores y expresiones culturales, como también existen propósitos serios a nivel institucional y/o en la comunidad dirigidos a rescatar y a fomentar las expresiones artísticas y culturales. El municipio no cuenta con infraestructura para la actividad cultural como teatros, museos, entre otros.

Las actividades culturales del municipio giran alrededor de los diferentes centros educativos, en donde se dedica tiempo prudencial para el desarrollo cultural, y de esta forma despertar en los estudiantes estas destrezas, que a veces quedan truncadas por no existir programas que asesoren el desarrollo adecuado en este campo. (Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Yaguará, 2016).

Aprovechando la construcción del embalse de Betania (CHB), el municipio que era netamente agrícola y ganadero, cambia de actividad, fortaleciéndose el turismo pues el embalse bordea al municipio. Cuenta con una diversidad de paisajes y sitios naturales que no se están explotando adecuadamente, merece mencionar entre otros: la cueva del amor, la cueva del tigre, el charco del bejuco, las moyas de Chichayaco, balneario el caimán, las juntas, el tomo y el embalse de Betania. (Alcaldía de Yaguará, 2016).

3.10.6.15 Teruel

Aspecto Físico

El municipio de Teruel está ubicado en el flanco oriental de la Cordillera Central, en el sector noroccidental del departamento del Huila, tiene una extensión aproximada de 498 km2. El municipio limita, por el norte con el departamento del Tolima; hacia el sur con el municipio de Yaguará e Íquira; hacia el oriente con el municipio de Palermo y hacia el occidente con el departamento del Cauca y el municipio de Íquira.

El municipio de Teruel tiene una población total de 8.787 habitantes, distribuidos en porciones de 50.09% en la cabecera urbana y 49.90% en la zona rural. Según la Secretaria de Planeación, del total de la población del municipio de Teruel, el 47,58% son hombres y el 51.92% son mujeres.

Tabla 129 División político administrativa Teruel

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	**9**	**No. de veredas**	**23**
Las colinas, San José, Angelaría, Obrero, San roque, Villa retiro, Villa losada, Barrio las brisas, Lote urbanizable las mercedes		La Armenia, Paraíso, Río Íquira, La Mina, La floresta, Corrales, Pedernal, Las Herreras, Los Arrayanes, La Maria, Primavera, Sinai, Portachuelo, Gualpi, Monserrate, Beberrecio, Estambul, La Castilla, Yarumal, El Tablón, Almorzadero, Cajuchal, La Cañada	

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019

Según la información dada por el documento Plan de Desarrollo 2016-2019 del municipio de Teruel los servicios públicos domiciliarios se encuentran de la siguiente manera:

La planta de tratamiento del *Acueducto* Municipal comienza su funcionamiento en el año 1.948, en la actualidad capta las aguas para consumo a través de una boca toma situada en la cuenca hidrográfica río Pedernal, se abastece por gravedad con una continuidad de 24 horas y presión adecuada. El agua del río Pedernal se contamina con aguas servidas de los beneficiadores de café, problema que debe ser solucionado con la construcción de pozos sépticos y fosas de compost aguas arriba de la bocatoma.

El servicio domiciliario tiene una cobertura del 99% del total del casco urbano, equivalente a 952 suscriptores, a la fecha se cuenta con la instalación de micro medidores en funcionamiento, cobrando las tarifas de acuerdo al consumo.

El área del lote donde está la planta del acueducto es de 1462 mts2, en la parte operativa se cuenta con cuatro operadores de planta, encargado de la aplicación de los químicos y un fontanero que tiene por función el lavado y mantenimiento de la red. Es una zona de captación propensa a deslizamientos que causa taponamiento por deslizamientos en épocas de lluvias que pueden obstruir la rejilla de la bocatoma interrumpiendo el servicio.

En la zona rural del municipio de Teruel, la población es abastecida mediante acueductos comunitarios, existiendo a la fecha 17 veredas con este servicio. De acuerdo a la información recogida en las encuestas veredales la cobertura rural es del 44,49 %.

El sistema de *alcantarillado* del Municipio es combinado, por el que se evacuan aguas residuales domésticas y aguas lluvias. Las redes de recolección tienen diámetros nominales de 8,10 y 12", el material utilizado en su construcción en un alto porcentaje corresponde a tuberías de gres con un 80% y en tuberías de PVC con un 20%. Las redes en su gran mayoría han cumplido su vida útil, pues tienen más de 25 años de construidas. Por las condiciones topográficas, las aguas servidas del casco urbano del municipio de Teruel son vertidas una parte a la quebrada el Pueblo, previo tratamiento, otra parte al río Pedernal y al zanjón La Toma, sin tratamiento, en especial las generadas por la población que habita el área recientemente construida.

La operación y mantenimiento al sistema de alcantarillado, a partir del 01 de noviembre de 2007, está a cargo de Las Empresas Publicas de Teruel "EMPTERUEL S.A. ESP"; esta se realiza de manera adecuada y periódica; sin embargo los pozos de inspección y los colectores en general, presentan acumulación de sedimentos y en gran parte colmatación de las tuberías que implican una disminución de la capacidad hidráulica y por consiguiente problemas en la descarga, ocasionando represamientos, rebosamientos, malos olores, infiltraciones inadecuadas y taponamiento en las redes. También se presenta afectación de vías y espacio público por rebose de pozos de inspección, alcantarillas y sumideros, que además de deteriorar las vías, genera malos olores que afectan a la población. Por la topografía del casco urbano y por su dinámica urbanística, se encuentran cinco (5) vertimientos, de los cuales dos (2) cuentan con Sistemas de tratamiento de aguas residuales domesticas; la PTAR de la Zona Occidental y el Sistema de tratamiento del barrio las Brisas.

El vertimiento de la PTAR de la zona occidental, recoge las aguas servidas de 962 viviendas; el vertimiento del barrio Las Brisas, recoge las aguas servidas de 30 viviendas; el vertimiento del barrio Las mercedes, recoge las aguas servidas de 40 viviendas, el vertimiento del barrio Divino Niño recoge las aguas servidas de 117 viviendas, el vertimiento denominado el matadero recoge las aguas servidas de 78 viviendas.

Se pretende que en un futuro los vertimientos puntuales del municipio sean tres; la PTAR de la zona occidental (existente), el sistema de tratamiento del barrio las Brisas (existente) y la PTAR para la zona de expansión del municipio (PTAR proyectada).

La empresa realiza monitoreo de aguas residuales y fuentes receptoras, y diariamente la operación y mantenimiento tanto de la planta de tratamiento de la zona occidental, como del sistema de tratamiento del barrio las brisas.

En el área urbana existen 1.227 suscriptores de los cuales el 98% reciben el servicio de alcantarillado. El servicio de alcantarillado, la cobertura no alcanza el 100% debido a que existen viviendas que por condiciones técnicas, no se han podido conectar a la tubería madre y otros por no tener la disponibilidad de redes de recolección y otros porque no se han querido conectar.

La cobertura de recolección es del 100% equivalente a 1.052 suscriptores; La frecuencia es de 2 veces por semana los días martes y viernes utilizando una volqueta con su operario y 4 encargados de depositar los residuos sólidos en el automotor por contrato que son aproximadamente entre 60.840 y 68.000 kilos por mes. Los residuos recolectados son llevados al relleno sanitario Los ángeles en el Municipio de Neiva.

El servicio de *gas natural* en la actualidad lo suministra Alcanos del Huila con 1093 conexiones domiciliarias. La prestación del servicio se hace con una planta (City Gate) localizada en el Barrio Las Mercedes, a donde llega la tubería de gas troncal desde el municipio de Palermo construida el año 2013. La red del sistema de distribución de gas está conformado por troncales y anillos de distribución que en total suman 16,21 Km, en tuberías de polietileno de 1 a 3 pulgadas.

El servicio domiciliario de *energía eléctrica* lo ofrece la Electrificadora del Huila. El servicio que se presta depende de la interconexión Betania (Seboruco - Yaguará). En la zona urbana se dispone del servicio con cobertura del 100%. A nivel rural casi la totalidad de veredas cuentan con el servicio de energía eléctrica a excepción de la vereda la Armenia. El municipio tiene una cobertura del 83,76 %.

Aspecto social

Los componentes de educación y salud se encuentran de la siguiente manera según el documento del plan de desarrollo 2016-2019:

El municipio de Teruel cuenta con 3 instituciones educativas, la institución educativa Misael Pastrana Borrero que tiene tres (3) sedes urbanas y 1 sede rural, la institución educativa la Mina, que cuenta con diez (10) sedes rurales y la institución educativa La Primavera que cuenta con 12 sedes rurales.

El documento de consulta indica que el municipio de Teruel en materia de salud se encuentra certificado y el servicio de salud se presta a través de la Secretaría de Salud Municipal y la ESE Hospital San Roque, en tres áreas: el aseguramiento, la prestación de los servicios en salud y la salud pública.

La prestación de servicios de salud a la comunidad se garantiza por medio de contratos con empresas promotoras de salud, ya sea como afiliado al régimen contributivo, al régimen subsidiado o al régimen vinculado.

Teniendo como referente los datos de población generados por la Base de Datos de la secretaria departamental del Huila, se obtiene la siguiente distribución poblacional según su estado de afiliación al Sistema General de Seguridad Social (SGSSS). En el régimen subsidiado se encuentran 6945 personas, en el régimen contributivo hay 481 personas, en el régimen especial hay 59 personas, y en ningún régimen de afiliación hay 1302.

Para garantizar la prestación del servicio de salud tanto a la población vinculada como subsidiada, el municipio de Teruel contrata la prestación de los servicios del Nivel I (Baja complejidad) con la ESE Hospital San Roque.

La IPS fue fundada en el año 1967, inicialmente el centro de salud quedó ubicado en la calle 7 entre carrera 4 y 5 con infraestructura amplia para el número de usuarios de la época, en 1979 fue trasladada a la sede actual en el barrio San José, zona poblada y de fácil acceso.

El 18 de Septiembre por decreto No. 43 de 2007 la Unidad Administrativa Especial Centro de Salud San Roque se transformó en EMPRESA SOCIAL DEL ESTADO HOSPITAL SAN ROQUE, y actualmente cuenta con los servicios de consulta externa, hospitalización, promoción y prevención, apoyo, diagnóstico y complementación terapéutica, urgencias, transporte especial de pacientes.

Aspecto económico

El sector económico en lo agropecuario está formado por las actividades económicas relacionadas con los recursos naturales en productos primarios no elaborados. Por lo usual, los productos primarios son utilizados como materia prima en las producciones industriales. Las principales actividades del sector primario son la agricultura, la ganadería, piscicultura, porcicultura, avicultura y otras especies.

El hato ganadero está compuesto por 5.316 bovinos (1.3% del total departamental), dedicados a la ceba, la producción de leche y doble propósito. Se tiene praderas una capacidad de carga 2 a 3 Ha por animal, explicada por la persistencia del pastoreo extensivo aunado a la mala calidad de las pasturas y las condiciones climáticas adversas, donde predomina la temporada seca. La actividad ganadera es un renglón importante en las veredas La Cañada, El Almorzadero, La Armenia y Estambul. Se encuentran cubiertas en pastos naturales, mejorados y rastrojos distribuidos en todo el territorio en los climas cálido seco, medio húmedo y medio muy húmedo, los cuales se dedican al pastoreo de bovinos. Existe en el municipio gran variedad de pastos sembrados para alimentación del ganado en el municipio, entre ellos se pueden identificar: Brachiaria, Puntero, kikuyo, Pasto de Corte, Estrella Africana, entre otros.

Teruel cuenta con 13 piscicultores y una asociación constituida para la producción de alevinos de Trucha (ASPATRU). Las especies empleadas para esta actividad económica son: Trucha, Mojarra, Sábalo, Carpa, Cachama entre otros. La especie que más producción alcanzó fue el sábalo con 7.070 Kg, seguida de la trucha con 3225 kg, en su orden tilapia roja y la cachama. (Plan de desarrollo, 2016-2019)

Aspecto cultural

Teruel posee una gran cantidad de valores patrimoniales y culturales. Encontramos bienes naturales como cascadas, aguas azufradas y sitios misteriosos. También gran cantidad de casas antiguas que para muchas personas Tienen importancia solamente por su antigüedad y no por los acontecimientos que allí se desarrollaron.

En el pueblo se celebran fiestas patronales y fiestas típicas; las fiestas de febrero y de agosto están dedicadas a los santos patronos. En lo artesanal, encontramos el trabajo de la madera, el coco y el pindo con el que se elaboraban sombreros. Con bejucos traídos de la montaña se tejen canastos. Las fiestas de San Pedro se Celebran con mucha alegría y los habitantes participan con entusiasmo y mucho licor en las alboradas, cabalgatas, encuentros de rajaleña, reinados y mojigangas. (Plan de desarrollo, 2016-2019).

3.10.6.16 Garzón

Aspecto Físico

El municipio de Garzón se encuentra localizado en el suroriente del departamento del Huila a una distancia de 113 kilómetros de la capital, Neiva, y a 73 km del municipio de Pitalito. Se encuentra a una altitud desde 790 msnm hasta 900 msnm (En el área urbana) y tiene una temperatura promedio de 24°C. Su topografía es llana, semi montañosa y boscosa, por lo cual se encuentran dentro de su territorio varios pisos térmicos.

Es conocida como la Capital Diocesana del Huila por ser la primera diócesis católica de la región de la cual se crearon las actuales; también se le conoce como el alma del Huila o Garzoncito. También es conocida por su arquitectura religiosa.

Garzón limita por el norte con el municipio de Gigante, por el sur con el municipio de Guadalupe, al suroeste con los municipios de Altamira; por el oriente con el departamento del Caquetá y por el occidente con el municipio de Agrado. Debido a su topografía, se encuentra subdividida en distintas regiones:

- Región del Río Magdalena: La constituye una estrecha franja, influenciada por el Río Magdalena. Es húmeda y cubierta en gran parte por labranzas, pastos y bosques.

- Región Árida del Llano de la Virgen: Es una llanura cubierta de pastos y matorrales, delimitada por los ríos Magdalena y Suaza, no irrigada y poco apta para la agricultura y ganadería por ser desértica.

- Región Central: Semimontañosa, bosques maderados con algunas sabanas de gran paisaje natural. Se encuentra allí gran parte de la población.

En la historia reciente de esta localidad ha habido varias refriegas causadas por huelgas cafeteras y protestas por la construcción de la represa hidroeléctrica El Quimbo por parte de la empresa española Emgesa, que ha causado expropiaciones a habitantes, pescadores y agricultores aledaños a las riveras del Magdalena y el Suaza. En la actualidad la represa ya se encuentra generando energía y dando subsidios a los habitantes afectados por sus construcciones.

En Garzón, según las Fichas de Caracterización Territorial de la DNP actualizadas a junio de 2017, se encuentran 92.186 habitantes, con un porcentaje de la población municipal con respecto del total departamental de 7.8%, total población en cabeceras 44.344 y población rural 47.842, la población hombres 43.910 y mujeres 48.276, población entre los 15 años y los 59 años potencialmente activa 54.352. El total de la comunidad indígena es de 40, total población negro, mulato o afrocolombiana 273, población ROM 1. El municipio de Garzón tiene una densidad poblacional equivalente a 122 habitantes por km2.

El municipio de Garzón cuenta con una división territorial que consta de 94 barrios en la zona urbana, mientras que en la zona rural existen 93 veredas, y 12 corregimientos así: Caguancito, El Recreo, Zuluaga, El Paraíso, Providencia, El Mesón, El Descanso, Majo, San Gerardo, San Antonio del Pescado, La Jagua y Santa Marta.

Tabla 130. División político administrativa Garzón

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	94	Corregimientos	12
		No. de veredas	93
El Bosque, Las Orquídeas, Orquídea Real, Villa Prado, El Carmen, Las Palmas, Pio XII, Villa Sol, El Fontanar, Las Palmeras, Primavera, Villas Café, El Jardín, Las Vegas, Providencia, Villas Del Café, El Monasterio, Limonar, Riveras de, Garzón, El Obrero, Los Andes, Rodrigo Lara Bonilla, El progreso, Los Canelos, Sagrada Familia, El Rosario, Los Comuneros, Samaritanos, Los Guaduales I, San Cayetano, Fundadores, Los Guaduales II, San Isidro, El Universitario,5 de Noviembre, Granjas A, Los Guaduales III, San Lorenzo, Aguazul, Independencia, Los Laureles, San Vicente de Paul, Agustín Sierra, Jorge Enrique Pulido, Los Nogales, Santa Clara, Álamos, Juan Pablo I, Los Olivos, Santa Lucia, Bajo Sartenejo, Juan Pablo II, Los Pinos, Santa Teresa, Bosque del caracolí, Julio Bahamon, Los Samanes, Termitas, Brisas del Sur, La Carolina, Luis Carlos Galán, Valle del Casa Loma, Calima, La Floresta, María Auxiliadora, Veinte de Julio, Canadá, La Florida, Méndez, Villa Alejandra, Centro, La Gaitana, Minuto de Dios, Villa Constanza, Cerros, La Libertad, Nazareth, Villa deportiva, Chapinero, Las Américas, Nueva Colombia, Villa Francia, Ciudad Real, Las Colinas, Nueva Esperanza Real, Villa Garzón, Ciudadela Sabambu, Las Granjas, Nueva Holanda, Villa Karol, Cristo Rey, Las Mercedes, Nuevo Horizonte, Villa Laura.		• Caguancito: La Ulama, Caguancito, Mocoa, Puesto Alegria, El Caguan, Alto San Isidro, Panorama, EL Socorro, El Mirador. • San Antonio del Pescado: El Viso, San Pedro, Sector La Ceiba, EL Rosario, San Luis, Albania, Campo Bello, Santa Helena, El Pescado, La Esperanza, La Trinidad, San Antonio, Sector Las Mercedes, Unión Agua caliente. • Descanso: La Orquídea, Nuevo Horizonte, El Descanso, Los Robles, La Aurora, Filo de Guayabal • San Gerardo: Bellavista, San Gerardo, El Batán, Las Palmitas, La Cañada, La Cabaña. • El Mesón: El Mesón, Los Pinos, Las Mercedes, San Miguel, Alejandría, Los Alpes, El Cedral. • El Recreo: El Recreo, Primavera, Pan de Azúcar, Mesitas • La Jagua: La Jagua • Majo: Balseadero, Alto Sartenejo, Majo, Jagualito, Sector Hucanas, El Barza • Santa Marta: Alto Fátima, la Esmeralda, Santa Marta, Los Sauces, Fátima, Claros, Puerto El Oasis, Agua Blanca, Villa Rica • Zuluaga: Miraflores, Los Medios, La Pita, La Azulita, Zuluaga, Zuluaguita, Villa Florida, El Vergel • Providencia: San José de la Florida, La Florida, Sector Filo Rico, Las Delicias, Vega de Platanares, El Libano, Providencia, Filo de Platanares, Nueva Floresta • Paraíso: Los Guaduales, Potrerillos, Filo de Pompeya, El Paraíso, Villa Hermosa, Buenos Aires, La Soledad, Monserrate, Providencia, El Progreso, El Balseral, Las Brisas, Los Milagros, Paloquemao	

La información referente a los servicios públicos del municipio fue tomada del documento de reformulación del Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Garzón del año 2016.

El abastecimiento de *agua potable* del municipio está cargo de Empresas Públicas de Garzón, y su fuente de abastecimiento del agua la constituye la bocatoma de la Quebrada Garzón, el agua es transportada por gravedad hasta la planta de tratamiento ubicada vía al Mesón 500 metros adelante del Barrio La Independencia y de ahí es distribuida a la zona urbana.

La Quebrada Garzón, cuenta con un caudal medio de 2.500 L/s, con una capacidad de captación 300 L/s y conducción de 250 L/s, presentando un tipo de captación con bocatoma lateral y de fondo, planta de tratamiento tipo convencional con capacidad para 250 L/s, aplicación para tratamiento cloro gaseoso, presenta dos tanques de almacenamiento con capacidad para 2.200 m3 y una red de distribución de 79 km de longitud, con 70 hidrantes.

El total de la población beneficiada según información suministrada por la Alcaldía Municipal es de 8.854 usuarios alcanzando una cobertura de 100%, de los cuales el 92,4% son suscriptores residenciales, comerciales participan con 7,0% y otros usuarios con el 0,6%. Entre tanto el servicio es prestado las 24 horas del día.

Sin embargo, existen 55 Viviendas del Barrio la Independencia sin agua tratada por estar conectadas a un acueducto independiente con bocatoma en la Quebrada Garzón, que lo maneja la misma comunidad. También la parte baja de la Vereda Bajo Sartenejo, área de futura expansión del Municipio cuenta con un acueducto independiente sin tratamiento alguno, abastecida de la Quebrada Majo. Cuenta con una planta de tratamiento convencional que tiene una captación en sus bocatomas de aproximadamente 350 L/s y se tratan 176 L/s.

De igual manera el área de expansión urbana contara con el proyecto de expansión del acueducto urbano que es la prolongación de la red que llega hasta el centro recreacional Manila.

Según la reformulación del PBOT, el acueducto cuenta con la siguiente priorización de proyectos: Reposición de redes de AC que ya cumplieron su ciclo de vida útil, Catastro de redes de acueducto, Proyecto de reposición red de acueducto, Proyecto optimización red de acueducto, Ampliación red acueducto Barrio la Independencia, Ampliación red de distribución zona de expansión Bajo sartenejo.

En cuanto al *alcantarillado*, en este momento el Municipio de Garzón tiene a su disposición una red de evacuación de aguas residuales, que con una extensión aproximada a 60 Km, beneficia al 94% de la población urbana.

Adicionalmente, existe un estudio denominado “Complementación Plan Maestro de Alcantarillado” que aunque no contempla todos los aspectos de diagnóstico, rediseño de tramos de alcantarillado ha contribuido en su etapa inicial a la construcción de dos colectores principales, paralelos a las Quebradas Garzón (en el Norte) y La Cascajosa (en el Sur), lo cual permite hablar de un proceso de vertimiento cercano al 75% de las aguas domésticas, en un solo punto, más exactamente sobre la Quebrada Garzón.

Sin embargo, aún queda un 25% que está siendo depositado sobre los cauces de estas mismas corrientes de forma independiente, a través de tramos de alcantarillado que no trabajan a los colectores principales existentes. Tal circunstancia constituye una evidente amenaza contra la estabilidad de estas fuentes, las que están recibiendo directamente toda la descarga sin ningún tipo de tratamiento, pues el municipio de Garzón no cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales que le permita reducir los niveles de contaminación de sus aguas.

La disposición final de los *residuos sólidos* se está haciendo en el relleno sanitario de los Ángeles de la Ciudad de Neiva, con vehículos que cumplen con los requisitos para la recolección de los residuos sólidos.

El sistema de barrido y limpieza de vías y áreas públicas en Garzón, se desarrolla en 35 kilómetros diarios, en forma manual con una cobertura del 100%, estos residuos son transportados hasta la Planta de Tratamiento Biorgánicos del Centro.

Garzón cuenta con el servicio de *gas*, que está a cargo de la Empresa Alcanos de Colombia S.A. E.S.P. Alcanzando un de cobertura 6.894 beneficiarios, los cuales consumen en promedio 241 m3 durante el año, por familia.

De acuerdo a la información suministrada por la Electrificadora del Huila, el Municipio de Garzón presenta 17.492 usuarios de *energía eléctrica*, de los cuales el 92.38% de suscriptores son residencial, el 6.31% comercial, el 0.93% Oficial, el 0.37% corresponde a industria, Riego, Auto consumo, Alumbrado Público Bombeo y el 0.02% para las áreas comunes y bombeo.

De otro lado la distribución de los usuarios de energía eléctrica tipo residencial presenta que el 55,70% se ubica en la zona urbana, mientras que el restante 44,30% lo captura la zona rural. De otro lado el sector comercial con el 95,60% se localiza en la zona urbana y el 4,40% lo hizo en la zona rural. En lo que respecta al sector oficial el 31,90% lo aporta el sector urbano, mientras que la zona rural participa con el 68,10% de todo este grupo. Finalmente otros sectores aportaron el 0,28% al consolidar un total de 18 usuarios entre industria, alumbrado público y autoconsumo. Finalmente otros sectores capturaron el 0,38% con 67 usuarios, donde la industria aporta el 85% de esta modalidad.

Aspecto social

De acuerdo a la información contenida en el “Plan básico para el análisis de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo” del año 2015, Garzón posee en la educación todos los niveles. En el nivel de educación superior Garzón ofrece programas con la presencia de universidades como: Sur colombiana, ESAP, SENA, Antonio Nariño, Santo Tomas, Marco Fidel Suarez, Javeriana, Monserrate, El Bosque e Institutos Técnicos.

En cuanto a cobertura, el sistema educativo municipal está conformado actualmente por 15 Instituciones Educativas, de las cuales cuatro son urbanas y 11 rurales de carácter público. De carácter privado existen 13 Centros educativos en el área Urbana. Según la Secretaría de Educación del Huila (Fuente SIMAT) hasta el 01 de junio de 2013 el número de matriculados en las Instituciones Educativas Oficiales es de 16.033 estudiantes, distribuidos de la siguiente manera; en el nivel educativo de transición 1.099 estudiantes, primaria 7.319, en secundaria 5.037, en media vocacional 1.492 estudiantes y en el nivel educativo para adultos 1.086.

De acuerdo al mismo documento, en salud se tiene la cobertura de niveles 1 y 2 prestados respectivamente por la empresa social del estado María Auxiliadora y el Hospital Regional San Vicente de Paúl, este último con una gran infraestructura que le permite brindar asistencia a los Municipios circundantes, además a los departamentos de Caquetá y Putumayo.

El municipio de Garzón cuenta con 59 prestadores inscritos en el Registro especial de prestadores de la Secretaria de Salud Departamental del Huila, 41 corresponden a profesionales independientes, 15 IPS, de ellas 3 son IPS públicas y 12 privadas. Adicionalmente el Batallón Pigoanza, cuenta con un dispensario médico con los siguientes servicios del primer nivel de atención: Consulta médica general, Odontología, Farmacia, Curaciones, Laboratorio clínico.

La cárcel de circuito, de la ciudad, también presta algunos servicios de salud del primer nivel de atención a la población reclusa, como son: Consulta médica general, Farmacia, Odontología, Curaciones, Inyecto logia.

La situación de aseguramiento de la población de Garzón es la siguiente. Régimen Subsidiado 53.637 habitantes que representa el 66%, Régimen Contributivo y Especial 20.611 habitantes que representa el 26% y Vinculados 6.261 habitantes que representa el 8% para un total de 80.509 habitantes con aseguramiento a salud según fuente BDUA (Base de datos única de afiliados). Entre las entidades aseguradoras se tiene a Comfamiliar, Cafesalud, Solsalud, Comparta, Emcosalud y Caprecom.

También funciona en el municipio una entidad especializada que presta servicios a pacientes con diagnósticos asociados a problemas congénitos, como Síndrome de Down, deseabilidad mental, hipoacusia y parálisis cerebral, entre otros. Además existen dos instituciones de Asistencia a la Tercera Edad.

La E.S.E. “María Auxiliadora” presta los servicios del primer nivel de salud, con cobertura municipal en la zona urbana y rural, proyectando sus programas a través de 2 Centros de Salud y 19 Puestos de Salud en la zona rural.

El Hospital Regional San Vicente de Paúl - Empresa Social del Estado está catalogado dentro del Nivel 2 (cobertura regional). Beneficia a los municipios de Gigante, El Agrado, El Pital, Altamira, Guadalupe, Suaza, Tarqui, La Plata, Pitalito y algunos Municipios del departamento del Caquetá y Putumayo. Garzón es sede del centro zonal con una cobertura que se extiende hacia los Municipios de Gigante, Tarqui, Pital, Agrado, Altamira, Guadalupe, Suaza y Acevedo.

Aspecto económico

La economía de Garzón se concentra en la producción del sector primario, con altos niveles de ruralidad y de actividad agrícola y pecuaria. La producción del café para el municipio de Garzón es muy importante pues es el cultivo que más se produce en la región y posiciona a Garzón como el tercer productor del grano a nivel departamental.

Para el 2010 se tenían 8.509 hectáreas en café que produjeron 7.329 toneladas, por esta razón se concluye que la economía rural se encuentra altamente especializada en la producción del grano. Sin embargo, no es el único cultivo que se da en la región, para Garzón son significativos los cultivos tales como: el plátano que ocupa el segundo lugar de cultivos más significativos en el municipio con un total producido de 6.738 toneladas, seguido por el maíz con un total de 6.300 toneladas. Se resalta la producción de otros cultivos como maíz y lulo. En términos del sector pecuario, se halla que el municipio presenta una gran capacidad de producción.

Aspecto cultural

Actualmente cuenta con el Instituto de Cultura Municipal con sede propia localizado en el antiguo Molino el Triunfo, encargado de fomentar y cultivar las manifestaciones culturales y artísticas; manifestaciones que deben ser altamente divulgadas y apoyadas para mantener viva la tradición cultural de la región.

Desde su fundación, el Instituto viene trabajando con el programa Escuela de Formación Artística Municipal E .P.A., cofinanciada por el Instituto Huilense de Cultura a través del programa Escuela de Especialización Artística del Acto Magdalena E.S.A.M, para capacitación No Formal, cobrando una mensualidad mínima por cada estudiante.

Además de los cursos actuales se dan talleres de gestión cultural, patrimonio, relaciones interpersonales, psicología y especializado en cada una de las áreas como complemento a la capacitación brindada. En la actualidad se viene trabajando con talleres permanentes de artes escénicas (Danza y Teatro), artes visuales (Pintura y Cerámica), artes musicales (Guitarra, Tiple, Teclado, Formación Bandística), confecciones; talleres que son totalmente gratuitos.

3.10.6.17 Altamira

Aspecto Físico

El municipio de Altamira está situado en la zona sur del departamento del Huila, en la margen derecha del río Magdalena, sobre las estribaciones de la serranía de la Ceja en la Cordillera Oriental, entre los 2° 4´ latitud norte y 75° 48´ de longitud oeste, distante 143 kilómetros de la ciudad de Neiva, capital del Departamento, a una altura de 1.079 metros sobre el nivel del mar y con una temperatura promedio de 23° a 24° C. (Alcaldía municipal de Altamira, 2016).

El municipio forma parte del valle del Alto Magdalena, subdividido a su vez en subregiones naturales, presenta un terreno plano y húmedo con fértiles tierras hacia el sur y seco y erosionado al norte, la del Macizo Colombiano, la del Valle del río Suaza, la de la Cordillera Central Huilense y la región del Sumapaz. Dentro de las regiones polarizadas de las que forma parte el municipio, teniendo en cuenta la atracción ejercida por los polos de desarrollo fuertes que son Bogotá y Cali. (EOT Altamira, 2016).

Según la Ficha de Caracterización Territorial del DANE 2017, la población estimada para el municipio asciende a 4.491 habitantes, posee una extensión de 18.818,1 hectáreas y sus límites se definen por el sur con el municipio de Timaná en el sitio Pericongo por la zanja del Diablo en sentido oriental hasta encontrar la quebrada La Singa, y por su cauce hasta el Rio Suaza. De este punto en sentido norte por el cauce del Rio Suaza hasta el punto de la quebrada La Pescada, de donde gira en sentido occidental (zona considerada en conflicto). Se toma nuevamente el lindero por el cauce de La Quebrada Las Cuchas hasta su desembocadura en el Río Magdalena, de donde se toma en sentido sur por su cauce hasta llegar al punto de partida.

El municipio de Altamira cuenta con una división político-administrativa de tipo urbano y rural en barrios y veredas respectivamente de la siguiente manera:

Tabla 131. División político administrativo Altamira

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	**09**	**No. de veredas**	**12**
Altico, Buenos Aires, Brisas y Samanes, Centro, El Lago, La Unión, Los Andes, San José, Villa maría Jardín.		El Grifo, El Puente, El Tigre, Hato Blanco, La Guaira, La Singa, Llano De La virgen, Minas y Miraguas, Pajijí, San Carlos, Sempero, Villa Fernanda.	

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019

En su parte urbana el municipio se ve abastecido de *agua* en la actualidad por la quebrada La Perica del micro cuenca La Viciosa (municipio de Guadalupe), que ocupa un área de 16.440 hectáreas. En el año de 1.994 fue arrasado el acueducto que existía y por ello fue reubicada la bocatoma y parte de la conducción, quedando en la actualidad un caudal de aproximando de 10 L/s. Posee también planta de tratamiento de acueducto ubicada sobre la vía que conduce a Guadalupe a 1.0 Km del casco urbano.

Es importante mencionar que la dificultad en la prestación del recurso hídrico para el sector urbano de Altamira, según la información presentada en el EOT de 2016 se encuentra remitida a la dificultad de un tramo de aproximados 5.000 metros, en los que por la dimensión de la tubería, se presenta un embotellamiento en la línea de conducción. La malla actual del acueducto urbano es de 12.791 metros lineales (vista en plancha 5/8. La prestación del servicio de *acueducto* actualmente es sectorizada, para lo que se tienen en cuenta 9 espacios. El sector del barrio el lago es el más amplio con 106.361 m2.

Altamira posee servicio de *alcantarillado*, pero tal como sucede en la mayoría de los municipios huilenses, fue diseñado y construido como sistema de alcantarillado sanitario y se utiliza realmente como sistema combinado, ya que a él se conectan muchas aguas lluvias que en días de precipitaciones altas, provocan represamientos e inundaciones en algunas viviendas de la parte baja del enmallado. Según la información planteada en EOT del 2016, la cobertura es de aproximadamente un 95%, faltando aún por conectar la parte del casco urbano que comunica con la vía a Garzón y recoger de manera técnica algunas redes de carácter privado que recolectan unas doce viviendas de esa zona.

El municipio de Altamira no cuenta con servicio de *alcantarillado* en su zona rural y no se conocen hasta el momento proyectos relacionados.

La recolección de *residuos sólidos* en el municipio se efectúa dos veces por semana, mediante el uso de 2 volquetas del municipio. Dichos residuos son depositados en una zanja natural de la vereda el tigre de éste municipio a 4 Kms del casco Urbano, con una cobertura del 100%. El municipio produce aproximadamente 9 toneladas de basura semanalmente, lo que indica una producción de 1285 Kg/día. (EOT Altamira, 2016).

El sector urbano cuenta con servicio de energía en su totalidad (489 viviendas), en cuanto al alumbrado público, el municipio asumió la responsabilidad de la prestación del mismo, que se encuentra en un estado deficiente y existe una deuda con la Electrificadora del Huila. El 66.7% del sector rural cuenta con servicio de energía eléctrica, mientras que el 33.3% restante no disfruta del servicio.

El sistema de comunicación del municipio de Altamira se remite a ser prestado por la empresa Nacional de Telecomunicaciones con gerencia local en el municipio de Garzón. Actualmente la empresa tiene instaladas en servicio 140 líneas telefónicas.

El servicio de suministro de gas natural se presta puerta a puerta mediante los camiones transportadores del mismo, durante casi todos los días de la semana. No existe en la actualidad ninguna red de servicio domiciliario.

Aspecto social

Altamira no se encuentra certificado para la administración directa del sistema educativo por lo que su desempeño es monitoreado por el Comité Técnico Educativo creado por la administración municipal. Este mecanismo, de acuerdo al SIMAT (sistema de matrícula), lleva las principales cifras de la Educación.
La oferta educativa está constituida por una (1) institución educativa:

Institución Divino Salvador:
Sedes: Divino Salvador, El Porvenir, El Puente, Llano De La Virgen, María Auxiliadora, María Nazareth, Pajiji, Villa Fernanda, San Carlos.

La red de servicios de salud en el municipio, esta someramente limitada a un centro de salud marcada por su deficiencia en su capacidad instalada, y que presta deficientemente los servicios de manera programada o electiva habilitado con servicios delimitados, y con una infraestructura notoria en malas condiciones. Fuente PDM, 2016.

No existen mecanismos de emergencia como un vehículo tipo ambulancia en buen estado que permita el transporte de pacientes y personal autorizados para prestar un servicios en caso de emergencia o urgencia, el puesto de salud no cuenta además con equipos de laboratorio, de urgencia o de salud oral los elementos hospitalarios que aun poseen están obsoletos y en muy malas condiciones para prestar un servicios de calidad y eficiente.
De igual menara actualmente no se realiza de manera eficiente y eficaz un programa de vigilancia y control en seguridad social en salud y la comunidad permanentemente manifiesta insatisfacción en la prestación de este y muchos otros servicios, lo cual ha promovido muchas acciones en caminados a generar y fortalecer la mejorar de prestación del servicio bajo los requisitos esenciales según el sistema único habilitado en el puesto de salud, bajo protocolos de atención, manual de calidad y mejoramiento de atención conforme a la Ley. (Planeación de Altamira, 2016)

Aspecto económico

Dentro del análisis de los vínculos regionales del municipio de Altamira, un aspecto importante para citar y analizar en el área comercial, es el de los créditos, elemento fundamental para el desarrollo de las actividades comerciales, empresariales, agropecuarias de sus habitantes.

A nivel local el municipio cuenta con El Banco Agrario como único ente financiero; cuentan con el apoyo además de las cooperativas financieras Cofisam, Megabanco y Confié en Garzón, siendo estas las entidades en las que los habitantes del municipio recurren para solicitar créditos de inversión micro empresarial y de ahorro cooperativo. Altamira depende comercialmente en un 71,42% del Municipio de Garzón, en un 14,29% de Timaná y tan solo en un margen del 14,29% de Altamira, lo que demuestra que no es un municipio autosuficiente en el aspecto comercial. (Planeación de Altamira, 2016)

La economía de Altamira gira en torno a la producción del Bizcocho de Achira. La harina de achira es la materia prima principal, teniendo en cuenta que el municipio no es autosuficiente para producirla, los microempresarios se ven en la necesidad de traer este producto de los municipios de Cáqueza, Cundinamarca y Pasto, Nariño. También tiene 11 proveedores en la ciudad de Neiva que satisfacen a un costo más alto esa necesidad. Dentro de la consecución de materias primas para fabricación del bizcocho de achira, se hace también necesaria la compra semanal de queso prensado proveniente del departamento del Caquetá.

El sector secundario en el municipio de Altamira se caracteriza por la industria del bizcocho de achira fundamentalmente, que tiene reconocimiento a nivel Departamental y Nacional, en un segundo renglón se encuentra la industria de la gelatina y ariquipe, ocupando lugares de menor importancia el yogurt y el quesillo.(EOT Altamira, 2016).

Aspecto Cultural

La banda del municipio, es famosa y ganadora de muchos concursos a nivel departamental, la cual según el Plan de Desarrollo Municipal de 2016, se encuentra necesitada de instrumentos suficientes y mantenimiento de los existentes para la ampliación de su campo de acción, como también de dotación como sillas adecuadas y uniformes de presentación.

La producción de artesanías es una de las formas de expresión artística y cultural que se presenta en el municipio de Altamira de forma de microempresas familiares, para lo cual la administración municipal debe prestar apoyo en materia de capacitaciones y ayuda para la organización de las mismas para lograr que sean todas unas industrias culturales. (Acuerdo Alcaldía municipal de Altamira No. 008 DE 2016).

Para la realización de actividades de tipo artístico y cultural, el municipio cuenta con la casa de la cultura pero su estado es crítico sobre todo la cubierta, por eso es urgente la reconstrucción de su cubierta y el mantenimiento general de la casa de la cultura, también realizar algunas adecuaciones, para poder aprovecharla al máximo, pues en el municipio es el único escenario que se puede utilizar para las actividades culturales (Danzas, teatro, banda y música tradicional), por lo mismo es urgente en el municipio crear o adecuar espacios para la práctica de las actividades culturales.

3.10.6.18 El Pital

Aspecto Físico

El municipio de El Pital se encuentra localizado en la planicie del valle superior del río Magdalena, en las estribaciones de la cordillera occidental. Su cabecera está localizada cerca al piedemonte oriental de la Serranía de Las Minas a los 4º 27’ de latitud norte y 74º 0’ de longitud al oeste de Greenwich. Con una altura sobre el nivel del mar de 2.470 metros, y una temperatura media de 14ºC. (Alcaldía de El Pital, 2016).

Según información tomada de la Ficha de Caracterización Territorial del DANE 2017 la población estimada para el municipio asciende a 13.861 habitantes, posee una extensión de 20187,51 Hectáreas.

La composición política administrativa del municipio está representada así:

Tabla 132. División político administrativa El Pital

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	**9**	**No. de veredas**	**42**
		No Centros Poblados	**3**
Ecuador, Altico, Centro, La Esperanza, Álamos, Villa Luz, Emiro Barrera, Ciudad Jardín y Edén de Paz.		**Veredas:** El Vegón, El Socorro , Monserrate , El Uvital, Los Alpes, Alto San Isidro , Independencia, Cauchal, Peña Negra, La Florida , Mirador, Chorrillos, Los Olivos El Retiro, Chimbayaco, El Recreo, El Carmelo, Santa Rosa, El Amparo, La Mesa, Flor Amarillo, El Cusco, Playa Rica 1, San Antonio, Las Mercedes, Bajo Minas, Minas, San Miguel , La Galda, San Joaquín , Alto Líbano, San José , Tinco , El Carmen, Arrayan , Hato Viejo, Bajo San José, Campoalegre, Casco Urbano. **Centros poblados:** El Carmelo, Las Minas y El Socorro	

El Municipio de El Pital presta el servicio de agua potable, alcantarillado y aseo a través de la Empresas Públicas del Pital y Agrado S.A-E.S.P. El *acueducto* que provee la cabecera municipal de El Pital, es de tipo regional que igualmente abastece el casco urbano del municipio de El Agrado. Se surte de la quebrada La Yaguilga mediante una bocatoma con capacidad para captar 50 LPS, cuenta con una línea de conducción por gravedad hasta la planta de tratamiento con capacidad de transporte de 50 LPS. (Alcaldía de El Pital 2016).

El acueducto municipal presenta un cubrimiento del 100% del perímetro urbano, para un total de 5.804 usuarios, el 96.50% de los hogares recibe el servicio, el restante no cuenta con el servicio debido a que toma el agua (sin tratar) directamente de la quebrada (El Coral y La Cachema) o de nacimientos de agua.

En lo referente al sistema de *alcantarillado* se encuentra en estado regular de funcionamiento presentando algunos problemas en varios tramos e igual que el servicio de acueducto, también lo presta la empresa Aguas y Aseo de El Pital y Agrado S.A. E.S.P. y su facturación se realiza junto con el servicio de acueducto. La cobertura de este servicio es del 94,30% y cuenta con 5.704 usuarios. (EOT El Pital, 2016).

El servicio de recolección, transporte y la disposición final de *residuos sólidos* es prestado por la empresa Aguas y Aseo Pital y Agrado S.A. E.S.P. Para ello cuenta con un carro compactador en buen estado que realiza el recorrido tres (3) veces a la semana (martes, miércoles y viernes).

El municipio de El Pital tiene instalado el sistema de *gas natural* comprimido, el cual llega a la planta mediante una interconexión con el municipio de El Agrado; tiene un total de usuarios de 1.020 y el servicio de gas natural es prestado por la empresa Sur colombiana de Gas (SURGAS) S.A. E.S.P.

Aspecto social

Referente al componente de educación y teniendo los datos generados por la Secretaría de Gobierno y Desarrollo Comunitario del municipio, los niveles que más presentan los habitantes del municipio son los de básica primaria y secundaria respectivamente, el porcentaje de habitantes que logran realizar estudios de educación superior ya sea de carácter técnico o profesional, sumado a las personas que han realizado estudios de postgrado alcanza un número demasiado bajo. (Planeación municipal, 2016).

El porcentaje de habitantes que no presentan algún nivel de educación se centra en la población adulta y en la zona rural, debido al poco interés que la población muestra en la educación, ya que se cree no es necesaria para desarrollar las actividades del campo, a las cuales se dedican. (DANE, 2016)

El municipio de El Pital en su estructura orgánica cuenta con una Dirección Local de Salud Municipal la cual viene prestando el servicio de salud con el apoyo de la ESE – Centro de Salud San Juan de Dios, clasificada en el primer nivel, con capacidad de prestar los servicios de consulta externa, consulta de urgencias, hospitalización, farmacia, laboratorio clínico, Atención primaria en salud, consulta de prevención y promoción, consulta de odontología, medicina general, sala de partos, obstetricia, saneamiento, imágenes diagnósticas, albergue para gestantes en la casa materna y transporte asistencial básico, a la población urbana y rural del Municipio.

Aspecto económico

Como actividad económica, según la información del DANE de 2016, el municipio de El Pital tiene la agricultura y la ganadería como sector primario; la pequeña industria y comercio ocupan el sector terciario.

Otra forma de explotación agrícola se presenta en los suelos de laderas en donde se produce la mayor cantidad de alimentos y productos tales como el café, cacao, fríjol granadilla, mora, caña panelera, cítricos, plátano y entre otros. (Alcaldía de El Pital, 2016).

Aspecto cultural

El Pital cuenta con grupos culturales tales como la fundación “Pitayo Futuro”, el grupo de danza “Rob Dance” conformado por 40 adolescentes y coordinados por Robinson Castillo. Igualmente se destaca el maestro Eduardo Méndez como pintor, el cual ha realizado exposiciones de sus obras a nivel local y regional. (EOT El Pital, 2016).

En el municipio existen dos (2) edificios declarados como patrimonio arquitectónico del departamento del Huila: Capilla de la Santísima Trinidad o de Nuestra Señora del Amparo (terminada de construir en el año de 1.883) y el templo Santa Rosa de Lima.

Como aspecto cultural relevante en el municipio se promociona los santuarios religiosos; es necesario canalizar recursos para la conservación de los patrimonios históricos, culturales y religiosos como el de la Capilla de Nuestra Señora del Amparo.

3.10.6.19 El Agrado

Aspecto Físico

El municipio de El Agrado se encuentra localizado entre dos regiones geográficas: una localizada al oriente plana o ligeramente ondulada, y la segunda al occidente, montañosa en la que se destacan los accidentes orográficos de la Serranía de las Minas, la Cuchilla Galda, la Cuchilla de San Jacinto y el Cerro de Pan de Azúcar. (Plan de desarrollo municipal, 2016-2019)

El Agrado hace parte de la región central del departamento, en donde se encuentra localizado también el municipio de Garzón, cuya cabecera urbana dista solo a 15 minutos. Según información tomada de la Ficha de Caracterización Territorial del DANE 2017 y el EOT DE 2016 del municipio la población estimada para el municipio asciende a 9.168 habitantes, posee una extensión de 184,4 hectáreas en su zona urbana y 26931,72 Hectáreas en su área rural. El casco urbano y zona rural del municipio se encuentra conformado de la siguiente manera:

Tabla 133. División político administrativa El Agrado

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	**7**	**No. de veredas**	**26**
Chimbayaco, Caracolito, El Centro, San Agustín, Manizales, Fortunato Herrera y Rojas Garrido		Alto Granadillo, Alto Buena vista, Bajo Buena vista, El Astillero, El Carmen, El Socorro, Horizonte, La Cañada y La Escalereta, Alto Granadillo, Alto Buena vista, Bajo Buena vista, El Astillero, El Carmen, El Socorro, Horizonte, La Cañada, La Escalereta, La Esperanza, La Galda, La María, La Ondina, La Yaguilga, Las Orquídeas , Los Olivos, Los Pinos, Montesitos, Pedernal, Sabaneta, San Antonio, San José de Belén, Casco Urbano, Centro Poblado la Cañada, Reasentamiento la Galda, Embalse el Quimbo	

Fuente: Plan de desarrollo municipal, 2016-2019

El municipio de El Agrado al igual que el vecino municipio de El Pital presta el servicio de *agua potable, alcantarillado y aseo* a través de la Empresas Públicas del Pital y Agrado S.A - E.S.P. El acueducto que provee la cabecera municipal de El Agrado es de tipo regional, que igualmente abastece el casco urbano del municipio de El Pital. Se surte de la quebrada La Yaguilga mediante una bocatoma con capacidad para captar 50 LPS, cuenta con una línea de conducción por gravedad hasta la planta de tratamiento con capacidad de transporte de 50 LPS. (Plan de desarrollo municipal, 2016-2019).

De acuerdo a lo planteado en el EOT, Como indicadores para los servicios -Agua Potable, Alcantarillado y Aseo-, se encuentran coberturas aceptables en el casco urbano del municipio, pero muy bajas en la zona rural, en donde deben concentrase los mayores esfuerzos en aras de cerrar estas brechas marcadas con la población del campo.

Según datos de Planeación Municipal – MAVD consignados en el plan de desarrollo municipal 2016-2019, existen 265 personas sin servicio de conexión domiciliaria a las redes de recolección de aguas servidas, donde se tiene una cobertura del 95%. Las conexiones se encuentran en buen estado.

La recolección de residuos se realiza los días lunes y viernes, en el vehículo compactador de capacidad para 12 toneladas. El vehículo es de propiedad de Aguas y Aseo del Pital y El Agrado S.A E.S.P. El barrido de calles se realiza los días martes y viernes.

El Municipio del Agrado cuenta con el servicio público de *energía eléctrica*, suministrada por la Electrificadora del Huila, la cual según lo planteado en el Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019, alcanza una cobertura de 2.456 beneficiarios de los cuales se tiene 2.332 usuarios residenciales, y de estos en el casco urbano representan 1.399 y en el rural 933;locales comerciales 70 de los cuales urbanos son 58 y rural 12; entidades oficiales 36, urbanos 13 y rurales 23; Dieciséis (16) Industrias, Riego, Autoconsumo y Alumbrado Público; y Dos (2) Áreas Comunes, Provisional, Bombeo y Especial.

Aspecto social

Tomando como base los datos registrados en coberturas según el Sistema de Información Departamental del Huila, la educación en el municipio del Agrado se encuentra en un nivel (B) medio bajo debido a múltiples factores: Infraestructura institucional insuficiente dada la demanda de estudiantes, métodos de enseñanza sin resultados exitosos en las pruebas SABER e ICFES, las pruebas SABER hacen visible la inequidad en la calidad de la educación y evidencia la enorme brechas en la población.

En cuanto a la educación inicial, el municipio cuenta con el Hogar la Escalereta el cual atiende 175 niños de edades de 0 a 5 y la sede educativa José María Rojas Garrido que atiende a 175 niños de edades de 3 a 5 años, donde se ha venido desarrollando programas encaminados a primera infancia, y en donde se atienden alrededor de 350 niños de niveles 1 y 2 del SISBEN, como población más vulnerable del municipio. (Planeación el Agrado, 2016)

El municipio de El Agrado, en desarrollo de las competencias en lo concerniente con el Sistema General de Seguridad Social en Salud, presenta en su EOT que el municipio garantiza el mantenimiento y mejoramiento de la salud, mediante el aseguramiento, prestación y desarrollo de servicios, salud pública, vigilancia y control de factores de riesgo (Ambiental y Laboral).

Para este propósito, cuenta con la ESE Hospital Municipal San Antonio del Agrado, y a la vez inscrita en el Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud, cuyo objetivo fundamental de este nivel de atención, consiste en otorgar a la población, una atención integral y de calidad acorde a sus necesidades.

Aspecto cultural

El Municipio en el sector cultura, cuenta con varios acuerdos que lo fortalecen, a saber: Acuerdo No. 011 de 2004, por medio del cual se creó el consejo de cultura del municipio, acuerdo 029 de 2004 por medio del cual se creó la biblioteca municipal, acuerdo No. 09 de 2009, por medio del cual se creó la casa de la cultura Genaro Díaz Jordán del Municipio del Agrado, acuerdo 04 de 2009, por medio del cual se creó la escuela de formación musical santa Cecilia de Agrado, acuerdo No. 041 de 2011, por el cual se expidió el estatuto tributario municipal que en su capítulo 11 habla de la creación de la estampilla de pro cultura; acuerdo No. 015 de 2012 por medio del cual se crea la escuela de artes, oficios y música tradicional Silvia Lorenzo. (Plan de desarrollo municipal, 2016-2019)

Según lo planteado en el Plan de desarrollo municipal 2016-2016, no se tiene una línea base definida que permita tener un dato exacto del número de artistas y gestores culturales del municipio; dentro de los cuales se encuentran danceros, rajaleñeros, bailarines, solistas, poetas y músicos, entre otros.

El Municipio cuenta con patrimonios culturales como: Iglesia Nuestra Señora de las Mercedes, requiere del mantenimiento y arreglo del techo, Iglesia San José de Belén – desaparecida por la Construcción Hidroeléctrica El Quimbo, La Casa Méndez – requiere de mantenimiento, Palacio Municipal – Requiere de mantenimiento y arreglo de la infraestructura.

3.10.6.20 Gigante

Aspecto Físico

Gigante es un municipio del departamento del Huila a 379 kilómetros al sur de Bogotá y a 84 kilómetros al sur de la capital departamental de Neiva. El municipio se encuentra localizado entra la Cordillera Occidental y el Cerro Matambo y a orillas del río Magdalena. Es conocido además como la "Capital Cacaotera del Huila", aunque el producto del primer renglón de su economía agrícola es el café.

El municipio de Gigante posee una extensión de 561 Km2 que en su mayoría es rural con un 99,36% de su extensión (557,41 km). Según las Fichas de Caracterización Territorial del DNP en Gigante al 2017 habitan 34.410 habitantes, con un porcentaje del total departamental de 2.9%; total de la población en cabeceras 18.680 y población rural 15.730; la población de hombres es de 16.966 y mujeres 17.444, población entre los 15 años y los 59 años potencialmente activa 19.867, población entre los 15 años y los 59 años potencialmente inactiva 14.543. El total de la comunidad indígena 830, Total población negro, mulato o afrocolombiana 18.

La densidad poblacional del municipio de Gigante es de 57 habitantes por kilómetro cuadrado. Políticamente el municipio está compuesto por la zona urbana con 27 barrios, cinco (5) corregimientos y cincuenta (50) veredas.

Tabla 134. División político administrativa Gigante

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	**27**	**No. de veredas**	**50**
Ocho de Mayo -Bicentenario - Huila Centenario - Centro - Ciudadela Matambo -Ciudadela Quimbaya - Jorge Eduardo Gechem - El Chicó - La Esperanza - La Floresta - La Independencia - La Orquídea - La Unión - La Paz - Las Ceibas - Las Delicias - Las Villas - Las Brisas - Los Cafeteros - Los Pinos - Los Prados - Mirtayu - Ismael Perdomo - Nuevo Horizonte - Obrero - San Antonio - Egresados del Agrícola - Sósimo Suárez -Universitario - El Carmen - La Regadera - Proyecto Gigante.		Alto Cachaya -Alto de las Águilas -Cachaya -El Cogollo - El Tendido - La Gran Vía - La Palma - La Pradera - Los Olivos Quebraditas -El Salado -Santa Lucia - El Espinal -El Mesón -El Garrucho -Guadalupe - Mesoncito Sur - Potrerillos -San Jacinto - Villanueva -Malambo -Río Loro - Veracruz - Aguas blancas - Alto Corozal - Alto Silvania - Alto Tres Esquinas - Bajo Corozal - Bajo Silvania - Cascajal - El Para - El Piñal - La Chiquita -La Estación -La Honda - La Umbría - La Vega	

Fuente: Plan de desarrollo municipal, 2016-2019

El municipio cuenta con una cobertura total de *acueducto* del 98% con un total de 3.350 suscriptores según Empugigante SA ESP. Hacen parte del sistema de acueducto municipal los acueductos regionales La Vega – Zuluaga, Silvania, Gran Vía, y los acueductos rurales de las veredas Río Loro, Potrerillos, el Mesón, San Jacinto, La Pradera, Cogollo, Alto de Las águilas, Alto Silvana, La Palma.

Unas de las principales causas de la insuficiente cobertura total del acueducto para las viviendas en la zona urbana del municipio de Gigante se deben a la insuficiente inversión en la construcción de nuevas redes de acueducto y la falta de la cobertura en las viviendas de zonas de altos riesgos e invasión.

En cuanto a la cobertura de acueducto en el área rural el municipio para el año 2012 tuvo una cobertura del 67,84%, lo que requiere un esfuerzo de cierre de brecha bajo comparado con la meta 2018 del 91,1 %

El municipio de Gigante cuenta en su casco urbano con un sistema de *alcantarillado* combinado con una cobertura del 98% con 3232 usuarios de la población urbana al año 2015. Posee una longitud de la tubería de 23,6km, que en su mayoría está cerca de cumplir su vida útil, pero aun su funcionamiento se puede afirmar que es aceptable con algunas excepciones. La red está construida en asbesto cemento, gres y PVC.

En el área rural la cobertura es del 32%, siendo esta una gran oportunidad de mejora, identifican como causa la insuficiente inversión en la construcción de nuevas redes de alcantarillado y a la inaccesibilidad del servicio por el mal estado del terreno.

Gigante cuenta con servicio de *aseo* en el área urbana y rural, el cual está a cargo la empresa Empugigante S.A E.S.P y tiene cobertura del 99% en el casco urbano y 32% en el rural, identificando como causa al déficit de vehículos compactadores por parte de la empresa prestadora del servicio y la inaccesibilidad del servicio debido al mal estado de las vías y a la localización distante y dispersa de las viviendas rurales. Cabe agregar que la población que habita a la orilla del río Magdalena en el sector conocido como Puerto Seco, no cuenta con agua potable y en ocasiones sus habitantes con recurso propio tienen que pagar carrotanques que les surtan el preciado líquido en condiciones potables. Las estadísticas las toman de diferentes fuentes, entre ellas Empugigante SA ESP y Kit Territorial, pero en este sector tan vital de saneamiento básico le hizo falta un mayor acercamiento a la comunidad para evidenciar la gran necesidad de la población del sector rural, que incluso ha llevado a enfrentamiento entre veredas por el acceso al agua. La administración cuenta en el área urbana con PTAR.

Para el *gas natural* a la fecha se está instalando en la zona rural y para la zona urbana se cuenta con una cobertura del 92.4%.

Aspecto social

Para el año 2016 la cobertura Neta educación media fue del 37.2%. Hasta el año 2014 se identificaron 9 Instituciones Educativas de las cuales dependen 48 sedes de carácter público y detallan el número de estudiantes, albergando 6.373 alumnos, de los que el 49% son hombres y 51% mujeres.

La distribución de las Instituciones Educativas es la siguiente: Cachaya, Escuela Normal Superior, José Miguel Montalvo, Río Loro, Ismael Perdomo Borrero, Jorge Eliecer Gaitán, Jorge Villamil Ortega, Silvania y Sósimo Suárez.

Es Importante resaltar que la I.E con mayor número de alumnos a su cargo es, Ismael Perdomo Borrero la cual cuenta con 1.046 estudiantes, para una participación del 17%.

El municipio de Gigante es un municipio no certificado. Presenta el siguiente dato de la población estudiantil a 31 de enero de 2016: la matricula total del municipio es de 6.373 estudiantes para una cobertura de 75%. En educación inicial, se atienden 364 estudiantes (6,3%); en educación básica primaria un total de 2.461 estudiantes (38,9%); educación básica secundaria 2.346 estudiantes (36,8%); media vocacional un total de 764 estudiantes (11,89%); número de estudiantes que adelantan la Normal es de 9 estudiantes (0,1%); y educación para adultos un total de 376 estudiantes (5,8%).

El servicio educativo se encuentra mayoritariamente en la zona rural con un total de 4.195 estudiantes (66,03%) con seis (6) instituciones educativas y 44 centros o sedes educativas y en la zona urbana un total de 2.125 estudiantes para un total de (33,96%) con tres (3) instituciones educativas y 3 centros y/o sedes educativas.

Gigante cuenta con la IPS-ESE Hospital San Antonio, de nivel 1, la administración municipal tiene como función garantizar el mantenimiento y mejoramiento de la salud, mediante el aseguramiento, prestación y desarrollo de servicios, salud pública, vigilancia y control de factores de riesgo. Presentan estadísticas de cobertura, donde se resalta que existe un 2.1% de la población que no está asegurada en ninguna EPS, tasas de mortalidad con sus principales actores como hipertensión, azúcar y mortalidad en infantes. La cobertura en vacunación está en el 66,2%, una tasa muy baja que genera una brecha para la actual administración. Identifican problemas de higiene en el casco urbano y sector rural. Las estadísticas las toman de diferentes fuentes, entre ellas Ministerio de Salud, Informe de Gestión Comisión de Empalme 2016 y Kit Territorial.

Aspecto económico

La economía de este municipio se basa en la producción del sector primario. El siguiente sector en importancia, es el terciario (actividades comerciales y de servicio); y el tercer renglón en importancia, lo constituye el sector secundario (agroindustriales e industriales). Gigante destina gran parte de hectáreas a la producción de café, cultivo que representa un total de producción significativo para la región. Para el 2010 destinó 4.816 hectáreas para obtener una producción de 4.325 toneladas de café lo cual representa 78.083 sacos de 60 kg cada uno. Por otro lado, y además del sub-sector cafetero, se reconoce la importancia de la producción de: maíz, cacao, plátano y fríjol, siendo el plátano el cultivo más representativo en toneladas producidas anualmente, pues para el 2010 tuvo un total de 5.311 toneladas, destinando tan sólo 1.531 hectáreas para la producción de este cultivo, convirtiendo así la producción del plátano en una gran oportunidad agrícola para el municipio de Gigante. Por último, en términos del sub-sector pecuario, se encuentra que el municipio presenta buena capacidad de producción, pues en el año 2010 llevó al sacrificio 1.607 cabezas de ganado y produjo 562 toneladas de carne y tenía 2.590 cabezas de ganado dedicadas a la producción de leche que para este mismo año produjeron 3.629.925 litros (datos tomados del Anuario Estadístico Agropecuario, 2010 de la Secretaría de Agricultura y Minería del Huila)

Aspecto cultural

Existe en Gigante la escuela de formación artística y cultura Luis Alirio Embús Valderrama como el principal organismo encargado de formar a los niños y jóvenes de la comunidad, en las modalidades de música, danzas, artes plásticas y artes escénicas y artesanías, existe el Consejo Municipal de Cultura que desarrolla actividades de fomento, promoción y la difusión del patrimonio cultural y artístico del municipio.; Actualmente el municipio cuenta con el impuesto de la Estampilla Pro-Cultura se aplica a todo contrato suscrito entre el municipio y un tercero en un porcentaje de 1.5%.

En el Municipio existen 5 escuelas de formación deportivas oficiales: natación, ciclismo, baloncesto, voleibol y tenis de campo y 10 privadas y están en proceso de creación y legalización el club de Ciclo montañismo, club de Fútbol Sala, club de Fútbol Ocho y club de motociclismo. Se identifica que en el sector rural hacen falta escenarios deportivos, lo que explica la baja participación de los habitantes de las veredas, en la práctica de algún deporte y el aprovechamiento del tiempo libre. Más del 58% de los polideportivos existentes en la zona rural se encuentran en mal estado. La participación de niños y jóvenes en escuelas deportivas ha venido disminuyendo.

3.10.6.21 La Plata

Aspecto Físico

El municipio de La Plata se encuentra localizado en la Parte Sur-Occidente del departamento del Huila; en las estribaciones de la Cordillera Central, geográficamente se encuentra situado en las coordenadas 2°23´00'' de Latitud Norte y 75° 56´00'' de Longitud Oeste. (PBOT La Plata 2016).

El municipio limita por el norte con el departamento del Cauca, por el sur con el municipio de La Argentina, por el oriente con los municipios de Paicol y El Pital y por el occidente con el departamento del Cauca. El municipio de La Plata cuenta con una extensión territorial de 1,271 Km2 frente a 19.890 con que cuenta el departamento representando el 6.4%. (PBOT La Plata 2016).

Para el año 2017 de acuerdo a las proyecciones del DANE, el municipio cuenta con 64.938 personas. El 41,58% se ubica en la cabecera municipal, mientras el 58,41% se distribuye en la zona rural. El 48,96% de la población se encuentra conformada por mujeres, mientras el 51,04% de la población son hombres. Solo el 57% de la población total es potencialmente activa en edad para laborar. (PBOT La Plata, 2016).

Según datos de la gobernación, en el departamento del Huila existen actualmente dos asociaciones indígenas legalmente constituidas y reconocidas por el Ministerio del Interior y de Justicia, estas son la Asociación de Cabildos Indígenas del Huila–ACIHU y el Consejo Regional Indígena del Huila - CRIHU. Los Resguardos Indígenas adscritos al CRIHU, son Potreritos, ubicado en la Vereda el Coral y Alto Coral del Municipio de La Plata, La Reforma, ubicado en la Inspección de Belén en el Municipio de La Plata, La Estación Tálaga, ubicado en la Inspección de Belén del Municipio de La Plata, Juan Tama, ubicado en el Corregimiento de Santa Leticia en Jurisdicción del Municipio de La Plata.

El municipio cuenta con 58 barrios en el área urbana y 134 veredas, 10 centros poblados y 10 corregimientos en el área rural del municipio.

Tabla 135. División político administrativa La Plata

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	58	No. de veredas	134
		No. Corregimientos	10
Altico, Luis Carlos Galán, La Libertad, La Paz, San Antonio, El Nogal, Ciudad Canadá, Primero De Mayo I y II, Las Acacias, La Esperanza, San Rafael, Jorge Eduardo Duran, La Pola, Bello Horizonte, Los Libertadores, Guamito II (Palmas), Páez, Libertadores II Etapa, Diego De Ospina Y Maldonado, Libertadores III Etapa, Rafael Ramírez Otalora, Villas De La Hacienda, Provivienda, Eudes, La Gaitana, Manzanares, Las Quintas, Los Ángeles, El Portal I Y II, San Rafael Alto , Obrero, Villa Isabela, San Sebastián, La Meseta, La Floresta, Santa Clara, Las Américas, San Miguel, Villa Del Prado, El Mirador, Camilo Torres, Santa Lucia, El Jardín, Las Villas, José Darío Ovies Garcés, San Isidro, La Estancia, El Tablon, García Rovira, Asovive, Las Brisas, El Country House, García Herreros, El Eden, El Guamito, Bella Vista, El Jordán, Villa Del Rio.		1. Corregimiento de BELEN: 1 centro poblado y 20 veredas: San Rafael El Arrayan El Madronal Bajo Rico La Florida La Aurora Cachipay Tesorito La Reforma Pigoanza La Estación El Congreso La Maria Los Sauces La Unión Antonio Nariño Las Acacias San Jose De Juntas Alto Rico El Pescado. 2. Corregimiento de MONSERRATE: 1 centro poblado y 13 veredas: Alto Patico El Patico Los Ángeles La Mesa Laderas Getzen Alto Getzen La Esperanza La Muralla Betania Casarrosines San Francisco La Independencia. 3. Corregimiento de SAN ANDRÉS: 1 centro poblado y 8 veredas: La Lindosa La Azufrada El Cabuyal El Coral Lucitania El Escribano La Morena La Línea 4. Corregimiento de VILLA LOSADA: 1 centro poblado y 7 veredas: El Perico Alto Retiro El Retiro Bella Vista Montebello San Sebastián La Guinea. 5. Corregimiento de GALLEGO: 1 centro poblado y 12 veredas: Bajo Villa Mercedes Villa Mercedes Bajo Pescador El Porvenir Santa Marta El Carmen Palestina Buenos Aires San Miguel El Roble Villa Esperanza Gallego. 6. Corregimiento de SAN VICENTE: 1 centro poblado y 12 veredas: Bélgica El Libano La Palma El Triunfo Dos Aguas San Mateo Villa Colombia La Esmeralda Agua Bonita Estatuas Las Brisas Alto Villanueva Los Laureles. 7. Corregimiento EL SALADO: 11 veredas: Chilicambe El Cedro Bajo Moscopan El Rosal El Limón Los Alpes Las Orquídeas Villa De Leyva La Estrella El Choco El Salado. 8. Corregimiento de FÁTIMA: 8 veredas: El Carmelo Las Mercedes Alto Cañada Bajo Cañada San Juan Panorama El Cerrito Fátima. 9. Corregimiento SEGOVIANA: 8 veredas: El Bosque El Tablón San Martin El Jazmín El Paraíso San Isidro Alto San Isidro Segoviana. 10. Corregimiento de MOSCOPAN (SANTA LETICIA): 1 centro poblado y 18 veredas: San Antonio Tijeras Cuarenta Ocho Y San Jose Dos Quebradas El Calabazo El Yarumal Alto Calendaría Bella Vista El Porvenir La Vega Candelaria Santa Rita La Palma El Trébol Patio Bonito El Roble Juan Tomas Moscopan (Santa Leticia)	

El municipio de la Plata tiene un área de litigio que corresponde a la inspección de Moscopán Leticia, ya que ésta ha querido ser colonizada por el municipio de Puracé Cauca, hasta el punto de querer incluirlo en su cartografía. No obstante este territorio aun aparece en la cartografía Huilense, por los esfuerzos administrativos realizados por las autoridades territoriales. (PBOT La Plata 2016).

De acuerdo a los datos presentados en el documento de Revisión y Ajuste al Plan Básico de Ordenamiento Territorial 2016, el área urbana del municipio de La Plata, cuenta con un *acueducto* municipal que brinda Agua Potable a 4.412 suscriptores, alcanzando un 98% de cobertura, beneficiando a 20.815 habitantes.

La parte alta del Barrio San Rafael (280 viviendas equivalente al 2%, es decir aproximadamente a 1.270 personas), recibe el servicio de acueducto a través de una asociación comunal que no garantiza el suministro de agua potable. (PBOT La Plata 2016).

El servicio de acueducto y alcantarillado lo presta el Municipio por intermedio de la Empresa de Servicios Públicos del municipio de la Plata Huila EMSERPLA E.S.P

El Sistema de *alcantarillado* en el área Urbana alcanza por número de vivienda una cobertura del 91% de la población urbana, que está conectada al sistema de alcantarillado municipal, de los cuales el 6% no poseen Batería Sanitaria (Diego de Ospina, San Antonio, San Isidro), aparte se tiene un 2% que utilizan pozo séptico (Las Acacias), el 3% con letrinas (San Antonio) y el 4% no tiene sistema de alcantarillado. (Alcaldía la Planta, 2016).

El servicio de *energía eléctrica* para el área urbana de La Plata proviene de la Electrificadora del Huila, incluyendo las subestaciones de Paicol y La Plata. Su capacidad operativa es de 17.520.000 Kwh, en una red de media que cuenta con 38 transformadores distribuidos en al área urbana.

La empresa que presta el servicio de *telefonía* cambio de razón social, ahora bajo el nombre de Colombia Telecomunicaciones S.A. cuenta con 3.500 líneas instaladas que representan el (62%) del total de viviendas en la zona urbana. Además en el área urbana se cuenta con SAI, instalados de diferentes operadores. (PBOT La Plata 2016).

Respecto al servicio de recolección (8 recorridos/mes en sectores domiciliarios y 16 al centro), aprovechamiento (Generación de Compost y Abono Orgánico), tratamiento y disposición final de *Residuos Sólidos*, se cuenta con una “Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos” proyecto financiado por la CAM y CORMAGDALENA, ubicado en el lote rural los burros cerca de la cabecera municipal, que ha logrado un nivel de cobertura de viviendas urbanas del 100%; con proyección regional de propiedad de la Sociedad de Municipios (Paicol, Tesalia, Nátaga y la Plata), que actualmente es administrada y operada por EMSERPLA y procesa 11 toneladas diarias de residuos sólidos. Los anteriores servicios, al igual que el de barrido de calles son facturados mensualmente por EMSERPLA y se ha logrado disminuir el impacto ambiental ocasionado por este concepto.

Actualmente el servicio de *gas* domiciliario lo viene prestando la Empresa de Servicio Alcanos De Colombia S.A. E.S.P. posee una cobertura de 2.244 conexiones a viviendas urbanas con un servicio que representa al 38% del total de habitantes. (PBOT La Plata 2016).

Aspecto social

Dentro del componente de educación en el municipio de La Plata el área urbana cuenta con un total de nueve (9) escuelas públicas con un total de catorce (14) jornadas. Así mismo, cuenta con tres (3) colegios privados que prestan el servicio de educación preescolar y primaria como son: Liceo Moderno Plateño, Colegio Infantil Personitas y el Colegio Cooperativo que complementan el cubrimiento de las necesidades de este tipo de educación en el casco urbano del municipio. (Alcaldía de la Plata, 2016).

A nivel privado, La Plata cuenta con tres (3) Colegios de secundaria Básica, ellos son: El Colegio Cooperativo, Colegio Ateneo Autónomo y El Colegio Empresarial de Los Andes. En el nivel universitario y técnico, la Universidad Sur colombiana, ha desarrollado programas a distancia y presenciales, contando con una sede ubicada en el área urbana, existe además La Universidad Santo Tomas de Aquino y La Universidad Nacional abierta y a distancia, las cuales también ofrecen programas profesionales y técnicos. (PBOT la Plata, 2016).

A nivel técnico, existe el apoyo del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, liderando programas de educación no formal. La sede donde actualmente funciona, fue entregada en comodato por parte del municipio, pero el Club Rotario cedió un terreno para la construcción de su sede propia cofinanciados con el Fondo Nacional de Regalías y por parte del municipio se harán aportes con bienes y servicios.

Con base en el análisis Socio-económico realizado por el DANE y los datos suministrados por el Servicio Seccional de Salud de La Plata, se logró establecer que las principales causas de enfermedades y muertes infantiles son las enfermedades infecciosas intestinales y el parasitismo intestinal asociada con la enfermedad diarreica aguda producida por la ingestión de aguas contaminadas; igualmente, se detectan enfermedades del aparato respiratorio, desnutrición y enfermedades de la piel que pueden ser ocasionadas por la falta de educación preventiva a la comunidad.

El municipio cuenta con dos (2) Empresas Sociales del Estado: una de primer nivel, La ESE Municipal San Sebastián y la ESE Hospital Departamental San Antonio de Padua, de Segundo nivel de Complejidad. Cuenta con 559 profesionales de la salud entre independientes y asalariados de las Instituciones de Salud. Igualmente, cuenta con camas hospitalarias, recurso humano especializado, como son anestesiólogos, médicos internistas, gineco- obstetras y pediatras, entre otros, vinculados en el segundo nivel de atención. (Alcaldía de la Plata, 2016).

Aspecto económico

Las comunidades centran su desarrollo a partir de la producción y/o comercialización de productos, los cuales les permiten unos ingresos económicos, que posibilitan mejorar las condiciones de vida. En el municipio, con una extensión de 1305,6 Km2, se presenta una gran heterogeneidad de suelos; de rangos altitudinales, que van desde los 1.030 m.s.n.m hasta los 4.400 m.s.n.m. en el cerro de Pan de Azúcar; de climas, lo cual permite tener unas actividades económicas en el área rural variada. (Alcaldía de la Plata, 2016).

La economía de La Plata se concentra en la producción del sector primario, con altos niveles de ruralidad y de actividad agrícola y pecuaria. Además del sector cafetero, se reconoce la importancia de la producción de maíz, fríjol, plátano y yuca. Estos productos resultan ser los de mayor rendimiento en términos de kilogramo por hectárea. La Plata está entre los principales productores de café en el departamento, ocupando el cuarto puesto a escala departamental, produciendo para el 2010 un total de 6.856 toneladas, según la información presentada en el documento de Revisión y Ajuste Al Plan Básico De Ordenamiento Territorial de 2016.

Aspecto Cultural

En el municipio La Plata se considera patrimonio histórico, cultural y arquitectónico del municipio la Casa hacienda La Lindosa, Capilla de San Andrés, Parroquia de San Sebastián, Estatuas de Agua Bonita.

Se han encontrado vestigios de culturas precolombinas que habitaron estos territorios y legaron gran parte de sus creencias, expresadas principalmente en la estatuaria. En la vereda Agua Bonita Estatuas, se encuentran gran cantidad de esculturas, a las cuales debe su nombre.
Las exploraciones arqueológicas en el municipio han concluido que existe un alto potencial arqueológico en la zona, como es el caso del Centro Poblado de Santa Leticia, Dos Aguas, Monserrate.

Se declaran de valor natural: La laguna de San Andrés, ubicada en el mismo centro poblado; la Cascada de La Azufrada, ubicada contigua a la vía que conduce a Garzón a cinco minutos del área urbana en la vereda la Azufrada; la reserva de San Martín, Cascada La Candelaria ubicada en límites de las veredas La María y La Unión. (PBOT La Plata 2016).

3.10.6.22 Paicol

Aspecto Físico

El municipio de Paicol está ubicado al Sur Occidente del Departamento del Huila, a 108 Km de la ciudad de Neiva, sobre la vía troncal que de Neiva conduce al departamento del Cauca, con una temperatura promedio de 26°C.

Según información tomada de la Ficha de Caracterización Territorial del DNP 2017 y el EOT del municipio, la población estimada para el municipio asciende a 5.648 habitantes de los cuales las mujeres que representan el 51.16% de la población y los hombres que representan el 48.84%, y posee una extensión de 340 km2.

Paicol limita por el norte con los municipios de Tesalia, Nátaga y el departamento del Cauca. Por el sur con los municipios de El Agrado y El Pital. Por el Oriente con el municipio de Gigante. Por el occidente con el municipio de La Plata. (Plan de Desarrollo Paicol, 2016-2019).

El Municipio de Paicol, está conformado políticamente de la siguiente manera:

Tabla 136. División político administrativa Paicol

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	**12**	**No. de veredas**	**24**
Los Almendros, El Centro, Eulogio Durán, El Prado, Las Palmeras, Régulo Suárez, La Campiña, Villa Hermosa, Las Delicias, Futuro de Paicol, Villa Canadá y El Paraíso		Alto Caloto, La Lajita, El vergel, El Carmen, Caloto, La Laja, El Ocaso, Peña Negra, Domingo Arias, La Mesa, San Isidro, Matanzas, Santa Rita, Las Orquídea, Santa Inés, El Chaparro, El Alto, Las Mercedes, La Cumbre, Primavera, San Marcos, San Matías, El Diamante y La Reforma	

Fuente: Plan de Desarrollo Paicol, 2016-2019

En el municipio de Paicol la empresa encargada de la prestación del servicio de agua potable en el área urbana es Aguas del Huila ESP con un total de 922 subscriptores, lo que representa que el 98% de la población urbana tiene acceso al servicio de acueducto. (Plan de desarrollo Paicol, 2016-2019).

La fuente que abastece el *acueducto* actual es la quebrada Santa Inés y el acueducto regional es abastecido por la quebrada la Venta, la cual según lo planteado en el EOT del 2016, tiene un elevado grado de contaminación, pues recibe afluentes altamente contaminados por excrementos y residuos de café, provenientes de las viviendas de la Inspección de San Andrés Municipio de la Plata y residuos de la zona cafetera, de las veredas el Carmen, Santa Rita, Alto Caloto, Caloto y Peña Negra del municipio de Paicol.

En el área rural pese a que en la mayoría de veredas tienen servicio de acueducto, solo el 13% cuentan con sistemas de tratamiento de agua para el consumo humano. (Alcaldía de Paicol, 2016).

El servicio de *alcantarillado* es prestado por Aguas del Huila ESP en el área urbana con una cobertura del 98%, sin embargo cabe destacar que en algunas zonas del municipio cuentan con un alcantarillado de más de 30 años de servicio, lo cual presenta graves fallas en su funcionamiento. La cobertura de alcantarillado en la zona rural es del 20% representada por las veredas que tienen viviendas concentradas, como es el caso de la Lajita, la Reforma y las Orquídeas. (Alcaldía de Paicol, 2016).

De acuerdo a la información presentada en el acuerdo No 023 del Concejo Municipal de Paicol en el 2016, el servicio de *energía eléctrica* es prestado por la Electrificadora del Huila S. A. ESP y tiene una cobertura urbana del 99% y una cobertura rural del 94%.

Por otro lado el servicio de *gas* domiciliario es prestado por Alcanos de Colombia y tiene una cobertura del 98% en la zona urbana. Se han realizado instalaciones domiciliarias de gas en las veredas La Lajita, La Reforma y Las Orquídeas, con importantes resultados en la disminución de costos económicos y ambientales.

En cuanto al servicio de televisión no se cuenta aún con Televisión Digital Terrestre (TDT); existe un operador local “Alpavisión” que presta los servicios de televisión por cable a 800 suscriptores del área urbana.

El servicio de *internet* es escaso tanto en el área urbana como rural por sus elevados costos, tan solo representa una cobertura del 0.1% de la población total del municipio según cifras entregadas por el MINTIC en el segundo trimestre de 2015. (Alcaldía de Paicol, 2016).

El servicio de *alumbrado público* del municipio cuenta con 416 luminarias, instaladas en el casco urbano y las veredas la Reforma y la Lajita.

Aspecto social

El sector de educación del municipio de Paicol, de acuerdo con el Simat Departamental y el EOT del municipio de 2016, establecen que la cobertura neta para el municipio de Paicol es del 86.7% y la cobertura bruta es del 103.5%, con un promedio de deserción escolar entre preescolar, Básica Primaria, Básica secundaria y media correspondiente al 4, 64%, con mayor índice en básica secundaria. (Alcaldía de Paicol, 2016).

De acuerdo a la información planteada en EOT de 2016, el comportamiento de la tasa de educación Básica Primaria en el municipio de Paicol, se reduce a medida que se va escalando en el grado de escolaridad. Así se tiene que en el grado primero la tasa de repitencia es del 12.2%, en el grado segundo es del 8.15%, en el grado tercero es del 2.16%, en el grado 4 es del 0.81% y en el grado quinto es del 0.83%.

El acceso a la salud de las personas que viven en el área rural, según lo planteado en el Plan de Desarrollo, se dificulta por diferentes factores; las áreas de atención son muy reducidas, la infraestructura para la prestación del servicio está en regulares condiciones e incluso no cumple con algunos requisitos de ley como el tema de vertimientos de aguas servidas, entre otros.

Aspecto económico

Según información que reporta la oficina de competitividad del Municipio de Paicol, su actividad agrícola principalmente es la producción de café; le sigue en su orden la actividad pecuaria principalmente ganadería bovina. Como tercera actividad importante, se encuentra el cultivo de arroz. En cuanto a los cultivos permanentes, se encuentra el cacao, cítricos, caña panelera, maíz, piña, plátano y aguacate. Por último el municipio cuenta con una participación en la actividad porcícola y la actividad piscícola. (Plan de Desarrollo Paicol, 2016).

Para el municipio es prioridad la promoción de la cultura de generación de oportunidades a través de la producción, generando empleo, ingresos y alternativas de desarrollo tanto humano como productivo, fortaleciendo técnica y tecnológicamente el sector turístico, el campo y la industria, cimentado en la asociatividad y el beneficio común para aumentar los ingresos económicos.

Aspecto cultural

El Municipio de la Paicol, posee un rico patrimonio histórico cultural, expresado en manifestaciones folklóricas que constituyen el soporte de su identidad, con una gran diversidad de expresiones culturales representadas por festividades folclóricas, religiosas y tradicionales. (Alcaldía de Paicol, 2016).

En épocas de San Pedro se organizan grupos de rajaleñas, grupos de música tradicional, desfiles y reinados que son básicamente las muestras culturales de estas festividades. La feria ganadera, equina, comercial y agroindustrial que se celebra en el mes de mayo, representa el evento anual que mayor impulso ofrece al sector productivo del municipio, lo mismo que las fiestas sanjuaneras que se realizan cada año en el mes de junio en la Vereda La Laja.

En cuanto a las festividades religiosas se cuenta con la celebración del señor de Los Milagros los 14 de cada mes y el 14 de septiembre de cada año la celebración anual. En el mes de agosto se tiene la celebración de la fiesta patronal de Santa Rosa de Lima y Nuestra Señora del Amparo, con la presencia de las diferentes comunidades urbanas y rurales. De igual manera la Semana Santa sigue siendo una celebración religiosa con gran acogida por parte de la población.

3.10.6.23 Tesalia

Aspecto Físico

El municipio de Tesalia, se encuentra ubicado en el departamento del Huila y hace parte de la región occidental. El casco urbano está localizado sobre la troncal de occidente que se desprende de la troncal del Magdalena en el sitio conocido con el nombre de Puerto Seco.

El municipio de Tesalia limita al norte con el municipio de Íquira, al sur con Paicol, occidente con el municipio de Tesalia y al oriente con los municipios de Yaguará y Gigante.

Según las Fichas de Caracterización Territorial de la DNP, actualizadas a junio de 2017, la población de Tesalia asciende a 9305 personas, de las cuales 5.456 se encuentran ubicadas en el área urbana y 3.849 en el área rural. El total de la comunidad indígena 80, Total población negro, mulato o afrocolombiana 30.

Tesalia tiene una extensión territorial de 373.68 Km2, donde del 99.74% corresponde a territorio rural y el 0.26% a zona urbana. A su vez, el municipio en su división político administrativa, cuenta con 19 barrios en la cabecera y 23 veredas que componen lo rural.

En el municipio de Tesalia hay 29,4 habitantes por kilómetro cuadrado, ubicándose entre los municipios menos poblados del país.

Tabla 137. División político administrativa Tesalia

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	**19**	**No. de veredas**	**23**
Amaya, Los Álamos, Canadá, Los Pinos, El Centro, Porvenir, Héctor Trujillo, Rafael Puyo Perdomo, Jardín, San Miguel, La Campiña, Santa Teresa, Las Acacias, Torrecitas, Las Ceibas, Venecia, Limonar Bajo, Villa Colombia, Villa Otilia		Alto de la Hocha, Bombón, Buenavista, Centro, El Dave, El Guamal, El Medio, El Moral, El Palmito, El Rosario, El Vergel, Espinal, Guácimos, La Esperanza, La Florida , Las Delicias, Los Yuyos, Piedra gorda, Potrerillos, Potrero Grande, Raspayuco, Sinaí	

Fuente: EOT Tesalia, 2015

Actualmente el municipio de Tesalia se encuentra inscrito en el PDA (Plan Departamental para el manejo de los servicios de Agua y Saneamiento básico), con lo cual se busca mejorar la cobertura y calidad de la prestación del servicio en el municipio y por consiguiente del Departamento, mediante la construcción, mejoramiento y optimización de la infraestructura de los servicios.

La información referente a los servicios públicos fue extraída del documento del Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019.

El sistema de *acueducto*, hace su captación de las quebradas Los Limones, el Bombón y la quebrada Benito, fuentes propias del municipio y situadas en la serranía las nieves. Existe un acueducto que de manera conjunta o regional suministra agua a Paicol y Tesalia, proveniente de la quebrada la Venta en jurisdicción de Paicol; tiene problemas este sistema por falencias en la estructura de derivación del caudal en su captación y deterioro en la tubería en aducción y conducción. Las bocatomas ubicadas en dichos predios se denominan bocatomas de fondo, están compuestas por una rejilla, un tanque recolector, un pequeño dique, y muros laterales, más adelante se encuentra el desarenador que es el encargado de sedimentar todos los materiales que se encuentran en suspensión.

El municipio de Tesalia cuenta con una planta de tratamiento de agua potable tipo convencional construida en el año 1997; para el tratamiento de agua potable con una capacidad de 25 litros por segundo para mantener una continuidad en la red de distribución, la demanda actual es de 13 litros por segundo por lo tanto el abastecimiento es suficiente ya que se cuenta con alternativas mas no una solución del suministro debido a los constantes cambio climáticos que han permitido el desabastecimiento del suministro de agua de las fuentes hídricas existentes.

El sistema de acueducto ha presentado problemas por avalanchas en la zona alta de las quebradas abastecedoras, debido a la fuerte pendiente, deforestación y mal manejo de estos suelos.

En el sector rural el abastecimiento de agua para el consumo humano se exterioriza de manera individual captándola de fuentes de aguas superficiales de las cuales se extrae entre 5 a 10 litros por segundo, en mangueras de ½ a 1” en longitud hasta de kilómetros, que se conduce por mangueras principalmente, es así en el caso de 622 viviendas rurales. El 67% poseen acueductos individuales con las características antes mencionadas, con problemas principalmente de continuos taponamientos e interrupciones de flujo por cortes en la manguera además se presentan múltiples escapes por el deterioro de éstas. Es importante resaltar que en el sector rural existen 4 acueductos que cumplen condiciones óptimas que benefician al 23% de la población rural.

Es importante resaltar que se encuentra un proyecto dentro del plan maestro de acueducto que es importante para la optimización del sistema de acueducto, con recursos en la bolsa del plan departamental de aguas.

El sistema de *alcantarillado* del casco urbano fue diseñado en 1983, por el INSFOPAL, es de tipo combinado como quiera que además de las aguas residuales domésticas transporta también aguas lluvias. Este sistema está construido en tubería de grees de 8”, 10”, 12” y 14”, hay dos colectores principales que reciben el agua de los conductores ecundarios. La red tiene una longitud total de 11.720 m. Vale la pena resaltar que el servicio de alcantarillado en su gran mayoría la tubería es de carácter sanitario, conduce

aguas servidas domésticas, las aguas lluvias se conducen por la calzada de vías y por las cunetas, puesto que las condiciones topográficas lo permiten.

Se observan en algunos tramos que se conectan las aguas lluvias al sistema de aguas servidas convirtiéndose en un sistema de alcantarillado combinado, esto inicialmente resuelve simultáneamente la disposición de las aguas lluvias y las aguas negras pero no es una solución de fondo puesto que con el crecimiento que ha existido de la población y por la contaminación existente a las quebradas se hace necesario el tratamiento de agua negras y el costo de estas obras de tratamiento se aumenta notablemente tanto en el costo inicial, como en el operacional. En la actualidad el alcantarillado presenta serias deficiencias y existe una planta de tratamiento (PTAR) que está operando no al 100 % pero mitiga el impacto y no se produce altos índices de contaminación a la quebrada San Benito.

De acuerdo a los reportes presentados por la Alcaldía Municipal, la cobertura del servicio de *recolección de basuras* en el área urbana es del 97 %. En el área rural solo se presta el servicio de recolección de basuras en el Centro Poblado de Pacarní, por lo que el resto del área rural deposita los residuos en los basureros domésticos. En el municipio no existe una planta propia para la disposición de residuos sólidos, por lo cual las basuras son trasladadas (previo convenio interinstitucional) a la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, administrada por la empresa Ciudad Limpia S.A. E.S.P: en el relleno sanitario LOS ÁNGELES de la Ciudad de Neiva.

Le corresponde al municipio hacer el mantenimiento y desarrollar los programas de *alumbrado público* de acuerdo con los lineamientos dictados por el gobierno nacional, se ha presentado deterioro del sistema de alumbrado, poniendo en riesgo la seguridad ciudadana.

Tesalia dispone del servicio de *telefonía* con discado directo nacional e internacional.

Aspecto social

En el municipio hay una población aproximada de 2.169 estudiantes distribuidos en 4 Instituciones Educativas y considerando que las tasas de cobertura en educación preescolar no han aumentado en comparación de un 108.95% en el año 2011, con un 89.95% en el año 2014, es así como se hace necesario gestionar e implementar estrategias para subir dicho porcentaje. De otra parte, en educación básica primaria se tiene una gran cobertura, lo cual genera una demanda importante en la educación media y secundaria, que en análisis de tasa porcentual en la actualidad no es favorable en cuanto a la cobertura y se evidencia principalmente en las zonas rurales; la tasa neta en educación media es de 56,3%, lo cual se ubica muy por encima del promedio departamental y regional (Región centro sur) por los que se ubican en 39,8% y 36,9% respectivamente.

El municipio cuenta con la E.S.E Hospital Santa Teresa; la cobertura en vacunación DTP es del 100%, colocándonos en una puntuación favorable por encima del porcentaje presentado a nivel departamental, el cual se ubica en un 90% y de la región lo cual apenas si logra cubrir un 85%, , la tasa de mortalidad infantil es de 15,32 (por cada mil niños nacidos vivos), ubicándose en la mejor posición respecto al departamento y la región, respecto a los resultados a nivel departamental con 17,62 y de la región 18,95.

De la población del municipio 7,419 bajo el régimen subsidiado y 1,112 bajo el régimen contributivo; dado lo anterior, se mantiene la cobertura del régimen subsidiado en pro de atender y satisfacer las necesidades de cobertura que aquejan a los habitantes del municipio.

Aspecto económico

La base económica del municipio de Tesalia se fundamenta en el sector primario y los componentes principales son la agricultura, la ganadería y la minería, especialmente la explotación de fosforita, estas actividades hacen parte fundamental de la ocupación del suelo.

Aspecto cultural

De acuerdo a la información suministrada por la alcaldía municipal de Tesalia el municipio cuenta con un funcionario en el tema de cultura, encargado de coordinar y orientar todo lo relacionado con este sector y el área de turismo.

Durante el año en el municipio se realizan una serie de festividades y ferias que integran y atraen a propios y turistas hacia el municipio y teniendo en cuenta que Tesalia es la capital taurina del departamento del Huila, el eje central de sus festividades es la tradicional corrida de toros.

Es así, como en el mes de Junio se celebra la fiesta de San Juan y San Pedro, entre el 7 y el 10 de octubre se celebra la fiesta patronal de la Virgen de El Rosario (patrona de Tesalia). Adicionalmente para el 16 de julio, se celebra el día de la Virgen del Carmen y el 24 de septiembre se realiza la peregrinación a Nátaga.

En cuanto a equipamiento cultural, se cuenta con una biblioteca pública inscrita en la Red Departamental de Bibliotecas Públicas, la cual funciona con dotación de libros, películas, un computador con software SIABUC y medios audiovisuales.

3.10.6.24 Nátaga

Aspecto Físico

Fue erigido municipio, mediante ordenanza Nº 25 de 1967, segregado del municipio de Tesalia. Nátaga tiene una extensión de 132,87 Km2, que equivalen a 13.286,88 hectáreas.

La ordenanza Nº 25 de 1967 definió los límites municipales como sigue: “ARTICULO 2º los límites administrativos y políticos del Municipio de Nátaga serán: el filo de la cuchilla que se eleva entre uno y otro tomándola desde su origen hasta su término en la Buitrera y siguiendo por las vertientes de la quebrada denominada Chiriri, hasta su desembocadura en las aguas del río Páez, desde la cima de sierra que corre de sur a norte, desde la hacienda el Diamante hasta internarse en la jurisdicción de Íquira.

Hasta el momento no se han realizado actas de deslinde ni se han presentado conflictos con otros municipios vecinos.

Con base en la ordenanza y la cartografía elaborada por el IGAC, teniendo en cuenta los elementos naturales del territorio, los límites del municipio son los siguientes:

Partiendo de la desembocadura de la quebrada Chiriri en el río Páez, aguas arriba por el río Páez, hasta la desembocadura del río Negro de Narváez, sigue por el río Negro de Narváez aguas arriba, el cual lo separa del departamento del Cauca hasta encontrar la desembocadura de la quebrada la Pedregosa, la que sirve de límite Norte con el Municipio de Íquira, por esta aguas arriba hasta su nacimiento en el Alto Kikuyales, se sigue por la divisoria de aguas pasando por el Alto La Picota hasta encontrar el nacimiento de la quebrada La Murcielaga, por esta aguas abajo hasta su desembocadura en el río Yaguaracito, por esta aguas arriba hasta el sitio Volcán Colorado, se toma la divisoria de la loma Pan de Azúcar, se sigue por la divisoria pasando por el filo La Neblina o Cerro de Las Nieves, hasta el nacimiento de la Quebrada Chiriri, por esta aguas abajo hasta su desembocadura en el río Páez.

En Nátaga al 2017 habitan 6.443 habitantes, con un porcentaje población Municipal del total Departamental de 0.5%, total población en cabeceras 2.243 y población rural 4.200, la población hombres 3.046 y mujeres 3.397, población entre los 15 años y los 59 años potencialmente activa 3.680, población entre los 15 años y los 59 años potencialmente inactiva 2.763. Total población indígena 369, total población negro, mulato o afrocolombiana 36.

El municipio de Nátaga cuenta con una división territorial que consta de la zona urbana y 19 Veredas tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 138. División político administrativa Nátaga

Zona Urbana		Zona Rural	
No. de barrios	**6**	**No. de veredas**	**19**
- Colinas Las Mercedes – Cristo Rey – Divino Niño – El Progreso – San Jose – Senderos.		-Alto BuenaVista – El Alto Carmelo – El Diamente – El Orozo – El Socorro – El Teniente – El Triunfo – La Cabaña – La Cascajosa – La Esmeralda – La Estrella – La Hodura – La Mesa – La Pringamosa – Las Mercedes – Los Laureles – Patio Bonito – San Isidro – Yarumal.	

Fuente: EOT Nátaga

Nátaga cuenta con bastantes fuentes hídricas, pero la mayor parte se están quedando sin agua debido a la tala de árboles en los nacimientos las cuales ya se hallan desprotegidas. El río Negro de Narváez y el río Páez forman la hoya hidrográfica de Nátaga al igual que la subcuenca del Yaguaracito. La zona occidental esta surcada por el río Negro de Narváez, que presenta un caudal grande con posibilidades para implementar un distrito de riego para los municipio vecinos de Tesalia y Paicol, pues dada la topografía no permite la utilización de estas aguas en las veredas de Nátaga.

El suministro de *agua* para el consumo humano proviene de las quebradas el lindero, con un caudal medio captado de 12 l/s y con una cobertura del servicio del 94% de la población. El servicio es administrado por la Empresa de Servicios públicos de acueducto y alcantarillado la que presta el servicio las 24 horas, con agua tratada apta para el consumo humano con una cobertura del 96%. Y en la actualidad se encuentran en construcción 2 plantas de aguas residuales para la descontaminación de las quebradas El pueblo y Las tinajitas.

El área rural carece de *alcantarillado* y en algunos casos de baterías sanitarias afectando los afluentes de las quebradas de algunas veredas. El *aseo público* es administrado por la alcaldía municipal que no cuenta con una infraestructura adecuada para los residuos sólidos y por tanto estos son llevados al Municipio de La Plata en donde se tiene un convenio con bio orgánicos del Páez para el tratamiento y la disposición final de los residuos, La recolección de basuras se realiza dos días a la semana martes y viernes, con un total de 520 usuarios

Aspecto social

En el documento del esquema territorial del Municipio de Nátaga se describe la llegada de varias instituciones gubernamentales como la CAM, ICBF, Comité de cafeteros, Colegios, SENA, todas estas tendientes a buscar intervenir en el municipio para mejorar las condiciones de vida de la población, sin embargo cabe anotar que sus acciones son fragmentadas, no coordinan actividades ni programas y de esa manera no cubren el total de la población, se presenta el desconocimiento de los objetivos que realmente buscan las instituciones y es por ello que la población no participa activamente sólo recibiendo acciones puntuales y por ello no tienen la conciencia que organizándose pueden satisfacer sus necesidades.

La educación del municipio de Nátaga está organizada mediante instituciones educativas en las cuales se agrupan los centros educativos de la zona urbana y rural. En total se encuentran cuatro instituciones educativas (Colegio Las Mercedes, Laureles, María Mandiguagua, y Patio Bonito.), con 3 sedes urbanas y 20 sedes rurales.

Todo el municipio posee la infraestructura para atender la educación de la población desde preescolar hasta el último grado de Básica Secundaria y los dos niveles de Media Vocacional, en instituciones de carácter público del orden Municipal.

El municipio tiene una Institución de Salud denominada Empresa Social del Estado Luis Antonio Mojica de Nátaga. El Hospital es de Nivel I y tiene una capacidad instalada para prestar los servicios de Urgencias, Consulta externa, Medicina General, Consulta externa en Odontología, Promoción y Prevención, Hospitalización general adultos y general Pediátrica, Sala de Partos, Laboratorio Clínico, Servicios de Farmacia y Transporte Asistencial Básico

En cuanto a infraestructura, el Hospital cuenta con una sede principal en el casco urbano de Nátaga. El hospital está dotado con los equipos necesarios para la prestación de los servicios del primer nivel y cuenta con el personal requerido.

Aspecto económico

La actividad predominante en el municipio de Nátaga, es la agricultura, y se estima que el 80% de su población se dedica exclusivamente a ella: dentro de la agricultura, el renglón predominante es el cultivo de café, favorecido por el mercado minifundio que se presenta en la jurisdicción. Y es así como está actividad caracteriza la estructura económica, como de “tipo Campesino” en donde el productor – propietario, involucra su trabajo y el de su familia en la explotación de la finquita, pero los ingresos así obtenidos son de subsistencia, y no se generan utilidades que pueda emplearlas en mejorar su propiedad y el bienestar social de su familia y menos para realizar ahorros que puedan solucionar situaciones presupuestales críticas en tiempos futuros, además el campesino caficultor generalmente vende en forma anticipada sus cosechas para lograr cancelar las deudas contraídas en la entidad bancaria y para pagar los gastos que demanda la recolección de la cosecha de café.

También se presenta la actividad pecuaria pero en menores proporciones, pues las explotaciones son pequeñas debido a las mismas limitantes topográficas y de los suelos.

Según el Instituto Nacional de Investigaciones Geológicas y mineras INGEOMINAS, en su libro titulado “OCURRENCIAS MINERAS DEL HUILA”, se encontraron tres manifestaciones de oro: la sardinata, sobre el cauce de la quebrada del mismo nombre y ubicada en la vereda Pringamosa, se trata de pequeños aluviones auríferos formados por

la quebrada la Sardinata. No tiene buenas perspectivas para su explotación a gran escala, por la pequeñez de los aluviones y su discontinuidad.

La actividad industrial en el municipio es nula. Después de la agricultura y la ganadería, sigue en importancia, la actividad minera; si bien es cierto que la mayoría de minas se hallan inexplotadas y que tampoco se llevan registros de la producción ni de sus valores. Solamente se explota el mármol en la vereda la Esmeralda en forma artesanal y la extracción de material del lecho de los ríos, la bauxita en la vereda el Socorro.

Dentro de la dimensión económica, el sector terciario del municipio, lo representa el comercio de bajo impacto, pues solamente maneja la comercialización de productos nativos y los de primeras necesidades traídas de afuera. El municipio cuenta en la zona urbana con establecimientos comerciales como lo son las tiendas, graneros, miscelánea, droguerías, restaurantes, almacenes entre otros.

Nátaga es un municipio eminentemente agrícola debido a que goza de múltiples pisos climáticos. Sus principales productos son: café, cacao, plátano, frutas (piña, lulo y granadilla,). La producción pecuaria es baja comparativamente con la agrícola, comprende especies de autoconsumo o en mucho de los casos con muy baja comercialización.

Aspecto cultural

El municipio de Nátaga cuenta con un arraigo cultural valioso, desde el Cacique Diego Maco se ha luchado por conservar una identidad cultural conformada por grupos folclóricos como danzas, raja leñas y música andina, teatro, entre otros.

La identidad y sentido de pertenencia se viene quedando atrás como consecuencia de la marcada influencia de los medios masivos de comunicación, y la falta de educación de la juventud con respecto a cuidar el patrimonio histórico y cultural. La cultura del nataguense se enmarca en la del Tolima Grande con grandes celebraciones folclóricas alrededor del San pedro, mitos y leyendas.

Asociado al espíritu religioso, Nátaga cuenta con numerosos atractivos naturales, que complementan el turismo religioso convirtiéndolo en un lugar apto para el desarrollo de actividades eco-turísticas por su gran atractivo histórico y ecológico.

CARACTERIZACIÓN DE ACTORES

Tal como fue planteado dentro de la fase de aprestamiento, en la fase de diagnóstico se presenta el desarrollo de las etapas 3 y 4 de la identificación de actores correspondientes a la caracterización de actores clave y construcción del mapa de actores.

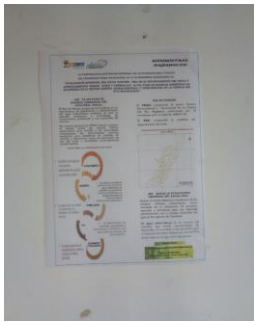
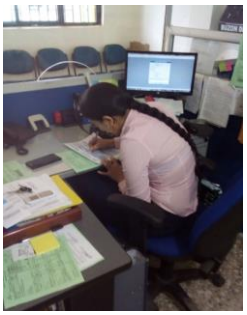
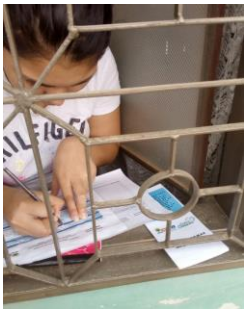
3.11.2 Caracterización De Actores Clave

Para la caracterización de los actores clave identificados, se aplicó una encuesta en los municipios pertenecientes al área de estudio del PMAA. Se presenta el registro fotográfico de la aplicación de estas encuestas, y de la entrega de folletos y afiches tal como se planteó en la estrategia de comunicación establecida en la fase de aprestamiento con el fin de socializar este proyecto desarrollado en el departamento del Huila.

MUNICIPIO DE AIPE		
Alcaldía Municipal	Ingeniera ambiental diligenciando encuesta institucional y de actores	Afiche en la Alcadía
		
Empresas Púbicas EMAC	Empresas Públicas EMAC	Cadefihuila, la secretaria no estuvo de acuerdo en aplicar la encuesta de caracterización de actores
 		

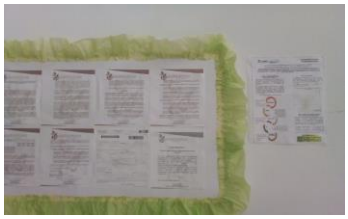
INFORME FASE DE DIAGNÓSTICO

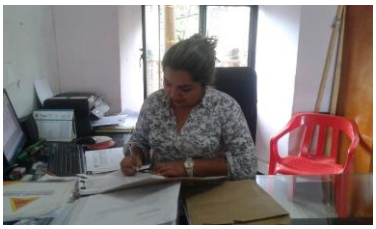
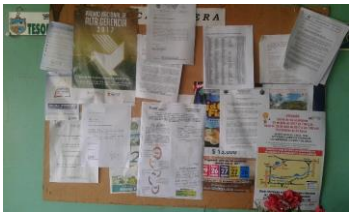
MUNICIPIO DE ALGECIRAS

Alcaldía Municipal	Jefe de Planeación diligenciando encuesta institucional	Afiche Alcaldía
		
UMATA tiene oficina en el edificio de la Alcadía	**UMATA**	**Afiche UMATA**
		
Empresas Públicas de Algeciras EMSERAL	**Ingeniera Ambiental diligenciando encuesta caracterización de actores**	**Afiche EMSERAL**
		
Presidente de la JAC	**Cafetal Huila**	
		

INFORME FASE DE DIAGNÓSTICO

MUNICIPIO DE BARAYA		
Alcaldía Municipal	Jefe de Planeación diligenciando encuesta Institucional, no permitió que se le fotografiara el rostro	Encuesta de caracterización de actores en la Alcadía
	 	
Afiche en la Alcadía	Gerente de Empresas Públicas	Afiche de Empresas Públicas
		
UMATA	Afiche UMATA	Presidente JAC
		

MUNICIPIO DE HOBO		
Alcaldía Municipal	Jefe de Planeación diligenciando encuesta institucional	Afiche Alcaldía
		
Empresas Públicas de Hobo	Afiche Empresas Públicas	JAC
		

MUNICIPIO DE IQUIRA		
Alcaldía Municipal	Jefe de Planeación diligenciando Encuesta Institucional	Afiche en la Alcadía
		
Empresas Púbicas de Iquira	Gerente y Secretaria Empresas Públicas	Afiche en EMP
		
Secretaría de Gobierno	Afiche JAC	CADEFIHUILA
		

MUNICIPIO DE VILLAVIEJA		
Alcaldía Municipal	Jefe de planeacion	Ingeniero ambiental de la alcaldía diligenciando encuesta caracterización de actores
		
Afiche de la Alcaldía	Empresas Públicas	Secretaria de Empresas Públicas
		

MUNICIPIO DE RIVERA

Alcaldía Municipal





Ingeniero Industrial diligenciando Encuesta Institucional del Jefe de Planeación



Afiche Alcaldía



Pasante de Planeación diligenciando encuesta de Caracterización de Actores



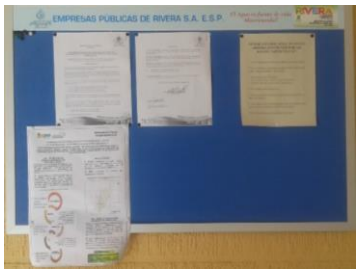
Empresas Públicas de Rivera EPR



Ingeniero Ambiental diligenciando Encuesta Caracterización de Actores



Afiche EPR



ASOPROCAR



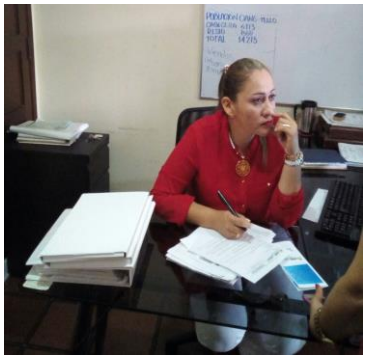
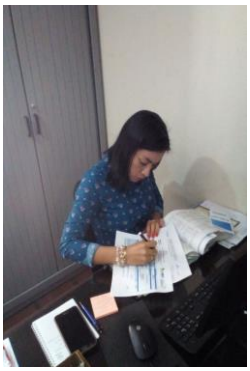
Tesorera diligenciando Encuesta Caracterización de Actores



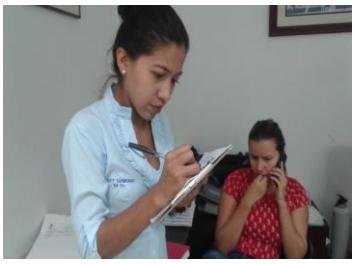
Afiche Asoprocar



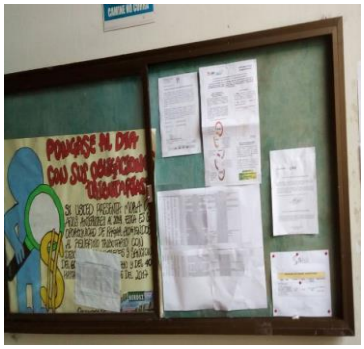
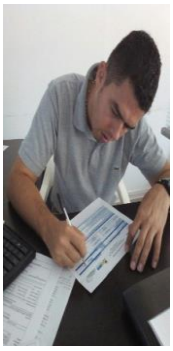
MUNICIPIO DE TELLO

Alcaldía Municipal	Jefe de Planeación diligenciando Encuesta Institucional	Ingeniera Ambiental diligenciando Encuesta Carecterización de Actores
		
Afiche Alcaldía	**Gerente de Empresas Públicas de Tello diligenciando Encuesta Caracterización de**	**Afiche Empresas Públicas de Tello**
		
Presidenta de la JAC diligenciando Encuesta Caracterización de Actores	**Agente Comisionista diligenciando Encuesta Carecterización de Actores**	**Afiche CADEFIHUILA**
		

MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE

Alcaldía Municipal	Jefe de Planeación y secretaria diligenciando Encuesta Institucional	Afiche en la Alcadía
		
Empresas Púbicas de Campoalegre EMAC	**Empresas Públicas EMAC**	**Afiche en EMAC**
		
Fedearroz	**Ingeniera Agrícola diligenciando Encuesta de Caracterización de Actores**	**Afiche Fedearroz**
		
Presidente de la JAC del Barrio La Clementina		
		

MUNICIPIO DE PALERMO

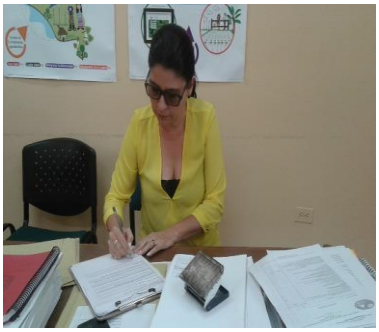
Alcaldía Municipal	Profesional de la oficina ambiental diligenciando Encuesta Caracterización de Actores	Afiche en la Alcadía
		
	Empresas Públicas	**Afiche en EMP - Empresas Públicas**
		
Sector Productivo	**Afiche Sector Productivo**	**JAC**
		

MUNICIPIO DE YAGUARÁ

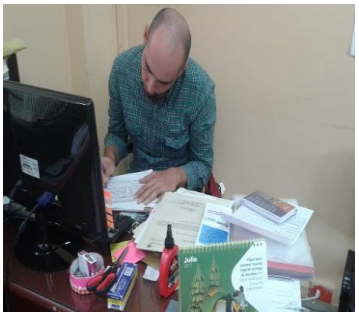
Alcaldía Municipal



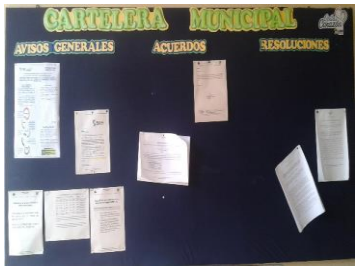
Secretaria de Planeación diligenciando Encuesta Institucional



Ingeniero Ambiental diligenciando Encuesta de Caracterización de Actores



Afiche en la Alcadía



Empresas Públicas EPY



Encuesta EPY



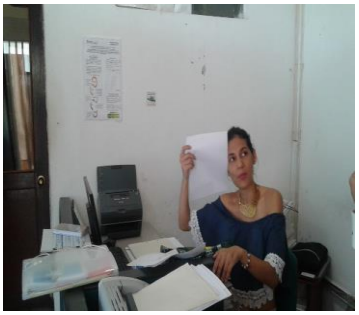
Afiche en EPY



JAC



JAC



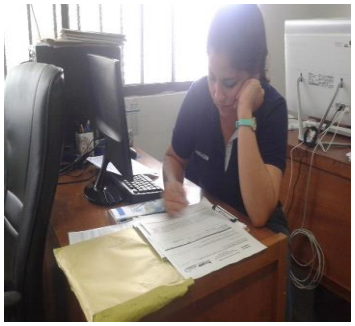
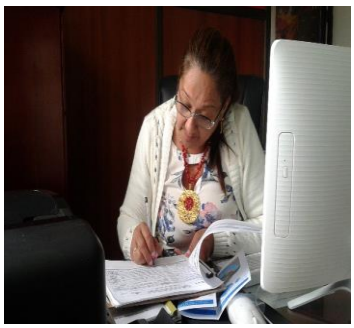
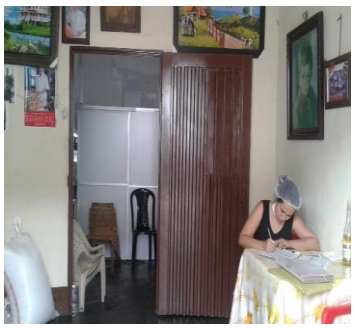
MUNICIPIO DE TERUEL		
Alcaldía Municipal	Jefe de Planeación diligenciando Encuesta Institucional	Ingeniera Ambiental diligenciando Encuesta de Caracterización de Actores
		
Afiche Alcaldía	Empresas Públicas EMP	Afiche en EMP
		
JAC	Afiche JAC	Asociación de Organizaciones Cafeteras de Teruel
		
Secretaria de la Asociación diligenciando Encuesta de Caracterización de Actores		
		

INFORME FASE DE DIAGNÓSTICO

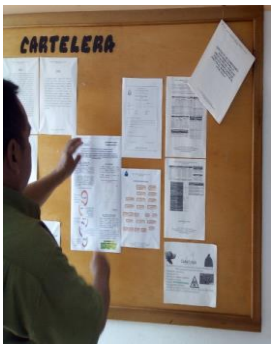
MUNICIPIO DE GARZÓN

Alcaldía Municipal	Secretario diligenciando Encuesta Institucional	Gestión Ambiental diligenciando Encuesta de Caracterización de Actores
		
Afiche en la Alcadía	**Empresas Públicas EMPUGAR**	**Gerente de EMPUGAR diligenciando Encuesta de Caracterización de Actores**
		
CAM	**Ingeniera Ambiental Llenando Encuesta de Caracterización de Actores CAM**	**CORPOAGROCENTRO**
		
Ingeniera Ambiental diligenciando Encuesta de Caracterización de Actores	**Encuesta de Caracterización de Actores SENA**	**Asociación Municipal de JAC**
		
Secretario JAC diligenciando Encuesta de Caracterización de Actores		
		

MUNICIPIO DE ALTAMIRA

Alcaldía Municipal	Secretaria de Planeación diligenciando Encuesta Institucional	Ingeniera Agrícola diligenciando Encuesta de Caracterización de Actores
		
Afiche en la Alcadía	Empresas Públicas deAltamira EMSERALTAMIRA	Encuesta de Caracterización en EMSERALTAMIRA
		
Encargada de las JAC en el Municipio diligenciando Encuesta de Caracterización de Actores	Producción de Achiras	Productora de Achiras diligenciando Encuesta de Caracterización de Actores
		

MUNICIPIO DE EL PITAL

Alcaldía Municipal	Jefe de planeación diligenciando encuesta institucional	Auxiliar de la Alcadía diligenciando encuesta caracterización de actores
		
Afiche de la Alcadía	**Gerente de Empresas Públicas diligenciando encuesta de caracterización de actores**	**Afiche en Empresas Públicas**
		
Oficina UMATA	**JAC**	**Café Pitayo**
		

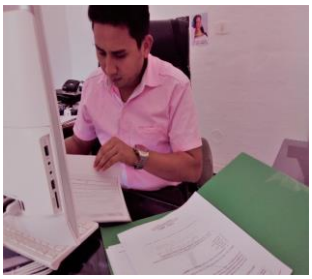
INFORME FASE DE DIAGNÓSTICO

MUNICIPIO DE AGRADO

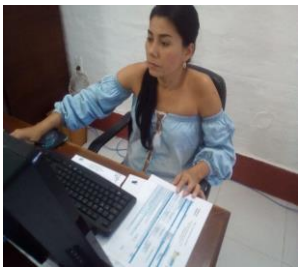
Alcaldía Municipal



Jefe de Planeación diligenciando Encuesta Institucional



Secretaria de la Alcadía diligenciando encuesta caracterización de actores



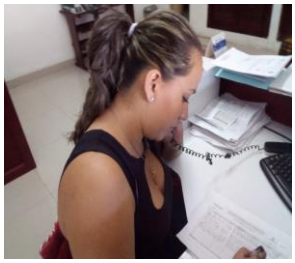
Afiche en la Alcadía



Empresas Públicas de El Pital y El Agrado A.P.A.



Secretaria de Empresas Públicas APA diligenciando encuesta caracterización de actores



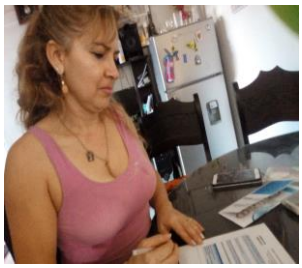
Afiche en A.P.A.



Arqueologia del Agrado



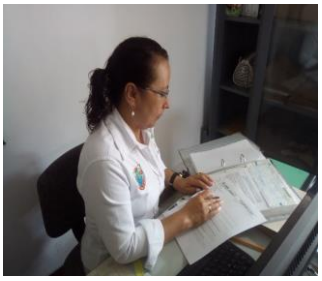
Secretaria de "Arqueologia del Agrado"

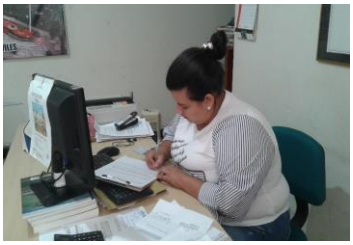


JAC

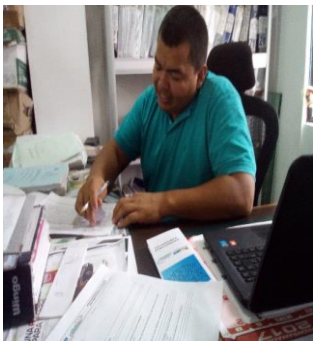
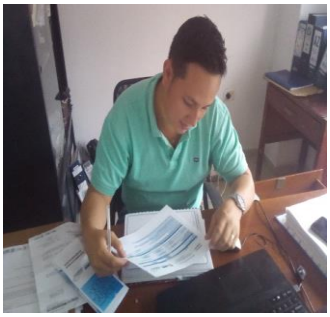


MUNICIPIO DE GIGANTE

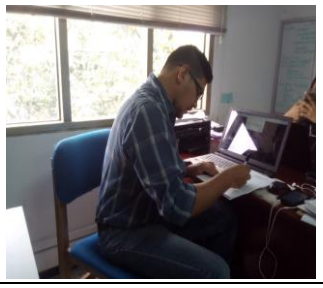
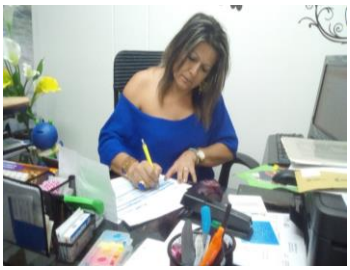
Alcaldía Municipal	Jefe de Planeación diligenciando Encuesta Institucional	Afiche en la Alcadía
		
Empresas Púbicas EMPUGIGANTE	**Ingeniero Ambiental diligenciando Encuesta de Caracterización de Actores EMPUGAR**	**Afiche en EMPUGAR**
		
Pasante de la Alcaldía diligenciando encuesta caracterización de actores	**UMATA**	**Tesorera de la UMATA diligenciando encuesta de caracterización de actores**
		
Afiche en la JAC	**JAC**	
		

MUNICIPIO DE LA PLATA		
Alcaldía Municipal	Secretaria de Planeación diligenciando Encuesta Institucional	Afiche en la Alcadía
		
Empresas Púbicas EMSERPLA	Jefe de Operación diligenciando Encuesta de Caracterización de Actores EMSERPLA	Afiche en EMSERPLA
 		
Unidad de Desarrollo Rural UDR	Ingeniera Ambiental diligenciando Encuesta de Caracterización de Actores UDR	Afiche UDR
 		
JAC	CAFEPITAYO	Comerciante
		

MUNICIPIO DE PAICOL

Alcaldía Municipal	Jefe de Planeación diligenciando Encuesta Institucional	Ingeniero Ambiental de la Alcaldía diligenciando encuesta caracterización de actores
		
Afiche en la Alcadía	**Empresas Púbicas, la encuesta no se pudo aplicar debido a que la empresa estaba cerrada**	**Jefe encargado de la oficina ASOCAPH, que anteriormente era UMATA**
		
Afiche en la oficina de ASOCAPH	**JAC**	**Funcionario ASOCAPH recibiendo plegable informativo**
		

MUNICIPIO DE TESALIA

Alcaldía Municipal	Jefe de Planeación diligenciando encuesta institucional	Ingeniero Ambiental diligenciando encuesta caracterización de actores
		
Afiche en la oficina de medio ambiente	**Afiche en la Alcadía**	**Empresas Públicas de Tesalia**
		
Gerente Empresas Públicas	**Afiche en Empresas Públicas de Tesalia**	**Sector Productivo**
		
Presidente de JAC		
		

MUNICIPIO DE NATAGA		
Alcaldía Municipal	Jefe de Planeación diligenciando Encuesta Institucional	Ingeniera Ambiental diligenciando Encuesta de Caracterización de Actores
		
Afiche en la Alcadía	Empresas Públicas EMP	EMP
		
Afiche EMP	JAC - Encuesta caracterización de actores	Afiche JAC
		
Sector Productivo		
		

La sistematización de las encuestas aplicadas se puede observar en el anexo G en el que se encuentra la matriz alimentada con los resultados del instrumento.

La valoración de actores se realizó a través de los siguientes criterios:

Interés: El interés se valora de la siguiente manera:

Si no se conoce el interés que tiene el actor en el proceso se valora en uno (1)

Si aunque conoce del proyecto ha manifestado poco o ningún interés se valora en (2)

Si ha manifestado algún interés en participar del proceso se valora en tres (3)

Si se muestra interesado pero no ha participado o participado mínimamente se valora en cuatro (4)

Si tiene mucho interés en el proceso se valora en cinco (5)

Si este proyecto es de suma importancia en la ejecución de sus actividades, es el más interesado con una valoración de seis (6).

Influencia: La influencia de los actores se califica de la siguiente manera:

Si no se conoce el nivel de influencia que tiene el actor en el proceso se valora en uno (1)

Si tiene poca o ninguna influencia se valora en dos (2)

Si posee alguna influencia se valora en tres (3)

Si por sus actividades influye moderadamente en el proceso se valora en cuatro (4)

Si tiene mucha influencia se valora en cinco (5)

Si de todos los actores es el más influyente se valora en seis (6).

Posición: La valoración de la posición de los actores se valora de la siguiente manera:

Si el actor se opone al proceso pasivamente se valora en (1)

Si no está ni a favor ni en contra o es indiferente se valora en dos (2)

Si no sabe qué posición asumir aun frente al proceso se valora en tres (3)

Si está a favor del mismo se valora en cuatro (4)

Si apoya pasivamente las actividades se valora en cinco (5)

Si apoya activamente se valora en seis (6)

Debido a la extensión del territorio motivo de este estudio, la matriz que se desarrolla a continuación en la que se le otorgó una valoración a los actores, fue trabajada teniendo en cuenta los sectores comunes presentes en los municipios.

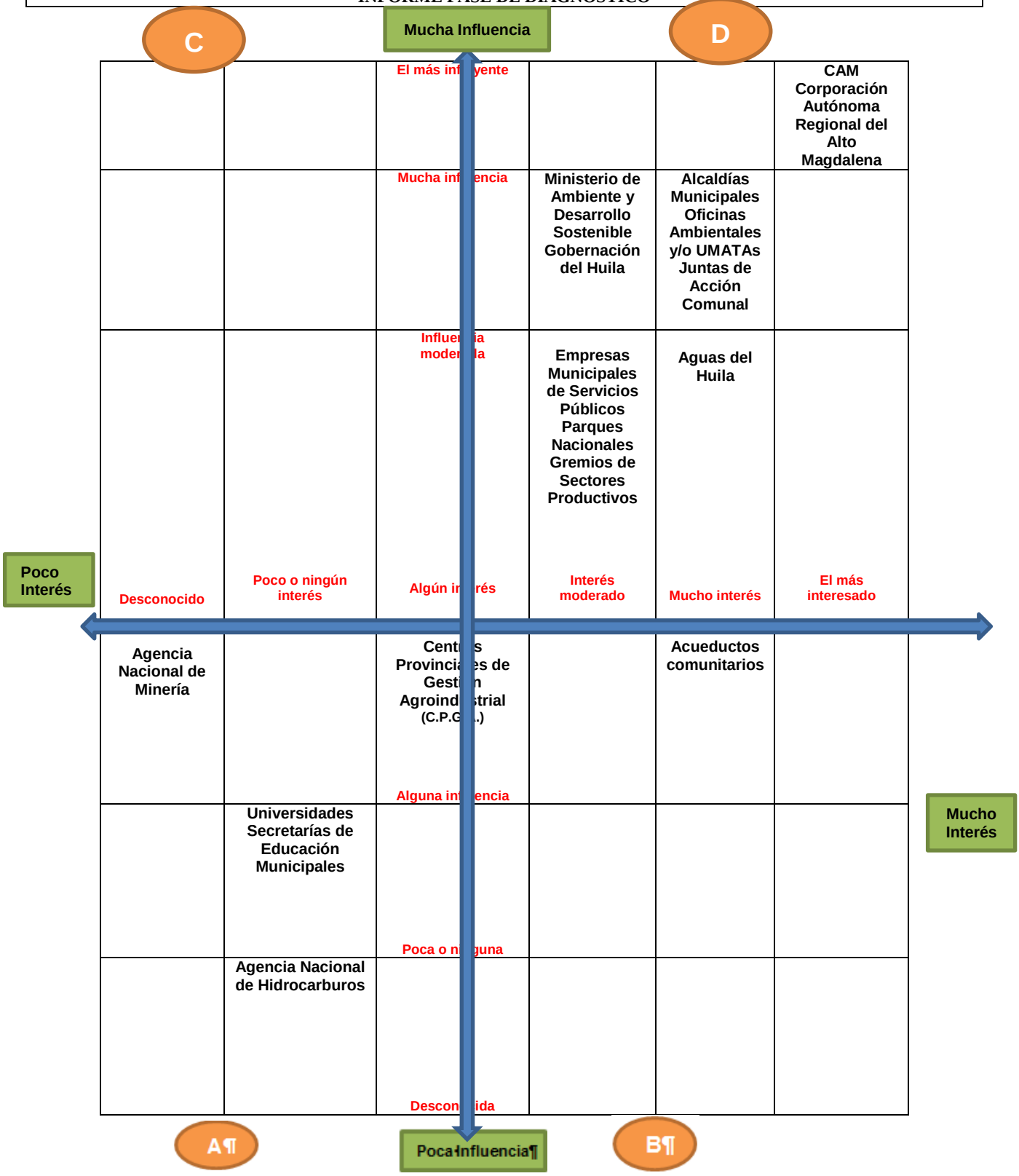
CLASIFICACIÓN	ÁMBITO	ACTOR	DESCRIPCIÓN	INTERÉS	INFLUENCIA	POSICIÓN FRENTE AL PROYECTO
Institucional	Nacional	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Entidad pública encargada de definir la política nacional ambiental y promover procesos en torno a los recursos naturales renovables. Lidera la gestión del recurso hídrico en el país.	4	5	6
		Agencia Nacional de Hidrocarburos	Administra los recursos de petróleo y gas con el objetivo de generar energía, ingresos para el Estado y actividad económica. Tiene la facultad de adjudicar áreas para exploración y producción de hidrocarburos.	2	1	2
		Agencia Nacional de Minería	Autoridad minera en el territorio nacional, encargada de administrar los recursos minerales del Estado Colombiano de forma eficiente, eficaz y transparente a través del fomento, la promoción, otorgamiento de títulos, seguimiento y control de la exploración y explotación minera, a fin de maximizar la contribución del sector al desarrollo integral y sostenible del país.	1	3	2
		Parques Nacionales	Es la entidad encargada de la administración y manejo del Sistema de Parques Nacionales Naturales y la coordinación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas	4	4	4
	Regional	Gobernación del Huila	Es una entidad que promueve el desarrollo económico, social y ambiental del Departamento del Huila, para la construcción de una sociedad democrática, justa y participativa.	4	5	4
		Planeación Departamental	Formular, orientar y coordinar las políticas de planeación del desarrollo territorial, económico, social y cultural, garantizando el equilibrio ambiental del Departamento.	5	4	4
		CAM Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena	Máxima autoridad ambiental del departamento del Huila, trabaja en armonía con los actores sociales y da cumplimiento a la normatividad legal sobre los recursos naturales y el medio ambiente	6	6	6
		Sociedad de Acueductos y Alcantarillados del Huila - Aguas del Huila	Es una empresa que tiene por objeto la explotación y prestación de los servicios públicos domiciliarios, de acueducto, alcantarillado y aseo, y en desarrollo de su objeto social podrá diseñar, construir, administrar, operar, mantener sistemas de acueductos, alcantarillados y aseo, comercializar bienes y servicios y prestar asesoría en las actividades relacionadas con su objeto.	5	4	5
	Municipal	Alcaldías Municipales	Ente territorial que representa al Municipio generando las condiciones necesarias para la oportuna prestación de los servicios públicos y sociales, a través de la planificación del desarrollo económico, social, ambiental y del territorio y, de la administración efectiva de los recursos, propiciando la participación ciudadana en la gestión pública.	5	5	5
		Secretarías de Planeación	Con dependencia de la Alcaldía Municipal su función es realizar la planeación, seguimiento y evaluación del desarrollo municipal desde la planeación, infraestructura, medio ambiente, desarrollo rural, transito, salud y cultura	4	5	5
		Oficinas Ambientales	El objeto de la dependencia es fomentar el ejercicio de actuaciones encaminadas a la conservación, restauración y desarrollo del patrimonio ambiental y la defensa de los Intereses colectivos	5	5	5
		UMATAs (Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria)	Prestar servicios de asistencia técnica directa rural de manera regular y continua a los productores agrícolas, pecuarias, forestales y pesqueros. Adicionalmente, la Umata como dependencia de la Administración Central	5	5	5

CLASIFICACIÓN	ÁMBITO	ACTOR	DESCRIPCIÓN	INTERÉS	INFLUENCIA	POSICIÓN FRENTE AL PROYECTO
			del Municipio tiene asignada funciones de carácter ambiental entre las que se tiene diseñar, promover, desarrollar y controlar la gestión ambiental			
		Empresas municipales de Servicios Públicos	Empresa municipal cuyo objetivo es contribuir al bienestar y desarrollo de la comunidad, especialmente con la prestación de servicios públicos esenciales y complementarios	4	4	5
	Local/ Rural	Servicios de acueducto	Prestación continua y eficiente del servicio público domiciliario de acueducto	6	4	5
Comunitario	Municipal	Asociación Municipal de Juntas de Acción Comunal	Promueve la educación comunitaria como instrumento necesario para recrear y revalorizar su participación en los asuntos locales y municipales, proporciona asesoría a los miembros de las Juntas de Acción Comunal, representa los Intereses comunitarios frente a los entes institucionales y participa en actividades en pro del medio ambiente	5	4	4
	Local/ Rural	Juntas de Acción Comunal en el área rural	Organizaciones civiles sin ánimo de lucro integradas por los habitantes de una vereda o un barrio, quienes se dedican a sumar esfuerzos y recursos para solucionar las necesidades de la comunidad y promover la participación ciudadana. Estas organizaciones unen esfuerzos y recursos para procurar un desarrollo integral, sostenible y sustentable con fundamento en el ejercicio de la democracia participativa.	5	5	4
	Local/ Rural	Acueductos comunitarios	Los acueductos comunitarios son organizaciones de vecinos y vecinas que garantizan el acceso y suministro de agua en los territorios de manera solidaria.	5	3	4
Productivo	Regional	Algodones del Huila Ltda.	Empresa del sector agrícola que se encarga de defender los intereses de las familias dedicadas a la producción de algodón.	3	3	4
		Comité de Ganaderos del Huila	Defiende los Intereses comunes de los ganaderos.	3	3	4
		Federación Nacional de Cafeteros	Trabaja por el mejoramiento de las condiciones de vida de los cafeteros huilenses, sus familias y el desarrollo de las zonas rurales cafeteras del departamento. Promueve el desarrollo social, productivo, ambiental, educativo y de infraestructura básica en las regiones cafeteras.	3	3	4
		Fedearroz	La Federación tiene como objeto la defensa y representación de los agricultores arroceros a nivel nacional. Teniendo como objetivo al productor, promueve su desarrollo tecnológico, buscando su eficiencia económica y mayor competitividad.	3	3	4
		Cacaoteros	Protege los intereses de los cacaocultores colombianos contribuyendo con su desarrollo integral, ofreciendo productos y servicios de carácter comercial, científico, tecnológico, social, ambiental, cultural y de extensión rural, a nivel nacional e internacional, que permitan fortalecer al sub-sector cacaotero.	3	3	4
		C.P.G.A. del Norte del Huila NOROPITA	Es una organización de gestión que agrupa municipios con características homogéneas y potencialidades comunes, para el desarrollo de la competitividad y fortalecimiento del mercado de servicios de asistencia técnica directa rural, con enfoque agro empresarial.	3	3	4
		C.P.G.A. del Occidente del Huila ASOMSURCA	Tiene por objeto contribuir al fortalecimiento del desarrollo rural de la región accidente del departamento del Huila; además la asociación es la encargada de la gestión, coordinación y articulación institucional en la dinamización y ejecución de proyectos en el marco de las funciones de los CPGA y en el desarrollo de las dimensiones sociales, económica, política, cultural y ambiental de los territorios del área de sus jurisdicción, con criterio de competitividad,	3	3	4

CLASIFICACIÓN	ÁMBITO	ACTOR	DESCRIPCIÓN	INTERÉS	INFLUENCIA	POSICIÓN FRENTE AL PROYECTO
			sostenibilidad y equidad.			
		C.P.G.A del Noroccidente del Huila NOROCEAGRO	Corporación Centro Provincial De Gestión Agro empresarial Del Noroccidente Del Huila	3	3	4
		C.P.G.A del Centro del Huila CORPOAGROCENTRO	Centro Provincial de Gestión Agro empresarial, cubre los 8 municipios del centro del Departamento del Huila (Agrado, Pital, Gigante, Tarqui, Suaza, Guadalupe, Altamira y Garzón), donde tiene su oficina principal en el Centro Comercial Paseo del Rosario.	3	3	4
	Municipal	Gremios piscícolas	Agrupa los intereses de los productores piscícolas en los municipios en los que se presenta la actividad	4	4	5
		Gremios frutícolas	Agrupa los intereses de los productores frutícolas en los municipios en los que se presenta la actividad	4	4	5
		Gremios paneleros	Agrupa los intereses de los productores paneleros en los municipios en los que se presenta la actividad	4	4	5
		Gremios cafeteros	Tiene como objetivo asegurar el bienestar del cafetero, democrático y representativo.	4	4	5
		Gremios ganaderos	Agrupa los intereses de los productores ganaderos en los municipios en los que se presenta la actividad.	4	4	5
		Gremios cacaoteros	Agrupa los intereses de los productores cacaoteros en los municipios en los que se presenta la actividad.	4	4	5
Educativo	Regional	Universidad Sur colombiana	La universidad tiene como objeto formar seres sociales integrales mediante la generación y apropiación del conocimiento científico, tecnológico y cultural orientado a responder a los requerimientos del desarrollo sostenible de la nación y sus regiones.	2	2	4
		Universidad Antonio Nariño	Institución de educación superior que tiene como objetivos brindar programas de pregrado y posgrado.	2	2	4
		Universidad Cooperativa de Colombia	Institución universitaria que ofrece programas de pregrado y posgrado, con un modelo educativo con enfoque de competencias	2	2	4
		Fundación Universitaria Navarra	Comunidad universitaria de generación de conocimiento que con visión empresarial y social y bajo los principios de la excelencia académica, profundiza en el aprendizaje autónomo, producción y aplicación del conocimiento para la formación integral de los colombianos	2	2	4
		Corporación Universitaria del Huila - CORHUILA	Es una Institución Universitaria fundada para contribuir al desarrollo del Departamento y del país, mediante el cumplimiento de las funciones de docencia, investigación y proyección social.	2	2	4
		Servicio Nacional de Aprendizaje SENA	La institución tiene como objeto impartir formación profesional a todos los trabajadores de Colombia	2	2	4
	Municipal	Secretarías de educación municipales	Es la entidad encargada de garantizar el derecho a la educación de los niños, niñas y jóvenes en el municipio	2	2	4

3.11.2 Construcción Del Mapa De Actores

El mapa de actores se construyó de acuerdo al modelo planteado en la fase de aprestamiento, en el que se describió el plano cartesiano que se una a utilizar para esta ilustración gráfica.


C
Mucha Influencia
D
El más influyente
Mucha influencia
Influencia moderada
Algún interés
Alguna influencia
Poca o ninguna
Desconocida
Poco Interés
Mucho Interés
Desconocido
Poco o ningún interés
Interés moderado
Mucho interés
El más interesado
CAM Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Gobernación del Huila
Alcaldías Municipales Oficinas Ambientales y/o UMATAs Juntas de Acción Comunal
Empresas Municipales de Servicios Públicos Parques Nacionales Gremios de Sectores Productivos
Aguas del Huila
Agencia Nacional de Minería
Acueductos comunitarios
Universidades Secretarías de Educación Municipales
Agencia Nacional de Hidrocarburos
A¶
Poca Influencia¶
B¶

3.12 IDENTIFICACIÓN DE LAS PROBLEMÁTICAS SOBRE EL ACUÍFERO

3.12.1 Riesgos de contaminación y de agotamiento de las aguas subterráneas

3.12.1.1 Riesgo por agotamiento

Para realizar la evaluación del riesgo se calculó el índice de escasez (Ie) conforme lo establece la Resolución 872 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Actualmente Min Ambiente), se realizó un balance entre las reservas explotables y la demanda anual en el acuífero y finalmente se realizó una evaluación gráfica cualitativa a partir de los mapas de caudales de extracción, con profundidades de nivel y espesores del acuífero.

De acuerdo al artículo 1 y 3, el cálculo de caudal explotable de un acuífero, "*corresponde al caudal que se puede extraer de los recursos disponibles de un acuífero, sin alterar el régimen de explotación establecido por la autoridad ambiental competente"* y puede ser calculado de la siguiente forma:

$$Q_e = \alpha * Q_N$$

Donde;

α, es el coeficiente adimensional que toma valores entre 0.3 y 1.0, de acuerdo con el régimen de explotación establecido por la autoridad ambiental competente.

Q_N, es la recarga del acuífero en condiciones naturales y los componentes de recarga artificial cuando ellos son conocidos, expresada en m^3/año.

Para el sistema de acuíferos del departamento de Huila se establece que el cálculo del índice de escasez *(Ie*) para acuíferos multicapa con diferentes cargas de presión en cada nivel hidroestratigráfico, de la siguiente manera:

$$I_{EG} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_{c_i}}{\sum_{K=1}^{m} Q_{e_k}}$$

Donde;

I_{EG}: Índice de escasez para aguas subterráneas.

Q_{Ci}: Caudal captado en la i-ésima captación, expresado en m^3/año.

Q_{ek}: Caudal explotable en la k- esima capa, expresado en m^3/año.

m: Numero de capas

n: Número de captaciones.

Ahora bien, en vista de que el valor de α se desconoce para la Autoridad Ambiental (CAM), se procede a seguir la metodología expuesta por Ayala et al. (2007) para determinar el comportamiento del I_E en función de alfa a partir de la expresión matemática establecida en la Resolución 872 de 2006.

Basándose en lo anteriormente descrito y teniendo en cuenta los valores establecidos para los sistemas de acuíferos identificado en el Departamento de Huila respecto al caudal captado y la recarga se cuenta con los siguientes datos de las zonas potencialmente acuíferas del PMAA

$$Q_{explotables} = 3{,}65x10^{10}\ \frac{Km^3}{año}$$

$$Q_c = D\ anual = 5{,}164x10^{8}\ \frac{m^3}{año}$$

Tabla 139 Comportamiento del índice de escasez en función del alfa y el caudal de captación para los sistemas acuíferos del PMAA

Alfa (α)	Caudal explotable (m^3/año)	Índice de escasez (I_E)
0,3	1,10E+10	0,047
0,4	1,46E+10	0,035
0,5	1,83E+10	0,028
0,6	2,19E+10	0,024
0,7	2,56E+10	0,020
0,8	2,92E+10	0,018
0,9	3,29E+10	0,016
1	3,65E+10	0,014

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

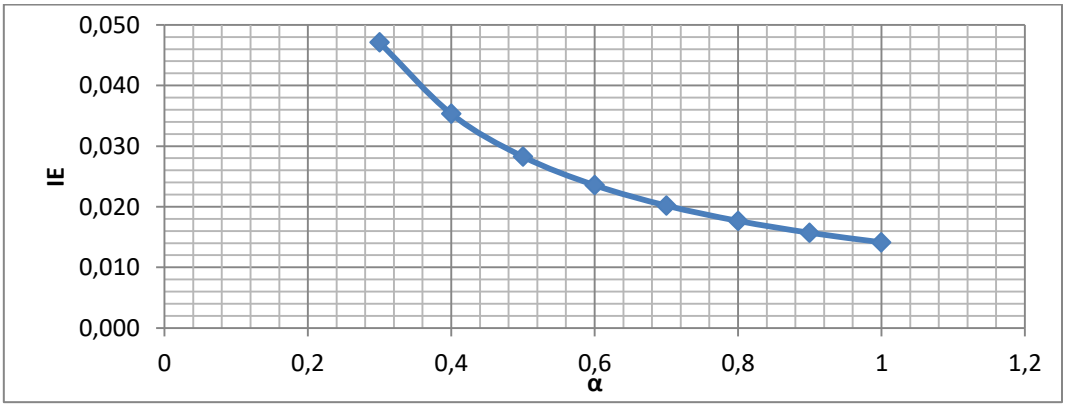


Ilustración 356 Comportamiento del índice de escasez en función del alfa con los valores reales del modelo hidrogeológico
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

El balance entre las reservas explotables y la descarga anual, se realizó con la siguiente expresión

$$Balance = Q_{explotables} - D_{anual}$$

$$Balance = 36{,}54\ \frac{Km^3}{año} - 0{,}5164\ \frac{Km^3}{año}$$

$$Balance = 36.03\ \frac{Km^3}{año}$$

Efectivamente el resultado del balance es positivo, siendo mayores las reservas explotables que la descarga anual, pues estas representan en porcentaje las reservas disponibles (oferta de agua subterránea del cada una zonas con alto interés hidrogeológico establecidas dentro del Área del PMAA). Aún se puede aumentar la explotación del acuífero, sin efectos perjudiciales a este (estos efectos pueden ser evaluados a partir de modelación numérica)

3.12.1.2 Riesgo por Contaminación.

El peligro o riesgo de contaminación que puede presentar el agua subterránea puede ser definido como la probabilidad en que un acuífero experimente impactos negativos a partir de una actividad antrópica dada, hasta un nivel tal que el agua subterránea se torne inaceptable para el consumo humano. Para su determinación, se debe extender su análisis al cuantificar o establecer la interacción entre la carga contaminante sub-superficial con el medio (suelo, roca, conductos), la cual es producto de las actividades humanas (desarrollo urbano, agricultura, ganadería, industria, minería, accidentes ambientales) y la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos (Foster et al., 2002). (Tabla 140)

Tabla 140. Matriz de interrelación entre vulnerabilidad intrínseca y amenaza para evaluar el peligro de contaminación de las aguas subterráneas

Amenaza	Vulnerabilidad				
	Extrema	Alta	Moderada	Baja	Despreciables
Alta (ICC elevado)	Extremo	Alto	Alto	Moderado	Bajo
Moderada (ICC moderado)	Alto	Alto	Moderado	Bajo	Muy Bajo
Baja o ausente (ICC reducido)	Alto	Moderado	Bajo	Bajo	Muy Bajo

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

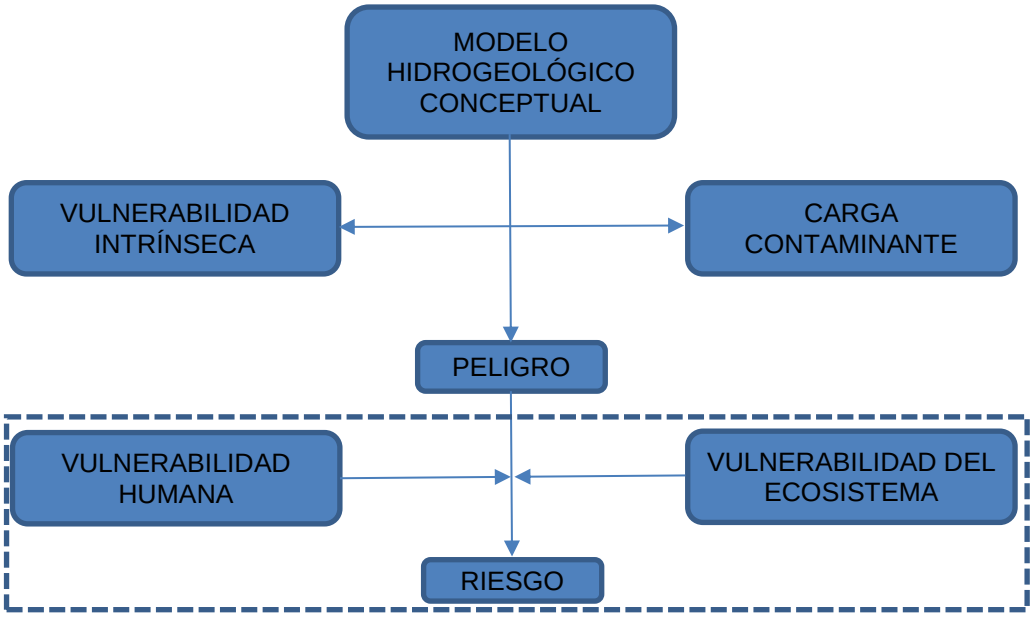


Ilustración 357. Diagrama para la evaluación del riesgo de contaminación del agua subterránea. Fuente: Betancur, 2014

Sin embargo, el peligro de contaminación del agua subterránea, no tiene en cuenta los impactos potenciales en la población humana o en los ecosistemas acuáticos que dependen del acuífero, ni la dificultad respecto al valor económico del recurso hídrico subterráneo. Por tanto, a partir de modelo hidrogeológico conceptual, se debe identificar, clasificar e interrelacionar todas aquellas actividades que generen un riesgo por contaminación con ayuda de la vulnerabilidad intrínseca que tiene el medio y así, estimar el peligro que está sujeta el agua subterránea y el impacto que tendrá sobre la población.

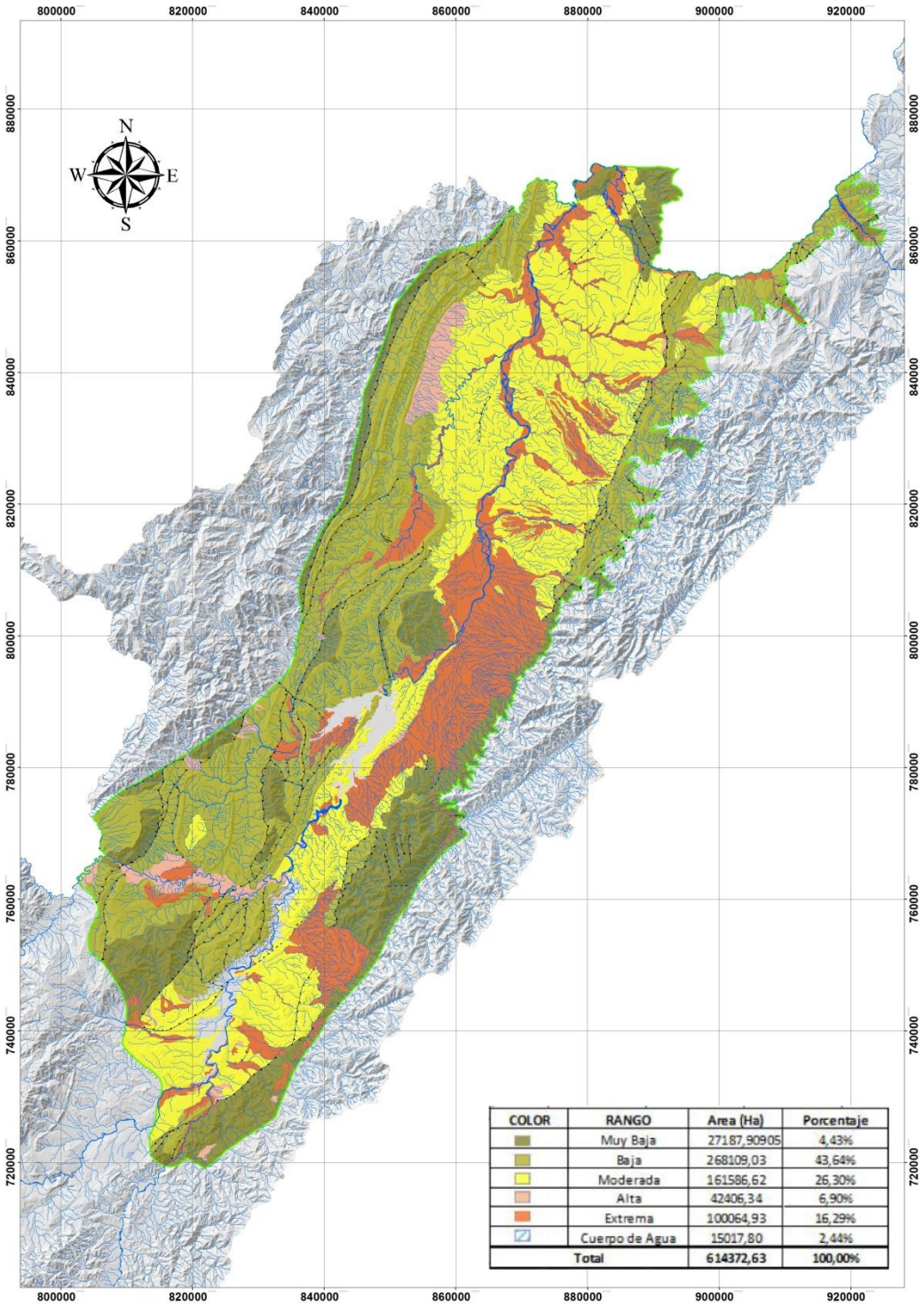
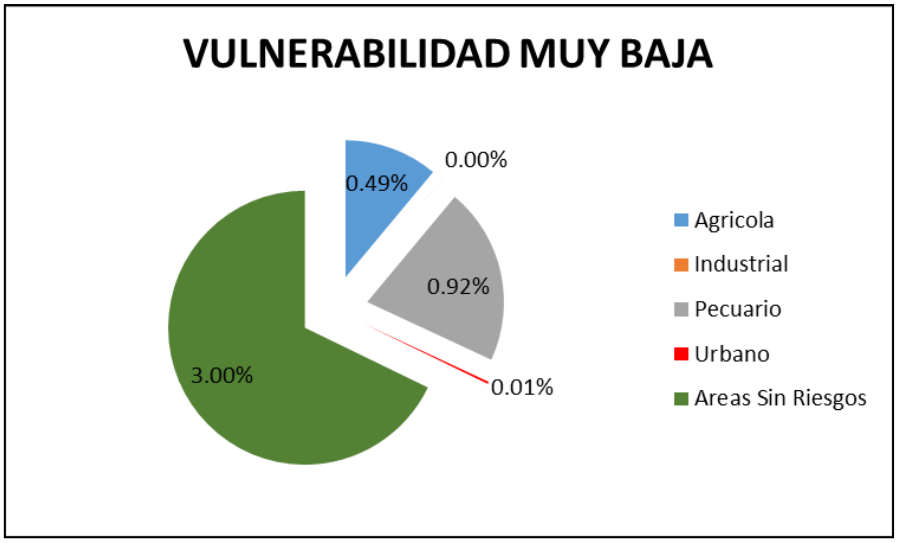


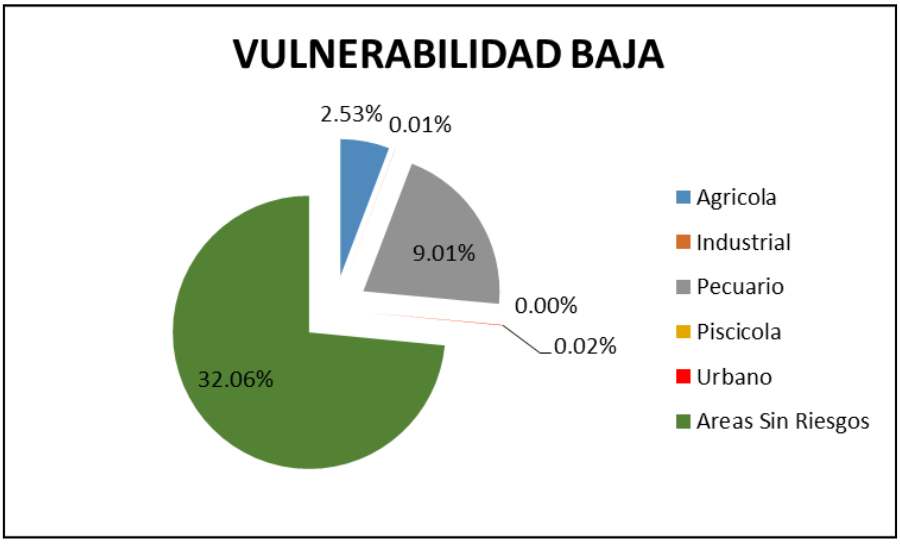
Ilustración 358. Mapa de Vulnerabilidad Intrínseca a la contaminación. Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Para determinar el riesgo de contaminación de un acuífero, se debe interrelacionar la caracterización técnica del componente hidrogeológico, junto con los resultados de los componentes sociales, económicos, físicos, ambientales, políticos, culturales, institucionales, etc. Su resultado y análisis, permitirá estructurar estrategias de gestión del recurso subterráneo, su preservación, remediación o intervención a largo plazo.

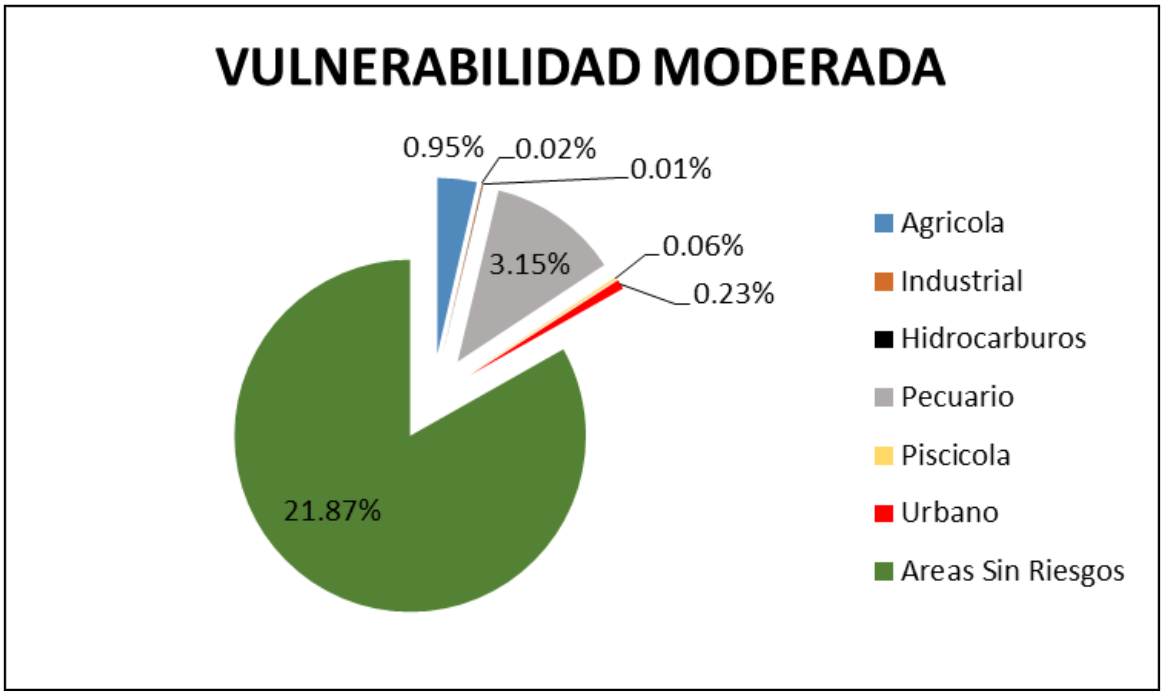
Partiendo del mapa de usos del suelo se obtiene la distribución de las actividades potencialmente contaminantes con respecto a los niveles de vulnerabilidad calculados:



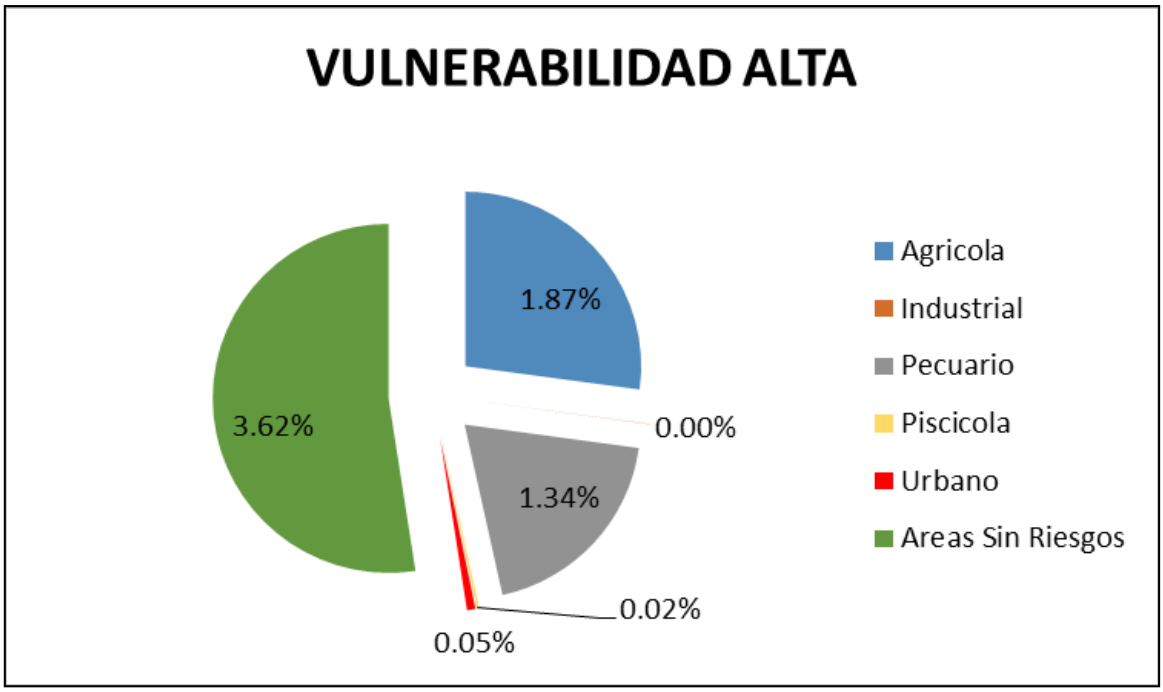
Gráfica 2. Actividades potencialmente contaminantes vs Vulnerabilidad Muy Baja.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016



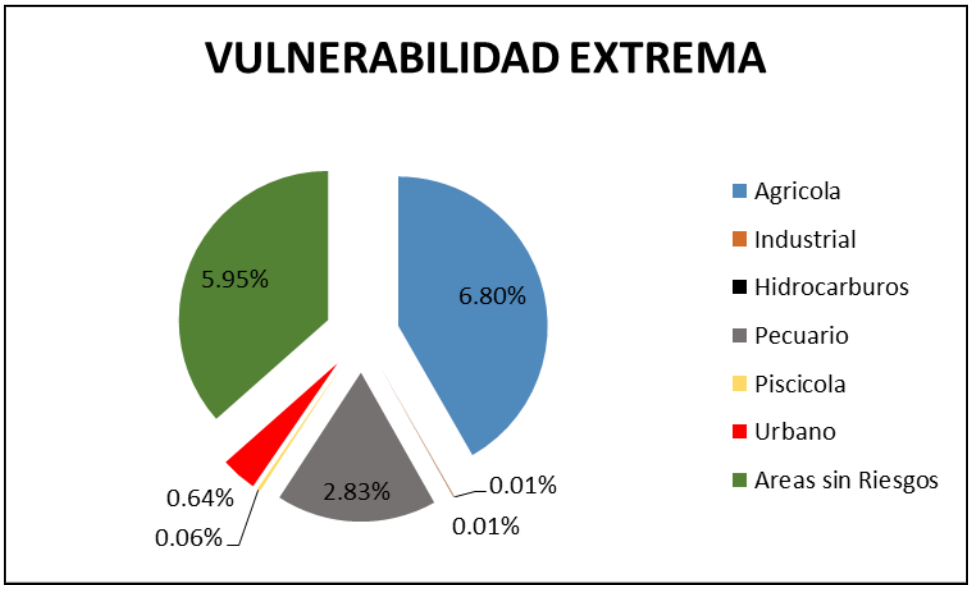
Gráfica 3. Actividades potencialmente contaminantes vs Vulnerabilidad Baja.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016



Gráfica 4. Actividades potencialmente contaminantes vs Vulnerabilidad Moderada.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016



Gráfica 5. Actividades potencialmente contaminantes vs Vulnerabilidad Alta.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016



Gráfica 6. Actividades potencialmente contaminantes vs Vulnerabilidad Extrema.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

De lo anterior se observa que las actividades agrícolas y pecuarias se presentan como las actividades potencialmente contaminantes ocupando aproximadamente un 17% de las áreas con vulnerabilidades moderadas, altas y extremas; esto se ve evidenciado entre otras cosas por los valores altos de coliformes fecales presentes en la mayoría de las muestras tomadas en la zona central del área de estudio.

Del mismo modo se hizo se realizó la superposición de los títulos mineros y las solicitudes de legalización mineras con el mapa de vulnerabilidad intrínseca de lo que se obtiene que aproximadamente el 71% del área ocupadas por estos se encuentran en zonas de vulnerabilidad Moderada, Alta y Extrema, por lo que se requiere un monitoreo constante.

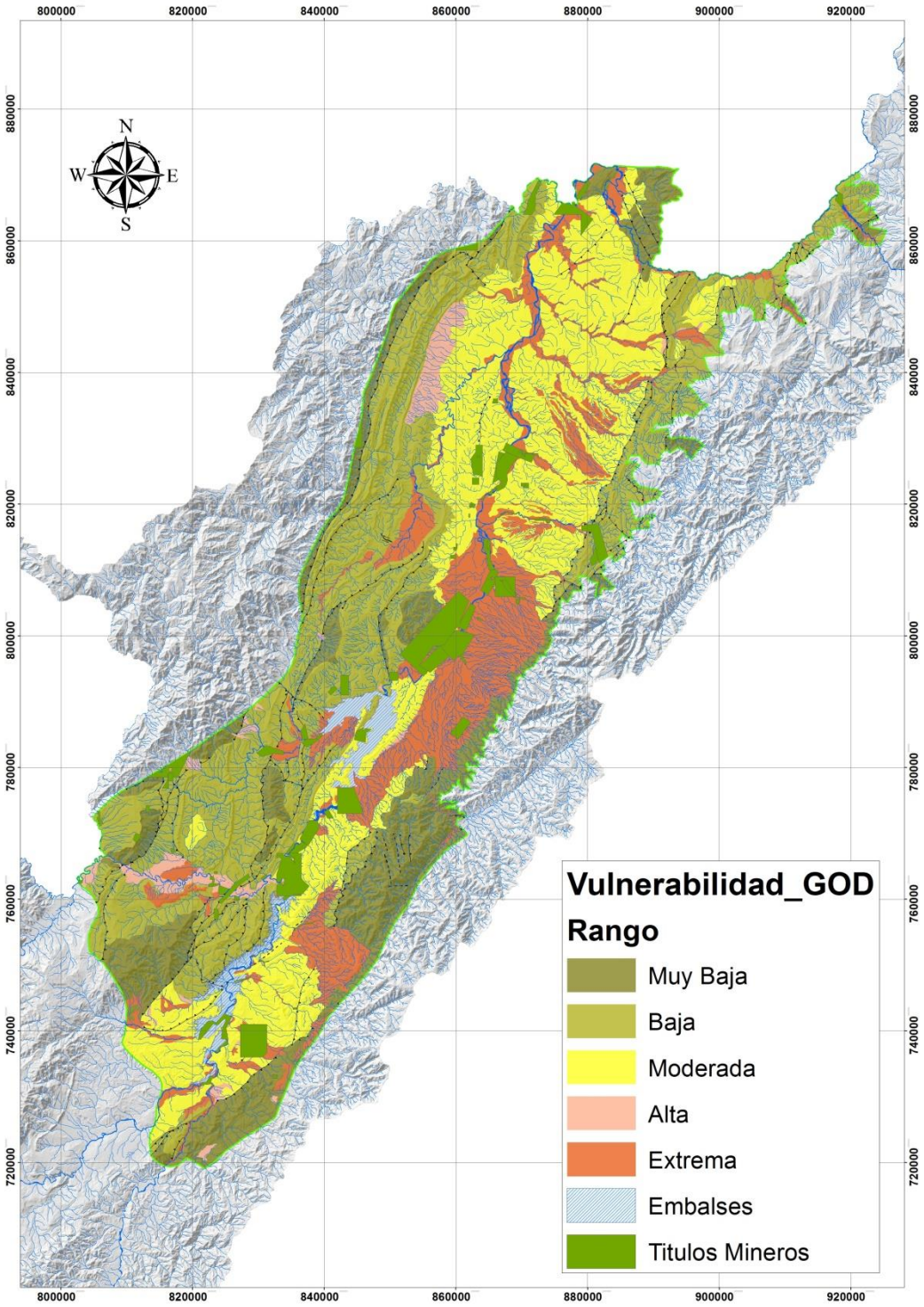


Ilustración 359. Superposición de títulos mineros con el mapa de vulnerabilidad Intrínseca. Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

Así mismo se realizó la superposición de los pozos petroleros inventariados por la ANH en el año 2016, donde se observa que aproximadamente el 61% correspondiente a 778 pozos se encuentran ubicados en zonas de vulnerabilidad moderada.

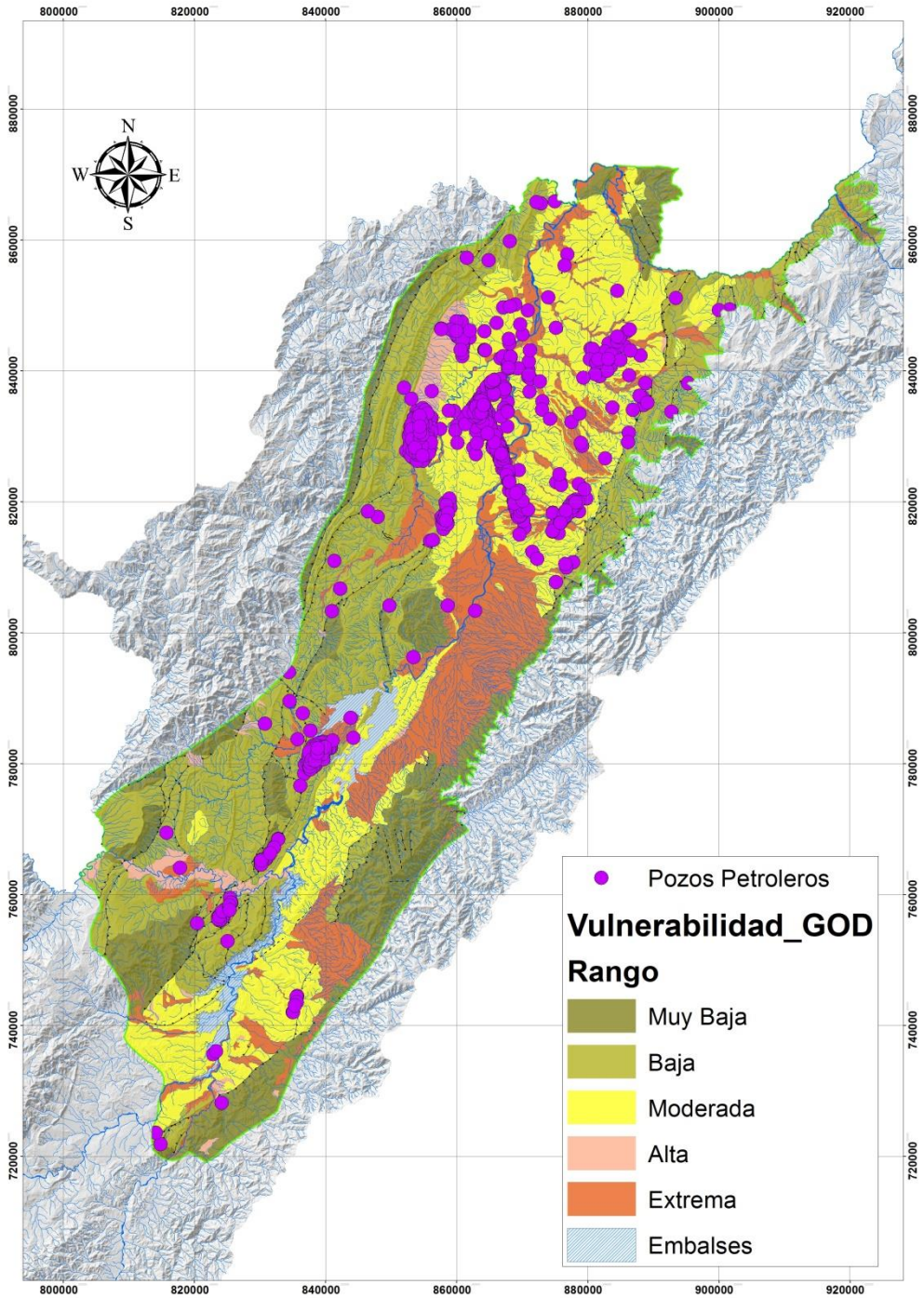


Ilustración 360. Superposición de pozos petroleros en el mapa de vulnerabilidad intrínseca. Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

A partir de este enfoque y teniendo en cuenta que para esta etapa del PMAA para los sistemas acuíferos, no se llega a cubrir todos los aspectos relacionados con las potenciales amenazas por contaminación, dado que no existe un registro, levantamiento o red de monitoreo establecida en un periodo de tiempo definido (años).

Por lo anterior, se presenta una aproximación cualitativa de los agentes antrópicos que generan una potencial fuente de contaminación y una distribución de las áreas expuestas a la contaminación.

3.12.1.3 Riesgos potenciales según de clases contaminación

Acorde con la descripción e identificación general realizada, a continuación, se describirán los riesgos potenciales a contaminación del agua subterránea que presenta el área de estudio, acorde con las clases de contaminación (desarrollo urbano, producción agrícola, producción pecuaria, extracción minera, actividad industrial y accidentes ambientales) y la metodología propuesta por Foster *et al*. (2002) y Betancur (2014). Cada uno de estos tipos de actividad involucra una clasificación en subclases que permiten detallar con mayor precisión los posibles impactos sobre el medio subterráneo.

3.12.1.3.1 Desarrollo urbano

Ésta clase de fuente de contaminación está asociada a las deficiencias que se pueden presentar ante la cobertura y estado de los cementerios, los sumideros en las carreteras, el almacenamiento de combustibles y saneamiento básico (aguas residuales, residuos sólidos). En la **Tabla 141**, se presentan resaltadas las posibles fuentes de contaminación que se registran en relación con el desarrollo urbano de las cabeceras municipales y centros poblados establecidos en el área de los acuíferos identificados.

Tabla 141. Fuente de contaminación por desarrollo urbano. Adaptado de Betancur (2014)

ID	Subclase 1	Subclase 2	Subclase 3	Subclase 4	Subclase 5	Categoría	Causas	Amenazas
Desarrollo Urbano	Saneamiento Básico	Aguas Residuales	Zona Urbana	Alcantarillado		DU1	Mal funcionamiento, construcciones deficientes y poco mantenimiento	Contaminación de las aguas y los suelos
				Lagunas de oxidación		DU2	Procesos constructivos y operación deficientes	
				Plantas de tratamiento	Corriente	DU3	Inexistencia o funcionamiento no adecuado de PTAR	
					Terreno	DU4		
				Descarga de aguas residuales	Corriente	DU5	Baja cobertura del servicio de alcantarillado	
Desarrollo Urbano	Saneamiento Básico	Aguas Residuales	Zona Urbana	Descarga de aguas residuales	Terreno	DU6	Crecimiento urbano acelerado y no planificado	
					Laguna	DU7		
			Zona Rural	Alcantarillado		DU8	Baja cobertura del servicio de alcantarillado	

ID	Subclase 1	Subclase 2	Subclase 3	Subclase 4	Subclase 5	Categoría	Causas	Amenazas
				Lagunas de oxidación		DU9	Falta de impermeabilización	
				Plantas de tratamiento	Corriente	DU10	Remoción inadecuada de la carga contaminante	
					Terreno	DU11	Inexistencia o funcionamiento no adecuado de PTAR	
				Descarga de aguas residuales	Corriente	DU12	Baja cobertura del servicio de alcantarillado	
					Terreno	DU13	Control de vertimientos no adecuado y acorde con la normativa ambiental	
					Laguna	DU14	Falta de control de vertimientos y tratamiento de agua	
		Residuos Sólidos	Zona urbano-rural	Pozos sépticos		DU15	Baja cobertura del servicio de alcantarillado	
				Letrinas		DU16		
				Zanjas		DU17		
			Zona Urbana	Relleno Sanitario		DU18	Lixiviados, inadecuada disposición, operación y tratamiento de los residuos sólidos	
			Zona urbano-rural	Botadero a cielo abierto		DU19	Disposición inadecuada de residuos	
				Excavación		DU20	Falta control autoridad ambiental	
				Corriente superficial		DU21	Baja protección y preservación	
				Aljibes abandonados		DU22	Técnicas constructivas e inadecuada operación	
Desarrollo Urbano	Almacena-miento de combustibles	En superficie				DU23	Almacenamientos (tanques) deteriorados o antiguos, derrames.	
		Enterrados				DU24	Fugas e infiltración del combustible	
	Sumideros en carreteras					DU25	Mal funcionamiento y operación de la estructura	
	Operación de cementerios					DU26	Filtraciones, mal manejo de residuos e inadecuada operación	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016, 2017.

3.12.1.3.2 Producción agrícola

Esta clase de fuente de contaminación está asociada a la producción agrícola que emplea cultivos extensivos, en los que se emplea agroquímicos, pesticidas, fertilizantes en el suelo, agua residual para riego, etc. En la **Tabla 142**, se presentan resaltadas las posibles fuentes de contaminación que se podrían presentar en relación con la producción agrícola que se registra en 14% del área de estudio.

Tabla 142. Fuente de contaminación por producción agrícola. Adaptado de Betancur (2014)

ID	Subclase 1	Subclase 2	Subclase 3	Categoría	Causas	Amenazas
Producción Agrícola	Cultivo extensivo	Plaguicida	Aspersión	PA1	Falta de planificación y ordenamiento territorial. Implementación de prácticas agrícolas inadecuadas. Uso no controlado y cuantificado de producto agroquímicos al suelo que se precipitan o diluyen en el agua subterránea (pesticidas, fertilizantes, etc.)	Contaminación de las aguas subterráneas por infiltración de los residuos provenientes de la actividad agrícola y/o por escorrentía o descarga directa a las corrientes.
			Irrigación	PA2		
		Fertilizante	Aspersión	PA3		
			Irrigación	PA4		
		Aguas residuales	Aspersión	PA5		
			Irrigación	PA6		
	Cultivo de pancoger	Plaguicida	Aspersión	PA7		
			Irrigación	PA8		
		Fertilizante	Aspersión	PA9		
			Irrigación	PA10		
		Aguas residuales	Aspersión	PA11		
			Irrigación	PA12		

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016, 2017.

3.12.1.3.3 Producción pecuaria

Esta clase de fuente de contaminación está asociada a la producción pecuaria (ganadera, piscícola, avícola y piscícola), la cual puede influenciar al medio subterráneo con los residuos que se generen de su producción, cuidado y comercialización. En la **Tabla 143**, se presentan resaltados las posibles fuentes de contaminación en relación con la producción pecuaria en el área del acuífero, aunque puede decirse con son fuentes puntuales.

Tabla 143. Fuente de contaminación por producción pecuaria. Adaptado de Betancur (2014)

ID	Subclase 1	Subclase 2	Subclase 3	Categoría	Causas	Amenazas
Producción pecuaria	Ganadera	Extensiva	Efluente lagunas	PP1	Manejo inadecuado de los residuos sólidos y líquidos producto de la producción. Falta de control y ordenamiento territorial.	Contaminación de las aguas subterráneas por la descarga de residuos sólidos y líquidos provenientes de la actividad pecuaria a los suelos o corrientes
			Efluente el suelo	PP2		
			Efluente corrientes superficiales	PP3		
		Pocas cabezas	Efluente lagunas	PP4		
			Efluente el suelo	PP5		
			Efluente corrientes superficiales	PP6		
		Excremento como abono		PP7		
		Industrial		PP8		
		Casera		PP9		
		Excremento como abono		PP10		
	Avícola	Industrial		PP11		

ID	Subclase 1	Subclase 2	Subclase 3	Categoría	Causas	Amenazas
		Casera		PP12		
		Excremento como abono		PP13		
	Piscícola	Industrial		PP14		
		Casera		PP15		
		Excremento como abono		PP16		

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016, 2017.

3.12.1.3.4 Actividad minera a gran escala

Esta clase de fuente de contaminación está asociada al desarrollo económico de la región. Sin embargo, con su implementación se tienen diversidad de problemas ambientales producto de la explotación de los recursos no renovables. Por otra parte, la ejecución de actividades extractivas de metales a cielo abierto o subterráneo genera contaminación en las fuentes superficiales y subterráneas al emplear sustancias químicas (cianuro, mercurio, etc.), grandes volúmenes de agua, etc. en su producción. En la Tabla 144, se presentan resaltadas las posibles fuentes de contaminación por la actividad minera.

Tabla 144. Fuente de contaminación por actividad minera. Adaptado de Betancur (2014)

ID	Subclase 1	Subclase 2	Subclase 3	Categoría	Causas	Amenazas
Extracción Minera	Metales	Cielo abierto		EM1	Uso y manejo inadecuado de elementos químicos (mercurio, cianuro, etc.) sobre fuentes hídricas. Minería ilegal. Falta de control y ordenamiento territorial de las actividades mineras.	Contaminación de las aguas subterráneas y superficiales por descarga de residuos provenientes de la actividad minera
		Subterránea		EM2		
	Cantera			EM3		
	Carbón			EM4		
	Petróleo			EM5		

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016, 2017.

3.12.1.3.5 Producción industrial

Ésta clase de fuente de contaminación está asociada al desarrollo industrial de la región la cual puede influenciar al medio superficial y subterráneo con la disposición de residuos, derrames, vertidos, etc., que se generen de la manufactura, producción o fabricación de productos para comercialización. En la **Tabla 145**, se presentan resaltadas las posibles fuentes de contaminación por la actividad industrial, a pesar que puede considerarse incipiente en la región.

Tabla 145. Fuente de contaminación por actividad industrial. Adaptado de Betancur (2014)

ID	Subclase 1	Subclase 2	Subclase 3	Categoría	Causas	Amenazas
Actividad Industrial	Vertimiento al alcantarillado	Tratamiento	Efluentes a río	AI1	Manejo inadecuado de los residuos sólidos y líquidos producto de la producción. Falta de control y ordenamiento territorial.	Contaminación de las aguas subterráneas y superficiales por descarga de residuos provenientes de la producción industrial
			Efluentes al suelo	AI2		
			Efluente a laguna	AI3		
		Sin tratamiento	Efluentes a río	AI4		
			Efluentes al suelo	AI5		
			Efluente a laguna	AI6		
	Sistemas de recolección de aguas residuales	Con fugas		AI7		
		Sin fugas		AI8		
	Derrames accidentales	Derrame a corriente		AI9		
		Derrame al terreno		AI10		
		Derrame a laguna		AI11		
Actividad Industrial	Disposición de residuos	Relleno sanitario		AI12		
		Botadero a cielo		AI13		
		Corriente superficial		AI14		
	Precipitación aérea de sustancias			AI15		

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016, 2017.

3.12.1.3.6 Accidentes ambientales

Esta clase de fuente de contaminación está asociada a las posibles amenazas o accidentes ambientales de vehículos que transporten combustibles, sustancias químicas, etc., atentados contra infraestructura que almacena o transporta estas sustancias. La disposición y mal manejo de animales muertos que estén enfermos o no y que son enterrados, o dejados en superficie, y el almacenamiento de materiales extraños (Residuos sólidos) que se degraden o reaccionen con el medio subterráneo. En la **Tabla 146** se presentan resaltadas las posibles fuentes de contaminación por accidentes ambientales.

Tabla 146. Fuente de contaminación por accidentes ambientales. Adaptado de Betancur (2014)

ID	Subclase 1	Subclase 2	Categoría	Causas	Amenazas
Accidentes Ambientales	Derrames	Lagunas	AA1	Infraestructura sin mantenimiento o construcciones inadecuadas o accidentes con transporte de materiales tóxicos y no solubles en el agua. Problemas de orden público y atentados a la infraestructura. Manejo y disposición de animales muertos que estén o no enfermos.	Contaminación por derrames ocasionados por accidentes
		Suelo	AA2		
		Corrientes superficiales	AA3		
	Presencia de animales	Muertos	AA4		
		Vivos	AA5		
	Materiales extraños		AA6		

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016, 2017.

3.12.2 Conflictos por usos del suelo en zonas de interés hidrogeológico

3.12.2.1 Uso y Coberturas del Suelo.

La cobertura vegetal y el uso actual de los suelos es un componente de importancia en la definición de conflictos del espacio territorial. La tierra comprende todos los elementos que se encuentran sobre la superficie del suelo ya sean naturales o creados por el hombre, es decir tanto la vegetación natural, como todo tipo de construcción o edificación destinada al desarrollo de las actividades humanas para satisfacer sus necesidades.
Determinar el uso actual del suelo e identificar sus principales coberturas vegetales, nos permite establecer los grados de intervención del hombre en ecosistemas de interés, cuál es su estado de conservación, además de identificar los principales conflictos socio ambientales existentes.

Para el desarrollo de este apartado, se selecciona el nivel 3 de la cobertura según metodología Corine Land Cover, debido a que evidencia un nivel de detalle óptimo para identificar los principales conflictos de uso de suelo existentes en la zona de estudio. Posterior a ello, se realiza una homogenización de las coberturas, según su vocación

- Asociación de Cultivos Limpios y Pastos Naturales (C2):

Superficies ocupadas por cultivos y pastos en combinación con coberturas naturales. Las áreas de cultivos y pastos ocupan entre el 30% y el 70% de la superficie total de la unidad.

- Cultivos Misceláneos (C1):

Se caracterizan por la predominancia de coberturas para el pastoreo de ganado y en menor proporción las áreas cultivables de transitorias y permanentes.

- Bosque Secundario Semi Denso (BS):

El bosque secundario semi denso, son coberturas vegetales naturales altamente intervenidas, con estratos sucesiones que le dan un gran valor económico a la población. La importancia de esta unidad radica en que se da un uso integrado dando posibilidades de acceso al agricultor para que se beneficie de productos forestales.

- Bosque Primario Denso a Moderadamente Denso (BN):

Esta unidad comprende la vegetación de bosque primario existente. Esta cobertura se ubica en cotas superiores a los 2600 y su principal uso es la protección y regulación hidrológica del sistema que irriga el territorio.

- Tierras Degradadas (DG):

Las tierras degradadas corresponden a los afloramientos y a las áreas destinadas a minería, y zonas erosionadas, las cuales presentan espacios deteriorados, con poca o nula vegetación y requieren prácticas de restauración.

- Cuerpos de Agua de Interés Regional (H1) y Espejos y corrientes de Agua, Nacimientos (H2):

Están representados por el sistema de humedales y nacimientos de agua, ríos, quebradas y demás cuerpos de agua que se identifiquen en la zona, se diferencian por su importancia regional o local.

- Pastos Naturales para Ganadería Extensiva (PG):

Unidad conformada por vegetación herbácea de rápido crecimiento que generan diferentes grados de producción en la actividad ganadera de doble propósito, con algunas áreas de pastos mejorados de pastoreo y corte.

- Arbustales Dispersos y Rastrojo (RA):

Esta cobertura está representada por matorrales de porte bajo, potreros abandonados y gramíneos, se puede observar un estado avanzado de sucesión natural o estado de recuperación. Es común observar dentro de estas zonas pequeños eriales y afloramientos rocosos, así mismo se encuentran pequeños arroyos intermitentes de primer orden.

- Urbano (UI):

La cobertura construida corresponde a la cabecera y centros poblados de la zona de estudio. Dentro de los usos específicos que se dan está la vivienda principal y/o residencial, el comercial, institucional, administrativo, culto, educativo, cultural, la recreación, el espacio público, la conservación ambiental y la recuperación.

Tabla 147. Clasificación de Coberturas y Uso del Suelo según su vocación.

Leyenda	Equivalencia
Bosque denso bajo de tierra firme, Bosque denso bajo de tierra firme, Bosque abierto alto Bosque abierto bajo, Bosque denso alto inundable, Bosque Denso, Bosque denso alto de tierra firme, Bosque denso bajo de tierra firme, Bosque abierto alto de tierra firme, Bosque abierto bajo de tierra firme, Bosque denso bajo inundable, Bosque abierto bajo inundable.	**BN**
Vegetación secundaria baja, Vegetación secundaria o en transición, Bosque de galería y/o ripario, Vegetación secundaria o en transición, Bosque fragmentado, Vegetación secundaria alta, Vegetación secundaria baja, Bosque fragmentado, Afloramientos rocosos.	**BS**
Café, Cultivos agroforestales, Oleaginosas y leguminosas, Otros cultivos transitorios, Mosaico de cultivos, Mosaico de cultivos.	**C1**
Arroz, Mosaico de pastos y cultivos, Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales, Mosaico de cultivos con espacios naturales, Cultivos permanentes herbáceos.	**C2**
Pastos arbolados, Pastos arbolados, Pastos arbolados, Tierras desnudas y degradadas, Afloramientos rocosos, Zonas quemadas.	**DG**
Estanques para acuicultura continental, Zonas arenosas naturales, Arenales, Cuerpos de agua artificiales	**H1**
Zonas pantanosas, Ríos, Lagunas, lagos y ciénagas naturales	**H2**
Pastos limpios, Pastos enmalezados, Pastos Arbolados, Pastos limpios.	**PG**
Arbustales abierto esclerófilo, Arbustales abiertos mesofilo, Arbustales densos, Arbustos y matorrales, Herbazal, Herbazal abierto, Herbazal abierto arenoso, Herbazal abierto rocoso Herbazal denso, Herbazal denso de tierra firme, Herbazal denso de tierra firme arbolado, Herbazal denso de tierra firme con arbustos, Herbazal denso inundable, Herbazal denso inundable arbolado, Herbazal denso inundable no arbolado.	**RA**
Tejido urbano continuo, Tejido urbano discontinuo, Zonas industriales, Explotación de hidrocarburos, Zonas industriales o comerciales.	**UI**
Nubes	**-**

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016, 2017.

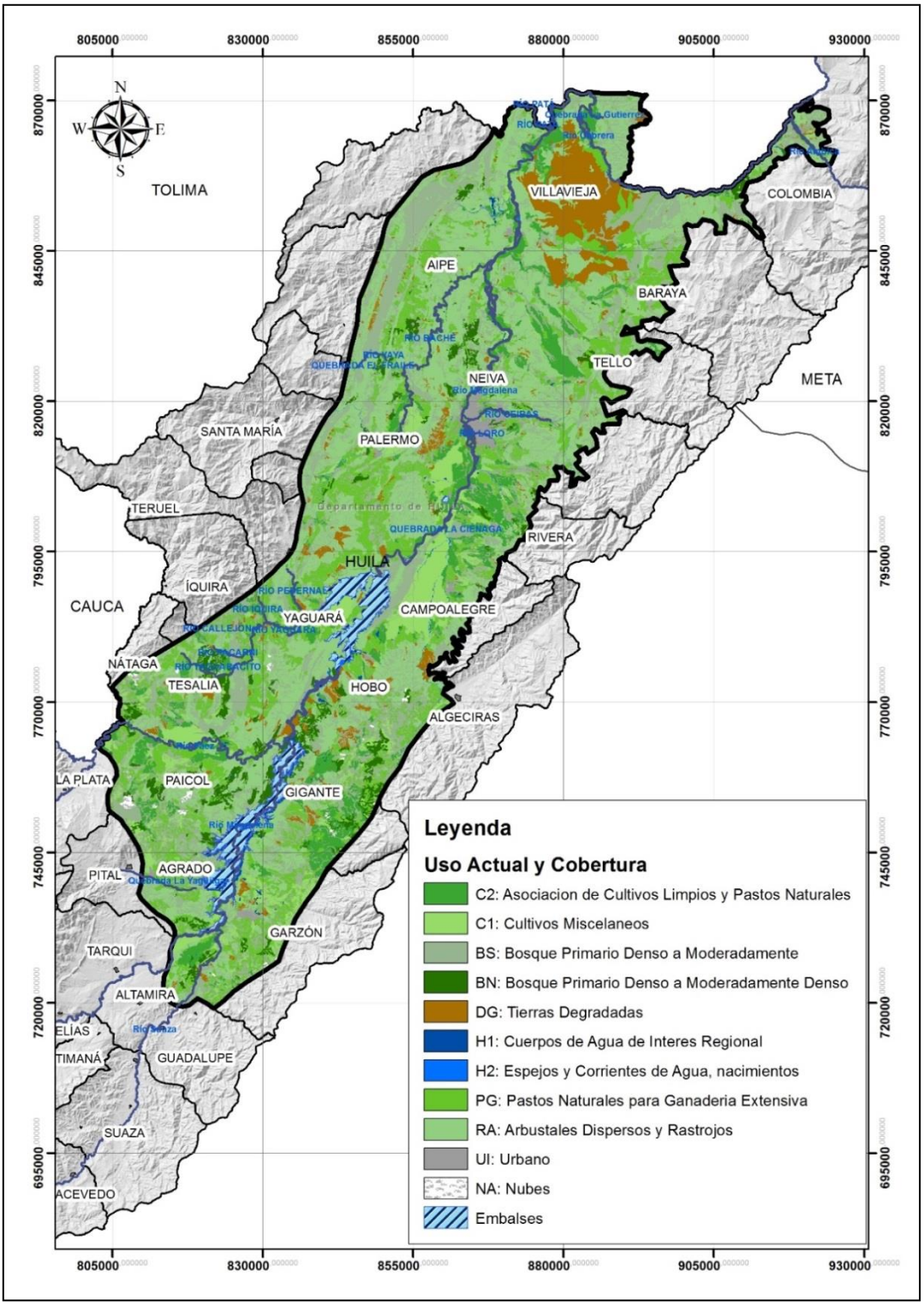


Ilustración 361. Mapas de Uso y Coberturas del Suelo.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016, 2017.

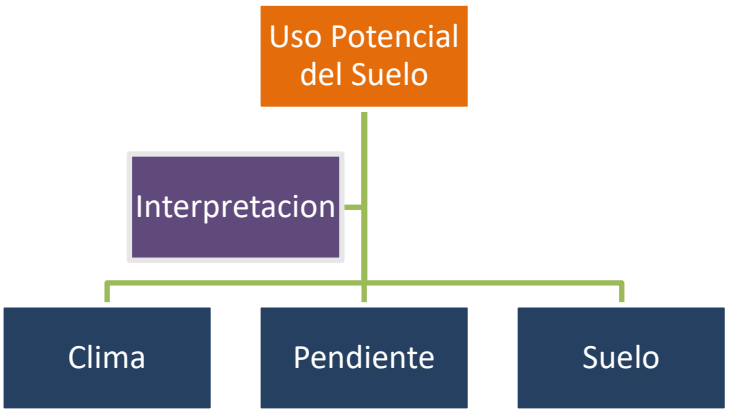
Tabla 148. Tablas de áreas de Usos y Coberturas del Suelo según su vocación.

USO POTENCIAL		AREA (Ha)	PORCENTAJE
BN:	Bosque Primario Denso a Moderadamente Denso	22866,57	3,72%
BS:	Bosque Secundario Semi Denso	155716,52	25,35%
C1:	Cultivos Misceláneos	34380,09	5,60%
C2:	Asociación de Cultivos Limpios y Pastos Naturales	43298,42	7,05%
DG:	Tierras Degradadas	33125,77	5,39%
H1:	Cuerpos de Agua de Interés Regional	4190,67	0,68%
H2:	Espejos y corrientes de agua, nacimientos	5035,95	0,82%
NA:	Nubes	1511,28	0,25%
PG:	Pastos Naturales para Ganadería Extensiva	106048,18	17,26%
RA:	Arbustales Dispersos y Rastrojo	186698,33	30,39%
UI:	Urbano	6273,69	1,02%
Cuerpos de Agua		15227,2945	2,48%
TOTAL		**614372,75**	**100,00%**

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016, 2017.

3.12.2.2 Uso potencial del Suelo.

El uso potencial mayor, es el uso más intenso que pueden soportar los suelos para garantizar una producción sostenida con mínimo deterioro. Los diferentes tipos de utilización de la tierra presentan determinados requerimientos, estos, confrontados con las cualidades de la tierra, permiten establecer la aptitud de uso o capacidad de acogida; esta a su vez, se compara o confronta con el uso actual de la tierra, de donde se deducen los conflictos de uso Para determinar la potencialidad de los suelos, se utilizan factores técnicos como el clima (Variables de temperatura y lluvias), la topografía (Grado de pendiente) y las características físicas del suelo.



Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016, 2017.

Teniendo en cuenta la clasificación agrológica de los suelos dentro del área del PMAA, se establecen equivalencias entre las distintas coberturas que se presentan. Las unidades de uso potencial mayor encontradas son:

- Cultivos Densos (**CD**):

Son los cultivos que no requieren la remoción frecuente y continua del suelo, ni lo dejan desprovisto de una cobertura vegetal protectora, aun en plantas, excepto por periodos breves y poco frecuentes.

- Praderas Naturales y Mejoradas (**PD**):

Este sistema comprende la utilización de tierras para el uso pecuario semi-intensivo, en el cual se mezclan los pastos mejorados con las praderas naturales. Esta actividad se desarrolla en los suelos de pendientes moderadas a semi-onduladas. En algunas áreas se puede compatibilizar la actividad ganadera de doble propósito con explotación de cultivos semi-limpios como los frutales, el Plátano, la Caña, el Mango, las anonáceas, la Papaya y algunos transitorios de Yuca, Maíz y Fríjol en asocio, para lo cual se destinan áreas pequeñas de la unidad productiva.

- Sistema Silvopastoril (**SP**):

Son los que combinan el pastoreo y el bosque, no requieren de remoción continua y frecuente del suelo, ni tampoco queda desprovisto de una cobertura vegetal protectora, permitiendo el pastoreo permanente del ganado dentro del bosque.

- Silvoagrícola semi limpio (**SA-SL**):

Son los que combinan la agricultura y los bosques, permitiendo la siembra, la labranza y la recolección de la cosecha junto con la remoción frecuente y continuada del suelo, dejándolo desprovisto de una cobertura vegetal permanentes en algunas áreas, pero dejando el resto cubierto por árboles en forma continua y permanente.

- Agrosilvopastoril (**ASP**):

Son los que combinan la agricultura, los bosques y el pastoreo dentro de los cultivos y el bosque sin dejar desprovista de vegetación al suelo.

- Boque Protector - Productor (**BP-P**):

Son los que no requieren la remoción continua y frecuente del suelo, aunque queda desprovisto de cobertura vegetal en áreas pequeñas y por periodos relativamente cortos, ya que la tala es selectiva o por sectores, creando una protección permanente al suelo por la vegetación remanente.

- Bosque Protector (**PA**):

Son los que permiten la remoción del suelo, ni la cobertura vegetal en ningún periodo de tiempo, por ser áreas de bosques protectores de nacimientos de agua, vegetación nativa y hábitat de fauna, bancos genéticos y protección de suelos.

- Cuerpos de Agua (**CA**):

Son las extensiones de agua que se encuentran por la superficie terrestre o en el subsuelo (acuíferos, ríos, lagunas, embalses).

- Centros Urbanos (**CU**):

Agrupamiento poblacional de alta densidad. El mismo se caracteriza por tener una infraestructura como para que este elevado número de habitantes pueda realizar funciones cotidianas sin mayores complicaciones.

Tabla 149. Tabla de Áreas de Usos Potenciales del área de estudio PMAA.

USO POTENCIAL		AREA (Ha)	PORCENTAJE
ASP:	Agrosilvopastoril	25369,84	4,13%
BP-P:	Bosque Productor - Protector	120556,66	19,62%
CA:	Cuerpos de Agua	6770,69	1,10%
CD:	Cultivo Denso	28081,64	4,57%
CU:	Centros Urbanos	3782,20	0,62%
PA:	Bosque Protector	122865,14	20,00%
PD:	Praderas Naturales y Mejoradas	130901,28	21,31%
SA-SL:	Silvo Agrícola Semi-limpio	97402,80	15,85%
SP:	Silvopastoril	63415,19	10,32%
Cuerpos de Agua		15227,2945	2,48%
TOTAL		**614372,75**	**100,00%**

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016, 2017.

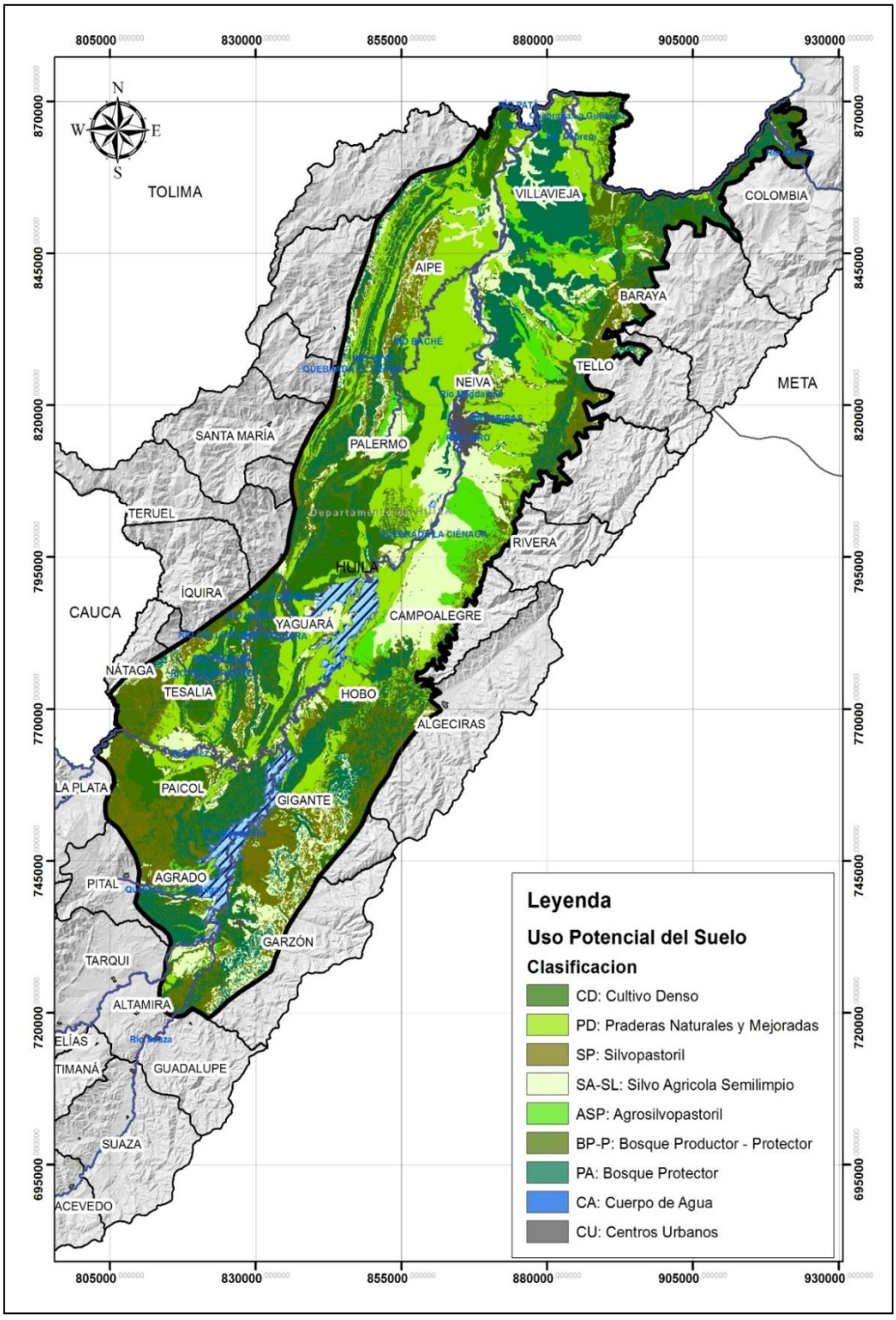


Ilustración 362. Mapa de Uso Potencial del Suelo.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016, 2017.

3.12.2.3 Conflicto Por Uso del Suelo

Las categorías de conflictos son:

- USO ADECUADO
- USO INADECUADO
- USO MUY INADECUADO
- USO SUBUTILIZADO

Para definir calificaciones de conflictos, se partió de las unidades de cobertura vegetal, con la premisa técnica que para la protección del suelo y otros recursos renovables es aconsejable mantener con vegetación apropiada las áreas con virtuales problemas erosivos, las clases y los usos predominantes definidos en los usos y coberturas del suelo, además de las jerarquías propuestas para definir el uso potencial del suelo. Del cruce del mapa de cobertura y uso actual con el mapa de uso potencial, se generan una serie de conflictos que se les dio clasificación anteriormente relacionada, de acuerdo a su grado de conflicto.

Tabla 150. Matriz de relación entre uso y cobertura del suelo y uso potencial del suelo para generar el mapa de Conflicto de uso del suelo.

USO POTENCIAL	USO Y COBERTURA ACTUAL									
	C1	C2	BS	BN	DG	H1	H2	PG	RA	UI
CD	A	A	SU	SU	SU	I	I	I	I	I
PD	I	I	I	I	SU	I	I	A	SU	I
SP	A	A	A	A	SU	I	I	A	SU	I
SA-SL	A	A	A	A	SU	I	I	A	SU	I
ASP	A	A	I	I	I	I	I	A	I	I
BP-P	I	I	A	A	I	A	A	I	I	I
PA	MI	MI	A	A	I	A	A	I	I	MI
CA	MI	MI	MI	MI	MI	A	A	MI	MI	MI
CU	I	I	I	I	I	I	I	I	I	A

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016, 2017.

MI Muy Inadecuado | I Inadecuado | A Uso Adecuado | SU Subutilizado

USO ACTUAL Y COBERTURA

C2: Asociación de Cultivos Limpios y Pastos Naturales

C1: Cultivos Misceláneos

BS: Bosque Secundario Semi Denso

BN: Bosque Primario Denso a Moderadamente Denso

DG: Tierras Degradadas

H1: Cuerpos de Agua de Interés Regional

H2: Espejos y corrientes de agua, nacimientos

PG: Pastos Naturales para Ganadería Extensiva

RA: Arbustales Dispersos y Rastrojo

UI: Urbano

USO POTENCIAL

CD: Cultivo Denso

PD: Praderas Naturales y Mejoradas

SP: Silvopastoril

SA-SL: Silvo Agrícola Semi-limpio

ASP: Agrosilvopastoril

BP-P: Bosque Protector – Productor

PA: Bosque Protector

CA: Cuerpos de Agua

CU: Centros Urbanos

Definida la metodología para establecer las áreas de suelo que se encuentran en conflictos de uso, se entra a realizar la zonificación de conflictos de los suelos rurales de acuerdo a las potencialidades de los mismos y a su uso actual.

El uso adecuado corresponde a usos concordantes con la potencialidad que los suelos presentan, el uso adecuado coincide en las diferentes prácticas de manejo y protección propuestas en las unidades de manejo con las que en la actualidad los productores realizan en sus cultivos, esto condicionado a las diferentes aptitudes y limitantes físico químicas que se presentan las unidades de suelo.

El Uso Inadecuado y Muy Inadecuado corresponden a usos que sobrepasan el mayor uso potencial del suelo sin que generen deterioro. Generalmente va relacionado en características del suelo, los cuales son sobre explotados por medio de enmiendas y arreglos temporales a las parcelas, las cuales requieren grandes cantidades de fertilizantes y labores de arado y mejoramiento estructural para cumplir con las exigencias de los usos instalados en dichas zonas.

Los Suelos Subutilizados, presentan potencialidad para desarrollar proyectos Silvopastoril, Agrosilvopastoril, cultivos limpios, sistemas pecuarios con pastos naturales y mejorados y la protección absoluta de zonas de importancia ambiental y que actualmente se encuentren con rastrojo, vegetación arbustiva, bosque natural. La calificación de la categoría como subutilizados tiene que ver con su desaprovechamiento a la aptitud que presentan, es decir, existen zonas con bosque secundario que por pendiente y profundidad del suelo puede ser apto para desarrollar sistemas productivos limpios, semi-limpios y agroforestales.

Tabla 151. Tabla de áreas de Conflicto por Uso de Suelo en la zona de estudio PMAA.

CONFLICTO USO DE SUELO		AREA (Ha)	PORCENTAJE
MI:	Muy Inadecuado	13811,77	2,25%
I:	Inadecuado	221555,56	36,06%
A:	Adecuado	213696,60	34,78%
SU:	Subutilización	148570,23	24,18%
-	Sin Información	1511,2774	0,25%
Cuerpos de Agua		15227,295	2,48%
TOTAL		**614372,75**	**100,00%**

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016, 2017.

Es evidente un alto porcentaje en el uso inadecuado del suelo, lo que podría generar a futuro problemas de erosión, dada la explotación inapropiada del recurso, por desconocimiento de su potencial de oferta real. Este 36.06% puede disminuirse si se realizan buenas prácticas agrícolas, desde la preparación de las parcelas por medio de estudios que permitan reconocer las fortalezas y debilidades de dichos suelos, hasta las labores de mantenimiento y recolección del cultivo.

Es de resaltar que el 34.78% del territorio se encuentra siendo utilizado según el mayor uso potencial del suelo, y un 24.18% se encuentra siendo subutilizado, lo que significa un espacio de expansión para las actividades productivas que mantienen mayoría en usos que superan su oferta potencial.

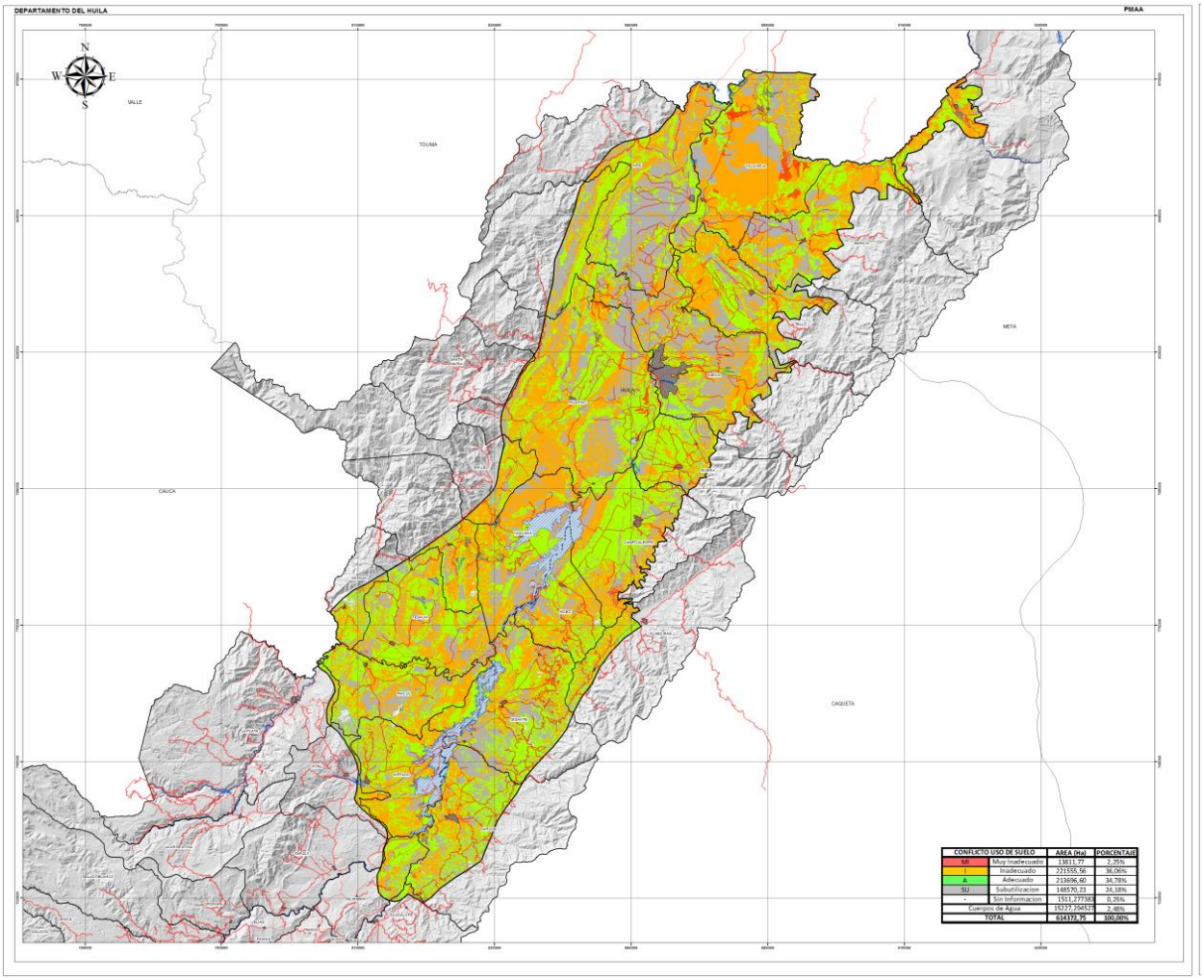


Ilustración 363. Mapa de Conflicto por Uso del Suelo.

3.12.3 Plan De Evaluación Del Riesgo

La evaluación de los peligros o riesgos de contaminación del acuífero es un prerrequisito esencial para la protección del agua subterránea y para la priorización de las medidas de control y mitigación necesarias. Actualmente se hace una diferenciación entre la palabra “peligro” y la palabra “riesgo”, donde esta última considera adicionalmente el impacto potencial en la población humana o en los ecosistemas acuáticos que dependen del acuífero, asociados a un valor económico. En el diagnóstico que acá se presenta, se restringe la palabra “riesgo” únicamente a la clasificación del “peligro de la contaminación del agua subterránea” (Foster S. , Hirata, Gomes, D'Elia, & Paris, 2003).

La necesidad más evidente para el PMAA es priorizar las medidas de control de la contaminación del agua subterránea en las áreas donde se han identificado las actividades potencialmente contaminantes. Si bien se ha realizado un inventario de las

fuentes potenciales de contaminación, es necesario establecer cuáles de estas actividades y en cuáles áreas suponen mayor peligro a la calidad del agua subterránea. Como se indicó en el ítem, para la evaluación del riesgo por contaminación. Se requieren tres componentes, el mapeo de la vulnerabilidad del acuífero, la delimitación de las áreas de protección de las fuentes de abastecimiento de agua y el inventario de la carga contaminante al subsuelo. (Foster S. , Hirata, Gomes, D'Elia, & Paris, 2003)

El plan para la evaluación del riesgo por contaminación de las aguas subterráneas, tiene por fin brindar soporte para la toma de decisiones orientadas en los siguientes aspectos.

- Restricción.
- Prohibición de actividades.
- Monitoreo de aguas subterráneas.
- Cambio en el uso del suelo.

Como parte del plan se propone la metodología para la evaluación y manejo del riesgo presentada en la **Ilustración 364,** en la cual se establecen unas preguntas secuenciales que busca ayudar a la toma de decisiones basada en información del acuífero. La metodología es recurrente en preguntar sobre la confiabilidad de la evaluación del riesgo de contaminación del acuífero. En otras palabras, sobre la confiabilidad de la información utilizada para dicha evaluación. Si bien el diagnóstico aporta información veraz y confiable, es necesario establecer otras acciones para disminuir la incertidumbre de cada parámetro determinado. En este sentido, se requiere la implementación de la red de monitoreo de aguas subterráneas, establecer perímetros de protección en los puntos de captación, definir zonas de conservación y uso sostenible y otros requerimientos de información asociados a mejorar la calidad del Modelo Hidrogeológico Conceptual y del Modelo Hidrogeológico Numérico.

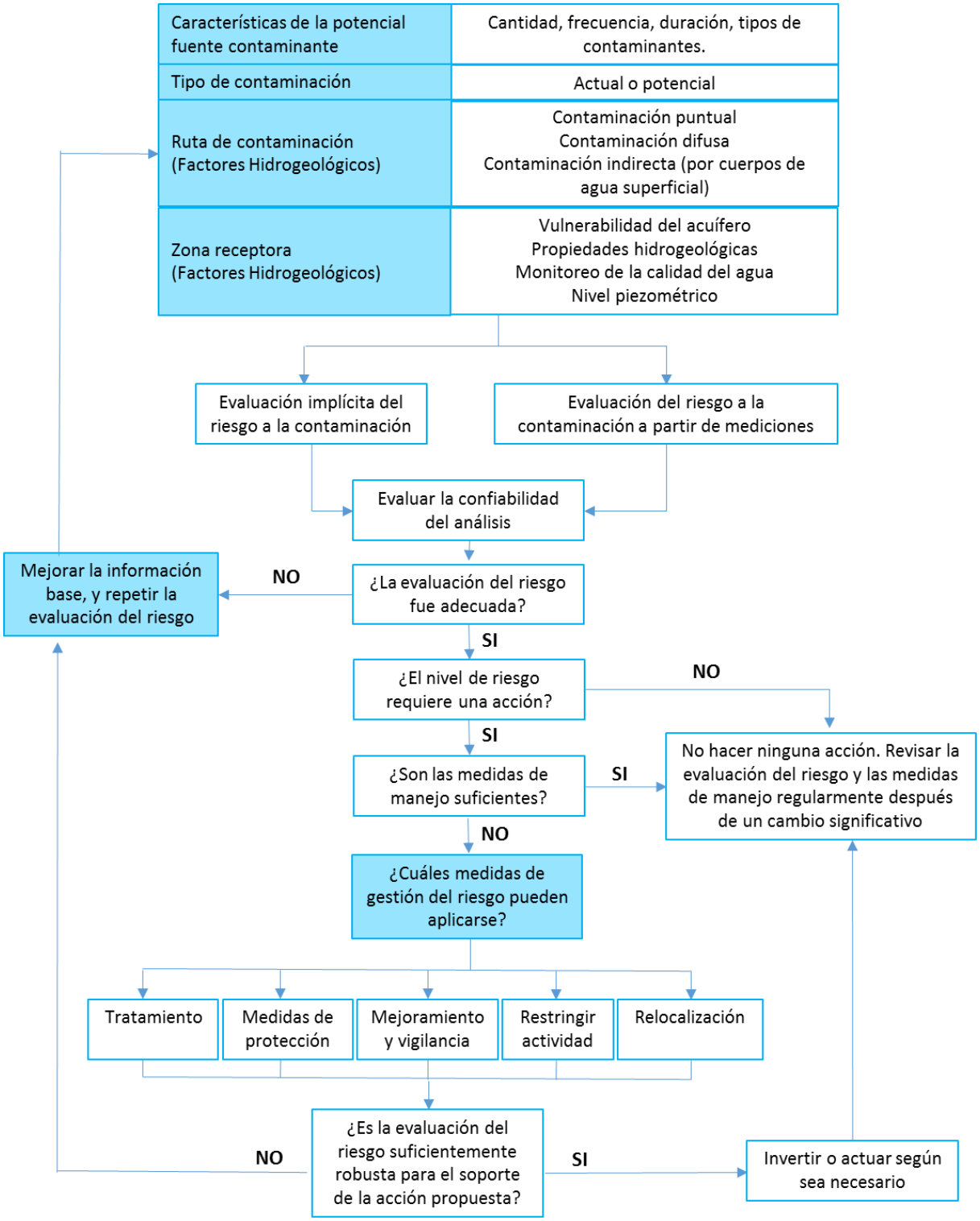


Ilustración 364. Metodología para la Evaluación y Manejo del Riesgo.
Fuente: Modificado de Department of the Environment, (1998).

3.12.4 Red de Monitoreo Hidrogeológico.

Para evaluar aspectos importantes del agua subterránea y poder implementar soluciones de gestión se requieren datos hidrogeológicos, tanto de la condición básica inicial (recolección de datos) como de las variaciones en el tiempo. Dicho monitoreo comprende la recolección, análisis y almacenamiento de un número determinado de datos en forma regular, conforme a circunstancias y objetivos específicos. El tipo y volumen de datos requeridos varía considerablemente en función del aspecto de gestión de que se trate, pero inevitablemente también dependerá de los recursos financieros disponibles e inversión en la instalación de la red, costos del muestreo (personal, instrumentación, logística), costos de análisis (laboratorio y procesamiento y almacenamiento de datos) (Tuinhof, Foster, Kemper, Garduño, & Nanni, 2002).

Para determinar los cambios en cantidad y calidad del agua subterránea, es necesario realizar un monitoreo hidrogeológico que se conforma por un conjunto de pozos de producción y observación, recorridos de campo y personal capacitado que permite identificar los impactos de la extracción y contaminación de las aguas subterráneas. Tuinhof et al. (2002) clasifican los sistemas y redes de monitoreo en tres grupos: sistemas primarios (identifican cambios generales del flujo y calidad de agua subterránea), secundarios y terciarios (evalúan y controlan el impacto y riesgos asociados al uso y extracción del recurso subterráneo). En la **Tabla 152**, se presenta una síntesis.

Para que una red de monitoreo sea eficiente, se deben tener en cuenta tres aspectos: el diseño de la red, la implementación del sistema y la interpretación de los resultados. Estos determinaran el grado de eficacia, en torno a la frecuencia de mediciones, almacenamiento de la información y relación beneficio/costo con su implementación. En la **Tabla 153** se tiene una síntesis de estos aspectos.

Existen técnicas de medición y monitoreo del agua subterránea que se realizan de forma directa e indirecta de acuerdo al uso del agua subterránea. Las mediciones directas, hacen referencia a la extracción mediante equipos de bombeo (de pistón, centrífugas, diafragma, inerciales) y sensores instalados en pozos de producción que tienen medidores y los métodos indirectos pueden ser a través de: (i) la recolección de datos indicadores con estimaciones indirectas y relación entre el número de horas de bombeo y el caudal extraído (uso agrícola), (ii) uso de sensores remotos y (iii) estimaciones de cambio asociadas a la extracción regional del agua subterránea y la relación con los cambios demográficos y verificaciones aleatorias sobre el uso per cápita del agua. Respecto a las mediciones de nivel de agua subterránea (en pozos de producción, observación o no uso) pueden ser de forma manual (sensores de señal visual y sonora con una sonda de nivel) o automática (registradores o divers). Siendo los últimos más recomendables, ya que cuantifican con mayor precisión durante el tiempo la variación que tiene los niveles de agua, temperatura, la conductividad eléctrica(solidos totales disueltos (TDS), salinidad, densidad), oxígeno disuelto (saturación de oxigeno), valor PH, redox potencial, amoniaco, nitrato, cloruro, amonio, sodio, calcio, fluoruro, potasio, clorofila a,

cianobacterias, rodamina WT, turbidez (solidos totales suspendidos TSS), monitor en línea contínuo de hidrocarburos en agua, fluorescencia para mediciones de PAH/Aceite en agua, BTEX: Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xileno y PAH: Hidrocarburos aromáticos polícicliclos.

Tabla 152. Clasificación de los sistemas de monitoreo de agua subterránea según su función.

Sistema	Función básica	Ubicación de los pozos
Primario (monitoreo de referencia)	Evaluación del comportamiento general del agua subterránea: • Las tendencias resultantes de cambios en el uso del suelo y la variación climática. • Los procesos tales como recarga, flujo y contaminación difusa.	• En zonas uniformes en suelos y condiciones hidrogeológicas.
Secundario (monitoreo de protección)	Protección contra impactos en: • Un recurso de agua subterránea que sea estratégico. • Los campos de pozos o manantiales para abastecimiento público de agua. • La infraestructura urbana por el asentamiento del suelo. • El afloramiento del manto freático en sitios arqueológicos. • Los ecosistemas que dependen del agua subterránea.	• Alrededor de las zonas, instalaciones o sitios que requieran protección.
Terciario (contención de la contaminación)	Alerta oportuna del impacto en el agua subterránea por: • El uso agrícola intensivo del suelo. • Las industrias. • Los rellenos sanitarios y depósitos no controlados de basura. • Las zonas de recuperación de suelos. • Las minas y canteras.	• En zonas topográficas que presenten un gradiente hidráulico alto y en depresiones donde se tenga un gradiente bajo de la situación que represente el peligro.

Fuente: Tuinhof et al. [2002]

Para las mediciones de calidad de agua subterránea, se debe mencionar que los muestreos realizados, por lo general, están sujetos al método de bombeo del pozo, técnicas de muestreo empleadas por el personal, fenómenos como desgasificación, perdida de compuestos volátiles, entrada de aire, refrigeración, transporte, etc., que condicionan e introducen errores significativos cuando se procesa y analiza la muestra. *Tuinhof et al. (2002)* en la **Tabla 154**, presentan una síntesis de los procedimientos de muestreos y recomendaciones que se deben en tener en cuenta para medir grupos específicos de parámetros de calidad del agua subterránea.

Tabla 153. Clasificación de los sistemas de monitoreo de agua subterránea según su función.

Diseño de la Red de Monitoreo	• El programa debe adaptarse a objetivos previamente definidos. • Debe entenderse con antelación el sistema del flujo de agua subterránea. • Los sitios de muestreo y los parámetros por monitorear son seleccionados de acuerdo con los objetivos.
Implementación del sistema	• Deben utilizarse pozos de observación y extracción apropiadamente construidos. • El equipo de campo y las instalaciones de laboratorio debe ser apropiadas a los objetivos.
Implementación del sistema	• Debe establecerse un protocolo completo de operación, así como un sistema de manejo de datos. • Debe integrarse el monitoreo del agua subterránea y el del agua superficial cuando proceda
Interpretación de los datos	• Debe verificarse regularmente la calidad de los datos mediante controles internos y externos. • A los tomadores de decisiones deben proporcionárseles conjuntos de datos ya interpretados y que sean relevantes para la gestión. • El programa deber ser evaluado y revisado periódicamente.

Fuente: Tuinhof et al. (2002)

Otras consideraciones para una red regional de monitoreo de calidad del agua, son que permite adquirir información estadística significante para la planeación, formulación de políticas y manejo de la protección y conservación de la calidad del agua subterránea. Así mismo provee información para la toma de decisiones en la planeación del uso de la tierra. Con la red se logra monitorear actividades específicas que representan una fuente actual o potencial de contaminación para el acuífero, en especial problemas de contaminación difusa generadas por la agricultura (Vrba, 2002).

De acuerdo a Vrba (2002) algunas de las características de una red de monitoreo regional son:

- Densidad media de estaciones, una estación cada 10 a 100 km2
- Frecuencia de muestreo media, de 2 a 12 veces por año
- Análisis regular de las variables de tipo básicas (físicas, químicas y biológicas incluidas en la normatividad de agua para consumo humano) y de tipo opcional (metales pesados, componentes organoclorados, variable relacionadas con extracción de hidrocarburos y actividad minera).

Tabla 154. Síntesis de procedimientos de muestreo y precauciones para grupos específicos de parámetros de calidad del agua subterránea.

GRUPO DE PARÁMETROS	PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	MATERIALES PREFERIDOS	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO/ TEMPERATURA	COSTOS Y/O DIFICULTAD EN LA OPERACIÓN
Iones Mayores Cl, SO_4, F, Na, K	• solamente filtro de 0,45 ∞m • no acidificar	cualquiera	7 días/4°C	mínimo
Metales Traza Fe, Mn, As, Cu, Zn, Pb, Cr, Cd, etc.	• filtro sellado de 0,45 µm • acidificar (pH<2) • evitar aireación por salpicado o por no llenar completamente el frasco de muestreo	plástico	150 días	moderado
Especies de N NO_3, NH_4 (NO_2)	• filtro sellado de 0,45 µm	cualquiera	1 día/4°C	moderado o bajo
Microbiológicos TC,FC,FS	• condiciones estériles • muestra no filtrada • de preferencia análisis *in situ*	vidrio oscuro	6 horas/4°C	moderado o bajo
Equilibrio de Carbonatos pH, HCO_3, Ca, Mg	• muestra no filtrada de pozos sellado • análisis *in situ* (pH, HCO_3) (Ca/Mg de muestra acidificada en el laboratorio base)	cualquiera	1 hora (150 días)	moderado
Estado del Oxígeno pE (EH), OD, T	• *in situ* de celda de medición • evitar aireación • muestra no filtrada	cualquiera	0,1 hora	alto o moderado
Orgánicos COT, COV, HC, CIHC, etc.	• muestra no filtrada • evitar volatilización • (de preferencia absorción directa en cartuchos)	vidrio oscuro o teflón	1-7 días (no definido para cartuchos)	alto

Fuente: Tuinhof et al. (2002)

El diseño de la red de monitoreo parte de las siguientes actividades (Vrba, 2002):

1. Delimitación del área de monitoreo.

2. Análisis de las características geológicas, sistema de flujo subterráneo y calidad del agua subterránea.

3. Identificación e inventario de las potenciales fuentes de contaminación.

4. Asignación del laboratorio donde se realizarán los análisis y definición de métodos.

5. Determinación de las frecuencias de medición y selección de las variables a ser analizadas.

6. Manejo de la base de datos, procesamiento de información y evaluación.

3.12.4.1 Propuesta del Diseño de la red de monitoreo Sector Centro, Noroccidental Y Nororiental De La Cuenca Del Río Magdalena.

En la Ilustración 366 se presenta la propuesta de la red de monitoreo para el sector Centro, Noroccidental y Nororiental de la cuenca de Río Magdalena.

En color rojo se señala la red de monitoreo primaria, en amarillo la red de monitoreo secundaria y en verde la red de monitoreo terciaria. (Ver Anexo N Red de Monitoreo GE393-PMAA-PSIG-LRM-001-00)

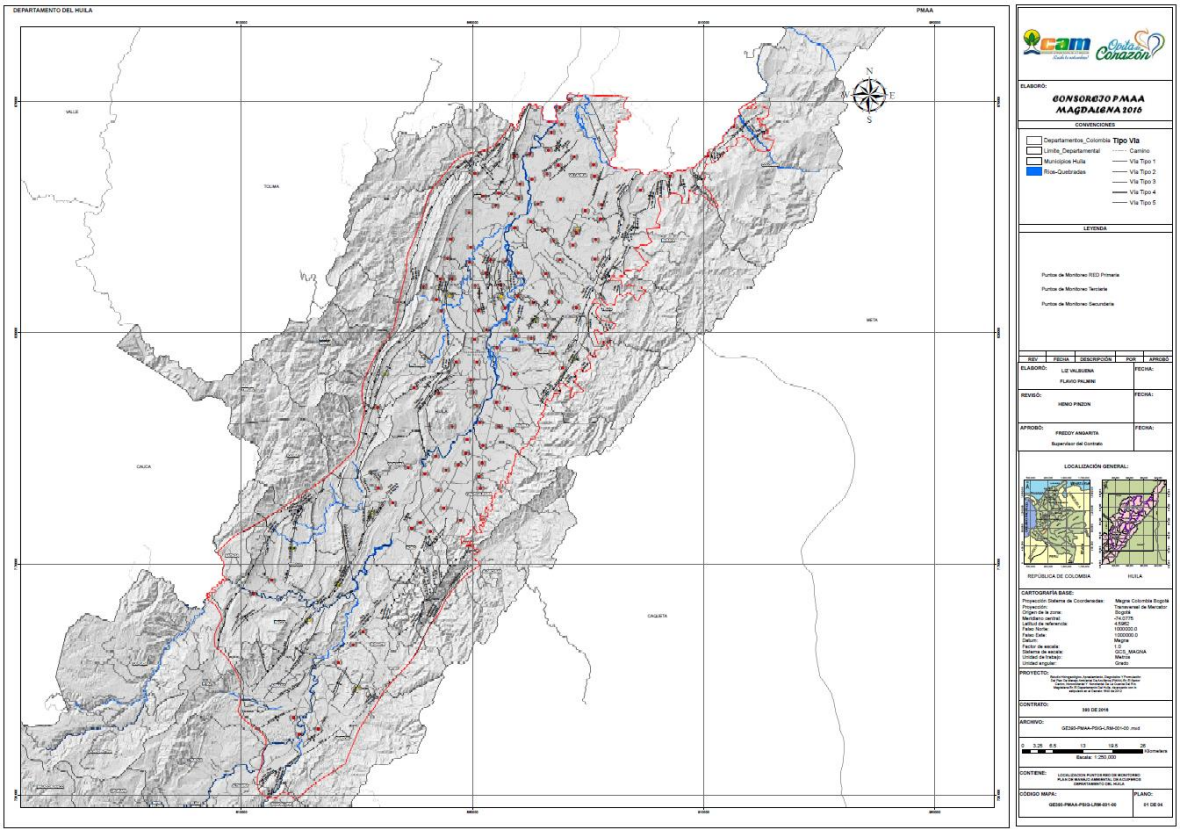


Ilustración 365. Mapa Propuesta de Red de Monitoreo
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016

3.12.4.1.1 Diseño de la Red de Monitoreo Primario (monitoreo de referencia)

De acuerdo a las características antes descritas de una red de monitoreo regional, para los sistemas acuíferos de la cuenca del río Magdalena en su sector Centro, Nororiental y Noroccidental, se definió una densidad de estaciones: una por cada 10 Km2, escogiendo 56 aljibes, 49 pozos profundos, 9 Corrientes superficiales, 3 manantial y 4 puntos sin información para un total de 121 puntos, los cuales fueron ubicados de tal forma que se cubra la mayor cantidad de área del territorio, con el objeto principal de recabar información que permita complementar los modelos realizados en este estudio. En la **Tabla 155** se presentan las coordenadas y el tipo de puntos, además en la **Ilustración 366** se presenta la ubicación espacial de estos pozos. Estos puntos se definieron con el objetivo que la red sea de rápida implementación con la infraestructura actual disponible, con una frecuencia de monitoreo de por lo menos 2 vez al año, aunque se recomienda que en los puntos ubicados en las zonas de mayor densidad, donde se llevan a cabo las actividades potencialmente contaminantes, así como en las zonas de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación alta y extrema, se realicen el monitoreo 4 veces por año, donde por cada campaña de muestro se realizará para cada punto un análisis regular de las variables de tipo básicas (físicas, químicas y biológicas incluidas en la normatividad de agua para consumo humano) y de tipo opcional (metales pesados, componentes organoclorados, variable relacionadas con extracción de hidrocarburos y actividad minera).

Esta red monitoreo se complementará con nuevos piezómetros, que se perforarán para análisis litológicos y que serán implementados con sensores de monitoreo continuo, tanto de cantidad como de calidad; este tema se desarrolla en la Fase de Formulación.

Para la toma y medición de datos se propone que se realice mediante una red social de monitoreo donde se tenga una cooperación entre las comunidades y el acompañamiento de institucional de la Coporación.

Tabla 155. Red de Monitoreo Primario

PUNTOS DE LA RED DE MONITOREO							
No ID	**Identificó 1**	**Tipo**	**Municipio**	**Norte**	**Este**	**Nombre del Sitio**	**Propietario**
1	302 II D 001	Aljibe	Villavieja	878950.000	868740.000	Berlín	
2	302 IV B 007	Aljibe	Villavieja	872430.000	858780.000	Hacienda La Yegüera	
3	345 II A 043	Aljibe	Campoalegre	855680.000	799920.000	Hato Comejenes	
4	323 II B 010	Aljibe	Tello	878991.500	835955.750	Chonto	
5	345 II A 042	Aljibe	Campoalegre	858590.000	794235.000	Hacienda Las Brisas	

PUNTOS DE LA RED DE MONITOREO

No ID	Identificó 1	Tipo	Municipio	Norte	Este	Nombre del Sitio	Propietario
6	345 II C 005	Aljibe	Campoalegre	853802.340	782294.240	Igua 1	
7	RCA 4,2 001 2009	Aljibe	Gigante	836365.000	755555.000		COOTRANSGIGANTE
8	303 III A 013	Aljibe	Villavieja	886450.000	854050.000	El Arenoso	
9	324 I C 003	Aljibe	Tello	882559.470	825637.650	LA ESQUINA	
10	323 II D 002	Aljibe	Tello	878735.610	826889.270	HACIENDA BOGOTÁ	
11	302 IV B 014	Aljibe	Villavieja	878640.000	856380.000	Los Cauchos	
12	303 III C 019	Aljibe	Villavieja	884480.000	846575.000	Las Margaritas	
13	RCA 3 025 2011	Aljibe	Rivera	867113.000	808234.000	LOS LAURELES	LOS LAURELES ORLANDO ROMERO
14	303 III A 003	Aljibe	Villavieja	882053.250	858232.670	EL RODILLUDO	
15	345 II A 041	Aljibe	Campoalegre	858884.760	797072.660	Hacienda El Rincón	
16	RCA 3 005 2015	Pozo	Hobo	846868.000	777910.000	FISHING & CO LTDA.	
17	323-II-D-009	Aljibe	Neiva	873175.380	826622.290	Agrotúcnicos	
18	RCA 3 003	Pozo	Palermo	861006.000	813863.000	Cooperativa para la Comercialización, Importación y Exportación de Productos Agrícolas COFFE COMPANY HUILA	Luis Fernando Collazos Osano
19	RCA 3 022	Pozo	Rivera	868600.000	799075.000	Negocio en Rivera Huila	EMPRESA COLOMBIANA DE PETRÓLEOS ECOPETROL POZO SANTA CLARA
20	302 IV D 021	Pozo	Villavieja	869147.280	842854.380	Hacienda Bateas	

PUNTOS DE LA RED DE MONITOREO

No ID	Identificó 1	Tipo	Municipio	Norte	Este	Nombre del Sitio	Propietario
21	RCA 3 036 2011	Pozo	Aipe	870069.000	849424.000	Aljibe1	QUINSA SA JAIRO TRUJILLO DELGADO
22	302-IV-A-007	Pozo		862570.000	859620.000	ALTAGRACIA	
23	324 I A 006	Aljibe	Tello	886589.000	836193.910	Hacienda Santa Rita	
24	302 IV B 001	Aljibe	Villavieja	876490.000	859720.000	Hacienda San José	
25		Pozo		834225.000	752781.000	FINCA MESA DEL POTRERO	
26	323-IV-A-013	Pozo	Palermo	860501.000	818625.000	FINCA VILLA DANIELA	
27	RCA 3 034 2011	Pozo	Gigante	830993.000	748907.000	Hacienda Montea	Emerald Energy PLC Sucursal Colombia
28	302 IV D 007	Aljibe	Villavieja	874220.000	848160.000	Granero La Fortuna	
29	302 IV D 016	Aljibe	Villavieja	877630.000	840160.000	San Martin	
30	75,189	Corriente superficial	Aipe	859651.720	838767.090	Quebrada La pava (SECA)	
31	75,193	Corriente superficial	Tello	875942.940	832916.300	Quebrada san francisco aguas arriba	
32	75,199	Corriente superficial	Aipe	855277.550	840431.540	Quebrada ventanas	
33	75,200	Corriente superficial	Aipe	859308.900	846337.790	Quebrada agua buena (SECA)	
34	75,201	Corriente superficial	Aipe	865045.090	847633.500	Quebrada muchubi	
35	75,202	Corriente superficial	Neiva	855631.500	832022.960	Quebrada Neme aguas arriba	
36	76,201	Corrient	Palermo	849461.380	830219.950	Quebrada	

PUNTOS DE LA RED DE MONITOREO

No ID	Identificó 1	Tipo	Municipio	Norte	Este	Nombre del Sitio	Propietario
		e superficial				guayabal aguas abajo	
37	76,202	Corriente superficial	Palermo	852225.400	827435.950	Rio Yayas aguas arriba	
38	76,203	Corriente superficial	Palermo	853241.700	824976.770	Río Yayas aguas abajo	
39	323 IV B 008	Manantial	Neiva	879533.530	812649.620	Hacienda Tarpella	
40	303 III B 003	Aljibe	Baraya	902830.100	854138.780	LA ILUSIÓN	
41	RCA 3 004 2010	Pozo	Aipe	864016.000	835925.000	Pozo BelÚn 1	Efraín Pérez Rubiano
42	RCA 3 004 2011	Aljibe	Campoalegre	861752.000	786586.000	Ladrillera El Cortijo	Lina Yaneth Macías Bohórquez
43	RCA 3 018 2011	Pozo	La Plata	799220.170	757574.490	HOTEL BALCONES DE LA PRADERA	YAMAFRAVIA S EN C YANEDT PERDOMO DÍAZ
44	302 IV B 026	Aljibe	Villavieja	872940.000	853420.000	Balsillas	
45	302 IV B 020	Aljibe	Villavieja	876210.000	854440.000	Viliviles	
46	345 II A 017	Aljibe	Campoalegre	856970.000	791690.000	La Trinidad	
47	303 II C 001	Aljibe	Baraya	916630.000	864860.000	Boca de la Zanja	
48	302 I C 001	Aljibe	Villavieja	880980.000	870520.000	Agua Azul	
49	323 II D 001	Aljibe	Tello	877254.850	829045.110	Los Guasimos	
50		Pozo	GIGANTE	830993.000	748907.000	Emerald Energy PLC	
51	303 III C 003	Aljibe	Villavieja	887980.970	847954.120	LA BORREGA	

PUNTOS DE LA RED DE MONITOREO

No ID	Identificó 1	Tipo	Municipio	Norte	Este	Nombre del Sitio	Propietario
52	RCA 3 009	Aljibe	Campoalegre	852680.000	786221.000	procesadora de pescado de Huila ALFAPEZ	Maria del Socorro Fandino Pena
53	RCA 3 002 2013	Aljibe	Campoalegre	861496.000	789104.000		LAVADERO TOY LUIS ANTONIO
54	RCA 3 18 2013	Aljibe	Neiva	865360.000	816996.000	Industria Lechera del Huila	Eduardo Bautista Castañeda
55	323-II-D-008	Aljibe	Tello	869841.390	828232.230	Fosfader Ltda.	
56		Pozo	Campoalegre	852085.170	793562.690	El Limón	Ismael Perdomo Fierro
57	323 II D 016	Manantial	Neiva	875789.580	821791.840	La Esperanza	
58	303 III C 013	Aljibe	Baraya	886717.520	840241.200	LA ESPINÁOSLA	
59	RCA 3 016 2015	Aljibe	Yaguará	839688.000	786692.000		AUTO SPLASH YAGUARA WILLIAM A PERDOMO
60	RCA 3 015 2011	Aljibe	Villavieja	879109.000	849072.000	OBSERVATORIO ASTRONÓMICO	AGENCIA DE VIAJES Y TURISMOS AVIATUR
61	302 II D 003	Aljibe	Villavieja	879400.000	865290.000	El Ventarrón	
62	302 IV B 027	Aljibe	Villavieja	869180.000	858410.000	Guasimal	
63	302 IV D 017	Aljibe	Villavieja	875729.450	842510.150	SAN CAMILO	
64	303 IV A 001	Aljibe	Baraya	911020.000	858530.000	Vereda Carrasposo	
65		Aljibe	Rivera	861622.690	800836.940	Finca Villa del Socorro	Piscícola Nex York SA
66	RCA 3 024 2013	Aljibe	Campoalegre	849754.000	789726.000	PISCÍCOLA MARPEZ LTDA.	
67	RCA 3 023 2010	Aljibe	Neiva	867455.000	822240.000		LUIS ALBERTO GONZALES CHAUX MULTI-MEZCLAS Y AGREGADOS SAS
68	345 II A 004	Aljibe	Campoalegre	862130.820	791969.000	FAMILIA BARREIRO	

PUNTOS DE LA RED DE MONITOREO

No ID	Identificó 1	Tipo	Municipio	Norte	Este	Nombre del Sitio	Propietario
69	RCA 4,2 003 2009	Aljibe	Garzón	826644.000	734450.000		COOTRAGIGANTE Garzón
70	2,015	Aljibe	Tesalia	816599.000	766599.000	Servitrujillo	Lina Maria Trujillo Flórez Lore No 3 Servitrujillo
71	303 III C 004	Aljibe	Villavieja	887750.000	844790.000	El Campamento	
72	323-IV-B-070	Aljibe	Neiva	874200.000	816500.000	Sahara Gran Resort	Luis Carlos Mosquera Medina
73	302 II D 007	Aljibe	Villavieja	877130.000	863610.000	El Rancho	
74	345 II A 003	Aljibe	Campoalegre	857480.000	779620.000	Maradona	
75	RCA 3 010 2012	Aljibe	adipe	867251.000	835767.000	LADRILLERA ANDINA	
76		Aljibe	Neiva	869518.000	816602.000	Consultora Santa Lucia, Lote Parque Curicano	Olga Lucia Tamayo Hurtado
77	323-II-C-001	Aljibe	Neiva	863100.000	820880.000	Finca Villa Marcela	
78		Pozo		866140.230	830408.000	MAMBRUK II-2	
79	345 IV A 008	Pozo	Campoalegre	850948.440	777261.060	LOS ROSALES	
80		Pozo	Aipe	860564.000	854661.000	Los Laureles	Jesús Ernesto Álvarez López Alcaldía Municipal de Aipe
81		Pozo	Aipe	870328.000	852410.000	Mango	Jesús Ernesto Álvarez López Alcaldía Municipal de Aipe
82	323-III-D-002	Pozo		847375.000	808375.000	ESCUELA BUENOS AIRES 1	
83	RCA 4,2 032 2009	Pozo	Palermo	856530.000	813910.000		OSCAR VELANDIA Pérez
84	RCA 4,2 014 2009	Aljibe	Paicol	812636.000	763758.000		ALEJANDRO CRIOLLO RODRÍGUEZ

PUNTOS DE LA RED DE MONITOREO

No ID	Identificó 1	Tipo	Municipio	Norte	Este	Nombre del Sitio	Propietario
85	RCA 4,2 018 2009	Aljibe	Campoalegre	854326.000	790570.000		COMERCIAL TOVAR Y GALINDO S EN C
86		Pozo	Hobo	848800.000	779150.000	Hacienda Brasilia	Rubiano Borrero Eduardo Leopoldo
87	RCA 3 015 2013	Pozo	Rivera	865304.000	805220.000	ESCUELA TECNOLÓGICA DE NEIVA	GERMAN PALOMO García
88	323-IV-D-025	Pozo	Rivera	867560.000	803755.000	LAS MERCEDES	
89		Pozo		868483.000	845908.000	CARGADERO PETROCOL	
90	323-IV-C-004	Pozo		865800.000	799900.000	CÁRCEL DE NEIVA	
91		Pozo	Aipe	854648.000	836412.000	La Victoria	Jesús Ernesto Álvarez López Alcaldía Municipal de Aipe
92	RCA 3 026	Pozo	Palermo	859659.000	810059.000	Condominio Campestre Campo Valle grande Club House	Alejandra Bermúdez llanos
93		Pozo	Agrado	821311.000	736927.000	El Altillo	Raquel Duarte Navia
94		Pozo		860651.000	830284.000	SAN JORGE	
95	RCA 3 004 2016	Pozo	Palermo	852672.810	807104.270	FINCA EL CUCHARO	Salvador Velasco
96	RCA 3 015	sin info	Palermo	839497.000	804050.000	MANUEL PLAZAS JARAMILLO	
97		Pozo	Aipe	865713.000	850465.000	Lote N 1	Jesús Ernesto Álvarez López Alcaldía Municipal de Aipe
98		Pozo	Aipe	859382.000	835313.000	Batatal 1	Jesús Ernesto Álvarez López Alcaldía Municipal de Aipe
99		Pozo		846125.000	791125.000	U. VILLAS STA	

PUNTOS DE LA RED DE MONITOREO

No ID	Identificó 1	Tipo	Municipio	Norte	Este	Nombre del Sitio	Propietario
						ELENA	
100	RCA 3 011	Pozo	Neiva	877379.000	815757.000	FUNDACIÓN UNIVERSITARIA NAVARRA UNINAVARRA	
101	RCA 3 023 2014	Pozo	Agrado	822498.000	733344.000		JAC VEREDA LA Canadá
102	RCA 4,1 002 2007	Pozo	NEIVA	861320.000	825000.000		Noemí Tovar Vargas
103	323 IV B 093	Manantial	NEIVA	872750.000	819080.000	Quebrada El Venado	
104		Pozo		862286.000	849617.000	SAN ANTONIO BAJO	
105	RCA 3 022 2011	Pozo	Yaguará	842800.000	783364.000	Lote El Mirador Predio La Esperanza	Joselito Aguirre Cuenca Junta de Acción Comunal de la Vereda Bajo Vilu
106	303-III-C-001	Pozo	Baraya	882503.000	841885.000	ANDALUCÍA SUR 5A	ECOPETROL ANDALUCÍA SUR
107		Pozo		867103.940	825619.250	ARENAS 3A	
108		Pozo		869920.500	833200.200	DINA JAC 2	
109	RCA 3 14 2014	Pozo	Aipe	862920.000	833200.000	JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA DINA	Junta de Acción Comunal
110	106,05 7	sin info	Colombia	929449.630	860815.230	Piez¾metro Santa clara	
111	RCA 3 28 2016	sin info	Rivera	862315.000	795848.000	EL SANTUARIO	Jorge Eliecer Andrade Santos
112	323-IV-B-063	Pozo	Neiva	877550.000	819180.000	PANCHA 1	PETROBRAS PANCHA 1
113	RCA 3 043 2015	Pozo	Palermo	860260.000	807341.000	granja agrícola institución educativa Juncal	ALCALDÍA MUNICIPAL PALERMO EL JUNCAL
114	RCA 3 005 2010	Pozo	Neiva	869091.000	811346.000	Urb Las Margaritas	PLAN DE VIVIENDA LAS MARGARITAS
115	RCA 3 013 2010	Pozo	Baraya	896387.000	851104.000	Finca Tasajera	BATALLÓN DE INGENIEROS NO 53
116	323-IV-B-095	Pozo	Neiva	869459.000	819524.000	TELLO AGUA 2	

PUNTOS DE LA RED DE MONITOREO

No ID	Identificó 1	Tipo	Municipio	Norte	Este	Nombre del Sitio	Propietario
117	324-I-A-010	Pozo	Baraya	881800.000	839180.000	CARTUJO 4	
118		sin info		861061.000	804272.000	EL JUNCAL	
119	303 III A 011	Aljibe	Villavieja	886258.990	856577.110	LA ESPERANZA	
120	RCA 4,2 010 2009	Pozo	Villavieja	872685.000	844315.000		MUNICIPIO DE VILLAVIEJA
121		Pozo		853111.880	831928.650	PEÐAS 4	

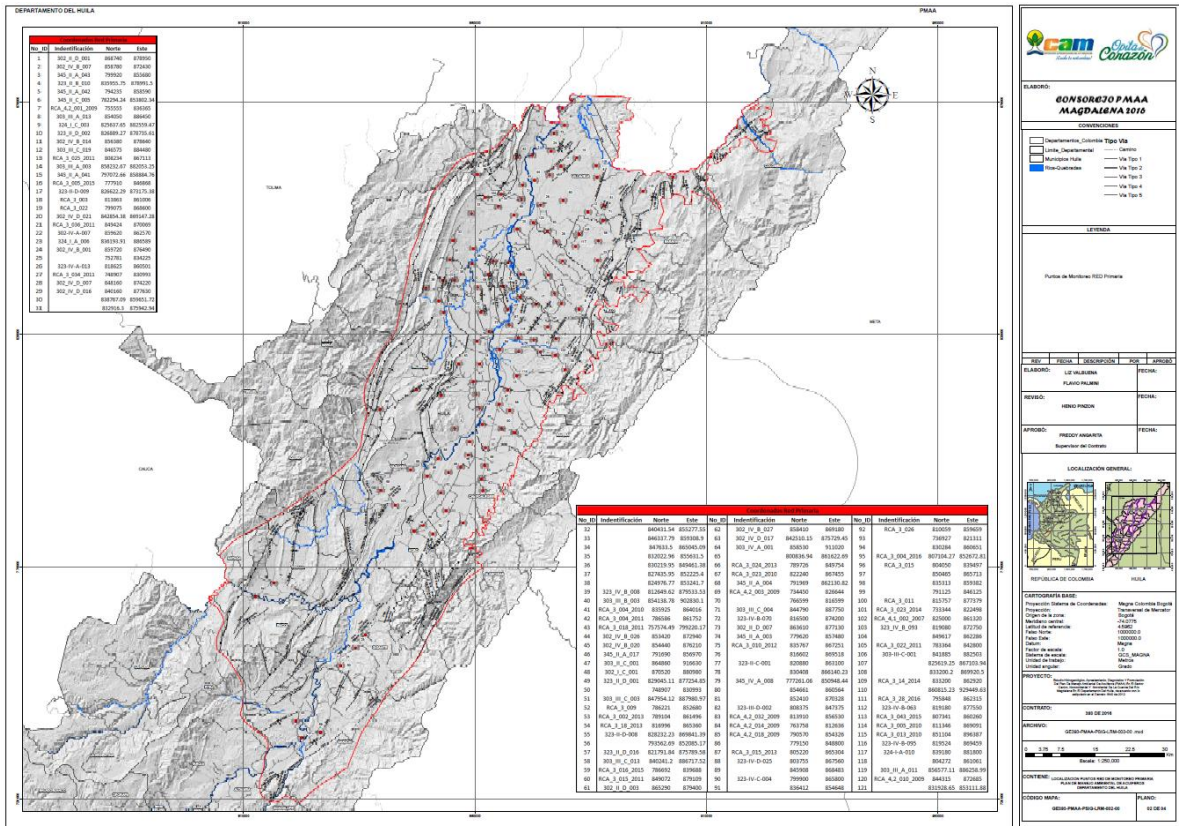


Ilustración 366. Mapa de Red de Monitoreo Primario
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016

3.12.4.1.2 Diseño de la Red de Monitoreo Secundaria (monitoreo de protección) Sector Centro, Noroccidental Y Nororiental De La Cuenca Del Río Magdalena

La red de monitoreo secundaria (monitoreo de protección) se propone ubicarla sobre las zonas de recargas y el acuífero de prioridad de la de la Formación Gigante en el Municipio de Gigante próximo a los pozos petroleros Gigante – 4 y Gigante – 3 st, en las cuales se identificaron como fuentes potenciales de contaminación de la industria petrolera y minería que puedan amenazar el recurso hídrico subterráneo en términos de calidad o de cantidad identificadas. Se plantean siete (7) pozos piezómetros se distribuyen cuatro (4) en la Región Norte, uno (1) en la Región Centro y dos (2) en la Región Occidente.

Tabla 156. Red de Monitoreo Secundario

ID	NORTE	ESTE
1	827979,87	866229,87
2	828262,05	855063,52
3	781298,88	838253,52
4	743405,85	835109,21
5	757998,70	824749,09
6	765819,18	831037,72
7	842697,64	882706,47

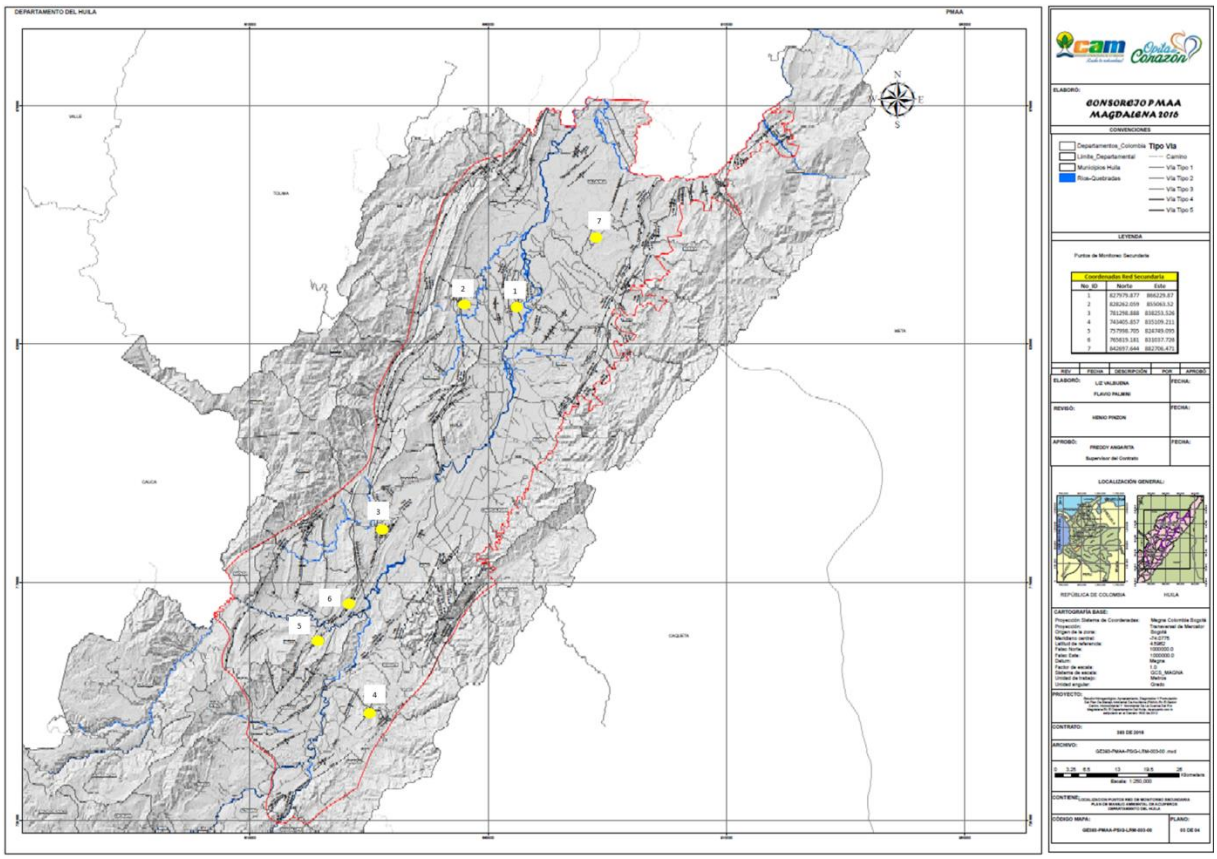


Ilustración 367. Mapa de Red de Monitoreo secundario
Fuente: Consorcio PMAAA Magdalena 2016

3.12.4.1.3 Diseño de la Red de Monitoreo Terciario (contención a la contaminación) Sector Centro, Noroccidental Y Nororiental De La Cuenca Del Río Magdalena

La red de monitoreo Terciario (contención a la contaminación) se plantea ubicar los piezómetros sobre acuífero de prioridad de la Formación Gigante el cual es de vital importancia, ya que son aguas subterráneas de excelente calidad de uso exclusivo para el abastecimiento de comunidades, el cual tiene de 420 m de espesor aproximadamente y se presenta próxima al casco urbano del Municipio de Neiva y del Municipio de Gigante. Por otra parte se propone el monitoreo de los sistemas acuíferos del Sinclinal de Tesalia, Sinclinal de Garzón y Sinclinal de San Antonio, con el objeto de monitorear la calidad del agua subterránea para contribuir a la determinación de la oferta y balance hídrico para continuar el plan de manejo de acuífero priorizado, y como insumo para el cálculo del coeficiente de escases para la tasa por uso de agua en este acuífero priorizado. (La profundidad Los pozos piezómetros dependerá de la formación geológica a monitorear).

Se plantean cinco (5) pozos piezómetros se distribuyen cuatro (4) en la Región Norte, uno (1) en la Región Occidente.

Tabla 157. Red de Monitoreo Terciaria

ID	NORTE	ESTE
1	814642,969	882295,693
2	822912,655	873560,654
3	773498,248	821076,673
4	811322,468	841080,231
5	820826,012	869130,430

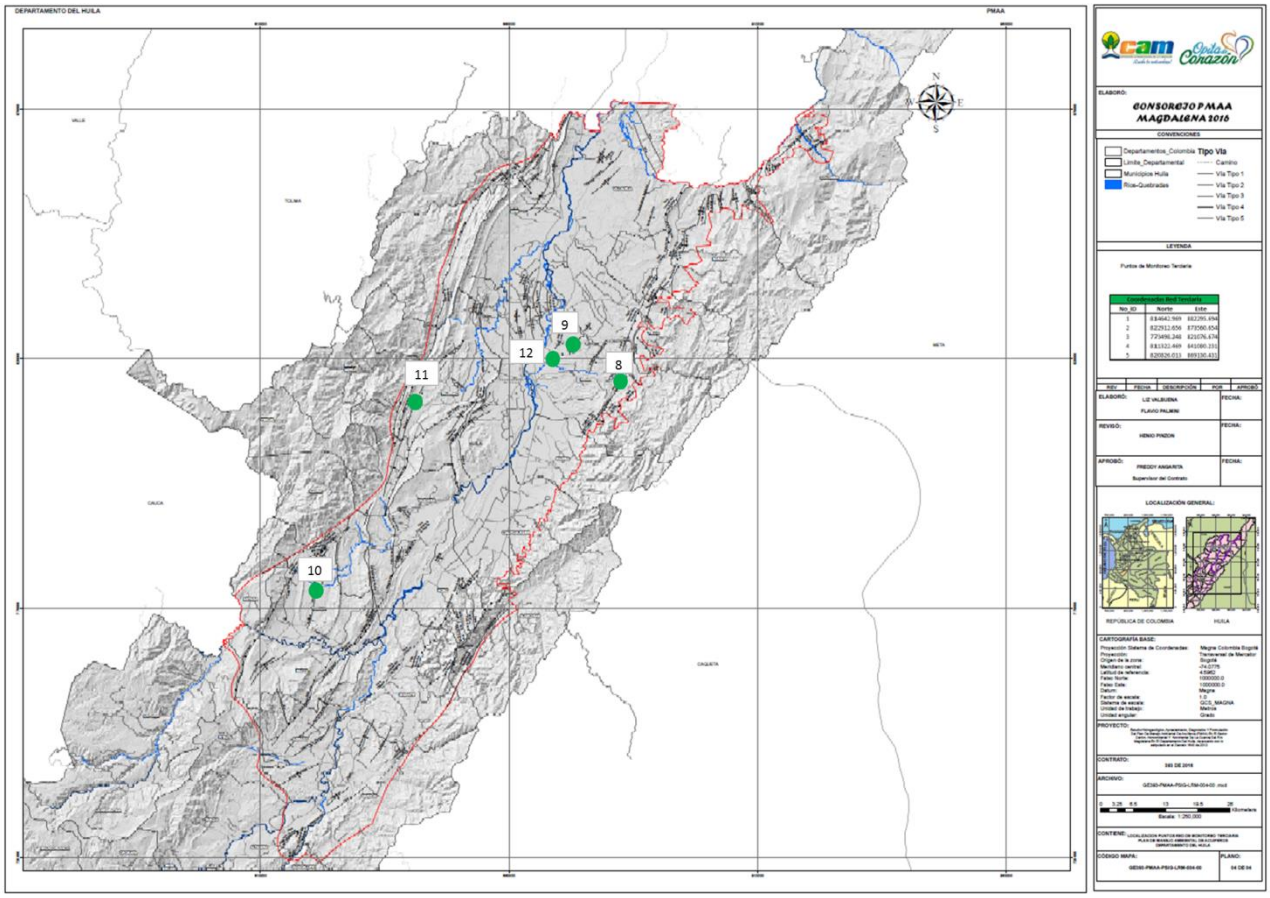


Ilustración 368. Mapa de Red de Monitoreo terciario
Fuente: Consorcio PMAAA Magdalena 2016

La red de monitoreo secundario y terciaria tiene por objeto, “Diseñar E Implementarla Red De Monitoreo Satelital De Niveles Piezométricos Y Calidad De Agua Subterránea Para Contribuir A La Determinación De La Oferta Y Balance Hídrico Para Continuar El Plan De Manejo De Acuífero Priorizado”.

Se propone para el Sector Centro, Noroccidental Y Nororiental De La Cuenca Del Río Magdalena, la perforación de doce o diez pozos piezométrico los cuales se distribuyen en siete (7) piezómetros de red secundaria y cinco (5) piezómetros de red terciaria. Los pozos piezómetros cuya profundidad dependerá de la formación geológica a monitorear; la longitud total de los doce (12) pozos piezométricos a perforar se estima de mil (1200) metros, y una instrumentación con equipos electrónicos para el monitoreo de calidad de agua (en el mercado existen sondas multiparamétricas que miden hasta 16 parámetros) para medición en tiempo real de: nivel, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto, pH, redox y turbidez; en cuanto a la medición de detección de hidrocarburos en agua se propone integrar un sensor que mida BTEX: Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xileno y PAH: Hidrocarburos aromáticos polícicliclos. Esto con la finalidad de monitorear el comportamiento de las aguas subterráneas en la zona, y obtener información confiable

que permita establecer disposiciones y mejorar la gestión del recurso hídrico subterráneo en la región.

La instrumentación deben contar con un transmisión satelital para la conexión con el sistema Data Logger Satellite Transmitter for GOES, INSAT, MTSAT, METEOSAT (satélites geo ambientales), el cual enviara los datos obtenidos a la estación terrena debe contar con el software de recepción DRGS2000 de la empresa Vaisala. Este software admite de manera general el siguiente algoritmo:

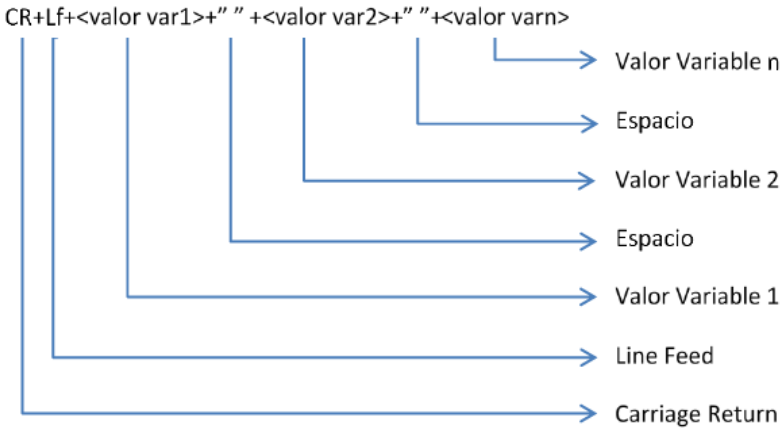


Ilustración 369.Descripción Trama de Trasmisión
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016

3.12.4.4.1 Trama o algoritmo:

Está constituida inicialmente por un Carrier Return seguido de un Line Feed, a continuación, se ubican los valores a transmitir separados por un espacio. Cabe aclarar que los las comillas solo se utilizan para determinar el espacio y no se tienen en cuenta para transmitir.

Ejemplo:
/r/n001.0 208 0811.7 14.47 99 14.34 00014 0000.0 13.1

Para el caso de la estación de Agua subterránea y según los parámetros con los formatos enviados, la trama quedaría tal como se indica en la Ilustración 5.

Parámetros:

1. Nivel de agua: 2 enteros y 2 decimales
2. Temperatura: 2 enteros y 2 decimales
3. Conductividad: 3 enteros y 2 decimales
4. Batería: 2 entero y 2 decimales

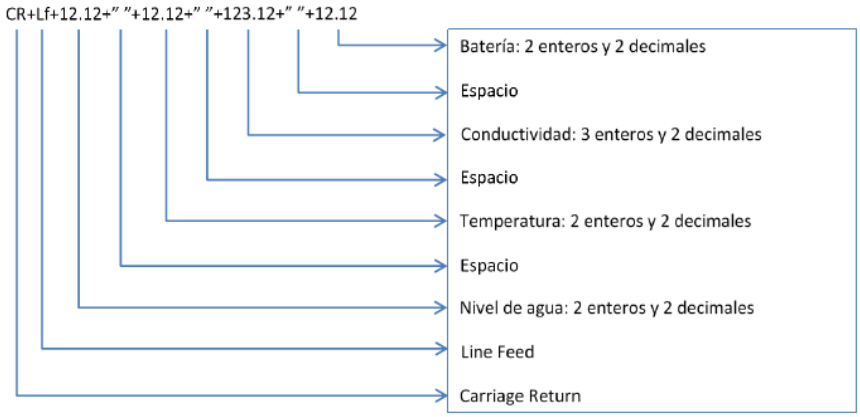


Ilustración 370. Descripción Trama de Trasmisión para estación de Agua Subterránea
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016

Cabe aclarar que los las comillas solo se utilizan para determinar el espacio y no se tienen en cuenta para transmitir.

Ejemplo Trama resultante:
/n/r12.12 12.12 123.12 12.12

Nota: la trama se sugiere un nuevo desarrollo que permita modificar la cantidad variables junto con su cantidad de caracteres a transmitir, así como la integración del sensor que permite la medición de detección de hidrocarburos en agua se propone integrar un sensor que mida BTEX: Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xileno y PAH: Hidrocarburos aromáticos políciclicos.

En el Anexo N se presenta las especiaciones técnicas de algunos de las sondas multi-paramétricas que se encuentran en el mercado:



No.	Parámetros de medida	MPS-D3	Dipper-TEC	MPS-D8/ Qualilog-8	MPS-K16 Qualilog-16
	Utilización a partir de Ø	2"	2"	2"	4"
	Utilización en aguas subterráneas/aguas superficiales	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
1	Nivel de agua (presión)	✓ solamente posible con conductividad	✓	✓	✓
2	Temperatura	✓	✓	✓	✓
3	Conductividad - sólidos disueltos - salinidad - densidad del agua	✓	Dipper-TEC véase folleto separado	✓	✓
4	Oxigeno - saturación	✓		✓	✓
5	pH	✓		✓	✓
6	Redox	✓		✓	✓
7	Amoniaco	✓		✓	✓
8	Nitrato *			✓	✓
9	Cloruro *			✓	✓
10	Amonio *			✓	✓
11	Sodio			✓	✓
12	Calcio *			✓	✓
13	Fluoruro *			✓	✓
14	Potasio *			✓	✓
15	Clorofila Fluorómetro o Cyano bacteria Fluorómetro o Rhodamina WT Fluorómetro				✓
16	Señal al contactar el agua (KLL)	✓		✓	✓
17	Turbidez - solidos suspendidos			✓	✓
	Cantidad máxima de los parámetros medidos	7	6	13	17

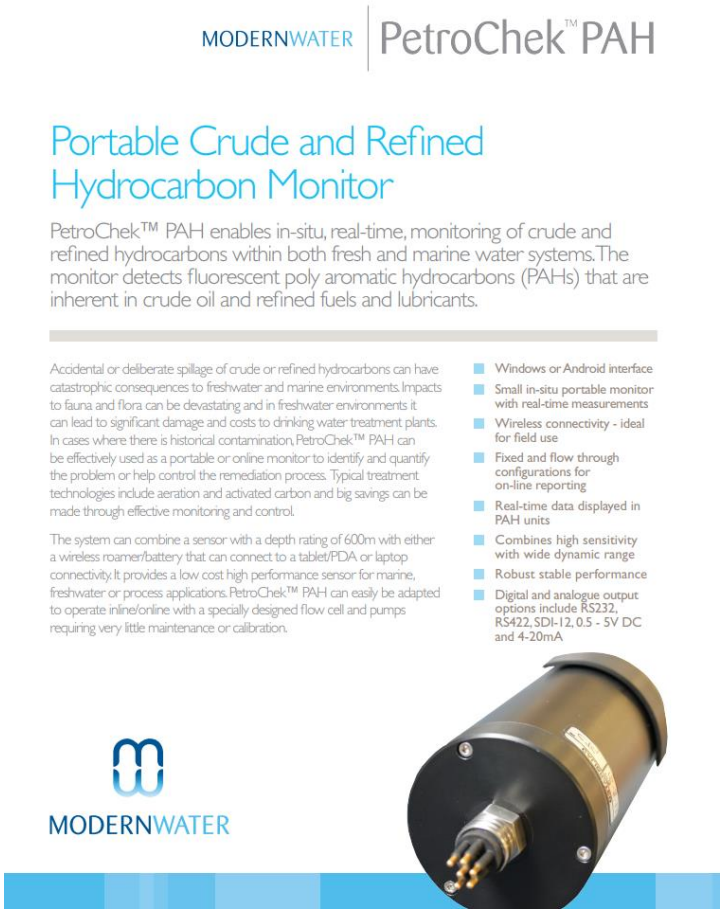
1 de los sensores 3-7 puede ser elegido adicionalmente

2 de los sensores 5-14 pueden ser elegidos adicionalmente

7 de los sensores 5-16 pueden ser elegidos adicionalmente

Los parámetros marcados con * (no. 8-14) necesitan las referencias de los electrodos pH y Redox, por lo que estos deben estar instalados.

Ilustración 371. Especificaciones técnicas sonda multiparametrica



MODERNWATER | PetroChek™ PAH

Portable Crude and Refined Hydrocarbon Monitor

PetroChek™ PAH enables in-situ, real-time, monitoring of crude and refined hydrocarbons within both fresh and marine water systems. The monitor detects fluorescent poly aromatic hydrocarbons (PAHs) that are inherent in crude oil and refined fuels and lubricants.

Accidental or deliberate spillage of crude or refined hydrocarbons can have catastrophic consequences to freshwater and marine environments. Impacts to fauna and flora can be devastating and in freshwater environments it can lead to significant damage and costs to drinking water treatment plants. In cases where there is historical contamination, PetroChek™ PAH can be effectively used as a portable or online monitor to identify and quantify the problem or help control the remediation process. Typical treatment technologies include aeration and activated carbon and big savings can be made through effective monitoring and control.

The system can combine a sensor with a depth rating of 600m with either a wireless roamer/battery that can connect to a tablet/PDA or laptop connectivity. It provides a low cost high performance sensor for marine, freshwater or process applications. PetroChek™ PAH can easily be adapted to operate inline/online with a specially designed flow cell and pumps requiring very little maintenance or calibration.

- Windows or Android interface
- Small in-situ portable monitor with real-time measurements
- Wireless connectivity - ideal for field use
- Fixed and flow through configurations for on-line reporting
- Real-time data displayed in PAH units
- Combines high sensitivity with wide dynamic range
- Robust stable performance
- Digital and analogue output options include RS232, RS422, SDI-12, 0.5 - 5V DC and 4-20mA

MODERNWATER

What does the PetroChek™ PAH detect?

Parameter	Polyaromatic Hydrocarbon
Excitation wavelength	255nm
Emission wavelength	365nm
Sensitivity	0.005 µg/L
Range (Factory set - can be extended)	0.005 to 200 µg/L Carbazole

SPECIFICATIONS	
Size	70mm dia x 149mm
Weight in air	800g
Weight in water	150g
Pressure housing	Acetal C
Depth rating	600 metres
Connector	MCBH6M
Operating temperature	-2°C to +40°C
Input voltage	9 to 36Vdc
Data output	Digital RS232 and analogue 0.5 - 5V DC as standard (Optional alternatives include digital SDI-12 and RS422, and analogue 4-20 mA)
Power requirements	<1Watt @ 12 volt

Applications

- In-situ polyaromatic hydrocarbon detection
- Crude and refined oil spill monitoring
- Drinking water treatment plant protection
- Airport apron pollution runoff
- Pollution monitoring
- Environmental impact assessment
- Waste/recycled water quality monitoring
- Effluent detection
- Towed, moored or ROV deployments

Ilustración 372. Especificaciones técnicas sensor para el monitoreo de hidrocarburo

3.12.4.4.2 Instalación y Configuración de Equipos

Los equipos en campo son:

- Caja Nema o gabinete hermético apto para uso a la intemperie, en el cual se ubican el Radio Trasmisor satelital con su antena satelital, GPS, regulador de voltaje, Datalogger para adquisición de datos con sus respectivos cables y accesorios de comunicación.

- Panel solar policristalino con su soporte de batería de 12 V y 100 amp.

- Dentro del piezómetro se instaló la sonda multiparamétrica y se realizó la conexión al datalogger en la caja nema.

- Cerramiento De Las Estaciones: Se define el diseño de la estructura civil para garantizar la seguridad de la instalación de los equipos e instrumentos de las sondas de monitoreo, en un espacio físico de 3X3 m2.

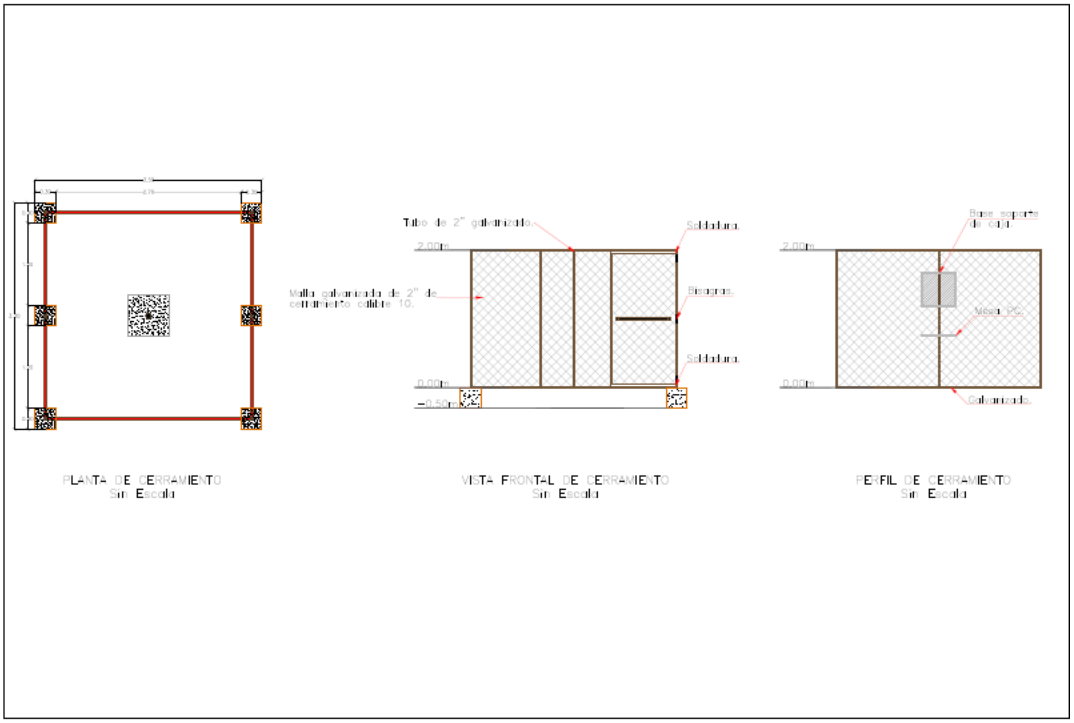


Ilustración 373. Detalles constructivos de cerramiento



Ilustración 374. Ejemplo del cerramiento, panel solar y construcción del piezómetro

3.12.4.4.3 Capacitación Y Entrenamiento

La capacitación y entrenamiento es una actividad paralela a la instalación de los equipos e instrumentos de monitoreo satelital. El objetivo es capacitar y entrenar al personal designado por la CAM en programación del sistema satelital de monitoreo de niveles piezométricos y calidad de agua subterránea, y en el montaje y puesta en marcha de los equipos e instrumentos instalados para el monitoreo de los parámetros medidos por las sondas.

3.12.5 Zonas de Conservación y Uso Sostenible.

Los principales sistemas acuíferos pertenecientes a la zona central, nor oriental y noroccidental de la cuenca del Río Magdalena en el departamento se encuentran ubicados en las zonas donde se desarrollan gran parte de las actividades potencialmente contaminantes. Del mismo modo de acuerdo a su naturaleza, los principales sistemas acuíferos son altamente vulnerables a efectos contaminantes producto del desarrollo de las mismas actividades, por tal motivo es necesario establecer zonas de conservación y uso sostenible, que permitan dar un manejo adecuado a las actividades que se realizan en las zonas de importancia hidrogeológica.

Por tal motivo en la **Ilustración 375** se presenta el Mapa de zonas de conservación y uso sostenible, en el cual se agrupan las principales zonas que deben ser manejadas con mayor cuidado de acuerdo a su importancia y a su susceptibilidad a otras actividades. Para la delimitación de zonas de conservación se utilizó un análisis a partir de tres criterios:

i. Zonas de Importancia Hidrogeológica.

ii. Uso de agua subterránea.

iii. Actividades antrópicas que pueden ser fuentes potenciales de contaminación.

iv. Zonas con vulnerabilidad intrínseca a la contaminación alta y Extrema

De acuerdo a los criterios anteriores, se delimitaron las siguientes zonas en las que se requiere iniciar campañas de uso sostenible del recurso hídrico subterráneo para propiciar su conservación.

Zona 1: Correspondiente a las zonas de recarga de los diversos sistemas acuíferos identificados, donde se destacan los ápices de los principales abanicos, los altos topográficos cuyas condiciones litológicas y estructural permiten la infiltración del agua, y las zonas de fallas, debido a la alta densidad de fracturameinto de las áreas adyacentes.

Zona 2: Correspondientes a las zonas de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación clasificadas como alta y extrema, las cuales se encuentran ubicadas sobre las principales formaciones acuíferas como los Depósitos Cuaternarios y las rocas del G. Honda y Fm, Gigante.

Esta zona de es de vital importancia puesto es donde se encuentran los niveles acuíferos más superficiales, los cuales son más susceptibles a ser contaminados. Así mismo en esta zona es donde se ubica la mayor densidad de puntos de captación de toda el área de estudio y es donde se desarrolla gran porcentaje de las actividades potencialmente contaminantes.

Zona 3: Correspondiente a ecosistemas estratégicos como Reservas forestales, Parques Nacionales y Zonas de protección por ley 2da de la Amazonia, las cuales por políticas de estado constituyen zonas de protección, con regulaciones especiales. Estas zonas son de vital importancia ya que en su mayoría se encuentran ubicadas en las partes más altas comprendiendo gran parte de las zonas de recarga.

Zona 4: Zonas definidas como de manejo especial, ya que territorialmente pertenecen a resguardos de comunidades indígenas.

Zona 5: El polígono denominado como zona 5 representa el area donde se ubican la mayor densidad de puntos de captaciones de aguas subterráneas, donde la zona se encuentra mayoritariamente en zonas de vulnerabilidad alta y extrema a la contaminación. Del mismo modo en estas zonas es donde se desarrolla en mayor porcentaje actividades de índole industrial, urbana, agrícola y pecuaria.

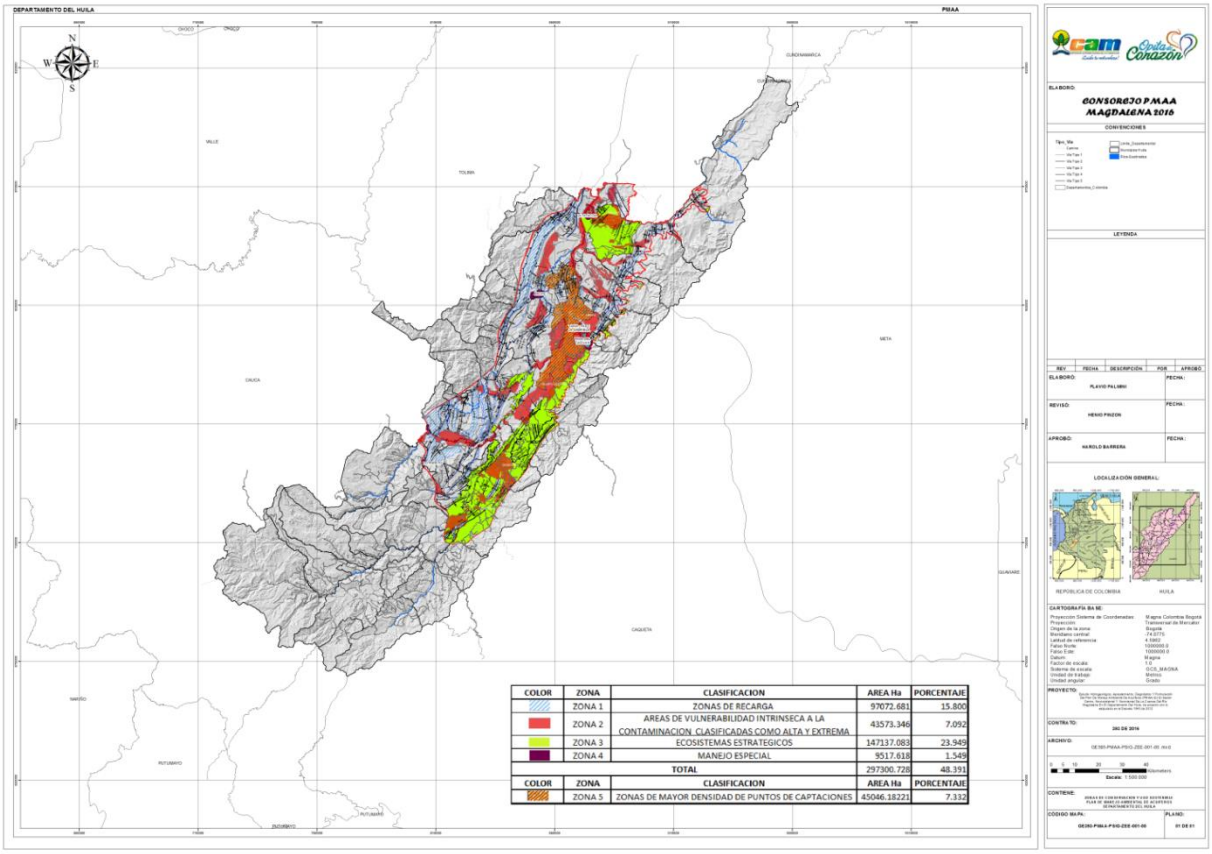


Ilustración 375. Mapa de Zonas de Conservación y Uso Sostenible.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016

3.13 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL:

A continuación se presenta la zonificación ambiental del el sector centro, Nororiental y Noroccidental de la cuenca del Río Magdalena en el Departamento del Huila, el cual es el resultado de un proceso de homologación de las categorías de las zonas de recarga, acuíferos, vulnerabilidad intrínseca a la contaminación, uso del suelo a partir de la cobertura vegetal y los aspectos de participación social, con los que se determina la sensibilidad ambiental logrando obtener la zonificación del área de estudio.

La metodología que se utilizó se fundamenta de forma genérica los resultados obtenidos de las diferentes temáticas:

- Hidrología: balance hídrico - Recarga de acuíferos e infiltración
- Hidrogeología: Modelo Hidrogeológico Conceptual
- Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación
- Uso del suelo a partir de la cobertura vegetal
- Socio-Económico

3.13.1 Zonificación del Medio físico:

Esta zonificación se realizó con base en los siguientes parámetros:

3.13.1.1 Zonificación del régimen hídrico: balance hídrico - Recarga de acuíferos

Tabla 158. Zonificación Recarga potencial año promedio

Régimen hídrico	Infiltración (mm año)	Calificación.
Recarga potencial año promedio	0	0
	0,01 – 129,80	1
	129,81 – 379,16	2
	379,16 – 867, 63	3

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016

Tabla 159. Zonificación Recarga potencial año Húmedo

Régimen hídrico	Infiltración (mm año)	Ponderación.
Recarga potencial año promedio	0	0
	0,01 – 395,36	1
	395,36 – 668,03	2
	668,04 – 1731,42	3

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016

3.13.1.2 Zonificación de Hidrogeología

Tabla 160. Zonificación de Hidrogeología

Unidad Geológica	Clasificación según la porosidad	Unidad Hidrogeológica	Posible Comportamiento de la unidad Hidrogeológica	Zona de interés hidrogeológico	Calificación
Q1al , Q2al, Qalr, Qdat	Porosidad principal es Intergranular	I1	Acuíferos Libres	Z. Mayor Interés hidrogeológico	2
N2gii, N2gim, N2gis, Q2c		I2	Acuíferos Libres a semi-confinado	Z. Mayor Interés hidrogeológico	3
Q2lh		I3	Acuitardos	Z. Moderado Interés hidrogeológico	1
K1c,K2g,E2gyi,E2gys	Porosidad primaria y fisurados con porosidad secundaria o carstificados	II1	Acuíferos Confinados	Z. Mayor Interés hidrogeológico	3
E2gim,N1h		II2	Acuíferos Confinados con dificultad de transporte y/o acuitardos	Z. Moderado Interés hidrogeológico	2
K2v ,K2E1sc, N1ac	Porosidad primaria con recursos limitados o sin recursos	III1	Acuicludos	Z. sin Interés hidrogeológico	1
Mp3mg,T2Jsal, Jmgalg, Jgal, J3i, Jias, Jt		III2	Acuifugos	Z. sin Interés hidrogeológico	0

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena, 2016

3.13.1.3 Zonificación de la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación

Tabla 161 Zonificación de vulnerabilidad para el método GOD

Vulnerabilidad	Calificación
Extrema	3
Alta	3
Moderada	2
Baja	1
Muy Baja	0

3.13.1.4 Zonificación Uso del suelo a partir de la cobertura vegetal

Para fijar la calificación por usos actuales del suelo (actividad económica) en el área PMAA se tomaron como base las unidades definidas en los mapas de límites municipales y usos del suelo, asignando los valores presentados en la Tabla 162.

Tabla 162. Actividades Económicas a Partir de la Cobertura del Área del PMAA

USO POTENCIAL		AREA (Ha)	PORCENTAJE	Calificación
ASP:	Agrosilvopastoril	25369,84	4,13%	4
BP-P:	Bosque Productor - Protector	120556,66	19,62%	4
CA:	Cuerpos de Agua	6770,69	1,10%	3
CD:	Cultivo Denso	28081,64	4,57%	4
CU:	Centros Urbanos	3782,20	0,62%	3
PA:	Bosque Protector	122865,14	20,00%	4
PD:	Praderas Naturales y Mejoradas	130901,28	21,31%	4
SA-SL:	Silvo Agrícola Semi-limpio	97402,80	15,85%	4
SP:	Silvopastoril	63415,19	10,32%	4
Cuerpos de Agua		15227,2945	2,48%	3
TOTAL		**614372,75**	**100,00%**	

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016

3.13.1.5 Zonificación Socioeconómico:

La zonificación socioeconómica del área de estudio representa los grados de sensibilidad importancia social que manifiesta cada sector. Esta se realizó teniendo en cuenta los siguientes criterios según la metodología de referencia: organización comunitaria y ámbitos de participación.

Con la determinación de los niveles de sensibilidad ambiental de las variables, se busca establecer las características socioeconómicas respectivas, con el claro objetivo de poder determinar no solo la forma como se pueden afectar las condiciones sociales o la vocación económica de las comunidades del área del PMAA, si no poder establecer la forma como se pueden prevenir, mitigar o compensar los impactos.

- Organización comunitaria y ámbitos de participación

La Metodología, propone realizar una ponderación de cada municipio, vereda, de acuerdo con las organizaciones comunitarias que tiene y sus ámbitos de participación, a partir de la cuales obtiene un índice que permite verificar la diversidad de organizaciones comunitarias y los ámbitos de participación alcanzada por estas misma.

Bajo (0): Describe la unidad donde no existen o son escasas las organizaciones comunitarias y ejercen presencia en uno o máximo dos ámbitos de participación.

Medio (3): Describe la unidad donde se encuentran dos o más organizaciones comunitarias que ejercen participación en por lo menos desde los ámbitos definidos.

Alto (6): Describe la unidad donde hay amplia diversidad de organizaciones sociales, incluyendo las que representan asociaciones de estas, y que se involucran o ejercen participación en los tres ámbitos de participación definidos.

Tabla 163. Clasificación de Acuerdo con la Presencia de Organizaciones Comunitarias en el Área del PMAA

Municipios	N° de veredas	Presencia de Organizaciones Comunitarias	Valor ponderación
Resguardo indígena	-	Si	6
Neiva	73	Si	3
Aipe	29	Si	2
Algeciras	68	Si	2
Baraya	33	Si	3
Colombia	59	Si	3
Hobo	8	Si	2
Íquira	40	Si	2
Rivera	28	Si	3
Santa María	41	No	0
Tello	44	Si	2
Campoalegre	37	Si	3
Villavieja	13	Si	2
Palermo	56	Si	2
Yaguará	10	Si	2
Teruel	23	Si	2
Garzón	93	Si	3
Altamira	12	No	0
El Pital	42	Si	2
El Agrado	26	Si	2
Gigante	50	Si	3
La Plata	134	Si	3
Paicol	24	Si	2
Tesalia	23	Si	3
Nátaga	19	Si	2

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016

La Junta de Acción Comunal JAC es la organización social predominante en las veredas, es la forma primordial de agrupación comunitaria y son estas quienes lideran los procesos de interlocución con la Administración Municipal y velan por el buen desarrollo de sus comunidades (principalmente el mejoramiento de la infraestructura, especialmente la vial).

Teniendo en cuenta las variables analizadas, se determina la sensibilidad ambiental para el estudio, definida por la siguiente expresión para determinar la zonificación por áreas:

$$S=\int \{(\sum F, B, S, C)\}$$

Equation 4

F= Variables del medio físico, materializadas en: Régimen Hidrológico (Rh, Hidrogeología (Hs)

$$F= \sum \{Rh, Hs,\}$$

Ecuación 5

Nota: Las variables consideradas son acumulativas, dado que pueden darse simultáneamente en un mismo sitio o lugar.

B= Variables del medio Biótico, materializadas en la calificación destinada a cada sitio, con base en la cobertura vegetal.

S= Variables del medio socioeconómico, materializadas en la calificación definida para los aspectos, organización y ámbitos de participación (Oc), actividad económica (Ae)

$$S= \sum \{Cv, Oc, Ae\}$$

Ecuación 6

Nota: Las variables consideradas son acumulativas, dado que pueden dar se simultáneamente en un mismo sitio o lugar.

En la Ilustración 376, y en la se muestra los rangos de la calificación de la sensibilización ambiental que se establecieron para el estudio.

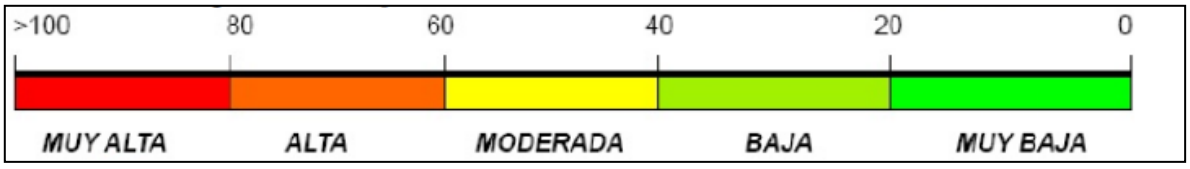


Ilustración 376. Rangos de calificación de la sensibilidad ambiental.
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016

A continuación, se describen cada una de las zonas identificadas en el área de estudio según los resultados obtenidos de la sensibilidad ambiental:

- **Zona de exclusión**: Considera todos los sistemas acuíferos que se encuentran en áreas de comunidades étnicas y afrocolombianas, y las zonas de descarga de nacimiento de agua, manantiales, que por su naturaleza estado o magnitud presentan un grado de susceptibilidad ambiental MUY ALTA (mayor a 100 puntos), abarcando un área de 2.242,10 Ha que representa el 0,36% del área de influencia directa del PMAA.

- **Zona con restricciones muy alta**: Considera los sistemas acuíferos que dada su naturaleza y sensibilidad ambiental principalmente por ser zonas de recarga potencial por precipitación año promedio con 0,01 - 867, 63 mm año de infiltración, se requiere limitar al máximo su intervención y maximizar los controles y medidas de carácter preventivo para evitar posibles afectaciones. se considerarán aquellas áreas cuya sensibilidad ambiental sea catalogada MUY ALTA (100 y 80 puntos), abarcando un área de 208.401,24 Ha que representa el 33,93% del área de influencia directa del PMAA.

- **Zona con restricciones alta**: Considera los sistemas acuíferos que por su naturaleza, estado o magnitud son de prioridad para el aprovechamiento y abastecimiento de las presentes y futuras generaciones (acuíferos de la formación Gigante) y, zonas de recarga potencial por precipitación año húmedo con 0,01 - 1731,42 mm año de infiltración, requieren que las actividades se desarrollen de manera cuidadosa, maximizando los controles y medidas de carácter preventivo para evitar posibles afectaciones. Para efectos de la presente clasificación se consideran aquellas áreas cuya sensibilidad ambiental sea calificada entre 80 y 60 puntos restricción ALTA, abarcando un área de 144.234,12 Ha que representa el 23,48% del área de influencia directa del PMAA.

- **Zona con restricciones moderada**: Considerado los sistemas acuíferos principalmente los acuíferos contaminados, y/o los acuíferos profundos que por su naturaleza, estado o magnitud, requieren que las actividades se desarrollen de manera cuidadosa, maximizando los controles y medidas de carácter preventivo para evitar posibles afectaciones. Para efectos de la presente clasificación se consideran aquellas áreas cuya sensibilidad ambiental sea calificada 60 y 40 puntos restricción MODERADA, abarcando un área de 174.453,23 Ha y representa el 23,40% del área de influencia directa del PMAA.

- **Zona con restricciones baja**: Considera principalmente los acuitardos y acuicludos que presentan una calificación total de sensibilidad ambiental, inferior a los 40 puntos y se encuentran dentro de las categorías de BAJA de 20 y 40 puntos, abarcando un área de 479.985,01 Ha y representa el 7,81% del área de influencia directa del PMAA.

- **Zona con restricciones muy baja**: Considera principalmente los acuifugos que presentan una calificación total de sensibilidad ambiental, y se encuentran dentro de las categorías MUY BAJA inferior a 20 puntos de la sensibilidad ambiental, abarcando un área de 37.046,01 Ha y representa el 6,03% del área de influencia directa del PMAA.

En la Ilustración 377, se muestra el Mapa de Zonificación Ambiental propuesta para el Sector Centro, Noroccidental y Nororiental de la Cuenca del Río Magdalena (Ver Anexo O Zonificación y Manejo Ambiental de Acuíferos GE393-PMAA-PSIG-ZAM-001-00).

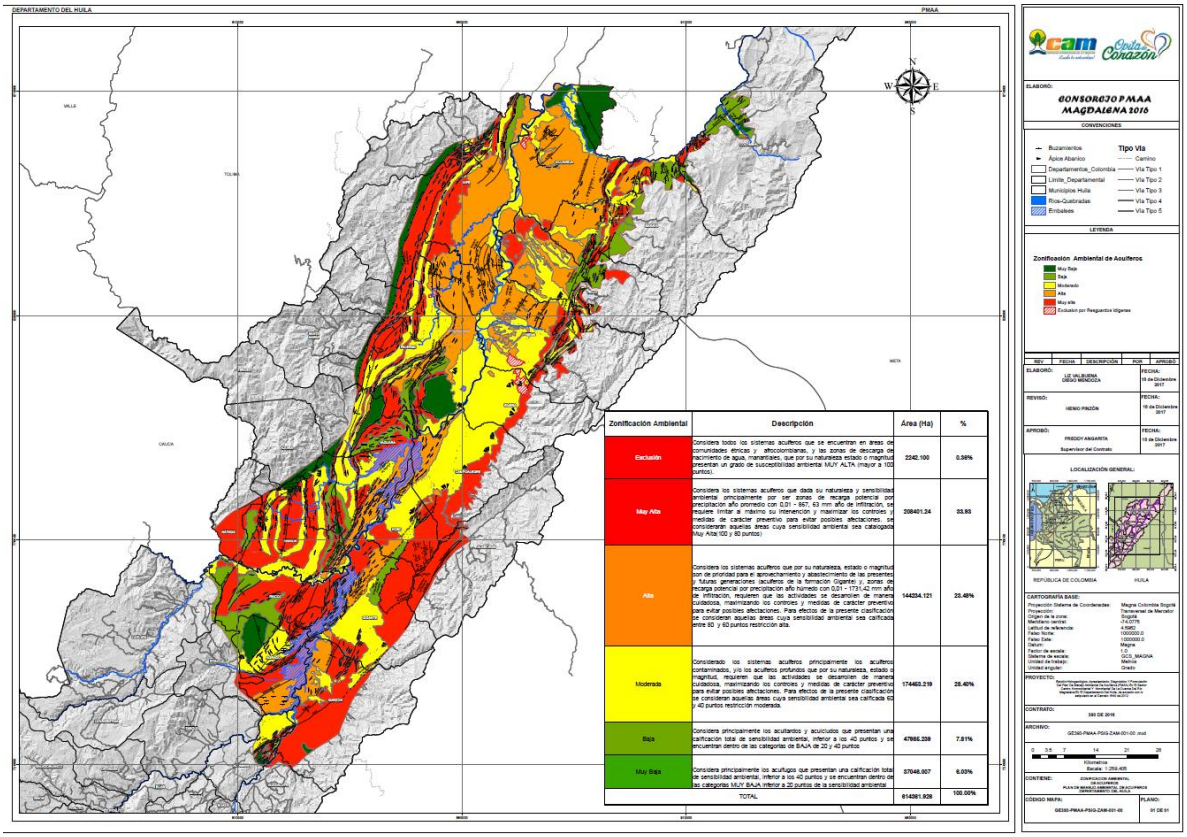


Ilustración 377. Mapa de Zonificación de Manejo Ambiental de Acuíferos
Fuente: Consorcio PMAAA Magdalena 2016

Tabla 164. Leyenda de la Zonificación Ambiental según los resultados obtenidos de la sensibilidad ambiental

Zonificación Ambiental	Descripción	Área (Ha)	%
Exclusión	Considera todos los sistemas acuíferos que se encuentran en áreas de comunidades étnicas y afrocolombianas, y las zonas de descarga de nacimiento de agua, manantiales. Con un peso de 100 puntos, clasificándose como **Susceptibilidad Ambiental Muy Alta.**	2.242,10	0,36%
Muy Alta	Considera los sistemas acuíferos y las zonas de recarga con 867, 63 - 1731,42 mm año. Con un peso de 99 hasta 80 puntos, clasificándose como **Sensibilidad Ambiental Muy Alta**.	208.401,24	33,93
Alta	Considera los sistemas acuíferos que por su naturaleza, estado o magnitud son de prioridad para el aprovechamiento y abastecimiento de las presentes y futuras generaciones como lo es el acuífero priorizado de la Formación Gigante y, zonas de recarga potencial por precipitación con 0,01 - 867, 63 mm año. Con un peso de 80 hasta 60 puntos, clasificándose como **Sensibilidad Ambiental Alta**.	144.234,12	23,48%
Moderada	Considerado los sistemas acuíferos principalmente los acuíferos contaminados, y/o los acuíferos profundos. Con un peso de 60 hasta 40 puntos, calcificándose como **Sensibilidad Ambiental Moderada**.	174.453,23	28,40%
Baja	Considera principalmente los acuitardos y acuicludos que presentan un peso de 40 hasta 20 puntos, clasificándose como **Sensibilidad Ambiental Baja**.	47.985,24	7,81%
Muy Baja	Considera principalmente los acuifugos que presentan un peso menor a 20 puntos, clasificándose **como Sensibilidad Ambiental Muy Baja.**	370.046,01	6,02%
	TOTAL	**614.361,93**	**100%**

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016

3.14 MANEJO AMBIENTAL DE ACUÍFEROS:

Para el manejo ambiental de acuíferos en el Sector Centro, Noroccidental y Nororiental de la Cuenca del Río Magdalena en el Departamento Del Huila, se tuvo en cuenta la de zonificación ambiental con base a los resultados de la sensibilidad ambiental de los acuíferos para el área de influencia directa del PMAA, con el objeto de restringir las actividades que puedan acusar impacto o contaminación en las zonas de recarga y en los acuíferos se recomiendan los siguientes usos:

3.14.1 Áreas con exclusión:

Considera las áreas de asentamientos de comunidades étnicas, afrocolombianas y zonas de descargas nacimientos de agua y manantiales que presentan susceptibilidad ambiental muy alta, donde se prohíbe el desarrollo de actividades industriales y la expansión de cascos urbanos. Por lo tanto, solo se permitirán las actividades socioeconómicas derivadas de los grupos étnicos presentes en esta áreas, y en las áreas de los nacimientos de fuentes de agua subterránea se destinaran principalmente para la protección ambiental y compensaciones ambientales orientadas a la conservación y preservación del recurso hídrico. Abarcando un área aproximada de 2.24719 Ha y representando el 0,36%.

Para las comunidades étnicas, se tuvo en cuenta la siguiente normatividad: La Constitución Política en sus artículos 7 y 8: "*El Estado reconoce y protege la diversidad étnica y cultural de la Nación colombiana (…) Es obligación del Estado y*

de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación". Por lo anterior, se reconocen las comunidades étnicas dentro de la delimitación del presente PMAA y se le asigna un peso importante en su territorio que determina la zonificación ambiental, el uso de los recursos y la restricción de ciertas actividades.

3.14.2 Área de intervención con restricción muy alta:

Considera las áreas donde la capacidad de infiltración es alta, es decir; la recarga potencial por precipitación año promedio es de 0,01 - 867, 63 mm año, estas áreas están destinadas principalmente para la protección ambiental y compensaciones ambientales orientadas a la conservación y preservación del recurso hídrico. Abarcando un área de 210641,101 Ha y representa el 34,29% del área de influencia directa del PMAA.

Las zonas de recarga deben ser objeto de protección especial en cumplimiento a los fundamentos de la Política Ambiental Colombiana (Ley 99 de 1993, Articulo 1, Numeral 4), en donde se indica: "*Las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos serán objeto de protección especial"*, y en el Art. 2.2.2.1.3.8. Del Decreto Único 1076 del 2015 *"Ecosistemas estratégicos. Las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos como áreas de especial importancia ecológica gozan de protección especial (…)"*, Decreto Único 1076 del 2015 Art. 2.2.2.1.3.8. *"las zonas de recarga de acuíferos como áreas de especial importancia ecológica gozan de protección especial por lo que las autoridades ambientales deberán adelantar las acciones tendientes a su conservación y manejo, las que podrán incluir su designación como áreas protegidas bajo alguna de las categorías de manejo previstas en el presente decreto".*

No se permitirán el desarrollo de actividades altamente contaminante como: relleno sanitario, escombreras, cementerios, almacenamiento, tratamiento, y disposición de residuos peligrosos, o cualquier tipo de actividades que generen lixiviados, actividades industriales, petroleras y minería a gran escala.

3.14.3 Área de intervención con restricción alta:

Considera las zonas de acuíferos para el aprovechamiento y abastecimiento de las presentes y futuras generaciones (acuífero de la Formación Gigante Abarcando un área de 88.309,17 Ha y representa el 14,37% del área de influencia directa del PMAA) y zonas de recarga potencial por precipitación año húmedo con 0,01 - 1731,42 mm año de infiltración con un área de 559.924,95 Ha que representa el 9,10% del área de influencia directa del PMAA.

El acuífero de la Formación Gigante es considerado como un recurso estratégico de dotación mínima de subsistencia para la población de la región, por lo tanto son áreas destinadas principalmente para la protección ambiental y compensaciones ambientales orientadas a la conservación y preservación del recurso hídrico y el

uso del agua subterránea de este acuíferos será exclusivo para el uso doméstico en el aprovechamiento y abastecimiento de las presentes y futuras generaciones. **No se permitirán** la ubicación en esta área de actividades altamente contaminante frente a los acuíferos como: escombreras, relleno sanitario, cementerios, almacenamiento, tratamiento, y disposición de residuos peligrosos, actividades que generen lixiviados, actividades industriales, petroleras, vertimientos de aguas mediante reinyección y de minería a gran escala. Lo anterior, teniendo en cuenta el Decreto 1640 de 2012 Art. 62 numeral 3, complicado en el Decreto Único 1076 de 2015, sección 11, la cual faculta a las "*Autoridades ambientales competentes imponer medidas de conservación, protección y uso sostenible de los recurso naturales a que haya lugar" o que cumplan con la siguiente condición "(…) Cuando por sus características hidrogeológicas el acuífero sea estratégico para el desarrollo socioeconómico de una región*".

En las zonas de recarga potencial por precipitación año húmedo con 0,01 - 1731,42 mm año de infiltración, **Las actividades industriales de alto impacto ambiental**, **petroleras, exploración sísmica terrestre y minería a gran escala estarán CONDICIONADAS** a los resultados de estudios hidrogeológicos detallados a escala 1:5.000 y 1: 2.000 que demuestren la vialidad ambiental para la ejecución del proyecto y que contemplen lo siguiente:

– Cartografía geológica
– Hidrología superficial
– Prospección geofísica (métodos Sonde Eléctrico Vertical (SEV), Tomografía Eléctrica (TE) o Magneto telúrica (MT) según sea el caso de la profundidad de investigación requerida).
– Perforación de pozos exploratorio (pozos estratigráficos)
– Ensayos de pruebas de bombeo de 24 horas.
– Modelos hidrogeológicos conceptuales y numéricos.
– Modelación de superficies y transporte de contaminantes.
– Análisis y modelo de direcciones de flujo.
– Análisis de vulnerabilidad intrínseca y riesgo a la contaminación a los acuíferos
– Plan de manejo ambiental de acuífero, (acciones de conservación, compensación, prevención y mitigación).
– Red Monitoreo satelital con sondas multa-paramétricas en pozos piezómetros.
– Cumplimiento de la normatividad ambiental vigente referente a las restricciones y usos de este recurso hídrico que contemple la política nacional de gestión integral del recurso hídrico.

No se permitirán la ubicación en esta área de actividades altamente contaminante como: escombreras, relleno sanitario, cementerios, almacenamiento, tratamiento, y

disposición de residuos peligrosos, actividades que generen lixiviados, vertimientos de aguas mediante reinyección.

3.14.4 Área de intervención con restricción moderada:

Considera las zonas de acuíferos someros que se encentran contaminados como los acuíferos de Depósitos Cuaternarios (Q), y los acuíferos de las Formaciones Gr. Honda, Fm. Gualanday, Gr. Guadalupe y Fm. Caballos que se por los general se encentran a gran profundidad, en general, fuera del alcance de la técnica de perforación convencional de pozos de agua, y el agua subterránea de estos acuíferos es recomendados para el uso industrial. Abarcando un área del 174.453,23 Ha que corresponde al 28,10% del área de influencia directa del PMAA, se permitirán las actividades socioeconómicas existentes o derivadas de las comunidades asentadas en estas zonas, y l**as actividades industriales: agrícola, pecuaria, minería, y petroleras y actividades que generen impactos ambientales estarán CONDICIONADOS** a la realización de estudios básicos de hidrogeología escala 1:25.000 que demuestren la vialidad ambiental para la ejecución del proyecto y que contemplen lo siguiente:

– Cartografía geológica
– Hidrología superficial
– Prospección geofísica (métodos Sonde Eléctrico Vertical (SEV), Tomografía Eléctrica (TE) o Magneto telúrica (MT) según sea el caso de la profundidad de investigación requerida).
– Perforación de pozos exploratorio (pozos estratigráficos)
– Ensayos de pruebas de bombeo de 24 horas.

Y al cumplimiento de la normatividad ambiental vigente referente a las restricciones y usos de este recurso hídrico que contemple la política nacional de gestión integral del recurso hídrico.

3.14.5 Área de intervención con baja o muy baja restricción

Considerado las unidades hidrogeológicas de acuitardos, acuicludos, y acuifugos que conforman los Depósitos Lahar, y las Formaciones geológicas de la Fm. Arcillolitas de Colombia, Fm. Seca, Gr. Villeta, que por su naturaleza de escasos o limitado recurso hídrico, se permitirán las actividades socioeconómicas existentes o derivadas de las comunidades asentadas en estas zonas.

Las Actividades industriales: agrícola, pecuaria, minería, y petroleras y actividades que generen impactos ambientales estarán condicionados al cumplimiento de la normatividad ambiental vigente referente a las restricciones y usos de este recurso hídrico que contemple la política nacional de gestión integral del recurso hídrico. Se estima que el área de intervención con baja restricción es de 47.895,23 Ha que corresponde al 7,79%, mientras que el área de intervención

con muy baja restricción es de 37.046,01% del área de influencia directa del PMAA.

Con base al Manejo Ambiental de Acuíferos, cuando desarrollen evaluaciones de licenciamiento ambiental dentro del área delimitada para el presente PMAA y de jurisdicción de la CAM, deberá tener en cuenta la zonificación y presente Manejo de Acuíferos usos y restricciones, teniendo en cuenta que este estudio hace parte de un instrumento de planificación y administración del manejo de los recursos naturales renovables.

En caso que el proceso de licenciamiento se realice para actividades dentro del área de la delimitación del presente PMAA y sea de la jurisdicción del ANLA, la CAM deberá emitir dentro del tiempo estipulado en la norma Decreto Único 1076 del 2015 Art. 2.2.2.3.6.3. "*Cuando se trate de proyectos, obras o actividades de competencia de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), la autoridad o autoridades ambientales con jurisdicción en el área del proyecto en donde se pretenda hacer uso y/o aprovechamiento de los recursos naturales renovables tendrán un término máximo de quince (15) días hábiles, contados a partir de la radicación del estudio de impacto ambiental por parte del solicitante, para emitir el respectivo concepto sobre los mismos y enviarlo a la ANLA*" o norma vigente, el concepto técnico en el cual se debe tener en cuenta la zonificación, su uso y restricciones del presente plan de Manejo, para que la ANLA durante el proceso de evaluación tenga herramienta de decisión sobre la misma.

Lo anterior, con base en la Ley 99 de 1993 en el artículo 31 Numeral 2 "*Las Corporaciones Autónomas Regionales ejercerán las siguientes funciones (…) Ejercer la función de máxima autoridad ambiental en el área de su jurisdicción, de acuerdo con las normas de carácter superior y conforme a los criterios y directrices trazadas por el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE*" y numeral 5 de la misma norma "*Participar con los demás organismos y entes competentes en el ámbito de su jurisdicción en los procesos de planificación y ordenamiento territorial a fin de que el factor ambiental sea tenido en cuenta con las decisiones que se adopten*".

En la Ilustración 378 se muestra el Mapa de Manejo Ambiental de Acuíferos propuesto para el Sector Centro, Noroccidental y Nororiental de la Cuenca del Río Magdalena (Ver Anexo O Mapa de Manejo Ambiental de Acuíferos GE393-PMAA-PSIG-ZAM-001-00).

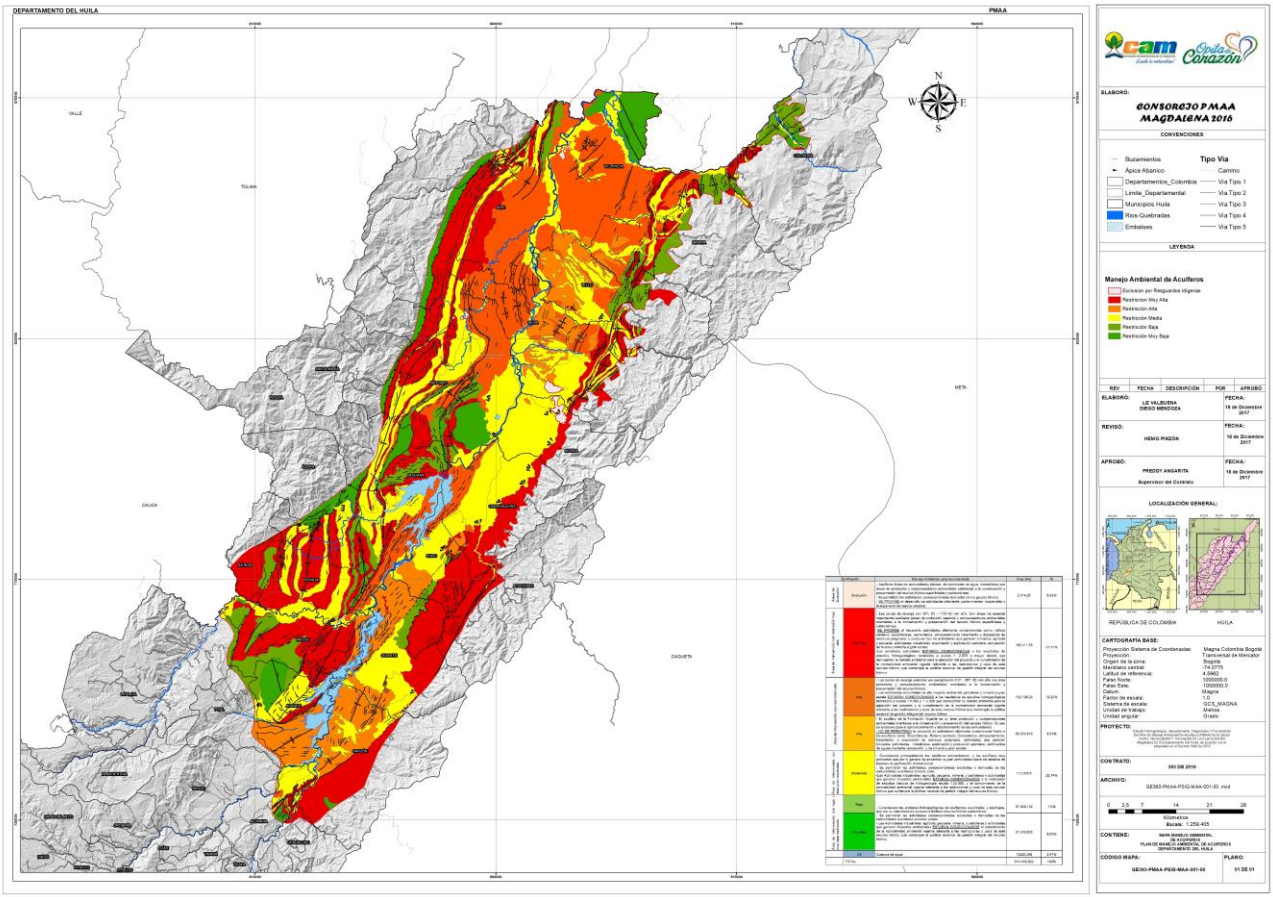


Ilustración 378. Mapa de Manejo Ambiental de Acuíferos
Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016

Tabla 165. Leyenda del Manejo Ambiental de Acuíferos

Zonificación		Manejo Ambiental usos recomendado	Área (Ha)	%
Áreas de Exclusión	Exclusión	- Acuíferos áreas de comunidades étnicas, de nacimiento de agua, manantiales son áreas de protección y compensaciones ambientales orientadas a la conservación y preservación del recurso hídrico superficiales y subterráneas. - Se permitirán las actividades socioeconómicas derivadas de los grupos étnicos. - **SE PROHÍBE** el desarrollo de actividades altamente contaminantes, industriales y la expansión de cascos urbanos.	2.014,26	0,32%
Área de intervención con restricción muy alta	Muy Alta	- Las zonas de recarga con 867, 63 - 1731,42 mm año. Son áreas de protección y compensaciones ambientales orientadas a la conservación y preservación del recurso hídrico superficial y subterráneo. - **SE PROHÍBE** el desarrollo actividades altamente contaminantes como: relleno sanitario, escombreras, cementerios, almacenamiento tratamiento y disposición de residuos peligrosos, o cualquier tipo de actividades que generen lixiviados, agrícola y pecuaria, actividades industriales, exploración y explotación petrolera, reinyección de fluidos y minería a gran escala.	168.411,35	27,41%
Área de intervención con restricción alta	Alta	- El acuífero de la Formación Gigante es un área protección y compensaciones ambientales orientadas a la conservación y preservación del recurso hídrico. Su uso es exclusivo para el aprovechamiento y abastecimiento de las comunidades. **- NO SE PERMITIRÁN** la ubicación de actividades altamente contaminante frente a los acuíferos como: Escombreras, Relleno sanitario, Cementerios, almacenamiento, tratamiento, y disposición de residuos peligrosos, actividades que generen lixiviados, actividades industriales, exploración y producción petrolera, vertimientos de aguas mediante reinyección, y de minería a gran escala.	112.136,28	18,25%
	Alta	- Las zonas de recarga potencial por precipitación 0,01 - 867, 63 mm año son área protección y compensaciones ambientales orientadas a la conservación y preservación del recurso hídrico. - Las actividades industriales de alto impacto ambiental, petroleras y minería a gran escala **ESTARÁN CONDICIONADAS** a los resultados de **estudios hidrogeológicos detallados a escala 1:5.000 y 1: 2.000** que demuestren la vialidad ambiental para la ejecución del proyecto y al cumplimiento de la normatividad ambiental vigente referente a las restricciones y usos de este recurso hídrico que contemple la política nacional de gestión integral del recurso hídrico.	58.634,82	9,54%
Área de intervención con restricción moderada	Moderada	- Considerado principalmente los acuíferos contaminados, o los acuíferos muy profundos que por lo general se encentran a gran profundidad fuera del alcance de técnicas de perforación convencional. - Se permitirán las actividades socioeconómicas existentes o derivadas de las comunidades asentadas en esta zona. -Las Actividades industriales: agrícola, pecuaria, minería, y petroleras y actividades que generen impactos ambientales **ESTARÁN CONDICIONADOS** a la realización de **estudios básicos de hidrogeología escala 1:25.000**, y al cumplimiento de la normatividad ambiental vigente referente a las restricciones y usos de este recurso hídrico que contemple la política nacional de gestión integral del recurso hídrico.	172.878,5	28,14%
Área de intervención con baja o muy baja restricción	Baja	- Considerado las unidades hidrogeológicas de acuitardos, acuicludos, y acuífugos, que por su naturaleza es escasos o limitado recurso hídrico subterráneo. - Se permitirán las actividades socioeconómicas existentes o derivadas de las comunidades asentadas en estas zonas. - Las Actividades industriales: agrícola, pecuaria, minería, y petroleras y actividades que generen impactos ambientales **ESTARÁN CONDICIONADOS** al cumplimiento de la normatividad ambiental vigente referente a las restricciones y usos de este recurso hídrico que contemple la política nacional de gestión integral del recurso hídrico.	47.968,13	7,8%
	Muy Baja		37.043,66	6,02
	CA	Cuerpos de agua	15.228,3	2,47%
		TOTAL	**614.345,30**	**100%**

Fuente: Consorcio PMAA Magdalena 2016

3.15 MARCO NORMATIVO PARA LA APLICACIÓN DEL MANEJO AMBIENTAL DE ACUÍFROS EN EL SECTOR CENTRO, NOROCCIDENTAL Y NORORIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA

En conformidad con el artículo 8 de la Carta Política: "*Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación*" y su artículo 79 de la misma norma "*Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica*" y el artículo 80. "*El Estado planificara el manejo y aprovechamiento de los recurso naturales, para garantizar el desarrollo sostenible, su conservación, restauración (…) y tomar las medidas necesarias de prevención y control de los factores de deterioro ambiental*", entendiendo que la Corporación tiene la obligación de proteger y planificar sus riquezas dentro de su territorio como entidad parte del Estado.

La Constitución Política en su artículo 58, establece una función ecológica inherente a la propiedad privada y reconoce los tratados internacionales que en materia ecológica se han reconocido por parte del País (art. 9 y 94).

El Decreto Ley 2811 de 1974 "*Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente" en su artículo 45 literal c. establece "Cuando se trate de utilizar uno o más recursos naturales renovables o de realizar actividades que puedan ocasionar el deterioro de otros recursos o la alteración de un ecosistema, para su aplicación prevalente de acuerdo con las prioridades señaladas en este Código o en los planes de desarrollo, deberán justipreciarse las diversas formas de uso o de medios para alcanzar este último, que produzcan el mayor beneficio en comparación con el daño que puedan causar en lo ecológico, económico y social" articulo 45 literal h "Se velará para que los recursos naturales renovables se exploten en forma eficiente, compatible con su conservación y acorde con los interese colectivos*".

El Decreto Ley 2811 de 1974 artículo 48 "*Además de las normas especiales contenidas en el presente libro, al determinar prioridades para el aprovechamiento de las diversas categorías de recursos naturales se tendrán en cuenta la conveniencia de la preservación ambiental, la necesidad de mantener suficientes reservas de recursos cuya escasez fuere o pudiere llegar a ser crítica y la circunstancia de los beneficios y costos económicos y sociales de cada proyecto*" y articulo 49 "*Las prioridades referentes a los diversos usos y al otorgamiento de permisos, concesiones o autorizaciones sobre un mismo recurso, serán señaladas previamente, con carácter general y para cada región del país, según necesidades de orden ecológico, económico y social. Deberá siempre tenerse en cuenta la necesidad de atender a la subsistencia de los moradores de la región, y a su desarrollo económico y social*"

Así mismo, la Ley 99 de 1993 en el artículo 30. establece "*Todas las Corporaciones Autónomas Regionales tendrán por objeto la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como dar cumplida y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE*" y articulo 31 Numeral 2 de la misma norma "*Las Corporaciones Autónomas Regionales ejercerán las siguientes funciones (…) Ejercer la función de máxima autoridad ambiental en el área de su jurisdicción, de acuerdo con las normas de carácter superior y conforme a los criterios y directrices trazadas por el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE*" y numeral 5 "*Participar con los demás organismos y entes competentes en el ámbito de su jurisdicción en los procesos de planificación y ordenamiento territorial a fin de que el factor ambiental sea tenido en cuenta con las decisiones que se adopten*".

Ley 99 de 1993 en el artículo 31 Numeral 2 "*Las Corporaciones Autónomas Regionales ejercerán las siguientes funciones (…) Ejercer la función de máxima autoridad ambiental en el área de su jurisdicción, de acuerdo con las normas de carácter superior y conforme a los criterios y directrices trazadas por el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE*" y numeral 5 de la misma norma "*Participar con los demás organismos y entes competentes en el ámbito de su jurisdicción en los procesos de planificación y ordenamiento territorial a fin de que el factor ambiental sea tenido en cuenta con las decisiones que se adopten*".
Ley 99 de 1993, Articulo 1, Numeral 4, en donde se indica: "*Las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos serán objeto de protección especial*", y en el Art. 2.2.2.1.3.8. del Decreto Único 1076 del 2015 "*Ecosistemas estratégicos. Las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos como áreas de especial importancia ecológica gozan de protección especial (…)*".

Ley 388 de 1997 articulo 10 numeral 1 literal b "*Las disposiciones producidas por la Corporación Autónoma Regional o la autoridad ambiental de la respectiva jurisdicción, en cuanto a la reserva, alindamiento, administración o sustracción de los distritos de manejo integrado, los distritos de conservación de suelos, las reservas forestales y parques naturales de carácter regional; las normas y directrices para el manejo de las cuencas hidrográficas expedidas por la Corporación Autónoma Regional o la autoridad ambiental de la respectiva jurisdicción; y las directrices y normas expedidas por las autoridades ambientales para la conservación de las áreas de especial importancia ecosistémica*", entendiéndose que la elaboración y adopción de los planes de ordenamiento territorial los municipios y distritos deberán tener en cuenta las directrices y normas expedidas por las autoridades ambientales que correspondan a la conservación de las áreas de espacial importancia ecosistémica, las cuales son determinantes ambientales y se constituyen en normas de superior jerarquía.

Decreto Único 1076 del 2015 en su artículo 2.2.3.1.11.1. "*Es responsabilidad (…) Planificación y administración del agua subterránea, mediante la ejecución de proyectos y*

actividades de conservación, protección y uso sostenible del recurso. La autoridad ambiental competente formulará el plan"

Decreto Único 1076 del 2015 en su artículo 2.2.3.1.11.2. "*En aquellos acuíferos que no hagan parte de un Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica, la autoridad ambiental competente elaborará el Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos, previa selección y priorización del mismo, cuando se presenten o se prevean como mínimo una de las siguientes condiciones, en relación con oferta, demanda y calidad hídrica, riesgo y gobernabilidad*", el numeral 3 del mismo artículo y norma "*Cuando por sus características hidrogeológicas el acuífero sea estratégico para el desarrollo socioeconómico de una región*" y el parágrafo del mismo artículo y norma *"(…)las autoridades ambientales competentes impondrán las medidas de conservación, protección y uso sostenible de los recursos naturales a que haya lugar, en aquellos acuíferos que aún no han sido objeto de Plan de manejo Ambiental*".

Decreto Único 1076 del 2015 en su artículo 2.2.3.1.11.3. Señala las fases para la elaboración del PMAA en donde indica para la fase de formulación "*Se definirán las medidas a implementar, los proyectos y actividades a ejecutar, con el fin de solucionar la problemática identificada en el diagnóstico (…).*"

Decreto 1640 de 2012 Art. 62 numeral 3, complicado en el Decreto Único 1076 de 2015, sección 11, la cual faculta a las "autoridades ambientales competentes imponer medidas de conservación, protección y uso sostenible de los recurso naturales a que haya lugar" o que cumplan con la siguiente condición "(…) Cuando por sus características hidrogeológicas el acuífero sea estratégico para el desarrollo socioeconómico de una región".

Mientras que, para las comunidades étnicas, se tuvo en cuenta la siguiente normatividad:
La Constitución Política en sus artículos 7 y 8: "*El Estado reconoce y protege la diversidad étnica y cultural de la Nación colombiana (…) Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación*". Por lo anterior, se reconocen las comunidades étnicas dentro de la delimitación del presente PMAA y se le asigna un peso importante en su territorio que determina la zonificación ambiental, el uso de los recursos y la restricción de ciertas actividades.

Que conforme a lo establecido en el Convenio 169 de 1989 artículo 13 de la OIT – Organización Internacional del Trabajo, ratificado mediante la Ley 21 de 1991, "1*. Los pueblos indígenas y tribales deberán gozar plenamente de los derechos humanos y libertades fundamentales, sin obstáculos ni discriminación. Las disposiciones de este Convenio se aplicarán sin discriminación a los hombres y mujeres de esos pueblos (…) 2. No deberá emplearse ninguna forma de fuerza o de coerción que viole los derechos humanos y las libertades fundamentales de los pueblos interesados, incluidos los derechos contenidos en el presente Convenio*", lo anterior referenciando el respeto y la

importancia especial para sus creencias, culturas, y la relación tan estrecha que tienen estas comunidades con los territorios en los cuales se desarrollan.

Así mismo, en el Convenio 169 de 1989, en su artículo 14, indica que se "*Deberá reconocerse a los pueblos interesados el derecho de propiedad y de posesión sobre las tierras que tradicionalmente ocupan" y "a las que hayan tenido tradicionalmente acceso para sus actividades tradicionales y de subsistencia (…)*", este mismo artículo agrega "*Los gobiernos deberán tomar las medidas que sean necesarias para determinar las tierras que los pueblos interesados ocupan tradicionalmente y garantizar la protección efectiva de sus derechos de propiedad y posesión (…) Deberán instituirse procedimientos adecuados en el marco del sistema jurídico nacional para solucionar las reivindicaciones de tierras formuladas por los pueblos interesados*", mientras que el artículo 15 del mismo convenio señala "*Los derechos de los pueblos interesados a los recursos naturales existentes en sus tierras deberán protegerse especialmente. Estos derechos comprenden el derecho de esos pueblos a participar en la utilización, administración y conservación de dichos recursos*", lo anterior aludiendo a la importancia de estos territorios y que los mismos sean para sustento y desarrollo de los tradiciones, creencias y costumbres de las comunidades asentadas allí, y de su participación en la utilización, administración y conservación de los recursos naturales existentes en estas áreas.

4 CONCLUSIONES

La Fase Diagnostico realizada en el área de influencia directa del PMAA, permito actualizar la línea base de oferta y demanda del agua subterránea de la Provincia Hidrogeológica del Valle Alto del Magdalena (PM2) del sistema de acuífero Neiva-Tatacoa -Garzón (SAM2.3),en el Sector Centro, Noroccidental Y Nororiental de la Cuenca Del Río Magdalena en el Departamento Del Huila, donde se identifican los principales conflictos y problemáticas relacionadas con el desarrollo de las actividades económicas y las condiciones socioculturales las cuales generan algún tipo de impacto sobre los sistemas acuíferos, así como también se logra conocer las carencias y necesidades de la población en relación con el recurso hídrico subterráneo.

A continuación se presentan las conclusiones obtenidas del análisis de los resultados arrojados por la Fase Diagnostico, con el objeto de plantear la Fase IV de Formulación para lograr el desarrollo de las líneas estratégicas que plantean la solución a las problemáticas, conflictos, y necesidades identificadas para conseguir la preservación y conservación y protección de los acuíferos mediante el Plan de Manejo Ambientales la gestión del recurso hídrico subterráneo:

1. Del Modelo Hidrogeológico Conceptual (MHC) se concluye: a partir del modelo geológico-geofísico de la cuenca del Valle Superior del Magdalena, que corresponde a una depresión tectónica que se ha rellenado en el tiempo geológico, donde se depositaron las secuencias más importantes de interés hidrogeológico por sus características litológicas y comportamiento hidráulico. Desde el punto de vista estructural, corresponde a una estructura de Geosinclinal donde se identifican dos grandes dominios tectónicos: el flanco occidental de la Cordillera Oriental (Sistema de Falla Suaza – Garzón- Algeciras) y el flanco Occidental la Cordillera Central (Sistema de Falla de Chusmas). Localmente se identifican plegamientos que dan origen a estructuras de anticlinales sobre los cuales se desarrollan las principales actividades de campos petroleros de la región como lo son: el Campo San Francisco, Campo Dina, Campo Tello, Campo Hocha entre otros; y contiguo a las estructuras anticlinales se presentan las estructuras sinclinales entre los cuales se destacan el Sinclinal de Media Luna, Sinclinal de Cabañas, Sinclinal de Tivoli, Sinclinal de Cabrera, Sinclinal de Palermo, Sinclinal de San Antonio, Sinclinal de Tesalia, Sinclinal de Garzón etc., Estas últimas estructuras son consideradas excelentes almacenadoras de agua subterránea, siempre y cuando cumpla con características litológicas y propiedades físicas de las rocas como son la porosidad y permeabilidad que permiten el movimiento del agua que infiltra, se trasmite y se almacena en gran volumen.

   Dichas estructuras de interés hidrogeológicos conforman los sistemas acuíferos que corresponde a un dominio espacial limitado en superficie y en profundidad, en el que existen uno o varios acuíferos con porosidad primaria o secundaria, las zona de recarga, zona de descarga y otras unidades hidrogeológicas con escaso o

limitados recursos hidrogeológicos como los son los acuitardos, acuícludos y acuifugos o basamento hidrogeológico.

Para el área de influencia directa del PMAA, se identificaron ochos sub-sistemas acuíferos entre los cuales se destacan en la región norte: Sinclinal de Media Luna, Sinclinal de Cabañas, Sinclinal de Tivoli, Sinclinal de Cabrera, Sinclinal de Palermo, Sinclinal de San Antonio y el Amplio Valle del Magdalena que se extiende hasta la región centro. En la región centro se presenta el Sinclinal de Garzón y en la región occidental el Sinclinal de Tesalia. A su vez estos sistemas acuíferos están conformados por rocas o sedimentos capaces de almacenar y transmitir agua, entre los cuales se identifican como unidades acuíferos a los acuíferos libres que por lo general se encuentran a la misma presión que la atmosférica a los Depósitos Cuaternarios (Q1al espesor promedio 10 m, Q2al espesor 30 m, Qalr) y corresponden a la unidad hidrogeológica (I1), los acuíferos semi-confinados de los Depósitos coluviales (Q2c espesor 10 m) y a los acuíferos de la Formación Gigante (N2gii, N2gm espesor 420 m) corresponde a la unidad hidrogeológica (I2). En cuanto a los acuíferos confinados (se encuentra a una mayor profundidad y a mayor presión que la atmosférica) corresponden a los miembros Formación Gualanday inferior y superior (E2gyi espesor 1000 m, E2gys espesor 1300 m), los nivel acuíferos del Grupo Guadalupe (K2g espesor 150 m), y los acuíferos de la Formación Caballos (K1C espesor 630 m) clasificados como unidad hidrogeológica (II1). Y los acuíferos del Grupo Honda (N1h espesor 1000 m), y el miembro medio de la Formación Gualanday (E2gym espesor 200 m) que corresponde a la unidad hidrogeológica (II2). En cuanto a los acuitardos y acuícludos son definidos por las unidades hidrogeológicas I3 y III1 respectivamente, se tiene a los Depósitos de Lahar (Q2lh), Formación Arcillolitas de Colombia (N1ac), Formación Seca (K2E1sc espesor 150 m) y las rocas del Grupo Villeta (K2v 450 m). Los acuifugos o basamentos hidrogeológicos se presentan las rocas de origen ígneo, metamórfico y meta-sedimentarios como Macizo de Garzón (Mp3mg), Formación Saldaña (T2Jsal), Monzogranito de Algeciras (Jmgalg), Monzogranito de Altamira (Jgal), Batolito de Ibagué (J3i), Monzodiorita de El Astillero (Jias), Cuarzomonzodiorita de Teruel (Jt).

2. Partiendo de la estimación de la recarga total anual para un año promedio se calculan las reservas estáticas, dinámicas y las explotables, lo que permitió estimar de la oferta del recurso hídrico para cada uno de los sistema acuíferos identificados en el área de influencia directa del PMAA, los cuales se resumen a continuación:

Zona	Q Reservas	Reservas	Reservas

	Estáticas (m^3)	Dinámicas (m^3/año)	Explotable (m^3)
Sinclinal de Media luna	4,00E+09	4,51E+06	2,02E+06
Sinclinal de Cabaña	1,70E+10	9,06E+06	1,58E+07
Valle de Rio Magdalena	1,06E+12	2,59E+08	2,74E+10
Sinclinal de Tivoli	3,20E+10	1,40E+07	4,45E+07
Sinclinal de San Antonio	3,30E+10	1,91E+07	6,25E+07
Sinclinal de Palermo	2,40E+10	1,99E+07	4,83E+07
Sinclinal de Garzón	1,77E+11	3,85E+07	6,80E+08
Sinclinal de Tesalia	3,24E+11	7,66E+07	2,48E+09
Reserva Explotable de agua subterránea en zona del PMAA			**3,07E+10**

3. De la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación El Índice de Vulnerabilidad Intrínseca a la Contaminación de Agua Subterránea, permite medir la susceptibilidad de los sistemas acuíferos a ser contaminado en función de sus características intrínsecas, con lo cual aporta información que permitió delimitar las zonas de susceptibilidad ambiental frente al comportamiento de las actividades de alto impacto o potencialmente contaminantes y se tiene: Muy baja vulnerabilidad para los basamentos hidrogeológicos, Vulnerabilidad baja para los acuíferos confinados de la Formación Caballos (K1c), Gr. Guadalupe (K2g), y Formación Gualanday. Vulnerabilidad media los acuíferos confinado en multicapas del Gr. Honda (N1h), Vulnerabilidad alta los acuíferos semi-confinados de la Formación Gigante (N2g) y Vulnerabilidad extrema los acuíferos libre de los Depósitos Los depósitos Cuaternarios (Q).esto debido a que tiene una alta permeabilidad por el menor grado de confinamiento, actualmente se presenta una gran demanda en la captación mediante aljibes, y pozos poco profundos y se encuentran cerca o en la superficie donde se desarrollan las actividades potencialmente contaminantes.

4. Mediante el diagnostico participativo, se logran identificar los principales actores claves y su interés de participación, a quienes se les aplicó encuestas y se realizaron reuniones de participación con el objeto de identificar los principales conflictos y problemáticas relacionadas con el desarrollo de las actividades económicas y las condiciones socioculturales. Con los resultado se logra caracterizar la calidad de vida, se identifican las organización comunitaria y ámbitos de participación, así como también las principales actividades económicas de la cual se concluye: Los acuíferos pueden contaminarse desde la superficie debido a que el agua que se infiltra, lixiviados contaminantes infiltrando en las zonas de recarga hasta llegar a los acuíferos. El subsuelo por su parte tiene cierto poder de depuración del agua, tanto microbiológica (en la zona de aireación) como química (hidrólisis, oxidación, reducción...), pero sólo si el agua tiene una baja velocidad de infiltración de tal manera que tenga un mayor tiempo de residencia para facilitar dichos procesos. Finalmente, la probabilidad de que un contaminante pueda incorporarse al ciclo del agua depende de su solubilidad y de las características

físico-químicas del suelo, tales como capacidad de intercambio iónico, pH, potencial redox, temperatura del agua, etc. Mediante el inventario de las fuentes potencialmente contenientes se identificaron el vertimiento de residuos líquidos o por la disposición de los residuos sólidos. En el primer caso, las rutas de contaminación se pueden dar por el vertimiento de residuos líquidos sin tratamiento o con tratamiento parcial a las corrientes superficiales y a los suelos. En el segundo, por la disposición de residuos sólidos en rellenos sin la adecuada impermeabilización del suelo que puede generar infiltración de lixiviados, y por la disposición de los residuos a cielo abierto, que generan cargas contaminantes en épocas de lluvia por un efecto de lavado.

5. .En este sentido la necesidad más evidente para el PMAA, es priorizar las medidas de control de la contaminación del agua subterránea en las áreas donde se han identificado las actividades potencialmente contaminantes. Si bien se ha realizado un inventario de las fuentes actuales y las potencialmente de contaminantes, es necesario establecer cuáles de estas actividades y en cuáles áreas suponen mayor peligro a la calidad del agua subterránea. Por lo anterior se realizó la zonificación ambiental y se contextualiza el manejo ambiental de los sistemas acuíferos que ayuda a la toma de decisiones orientadas al monitoreo de la calidad del agua, restricción, prohibición de actividades, y en el cambio del uso del suelo, concluyendo:

   Esta zonificación es un instrumento de regulación de la autoridad ambiental que debe ser aplicado obligatoriamente por los particulares y las entidades estatales y privadas que inciden en el recurso hídrico subterráneo. Así mismo para que las entidades que tienen delegadas la administración y regulación de los recursos naturales renovables y no renovables tomen las medidas de gestión necesarias para que garanticen su aplicabilidad y cumplimento.

6. Para la implementación de la gestión y priorización del acuífero de importancia ambiental del departamento del Huila se debe acoger lo siguiente:
   a) El acuífero priorizado y/o jerarquizado de mayor importancia ambiental en el departamento del Huila es el formado o integrado por la Formación Gigante.
   b) Dadas las características hidrogeológicas del acuífero de la Formación Gigante, es considerado una fuente hídrica estratégica destinada o con el fin exclusivo para el abastecimiento doméstico (Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural y utilización para necesidades domésticas individuales) con el fin de garantizar el abastecimiento de agua a las presentes y futuras generaciones.
   c) Restringir y limitar los permisos de exploración y concesión de agua subterránea en este acuífero, permitiendo permisos ambientales únicamente en la utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural

d) Realizar la gestión administrativa y jurídica para dar cumplimiento a la restricción del uso del agua subterránea en el acuífero de la Formación Gigante en los permisos de exploración y concesiones de agua subterránea que se hayan otorgado y su captación se realice en este acuífero y cuyos usos sean diferentes a la utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural

e) En los sectores en los cuales se evidencia geológicamente la existencia de la Formación Gigante los interesados en obtener permisos de exploración y concesión de agua subterránea para fines diferentes al abastecimiento doméstico (Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural y utilización para necesidades domésticas individuales) deberán demostrar que el sistema de captación no afecta y/o interviene al acuífero Formación Gigante. Esta demostración se hará a través de información geológica e hidrogeológica a escala detallada, por métodos de exploración indirecta (geofísicas como Tomografía Eléctrica (TE), Sonde Eléctrico Vertical (SEV), o Magneto telúrica (MT), etc. según sea el caso de la profundidad de investigación requerida) y por métodos de exploración directa perforación del pozo estratigráfico no destructivo y registros eléctricos “Resistividad, Gamma Ray y Potencial Espontáneo, conductividad, laterolog, temperatura y caliper”, Descripción de la perforación. Perfil litológico, Comparación en gráfica de la descripción de la columna litológica tomando muestras cada metro, diseño del pozo indicando la profundidad donde será instalado el sello sanitario para proteger el acuífero de la Formación Gigante y la ubicación de los filtros indicando la unidad hidrogeológica acuífera donde se realizara la captación del agua subterránea, correlación litológica con pozos cercanos, etc.), pruebas de bombeo de 24 horas.

5 BIBLIOGRAFÍA

IDEAM. (2015). *Estudio Nacional del Agua 2014.* Bogotá, D. C: IDEAM.

ANH, UIS. (2009). *INFORME EJECUTIVO EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HIDROCARBURÍFERO DE LAS CUENCAS COLOMBIANAS.* BOGOTÁ D.C: ANH.

Burgos, G., & Moreira, R. (1982). ESTUDIO FOTOGEOLÓGICO PRELIMINAR LA PLATA - AGRADO, DEPARTAMENTO DEL HUILA. *CENTRO INTERAMERICANO DE FOTOINTERPRETACIÓN*.

Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones.*

Custodio, E., & Llamas, R. M. (1976). *Hidrología subterránea.* Barcelona: Omega S.A.

Foster, S., & Hirata, R. (1988). Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data.

Foster, S., Hirata, R., Gomes, D., & Paris, M. (2003). *Protección de la Calidad del Agua Subterránea.*

Foster, S., Hirata, R., Gomes, D., D'Elia, M., & Paris, M. (2003). Protección de la Calidad del Agua Subterránea: guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. Banco Mundial.

IDEAM. (2013). *Aguas Subterráneas en Colombia: una Visión General.* Bogotá D. C: IDEAM.

IDEAM. (2013). *Lineamientos conceptuales y metodológicos para la Evaluación Regional del Agua - ERA.* Bogotá D.C: IDEAM.

IDEAM. (2015). *Estudio Nacional del Agua 2014.* Bogotá, D. C: IDEAM.

INGEOMINAS. (1995). Leyenda de Vulnerabilidad.

INGEOMINAS. (1999). ESTUDIO HIDROGEOLOGICO Y PLAN DE MANEJO DEL AGUA SUBTERRANEA EN EL SECTOR NORORIENTAL DE LA CUENCA DEL RIO MAGDALENA EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA. *PROGRAMA DE EXPLORACION Y EVALUACION DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA*.

INGEOMINAS. (1999). *Estudio Hidrogeológico Y Plan De Manejo del Agua Subterránea en el Sector Nororiental de La Cuenca del Rio Magdalena en el Departamento del Huila.* Bogotá D.C: INGEOMINAS.

INGEOMINAS. (2001). *Memoria explicativa. Mapa Geológico del Departamento del Huila.*

IUGS. (30 de Junio de 2017). *International commission on Stratigraphy*. Obtenido de IUGS: http://strarigraphy.org

Jiménez, G. (2008). ANALISIS DE LA DEFORMACION Y MODELO ESTRUCTURAL BASADO EN DATOS PALEOMAGNETICOS Y CINEMATICOS EN EL SECTOR SUR DEL VALLE SUPERIOR DEL MAGDALENA (ANTICLINAL DE LA HOCHA).

MinAmbiente. (2014). *Guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos.*

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD INTRINSECA DE LOS.* Bogotá.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Guía MEtodológica para la Formulación de Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos .* Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Mojica, J. y. (1990). *Estructuras y Evolución Tectónica del Valle Medio y Superior del Magdalena, .* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

S.G.I, C. (2000). *Estudio de Evaluación de la Vulnerabilidad a la Contaminación de los Acuíferos que Subyacen La Ciudad De Neiva y Su Area de Influencia para la Posterior Implementación del Estudio de Modelación Hidrogeológica del Área .* Neiva: S.G.I.

Sanders, L. (1998). A manual of field hidrogeology. En L. Sanders, *A manual of field hidrogeology* (pág. 381).

SERVICIO DE EVALUACION AMBIENTAL. (2012). *Guia para el uso de modelos de aguas subterráneas en el SEIA.* Chile : Servicio de Evaluacion Ambiental (SEA).

SGC. (2012). *ESTÁNDARES CARTOGRÁFICOS Y DE MANEJO DE INFORMACIÓN GRÁFICA PARA MAPAS GEOLÓGICOS DEPARTAMENTALES Y PLANCHAS A ESCALA 1:100.000 VERSIÓN 2.* BOTOGOTÁ D.C: SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO.

SGI LTDA. (2000). *Estudio de Evaluación de la Vulnerabilidad a la Contaminicación de los Acuiferos que Subrayacen la Ciudad de Neiva y su Arean de Influencia para la posterior Implementación del Estudio de Modelación Hidrogeologica del Area.* 2000: CAM, SGI LTDA.

SGI LTDA. (2004). *Estudio Hidrogeológico del Valle de Laboyos Pitalito - Huila.* Bogotá: SGI LTDA.

Tuinhof, A., Foster, S., Kemper, K., Garduño, H., & Nanni, M. (2002). *Requerimentos de Monitoreo del Agua Subterránea para manejar la respuesta de los acuíferos y las amenazas a la calidad del agua, in Gestión Sustentable del Agua Subterránea Conceptos y Herramientas.* Serie de Notas Informativas Nota 9, edited by B. M.-G. MATE.

Vallejo, L. I. (2002). *Ingeniería Geológica.* Madrid: PEARSO EDUCACIÓN .

Van Houten, F., & Travis, R. (1968). Cenozoic deposits, Upper Magdalena Valley. *A.A.P.G. Bulletin. Vol. 52*.

Vargas, N. O. (2001). *ZONAS HIDROGEOLÓGICAS HOMOGÉNEAS DE COLOMBIA Escala 1:1.200.000.* Bogotá D.C. : Postgrado en Recursos Hidráulicos UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA.

Vásquez, L. E. (2017). *Geofísica para Exploración de Aguas Subterráneas.* Bogotá D.C.

Vrba, J. (2002). GROUNDWATER QUALITY MONITORING NETWORKS. *GROUNDWATER AND HUMAN DEVELOPMENT*.

Chow V.T., Maidment D.R., Mays L.W. (1990). Applied Hydrology. McGraw-Hill International Editions, Civil Engineering Series. New York, U.S.A.

Monsalve, G. (1995). Hidrología en la Ingeniería, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Santafé de Bogotá D.C.

Ponce, V, M (1989). Engineering Hydrology, Principles and Practices, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.

Burgos, G., & Moreira, R. (1982). ESTUDIO FOTOGEOLÓGICO PRELIMINAR LA PLATA - AGRADO, DEPARTAMENTO DEL HUILA. CENTRO INTERAMERICANO DE FOTOINTERPRETACIÓN.

INGEOMINAS. (1999). Estudio Hidrogeológico Y Plan De Manejo del Agua Subterránea en el Sector Nororiental de La Cuenca del Rio Magdalena en el Departamento del Huila. Bogotá D.C: INGEOMINAS.

INGEOMINAS. (2001). Memoria explicativa. Mapa Geológico del Departamento del Huila.

Jiménez, G. (2008). ANALISIS DE LA DEFORMACION Y MODELO ESTRUCTURAL BASADO EN DATOS PALEOMAGNETICOS Y CINEMATICOS EN EL SECTOR SUR DEL VALLE SUPERIOR DEL MAGDALENA (ANTICLINAL DE LA HOCHA).

Anderson, M. P., W. W. Woessner, y R. J. Hunt (2015), *Applied Groundwater Modeling (Second Edition)*, Academic Press, San Diego.

Bear, J. (1979), *Hydraulics of Groundwater*, McGrawHill, New York.

Bear, J. (1988), *Dynamics of fluids in porous media: Dover*.

Bear, J. (2012), *Hydraulics of Groundwater*, Dover Publications.

Diersch, H.*J. G. (2014), *FEFLOW Finite Element Modeling of Flow, Mass and Heat Transport in Porous and Fractured Media*, 1018 pp., Springer Berlin Heidelberg.

Domenico, P., y F. Schwartz (1998), Physical and chemical hydrogeology, *Wiley*, 502.

Fetter, C. (2001), Applied Hydrogeology, *Prentice*Hall 4th ed.*, 598.

Freeze, R. A., y J. A. Cherry (1979), *Groundwater*, Prentice*Hall.

Goldschneider, A., y E. Amantini (2009), Challenges for 3D Hydrogeological Modelling of an LNG mined Underground Storage During Construction 1*8.

Hamill, L., y F. G. Bell (1986), *Groundwater resource development*, Butterworth.

Healy, R. W., y B. R. Scanlon (2010), *Estimating Groundwater Recharge*, Cambridge University Press.

Morris, D. A., y A. I. Johnson (1967), Summary of hydrologic and physical properties of rock and soil materials as analyzed by the Hydrologic Laboratory of the U.S. Geological Survey, *U.S. Geological Survey Water*Supply Paper 1839*D, 42p*.

Sanders, L. (1998), A manual of field hydrogeology, *Prentice*Hall*, 381.

SEA (2012), Guía para el uso de modelos de aguas subterráneas en el SEIA

Smith, L., y Weathcraft (1993), Groundwater Flow, *In: Maidement, D.R. (E.d.) Handbook of Hydrology. McGraw Hill*.